



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
FÍSICA-LICENCIATURA

GEOVANE FRANCISCO FERREIRA JÚNIOR

**EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA - INVESTIGAÇÃO SOBRE
TEMPERATURA INTERNA DE VEÍCULOS EXPOSTOS AO SOL**

Caruaru
2022

GEOVANE FRANCISCO FERREIRA JÚNIOR (A)

**EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA - INVESTIGAÇÃO SOBRE
TEMPERATURA INTERNA DE VEÍCULOS EXPOSTOS AO SOL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Física do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de monografia, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel/licenciado em Física.

Área de concentração: Ciência e Tecnologia.

Orientador (a): Prof. Dr. Ernesto Arcenio Valdés Rodríguez

Caruaru

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Ferreira Júnior, Geovane Francisco.

Experimentação no ensino de Física: Investigação sobre temperatura interna de veículos expostos ao Sol / Geovane Francisco Ferreira Júnior. - Caruaru, 2023.
57 p. : il., tab.

Orientador(a): Ernesto Arcenio Valdés Rodriguez
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Física - Licenciatura, 2023.
Inclui referências, apêndices.

1. experimentação. 2. incidência solar. 3. aquecimento por radiação. I. Rodriguez, Ernesto Arcenio Valdés . (Orientação). II. Título.

530 CDD (22.ed.)

GEOVANE FRANCISCO FERREIRA JÚNIOR

**EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA - INVESTIGAÇÃO SOBRE
TEMPERATURA INTERNA DE VEÍCULOS EXPOSTOS AO SOL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de licenciatura em Física do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de monografia, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel/licenciado em Física.

Aprovada em: 26/01/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ernesto Arcenio Valdés Rodríguez (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Heydson Henrique Brito da Silva
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Augusto César Lima Moreira
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTO

Quero agradecer primeiramente a Deus, que me permitiu estar onde estou, que me forneceu forças, ferramentas, e pessoas que me apoiassem, como minha família e outros apoiadores durante o caminho.

Agradeço aos meus familiares, em especial meu pai, Geovane, que sempre me incentivou e deu suporte ao que precisasse, à minha mãe, Maria, ao meu irmão, Michael, minha tia, Marinez, meu tio, “Zé”. Enfim, agradeço a todos os meus familiares.

Ao professor Ernesto, ao qual agradeço muito, por estar ao meu lado em vários momentos, e fazer com que eu pudesse acreditar em mim mesmo, depois de muitos não acreditarem. Agradeço pelos materiais fornecidos, às contribuições, paciência e dedicação. Agradeço também pelo convite para se trabalhar na temática deste trabalho de conclusão de curso, que inicialmente era um projeto de construção de um artefato e produção de artigo.

À todos os professores que contribuíram para minha formação. Em especial o professor e amigo aqui já citado, aos professores João Freitas, João Eduardo, Renato Santos, Tassiana de Carvalho, e demais professores que marcaram minha formação e deixaram ensinamentos que espero lembrar sempre.

À PROAES e a CNPq, que foram responsáveis pelo fortalecimento, financiamento das bolsas de iniciação científica e permanência na universidade, me incentivando e dando condições que me tornasse um estudante pesquisador e mais atraído pela docência.

Aos meus amigos, que convivi durante esses anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências, que me fizeram mais forte e preparado para as dificuldades, e também mais preparado profissionalmente. Agradeço à minha namorada que me deu muito apoio e incentivo.

“A educação é o nosso passaporte para o futuro, pois, o amanhã pertence as pessoas que se preparam hoje”.

Malcolm X

RESUMO

No trabalho determinamos curvas de aquecimento do interior de um veículo de passeio exposto diretamente ao sol num horário próximo ao meio-dia. O método de investigação usado nos fez levar em consideração também a importância do uso de experimentação no ensino de Física, sendo mais um tópico atribuído à pesquisa. O processo de investigação ocorreu a partir de pesquisas bibliográficas e a obtenção de dados experimentais através das medições de temperaturas internas de um veículo exposto ao sol em horários de maior incidência solar, onde conseguimos observar a curva de aquecimento do interior do veículo, com o uso de capa protetora usada em pára-brisas e sem este protetor. No trabalho construímos as curvas de aquecimento no programa Origin e usamos os devidos ajustes destas curvas para comparar os resultados experimentais com um modelo teórico obtido a partir das equações diferenciais que caracterizam o fenômeno de aquecimento nas condições do experimento. Com essa pesquisa podemos discutir em sala de aula com alunos do ensino médio alguns aspectos importantes sobre os materiais que compõem a parte interna de um veículo e os efeitos do superaquecimento destes materiais na saúde das pessoas.

Palavras-chave: experimentação; incidência solar; aquecimento por radiação.

ABSTRACT

At work, we determined heating curves for the interior of a passenger vehicle exposed directly to the sun at a time close to noon. The investigation method used made us also take into account the importance of using experimentation in Physics teaching, being another topic assigned to the research. The investigation process took place from bibliographic research and the obtaining of experimental data through the measurements of internal temperatures of a vehicle exposed to the sun in times of greater solar incidence, where to observe the heating curve of the interior of the vehicle, with the use of protective cover used on the windscreen and without this protector. In the work, we built the heating curves in the Origin program and used the appropriate adjustments of these curves to compare the experimental results with a theoretical model obtained from the differential differences that characterize the phenomenon of teaching in the conditions of the experiment. With this research, we can discuss in the classroom with high school students some important aspects of the materials that make up the interior of a vehicle and the effects of overheating these materials on people's health.

Keywords: experimentation; solar incidence; radiation heating.



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	USO DE PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS EM SALA DE AULA.....	11
3	ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE COMPOSTOS QUÍMICOS NO INTERIOR DE VEÍCULOS.....	13
3.1	PELÍCULAS AUTOMOTIVAS.....	13
3.2	PLÁSTICOS INTERNOS.....	14
3.3	POLIPROPILENO.....	15
3.4	COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS.....	16
4	CONCEITOS FÍSICOS RELACIONADOS AO AQUECIMENTO INTERNO DE UM VEÍCULO.....	17
4.1	EFEITO ESTUFA.....	17
4.2	RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA.....	18
4.3	LEI DE RESFRIAMENTO DE NEWTON.....	19
4.4	DIFUSIVIDADE TÉRMICA EFETIVA.....	21
4.5	CONVECÇÃO.....	21
5	VARIAÇÃO TEMPORAL DA TEMPERATURA INTERNA DE UM OBJETO EXPOSTO À RADIAÇÃO SOLAR.....	23
6	METODOLOGIA.....	26
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
7.1	VEÍCULO SEM PROTETOR.....	31
7.2	VEÍCULO COM PROTETOR INTERNO.....	35
7.3	VEÍCULO COM PROTETOR EXTERNO.....	38
8	CONCLUSÃO.....	44
	REFERÊNCIAS.....	46
	APÊNDICE A - TEMPERATURAS MEDIDAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

A radiação térmica é um dos principais processos de transferência de calor. Ela ocorre por meio de emissão das ondas eletromagnéticas, gerada a partir dos movimentos de vibração dos átomos e moléculas. Quando absorvida, a radiação eleva a temperatura dos corpos. Sabe-se que todos os corpos emitem radiação, e há troca de calor, para que se alcance o equilíbrio térmico entre os corpos. “Para um corpo arbitrário que emite e absorve radiação térmica em equilíbrio termodinâmico, a emissividade é igual à absorção.” (KIRCHHOFF, 1845).

Estufas de planta recebem a luz do sol, e retém o calor no interior, aquecendo-o, da mesma maneira acontece no carro com os vidros fechados. Estufas são lugares que conseguem aumentar a temperatura do ar internamente e conservar o calor. Constatando que o carro é uma espécie de estufa, neste trabalho investigamos os impactos da radiação solar sobre o carro, seus componentes e usuários.

Utilizamos um carro para realizar as devidas aferições de temperaturas em várias situações de clima, e também de acessórios para proteção contra a radiação solar, e também fizemos uma análise bibliográfica. Em meio às pesquisas conseguimos encontrar alguns artigos que se tratavam de perspectivas parecidas, mas sem utilizar um artefato de proteção. Os resultados, serão discutidos ao decorrer do trabalho.

Inicialmente, a motivação da nossa pesquisa foi pensar em realizar um experimento para o ensino médio ou para ensino superior relacionado a uma situação real do cotidiano, e escolhemos um assunto relacionado ao conforto térmico em interiores veiculares. No decorrer das pesquisas, conseguimos observar vários pontos interessantes dentro e fora do campo da Física.

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um experimento fora do laboratório com medidas de temperaturas e análise de dados.

Para isso, propomos alguns objetivos específicos com a finalidade de contribuir com nossa análise. Estes foram: analisar os fundamentos que demonstram fatores associados à exposição solar de veículos; averiguar a importância do uso do método experimental nas aulas de Física; abordar junto aos estudantes a degradação de componentes internos de veículos, e como evitar essa degradação; analisar os riscos que a exposição do carro à raios solares podem

causar ao condutor e aos seus passageiros; plotar gráficos com dados experimentais para observação de comportamento da curva de temperatura.

Para tal fim este trabalho é composto de seis capítulos. No primeiro capítulo, tratou-se de mostrar concepções de ensino por meio de experimentação. No segundo capítulo é onde se explica sobre compostos químicos no interior de veículos, abordando assim suas propriedades e utilidades. Por sua vez, o terceiro capítulo aborda fenômeno que digamos ser de bastante importância, pois não somente mostra o que ocorre durante o processo de aquecimento do veículo, mas também como acontece. No quarto capítulo é apresentado os procedimentos matemáticos para a obtenção da equação da variação temporal da temperatura de um objeto nas condições do experimento. O quinto capítulo evidencia metodologia de nossa pesquisa, trazendo as etapas necessárias para nossa análise. O sexto capítulo foi destinado aos resultados e discussões desta nossa investigação, apresentando tabelas, gráficos, comparativos em diversos cenários das coletas e a equação que condiz com os dados coletados. Para terminar, o sétimo capítulo destina-se às considerações finais, onde encontram-se as reflexões mais relevantes de nossa análise.

2 USO DE PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS EM SALA DE AULA

Pesquisas, muitas das vezes, se demonstram tão eficazes que não se vê razão pela qual também não se usa nas escolas. Mas, é importante saber usar como metodologia de ensino, pois quando não é bem utilizado, somente atrapalha o desempenho.

Houve épocas que o ensino de Física nas escolas demonstra pontos de vistas diferentes, uma delas era que a Física teria que ser ensinada completamente baseada em experimentos, porém, o que vemos é que se o mais adequado é alcançar um equilíbrio, entre teoria, experimento e contexto histórico (COSTA et al. **apud** ESPINOZA, 2010). Métodos científicos usados corretamente em sala de aula, podem cumprir com os itens citados, auxiliando muito bem na aprendizagem dos alunos.

O mundo está em pleno desenvolvimento científico, e o ensino de ciências deve propor situações-problema e trabalhos que gerem reflexões, permitindo a participação ativa dos alunos em assuntos que tenham relação com o dia-a-dia. (COSTA et. al., 2016, p. 300)

Como o autor acima fala, com o desenvolvimento científico em alta, o ensino de ciências tem que se aproximar desta realidade, ou seja, da realidade do aluno, tentando inseri-lo em trabalhos que gerem reflexões, permitindo a participação em assuntos do cotidiano. O que nos leva ao enfoque do movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS).

O movimento CTS surgiu por volta do século XX, como resposta à insatisfação acerca da abordagem tradicional da ciência e da tecnologia, aos problemas políticos e econômicos relacionados ao desenvolvimento científico e tecnológico e à degradação ambiental. Então a partir destas reflexões o ensino de ciências hoje, é constituído da forma que política, economia e meio ambiente estejam interligados com a ciência, dessa forma, é construído uma sociedade mais crítica e capaz de fazer parte e contribuir com a evolução da sociedade.

Segundo Marques e Hunsche (2015), a abordagem CTS é indicada em pressupostos de documentos oficiais como exemplo dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) e as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNEM) que sugerem o ensino que promova as demandas formativas dos estudantes, desenvolvendo características necessárias ao exercício pleno da cidadania. Esses documentos apresentam conjuntos de aprendizagens

essenciais que os alunos devem desenvolver durante a educação básica, sendo rede pública ou privada.

Para isso, é necessário que os professores passem por formações que os tornem mais capacitados a incluir a experimentação em suas aulas. Essa importância é esclarecida logo mais abaixo:

Através de uma formação adequada, os professores deverão gradualmente substituir uma experimentação totalmente centrada na execução "cega" de um protocolo fornecido aos alunos, por uma experimentação em que o protocolo é discutido e preferencialmente construído com a participação dos alunos, reservando mais tempo para uma reflexão dos propósitos educacionais (conceituais e metodológicos) da atividade. (CARVALHO et. al., 2012, p. 41)

Também é falado em outras palavras, sobre o protagonismo dos estudantes como papel importante que deve ser considerado pelos professores, obtendo-se mais tempo para os propósitos conceituais e metodológicos do assunto e experimento.

Nos capítulos seguintes, estaremos trazendo algumas considerações sobre a experimentação feita. Experimentação esta, que pode ser implementada em sala de aula.

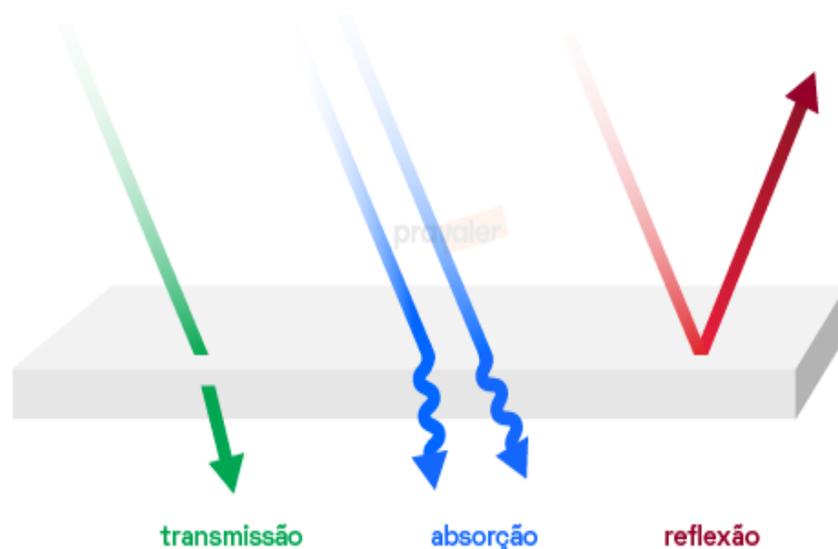
3 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE COMPOSTOS QUÍMICOS NO INTERIOR DE VEÍCULOS

3.1 PELÍCULAS AUTOMOTIVAS

Película automotiva é uma lâmina bem fina de plástico de aproximadamente 0.3 mm, ela possui vários benefícios dos quais são: o bloqueio de raios ultravioleta (U. V.), e a diminuição da absorção de calor do sol. Ela bloqueia até 70% de incidência de raios U. V.. Estes raios trazem muitos danos aos carros, como a descoloração do estofado, ressecamento do painel e de outras partes expostas aos raios solares. Porém nem todas as películas reduzem o calor, tem películas específicas, entre elas, a linha decorativa, somente pelo fator estético, as de antivandalismo e as solares.

Para que possamos explicar como a película protege contra a incidência de raios solares, temos que entender alguns processos que ocorrem durante essa exposição.

Figura 1 – Transmissão de luz, absorção e reflexão



Fonte: Pravaler (2021).

Como podemos ver na figura, acontecem três fenômenos diferentes, o primeiro que iremos tratar é a transmissão de energia solar, que se conceitua por ser a porcentagem de energia solar que é transmitida para o interior do carro, quanto menor esse número, menor será o calor incidente sobre os componentes internos do veículo.

A Terra recebe energia radiante do Sol a um regime de 173×10^{15} W (*), emitindo uma quantidade idêntica. Esta é uma condição do equilíbrio. A emissão depende da temperatura da Terra, ou seja, a temperatura do planeta tal qual o conhecemos é a temperatura de equilíbrio na qual a admissão é igual à emissão de radiação. Assim, se a admissão mudasse por qualquer razão, a temperatura de equilíbrio também se modificaria.(OLIVEIRA; GUARONGH).

A admissão retratada acima podemos chamar de absorção de energia solar, que se refere à porcentagem de energia que é absorvida pelo vidro. Quanto maior a absorção, maior é a transmissão de energia solar;

Nem tudo é absorvido pelo material, sendo esta parte refletida, é aqui que falaremos sobre reflexão da energia solar, que será dada por uma porcentagem de energia solar refletida pelo vidro ou película, que determina a capacidade de reflexão da energia solar.

Dessa forma podemos entender que a absorção de calor é reduzida pela reflexão que a película proporciona, fazendo com que a energia solar não incida sobre o interior do carro.

Reflexão ocorre quando a luz volta a se propagar no meio de origem, depois que a luz incide sobre uma superfície de separação entre dois meios como o vidro, e dependendo da superfície se for polida como o espelho, a luz não irá incidir raios solares dentro do carro. Refração acontece quando a luz passa de um meio para outro diferente.

Quando algo é aquecido ele absorve uma parte do calor e reflete outra parte, nisso a película de proteção solar tenta maximizar a reflexão diminuindo a absorção.

3.2 PLÁSTICOS INTERNOS

Em busca de carros com mais conforto, segurança e uma alta performance, os polímeros ganham ênfase nesse cenário, podendo contribuir muito nos aspectos aqui citados.

“Os plásticos têm demonstrado um alto índice de confiabilidade e muitas vantagens sobre os materiais tradicionais que vieram a substituir, tais como o aço, o alumínio e o vidro, por exemplo.” (HEMAIS, 2003, p. 107).

Os polímeros são macromoléculas formadas de estruturas menores chamadas de monômeros, os monômeros tem pouca massa molecular. Os

polímeros se dividem em três classes: os plásticos, as borrachas e as fibras. O mais abundante dentro de um carro é o plástico.

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens do uso de plásticos nos automóveis

Vantagens	Desvantagens
redução de peso	deterioração por ação térmica e ambiental
redução da emissão de CO ₂	inflamabilidade
redução de custos	baixa resistência ao impacto
redução do tempo de produção	deformação permanente elevada
menores investimentos em manufatura	dificuldade de adesão de película de tinta
aumento da resistência à corrosão	facilidade de manchas permanentes
possibilidade de designs mais modernos	baixa estabilidade dimensional
formatos mais complexos	
excelente processabilidade	
veículos mais silenciosos	
melhor uso de espaço	
aumento de segurança	

Fonte: Carlos A. Hemais (2003).

A tabela acima apresenta as vantagens e desvantagens do uso de plásticos, e em especial as desvantagens que fazem jus ao que iremos discutir, relacionado ao impacto do efeito estufa.

3.3 POLIPROPILENO

O mais utilizado em interiores automotivos é o polipropileno. O polipropileno é um dos plásticos de grande resistência a química, e impermeável a líquidos e gases.

Características:

- Temperatura mínima: -10° C
- Temperatura máxima: 120° C
- A resistência à produtos químicos é diretamente influenciada pela concentração, tempo e temperatura.
- A vida útil do propileno é de cinco anos à temperatura de 120° C em condições extremas e vinte anos à 90° C.

O polipropileno é utilizado para confecção de diversos produtos, alguns exemplos são: Aparelhos ortopédicos, condutores de corrente elétrica, ventoinha,

tubos, conexões, mesas para laboratórios, entre outros. Mas tem suas limitações: pouca resistência mecânica, pouca resistência à abrasão, não aguenta muito tempo de exposição aos raios U. V. e agentes oxidantes, não resiste muito tempo de exposição a temperaturas menores que 0° C.

É um dos plásticos de maior venda e que tem a maior taxa de crescimento anual, pelo o motivo de ser tão versátil e resistente. Possui peso específico baixo, o que faz com que ele seja leve e de fácil manuseio e sua excelente resistência química, protege contra grande parte dos ácidos- bases, sais, detergentes e óleos, e é isolante químico, e térmico.

O polipropileno quando exposto à luz solar, causa uma degradação mais acelerada e começa a aparentar manchas na superfície. Essa degradação sendo mais rápida ainda com a irradiação de raios U. V. e da temperatura do material, durante a radiação.

3.4 COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS

Dos compostos orgânicos voláteis emitidos em veículos, de todos os poluentes que são observados, apenas um tem uma taxa que não é tolerável, sendo prejudicial à saúde e sendo mais atenuante à temperatura mais elevada, esse composto é o formaldeído. O formaldeído conhecido por formol, que é permitido apenas para a confecção de cosméticos.

Esta substância pode causar muitos riscos à saúde, como: coceiras, irritações, olhos ardendo e lacrimejando, dificuldade ao respirar, tosse, dores de cabeça, irritação no nariz, dores de barriga, vômitos, e câncer no nariz, faringe, traqueia e brônquios.

4 CONCEITOS FÍSICOS RELACIONADOS AO AQUECIMENTO INTERNO DE UM VEÍCULO

Neste capítulo discutimos alguns conceitos e fenômenos termodinâmicos que podem ser discutidos junto aos estudantes na apresentação do experimento em sala de aula. No experimento podem ser discutidos o efeito estufa e diversos fenômenos relacionados a radiação eletromagnética, aquecimento, esfriamento e outros que de alguma forma estão presentes no cotidiano dos alunos e que são estudados desde o ensino médio. Começaremos por um fenômeno que está sendo amplamente discutido na atualidade, o efeito estufa.

4.1 EFEITO ESTUFA

Quando pegamos algo da geladeira e a deixamos exposto ao ambiente, esse objeto terá sua temperatura aumentada, até que se iguale com a temperatura do ambiente. A explicação por trás disso, está a seguir:

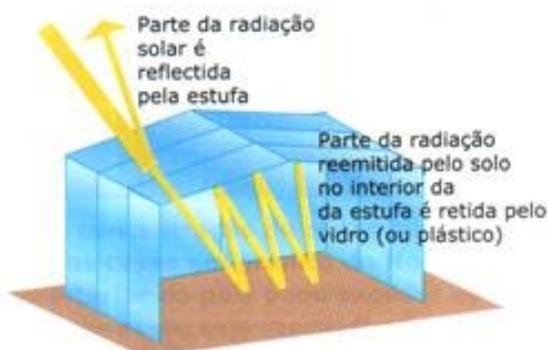
Varição de temperatura se deve a uma mudança da energia térmica do sistema por causa da troca de energia entre o sistema e o ambiente. (Lembre-se de que a energia térmica é uma energia interna que consiste na energia cinética e na energia potencial associados aos movimentos aleatórios dos átomos, moléculas e outros corpos microscópicos que existem no interior de um objeto.) (HALLIDAY, 2009, p. 190)

No que foi citado acima, temos uma transferência de energia térmica que chamamos de calor. Calor é energia térmica em trânsito, devido a ter um sistema com diferentes temperaturas. Quando a energia é absorvida o calor é positivo, quando é cedida para o ambiente o calor é negativo.

Estufas são lugares que conseguem aumentar a temperatura do ar interiormente, e conservar o calor. Funciona da seguinte maneira: os raios solares incidem sobre a estufa, raios com um comprimento de onda entre o ultravioleta e o infravermelho; a energia que é absorvida pelos materiais no interior, irradia na frequência infravermelha, e por ter um grande comprimento de onda, os gases no interior do veículo absorvem a radiação, impossibilitando sua saída.

Estufa de plantas recebem a luz do sol, e retém o calor no interior, aquecendo-o. Da mesma maneira acontece no carro com os vidros fechados.

Figura 2 – Efeito estufa



Fonte: webquest de Física e Química (2010).

Como podemos ver na figura acima, parte da radiação é absorvida e outra pequena parte não, uns dos motivos é que as características dos materiais tem uma facilidade de absorver a radiação, outro é pelo comprimento de onda emitido após a absorção.

4.2 RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Sabe-se que todos os corpos aquecidos emitem radiação e há troca de calor para que se alcance o equilíbrio térmico entre os corpos.

A radiação eletromagnética é representada pelas equações de Maxwell, como um fenômeno ondulatório. A luz é uma onda eletromagnética, essa é dedução é feita por Maxwell em seu trabalho de 1862 , em que escreveu:

A velocidade das ondas transversais em nosso meio hipotético, calculada a partir dos experimentos eletromagnéticos dos Srs. Kohlrausch e Weber, concorda tão exatamente com a velocidade da luz, calculada pelos experimentos óticos do Sr. Fizeau, que é difícil evitar a inferência de que a luz consiste nas ondulações transversais do mesmo meio que é a causa dos fenômenos elétricos e magnéticos. (MAXWELL, 1862, apud MOYSÉS 1997, p. 271).

A radiação se comporta como se estivesse em pequenos “pacotes” que recebem o nome de fótons. Os fótons se movem com a velocidade da luz, o que significa que sua massa deve ser nula.

Quando em um corpo opaco é incidido radiação, parte é refletida e parte é absorvida. Os corpos que têm cor clara refletem grande parte da radiação visível incidente, enquanto os corpos de cor mais escuras absorvem a maior parte da radiação.

A radiação absorvida pelo corpo aumenta a energia cinética dos átomos que o constituem, fazendo-os oscilar mais vigorosamente em torno da posição de equilíbrio. Como a temperatura de um corpo é determinada pela energia cinética média dos átomos, a absorção de radiação faz a temperatura do corpo aumentar. Acontece que os átomos contêm partículas carregadas (os elétrons) que são aceleradas pelas oscilações; assim, de acordo com a teoria eletromagnética, os átomos emitem radiação, o que reduz a energia cinética dos átomos e, portanto, diminui a temperatura. Quando a taxa de absorção é igual à taxa de emissão, a temperatura permanece constante e dizemos que o corpo se encontra em equilíbrio térmico com o ambiente. Assim, um material que é um bom absorvedor de radiação é também um bom emissor. (TIPLER; LLEWELLYN, 2017, p. 137).

A radiação eletromagnética emitida no caso citado acima, é chamada de radiação térmica. Um corpo que absorve toda a radiação incidente é chamado de corpo negro ideal. Os objetos que não são corpos negros irradiam energia por unidade de área com uma rapidez menor que um corpo negro à mesma temperatura, como a cor e a composição da superfície.

A radiação térmica é um dos principais processos de transferência de calor. Ela ocorre por meio de emissão das ondas eletromagnéticas geradas a partir dos movimentos de vibração dos átomos e moléculas. Quando absorvida, a radiação eleva a temperatura dos corpos.

Em temperaturas abaixo de 600 °C, a radiação térmica emitida pelos corpos não é visível, nessas situações parte da energia está concentrada em comprimentos de onda muito maiores que os da luz visível. Quando um corpo é aquecido, a quantidade de radiação térmica emitida aumenta e a energia irradiada se estende a comprimento de onda cada vez menores. Entre 600 e 700 °C, existe energia suficiente no espectro visível para que o corpo comece a brilhar com luz própria vermelho escura. Em temperaturas mais elevadas, o objeto brilha com luz vermelho clara ou mesmo branca.

4.3 LEI DE RESFRIAMENTO DE NEWTON

A lei de resfriamento de Newton mostra que a taxa de perda de calor de um corpo é proporcional à diferença de temperatura entre o corpo e a vizinhança. Ou seja, a lei do resfriamento de Newton é descrita por equação diferencial ordinária (EDO) que representa o comportamento da temperatura de um corpo em contato

com a vizinhança. Para isso temos que observar algumas constantes e variáveis como:

- Variação de temperatura entre o corpo e temperatura ambiente;
- Superfície do corpo exposta;
- Calor específico do material;
- As condições do ambiente no qual o corpo foi colocado;
- O tempo em que o corpo fica em contato com o ambiente.

Como aqui falado, o nome da lei é de resfriamento, mas a equação serve também para aquecimento, a qual estamos interessados em utilizar. A equação de aquecimento é dada por:

$$\frac{dT}{dt} = -r(T - T_{amb}) \quad (1)$$

$T(t)$ - Temperatura dada em função do tempo;

T_{amb} - Temperatura ambiente;

r - representa um coeficiente de proporcionalidade, que depende do material da superfície exposta, do calor específico do corpo e também é função de características do meio ambiente;

t - tempo;

Integrando a eq. (1), temos:

$$\int \frac{dT}{(T - T_{amb})} = -r \int dt \quad (2)$$

Resolvendo as integrais

$$\ln |T - T_{amb}| = -rt + c_1 \quad (3)$$

Usando a propriedade de logaritmo obtemos:

$$|T - T_{amb}| = e^{-rt + c_1}$$

$$|T - T_{amb}| = e^{-rt} e^{+c_1} \quad (4)$$

Substituiremos e^{+c_1} pela letra A , representando a constante advinda da integral

$$|T - T_{amb}| = A e^{-rt} \quad (5)$$

Como inicialmente falado, a equação adequada será de aquecimento, que é a equação apresentada mais abaixo:

$$T(t) = T_{amb} - A e^{-rt} \quad (6)$$

Mas se observamos bem, o fenômeno aqui descrito, não está em contato com temperatura ambiente durante toda a exposição à radiação, não obedecendo totalmente a equação acima, por um motivo simples. A temperatura ambiente é empregada como uma constante, e nessa situação em questão, a temperatura do ambiente interno do veículo está variando. Então uma melhor equação que verifica o comportamento estudado é:

$$T(t) = T_{\text{máx}} - (T_{\text{máx}} - T_0) \cdot \exp - (t/T_{\text{car}}) \quad (7)$$

Em que:

$T(t)$ - Temperatura dada em função do tempo;

T_0 - Temperatura inicial;

$T_{\text{máx}}$ - Temperatura máxima;

t - Tempo;

T_{car} - Temperatura do carro.

4.4 DIFUSIVIDADE TÉRMICA EFETIVA

Difusividade térmica é a relação entre a condução e o armazenamento de energia de um material, quanto maior, mais rápido o material reage às mudanças térmicas do ambiente, atingindo com mais facilidade o estado de equilíbrio. “A princípio, tem-se que a difusividade térmica (α) é importante na determinação da evolução de sistemas que sofrem processos de aquecimento.”(PEREIRA, 2021, P. 55). Como o autor ressalta, a difusividade térmica é importante em sistemas que sofrem processos de aquecimento. Podemos associar essa característica à condição de equilíbrio de temperatura.

Materiais com uma difusividade térmica alta, terão uma resposta mais rápida em relação às mudanças de temperatura no ambiente, e os materiais de menor difusividade terão uma resposta mais lenta, levando mais tempo para alcançar a condição de equilíbrio térmico.

4.5 CONVECÇÃO

Os líquidos e os gases transmitem calor principalmente por convecção. Que é a transferência de calor pelo próprio movimento do fluido, diferente da condução que o calor é transmitido através de colisões de átomos e de elétrons. A convecção pode ocorrer em todos os fluidos, sejam líquidos ou gases. As correntes de convecção ocorrem também na atmosfera, afetando com isso o clima.

Durante o processo de aquecimento do veículo exposto ao sol certamente o processo de convecção acontece internamente e na superfície externa também, fundamentalmente na superfície exposta ao sol diretamente.

5 VARIAÇÃO TEMPORAL DA TEMPERATURA INTERNA DE UM OBJETO EXPOSTO À RADIAÇÃO SOLAR

Neste capítulo vamos apresentar como determinamos a equação da variação temporal da temperatura interna de um objeto que é exposto ao sol, considerando que uma parte da energia é absorvida na forma de calor e a outra é dissipada por causa da diferença de temperatura do objeto com o ambiente. Para isto partimos do conceito de potência, e consideramos condições em que o objeto está sendo irradiado por uma potência constante durante um determinado intervalo de tempo em que a temperatura do ambiente seja constante. Ou seja, na situação do fenômeno acontecer num ambiente externo sem muitas nuvens, chuvas ou outras intempéries.

$$P_{\text{sol}} = P_{\text{abs}} + P_{\text{dis}} \quad (8)$$

P_{sol} = Potência solar

P_{abs} = Potência absorvida pelo carro

P_{dis} = Potência dissipada pelo carro

$P_{\text{sol}} = k_1 = \text{Constante};$

$$P_{\text{abs}} = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dT}{dt};$$

Onde Q é Calor, C é a Capacidade Térmica, T a temperatura instantânea, e t é o tempo.

$$P_{\text{dis}} = k_2 (T - T_{\text{amb}});$$

Onde k_2 é constante que depende da geometria, materiais e outros elementos do fenômeno em particular.

$$P_{\text{sol}} = P_{\text{abs}} + P_{\text{dis}}$$

$$k_1 = C \frac{dT}{dt} + k_2(T - T_{\text{amb}}) \quad (9)$$

A solução desta equação será $T(t)$: Evolução temporal da temperatura.

Substituindo T' por $(T - T_{\text{amb}})$, temos:

$$k_1 = C \frac{dT'}{dt} + k_2 T' \quad (10)$$

Como a equação acima é uma equação linear de primeira ordem do tipo:

$K_1(t) = \frac{dT'}{dt} + K_2(t)T'$, onde $K_{1,2} = k_{1,2}/C$, usaremos o método de fator integrante.

Resultando na equação abaixo:

$$T' = e^{-\int(K2)dt} \left\{ T'_0 + \int \left(K1 e^{\int(K2)dt} \right) dt \right\} \quad (11)$$

Onde a integral é feita dentro de um intervalo de tempo definido, por exemplo do instante inicial da medida até um tempo qualquer: t . Considerando a temperatura ambiente como ponto inicial do início do aquecimento, usaremos $T'_0 = 0$, simplificando a equação temos:

$$T' = e^{-K2t} \int (K1 e^{K2t}) dt \quad (12)$$

Resolvendo: $\int (K1 e^{K2t}) dt = K1 \frac{e^{K2t} - 1}{K2} = \frac{K1}{K2} (e^{K2t} - 1)$

Substituindo a solução encontrada na equação geral

$$T' = e^{-K2t} \cdot \left[\frac{K1}{K2} \cdot e^{K2t} - \frac{K1}{K2} \right] \quad (13)$$

Simplificando

$$T' = \frac{K1}{K2} - \frac{K1}{K2} \cdot e^{-K2t}; \quad (14)$$

onde $\frac{K1}{K2} = \frac{k1}{k2}$, e voltamos a usar as constantes inicialmente apresentadas:

$$T' = \frac{k1}{k2} - \frac{k1}{k2} \cdot e^{-K2t} \quad (15)$$

Realocando a expressão $T - T_{amb}$ em T'

$$T - T_{amb} = \frac{K1}{K2} - \frac{K1}{K2} \cdot e^{-K2t} \quad (16)$$

Sabe-se que $k_1 = P_{sol}$; $k_2 = \frac{P_{dis}}{T - T_{amb}}$; podemos deduzir que:

$$\frac{k1}{k2} = \frac{P_{sol}}{P_{dis}} (T - T_{amb}) \quad (17)$$

Aqui observamos um processo exponencial em que a temperatura deve aumentar até um valor máximo " $T_{m\acute{a}x}$ " estável nas condições do experimento e podemos afirmar que a partir dessa temperatura a energia de radiação solar absorvida pelo objeto é dissipada de volta para o ambiente, ou seja: quando temos $T = T_{m\acute{a}x}$, teremos $P_{sol} = P_{dis}$

$$\frac{k1}{k2} = T_{m\acute{a}x} - T_{amb} \quad (18)$$

Substituindo $\frac{k1}{k2}$ por $T_{m\acute{a}x} - T_{amb}$ na nossa equação geral, teremos:

$$T - T_{amb} = (T_{m\acute{a}x} - T_{amb}) - (T_{m\acute{a}x} - T_{amb}) e^{-k2t} \quad (19)$$

pela forma da equação podemos definir k_2 como sendo o inverso da constante de tempo

$$k_2 = \frac{1}{\tau} \quad (20)$$

Portanto, nossa equação da evolução temporal da temperatura será:

$$T = T_{\text{máx}} - (T_{\text{máx}} - T_{\text{amb}})e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (21)$$

Esta será a equação que esperamos encontrar nos ajustes das curvas experimentais na análise dos resultados do trabalho.

6 METODOLOGIA

Neste capítulo, apresentamos os procedimentos utilizados em nossa investigação. Descrevemos as estratégias escolhidas para a coleta e análise dos dados, junto aos fundamentos que norteiam a pesquisa.

Como apresentado durante a introdução, este trabalho tem como objetivo principal a construção de um protótipo de proteção veicular efetivo contra raios solares. Então, inicialmente tentamos justificar nossa finalidade, dessa forma fizemos várias coletas de dados, ou seja, medições de temperaturas no interior de um carro em três situações: sem o uso de artefato de proteção contra raios solares no para-brisa, com artefato de proteção no interior, e na terceira situação com uso do artefato no exterior do veículo. Para iniciar as medições, deixamos os vidros abertos de início para atingir a temperatura ambiente, criando um equilíbrio termodinâmico entre o interior do veículo e o meio externo, em seguida fechamos.

A partir das medições, buscamos enriquecer nossa investigação com uma revisão bibliográfica, em que comprovamos concepções anteriores, e nos trouxe outros campos de visão, em que se compreendeu pelas causas do efeito estufa em veículos, e seus consequentes fenômenos.

Para a realização de medições utilizamos um carro, o qual tinha película permitido pela legislação em vidros laterais e vidro traseiro, onde não se aplica película em para-brisas. Fizemos medições com aparatos acessíveis; termômetro tipo espeto (utilizado geralmente em cozinhas), um celular, um suporte para celular, e um para-sol laminado utilizado como protetor (muito usado em estacionamentos).

Figura 3 - suporte utilizado para medições



Fonte: Autor (2022).

Figura 4 - Termômetro utilizado para medições



Fonte: Autor (2022).

Figura 5 - Veículo utilizado para medições



Fonte: Autor (2022).

As imagens abaixo, apresentam as três formas que o sistema foi adequado para análise de medidas em cada tipo de condição desejada.

Figura 6- captura de medidas sem protetor



Fonte: Autor (2022).

Figura 7- captura de medidas com protetor no interior



Fonte: Autor (2022).

Figura 8- captura de medidas com protetor no exterior



Fonte: Autor (2022).

Figura 9 – Captura de medições



Fonte: Autor (2022).

Na figura acima podemos visualizar o processo de coleta de dados, onde utilizamos o celular gravando um vídeo com o suporte preso no vidro do motorista, para uma melhor checagem das temperaturas. Os vídeos foram gravados em tempos de 30 minutos, com a finalidade de observar a curva da temperatura durante esses períodos. Realizamos medições em três dias diferentes em um mesmo horário do dia, se iniciando por volta de 12:00 horas da tarde.

Um ponto inusitado na imagem é o uso de um cordão para sustentar o termômetro, pois foi o que fizemos como um improviso, para que o termômetro não tivesse contato com algum componente interno, dessa forma estaríamos medindo a temperatura irradiada por todo o interior do carro e não só um componente.

A partir da coleta de dados, construímos gráficos em softwares para observar o comportamento da curva de temperatura, utilizamos o Origin, de fácil manuseio, a partir de um processo de ajuste/fit dos gráficos.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

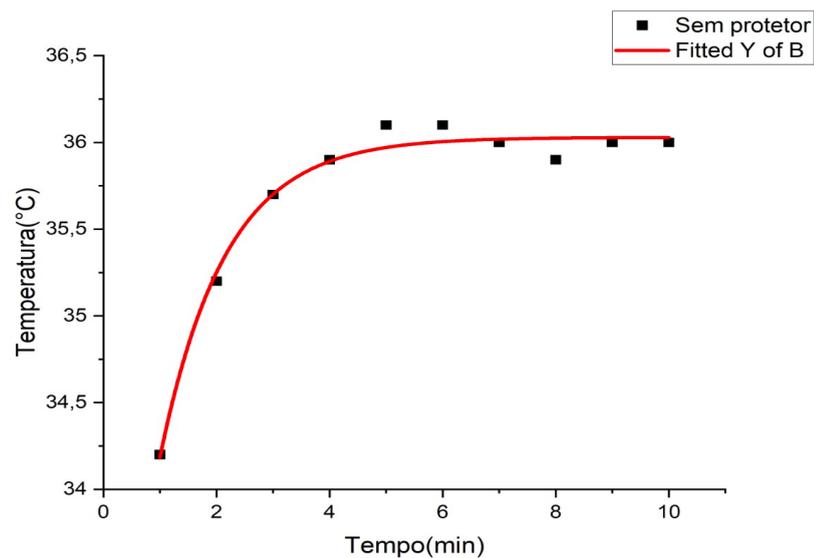
Nesta seção buscamos apresentar dados coletados, trazendo discussões, através de nossas observações experimentais e pesquisas.

Os gráficos que serão apresentados, representam a evolução da temperatura interna do veículo sem protetor, com protetor no interior e protetor no exterior do veículo, respectivamente. É importante lembrar que cada medida foi realizada em dias diferentes.

7.1 VEÍCULO SEM PROTETOR

Logo abaixo temos gráficos e seus respectivos relatórios de fit, que relacionam a variação da temperatura pelo tempo. No gráfico 1, podemos analisar a curva de temperatura ao longo do tempo, para um carro sem protetor exposto ao sol.

Gráfico 1. Medida 1. Sem protetor– Tempo x Temperatura



Fonte: Autor (2022).

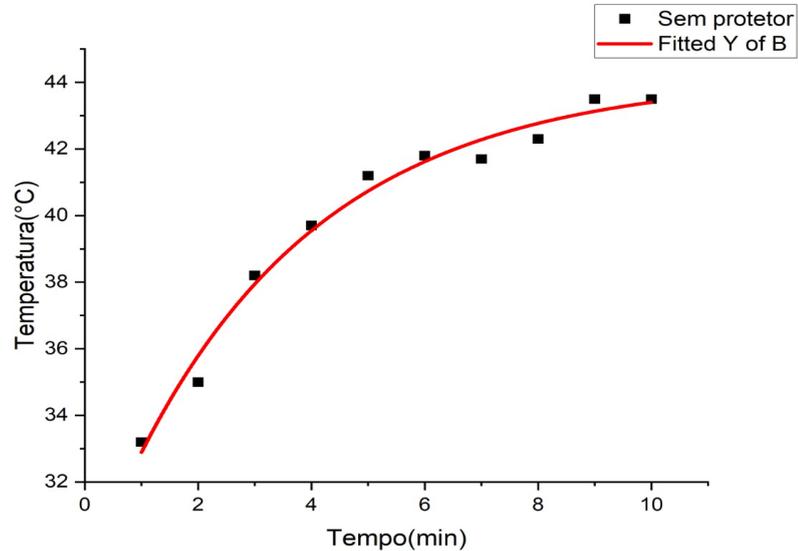
Relatório de fit - Gráfico 1. Medida 1. Sem protetor

Model	Exponential
Equation	$y = y_0 + A \cdot \exp(R_0 \cdot x)$
Plot	[Book1]Sheet1!B[1:10]
y0	36,02897+/-0,03598
A	-4,37544+/-0,47917
R0	-0,86353+/-0,09468
Number of Points	10
Degrees of Freedom	7
Reduced Chi-Sqr	0,0066
Residual Sum of Sqr	0,04622
R-Square (COD)	0,98541
Adj. R-Square	0,98125
Fit Status	Succeeded(100)

Fonte: Autor (2022).

Na medida 1, sem o uso do artefato de proteção, foi registrado alguns minutos antes, um chuvisco que fez com que a temperatura ambiente e do sistema caíssem.

Gráfico 2. Medida 2. Sem protetor– Tempo x Temperatura



Fonte: Autor (2022).

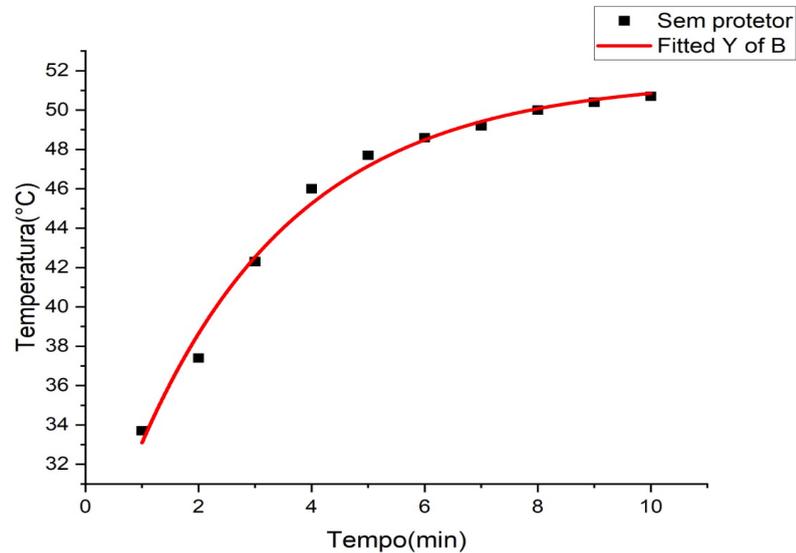
Relatório de fit - Gráfico 2. Medida 2. Sem protetor

Model	Exponential
Equation	$y = y_0 + A \cdot \exp(R_0 \cdot x)$
Plot	[Book1]Sheet1!B[1:10]
y0	42,58788+/-0,40314
A	-14,73498+/-1,0723
R0	-0,40645+/-0,05889
Number of Points	10
Degrees of Freedom	7
Reduced Chi-Sqr	0,25518
Residual Sum of Sqr	1,78625
R-Square (COD)	0,98046
Adj. R-Square	0,97488
Fit Status	Succeeded(100)

Fonte: Autor (2022).

Na medida em questão, com o uso do artefato de proteção, antes de se iniciar as aferições, estava sem nuvens. No instante 16 teve chuva, que durou 7 minutos.

Gráfico 3. Medida 3. Sem Protetor – Tempo x Temperatura



Fonte: Autor (2022).

Relatório de fit - Gráfico 3. Medida 3. Sem protetor

Model	Exponential
Equation	$y = y_0 + A \cdot \exp(R_0 \cdot x)$
Plot	[Book1]Sheet1!B[1:10]
y0	51,59349+/-0,61198
A	-26,44368+/-1,19538
R0	-0,35681+/-0,03793
Number of Points	10
Degrees of Freedom	7
Reduced Chi-Sqr	0,41937
Residual Sum of Sqr	2,93557
R-Square (COD)	0,99067
Adj. R-Square	0,98801
Fit Status	Succeeded(100)

Fonte: Autor (2022).

Na medida 3. sem artefato de proteção, o dia estava ensolarado sem ocorrência de chuva, ou comparecimento de nuvens. Este é um bom motivo para uma grande variação de temperatura.

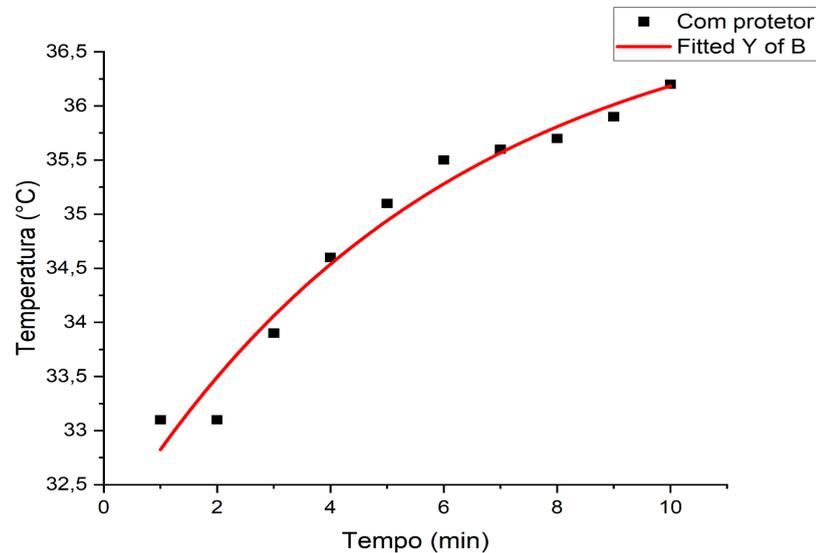
Os gráficos estão plotados com a unidade de tempo na componente x em minutos, e temperatura na componente y em graus Celsius. Como podemos observar, a temperatura sobe em um curto período de tempo, e após determinado ponto começa a estabilizar, se tornando próximo de constante.

Ao observarmos gráficos e tabelas apresentadas no apêndice, que são referentes ao veículo sem um protetor, constatamos uma variação de temperatura da mínima e máxima em média de 13.3 °C.

7.2 VEÍCULO COM PROTETOR INTERNO

Nos gráficos 4, 5 e 6; podemos analisar a curva de temperatura ao longo do tempo, para um carro com protetor interno.

Gráfico 4. Medida 1. Protetor interno – Tempo x Temperatura



Fonte: Autor (2022).

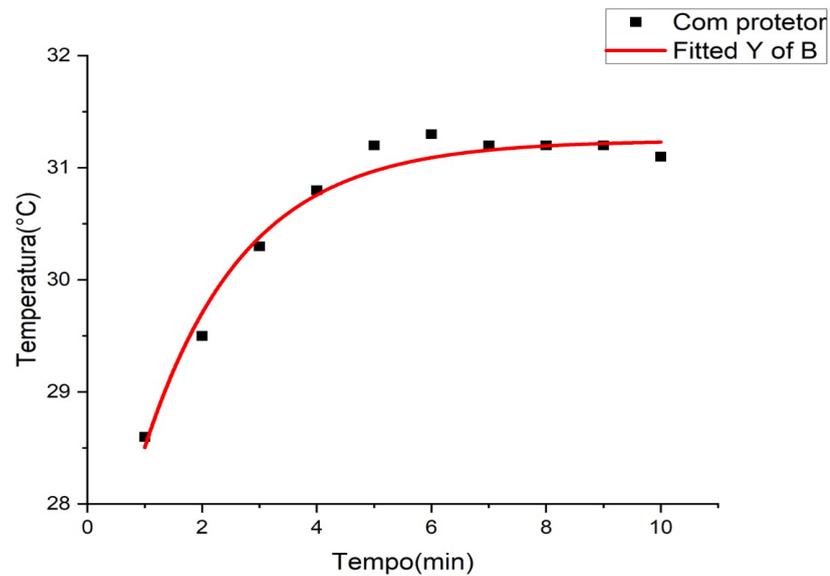
Relatório de fit - Gráfico 4. Medida 1. Protetor interno

Model	Exponential
Equation	$y = y_0 + A \cdot \exp(R_0 \cdot x)$
Plot	[Book1]Sheet1!B[1:10]
y0	37,11532+/-0,73674
A	-5,08647+/-0,54148
R0	-0,1698+/-0,05694
Number of Points	10
Degrees of Freedom	7
Reduced Chi-Sqr	0,05159
Residual Sum of Sqr	0,3611
R-Square (COD)	0,96935
Adj. R-Square	0,96059
Fit Status	Succeeded(100)

Fonte: Autor (2022).

Na medida 1, utilizando o protetor por dentro, no horário precedente a aferição das medidas, estava sem nuvens e sem indício de chuva. Mas durante os instantes 9 e 10, o céu ficou encoberto por nuvens.

Gráfico 5. Medida 2. Protetor interno – Tempo x Temperatura



Fonte: Autor (2022).

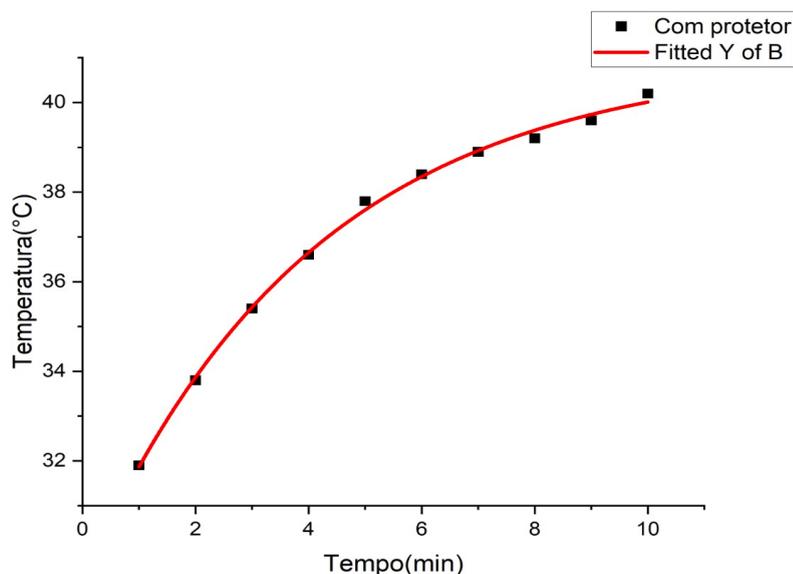
Relatório de fit - Gráfico 5. Medida 2. Protetor interno

Model	Exponential
Equation	$y = y_0 + A \cdot \exp(R_0 \cdot x)$
Plot	[Book1]Sheet1!B[1:10]
y0	31,24373+/-0,1093
A	-4,87838+/-0,62424
R0	-0,57643+/-0,10214
Number of Points	10
Degrees of Freedom	7
Reduced Chi-Sqr	0,03793
Residual Sum of Sqr	0,2655
R-Square (COD)	0,96391
Adj. R-Square	0,95359
Fit Status	Succeeded(100)

Fonte: Autor (2022).

No dia desta medida apresentada acima, houve chuva no primeiro instante de medição, continuando até o fim do acompanhamento das temperaturas.

Gráfico 6. Medida 3. Protetor interno – Tempo x Temperatura



Fonte: Autor (2022).

Relatório fit - Gráfico 6. Medida 3. Protetor interno

Model	Exponential
Equation	$y = y_0 + A \cdot \exp(R_0 \cdot x)$
Plot	[Book1]Sheet1!B[1:10]
y0	40,9938+/-0,23308
A	-11,69517+/-0,20139
R0	-0,24753+/-0,01566
Number of Points	10
Degrees of Freedom	7
Reduced Chi-Sqr	0,01972
Residual Sum of Sqr	0,13806
R-Square (COD)	0,99793
Adj. R-Square	0,99734
Fit Status	Succeeded(100)

Fonte: Autor (2022).

Na medida 3, com protetor por dentro, tivemos um misto entre o céu sem nuvens e momentos com céu encoberto.

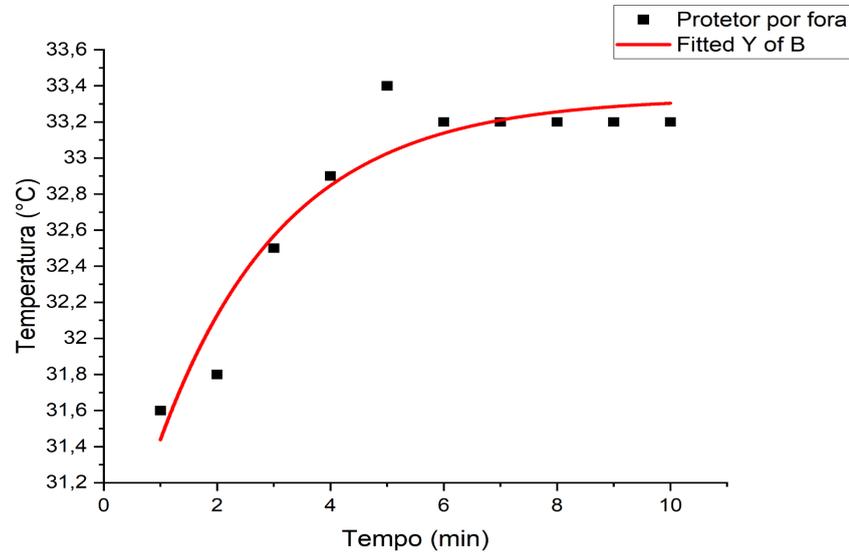
Nas tabelas 4, 5 e 6, presentes no apêndice, temos a apresentação das temperaturas em cada instante de tempo.

Ao observarmos gráficos e tabelas, que são referentes ao veículo com o protetor pelo lado de dentro do veículo, constatamos uma variação de temperatura da mínima e máxima em média de 8.5 °C.

7.3 VEÍCULO COM PROTETOR EXTERNO

No gráfico 3, podemos analisar a curva de temperatura ao longo do tempo, para um carro com protetor externo.

Gráfico 7. Medida 1. Protetor externo – Tempo x Temperatura



Fonte: Autor (2022).

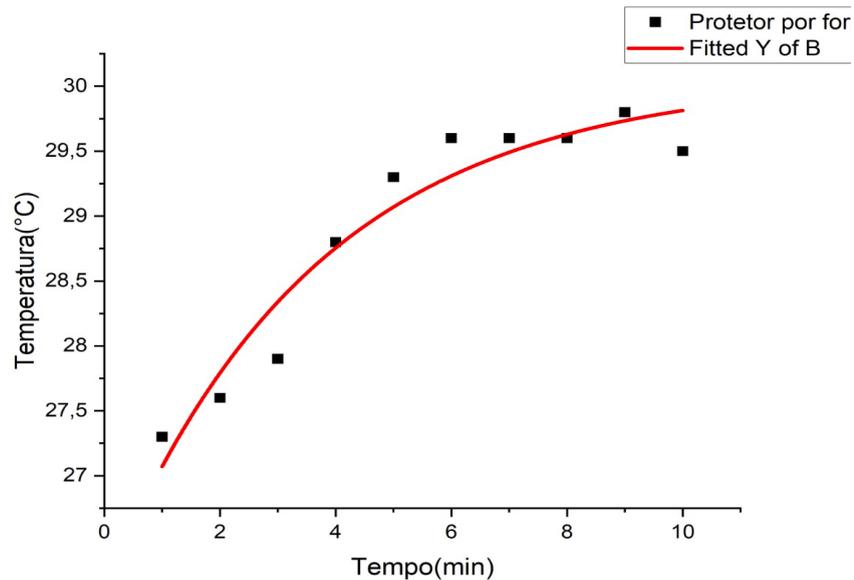
Relatório fit - Gráfico 7. Medida 1. Protetor externo

Model	Exponential
Equation	$y = y_0 + A \cdot \exp(R_0 \cdot x)$
Plot	[Book1]Sheet1!B[1:10]
y0	33,33618+/-0,14776
A	-2,98341+/-0,50091
R0	-0,45215+/-0,13362
Number of Points	10
Degrees of Freedom	7
Reduced Chi-Sqr	0,04387
Residual Sum of Sqr	0,30712
R-Square (COD)	0,9169
Adj. R-Square	0,89316
Fit Status	Succeeded(100)

Fonte: Autor (2022).

Na aferição destas medidas, antes e durante as aferições, o céu estava sem nuvens.

Gráfico 8. Medida 2. Protetor externo – Tempo x Temperatura



Fonte: Autor (2022).

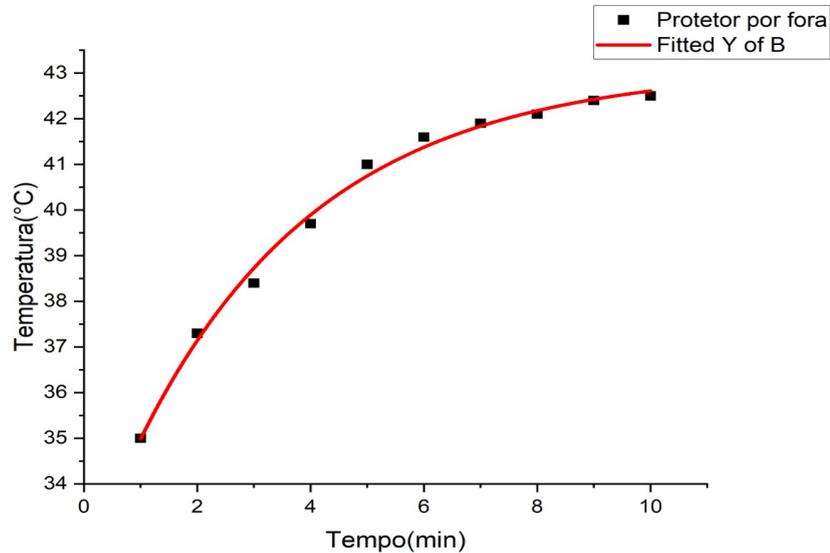
Relatório de fit - Gráfico 8. Medida 2. Protetor externo

Model	Exponential
Equation	$y = y_0 + A \cdot \exp(R_0 \cdot x)$
Plot	[Book1]Sheet1!B[1:10]
y0	30,01943+/-0,35352
A	-3,77691+/-0,39486
R0	-0,28222+/-0,09516
Number of Points	10
Degrees of Freedom	7
Reduced Chi-Sqr	0,06972
Residual Sum of Sqr	0,48805
R-Square (COD)	0,9337
Adj. R-Square	0,91475
Fit Status	Succeeded(100)

Fonte: Autor (2022).

Na medida 2, com o protetor por dentro, houve chuva durante as aferições de medidas. Resultando em uma variação menor, como podemos observar em outras que tiveram chuva.

Gráfico 9. Medida 3. Protetor externo – Tempo x Temperatura



Fonte: Autor (2022).

Relatório de fit- Gráfico 9. Medida 3. Protetor externo

Model	Exponential
Equation	$y = y_0 + A \cdot \exp(R_0 \cdot x)$
Plot	[Book1]Sheet1!B[1:10]
y0	43,11328+/-0,24356
A	-11,07101+/-0,33458
R0	-0,30852+/-0,02675
Number of Points	10
Degrees of Freedom	7
Reduced Chi-Sqr	0,04364
Residual Sum of Sqr	0,30549
R-Square (COD)	0,99475
Adj. R-Square	0,99325
Fit Status	Succeeded(100)

Fonte: Autor (2022).

Na medida acima foi registrado que durante as aferições, não houve indício de chuva, nem céu encoberto.

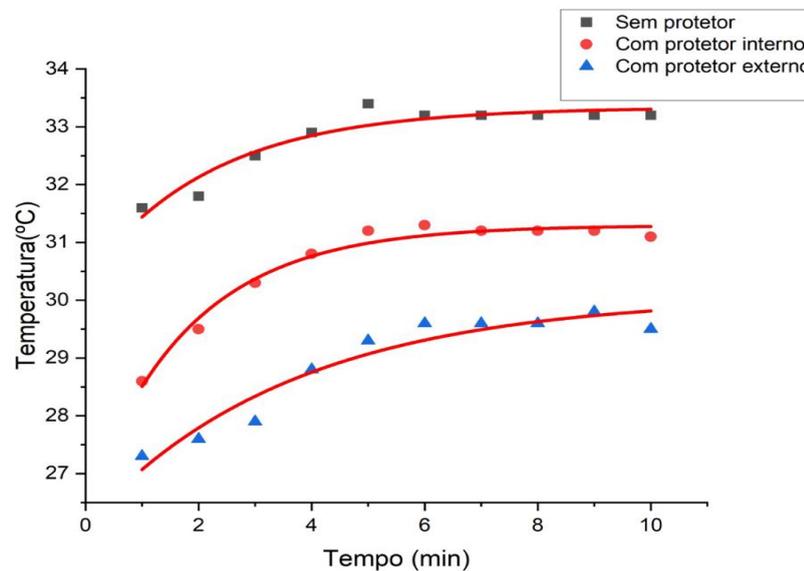
Ao observarmos gráficos e tabelas que são referentes ao veículo com o protetor pelo lado de dentro do veículo, constatamos uma variação de temperatura da mínima e máxima em média de 5,3 °C.

Realizamos um teste com um período de observação maior, e a variação de temperatura, é ainda consideravelmente maior que a apresentada acima, mas por

falta de alguns recursos, não continuamos com as análises com um maior tempo de observação. De acordo com nosso embasamento teórico, se comprova que o efeito estufa, e o processo em si de radiação solar, desencadeia vários fatores que são responsáveis pelas curvas de temperatura, observadas em cada situação.

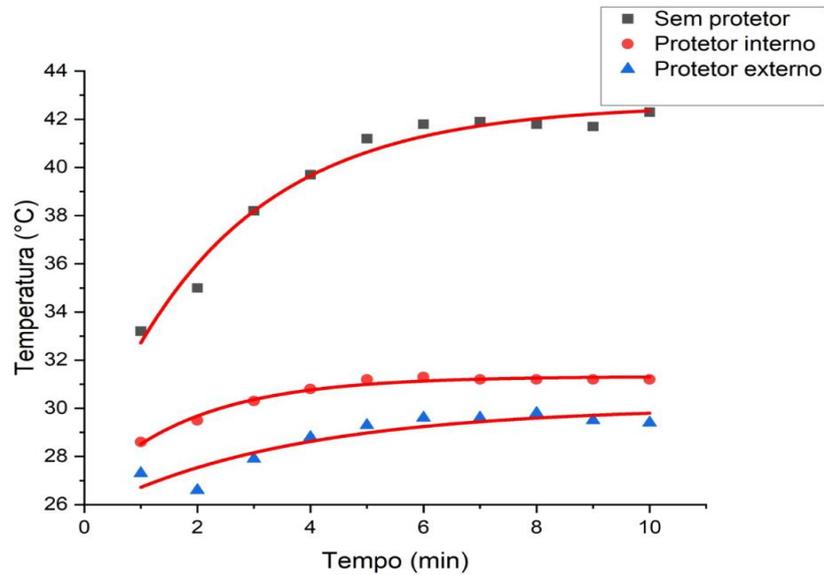
Ao analisarmos todos os gráficos e dados, conseguimos constatar uma diferente variação de temperatura em cada uma das situações. Mesmo tendo variação de temperatura externa de uma medição para outra, as mesmas foram constantes em cada situação. Na primeira medição em que o carro estava sem protetor, a variação de temperatura foi maior, e a maneira mais eficiente para diminuir essa variação, foi utilizando o protetor fora do veículo.

Gráfico 4. Comparativo das três primeiras curvas de temperatura - Tempo x Temperatura



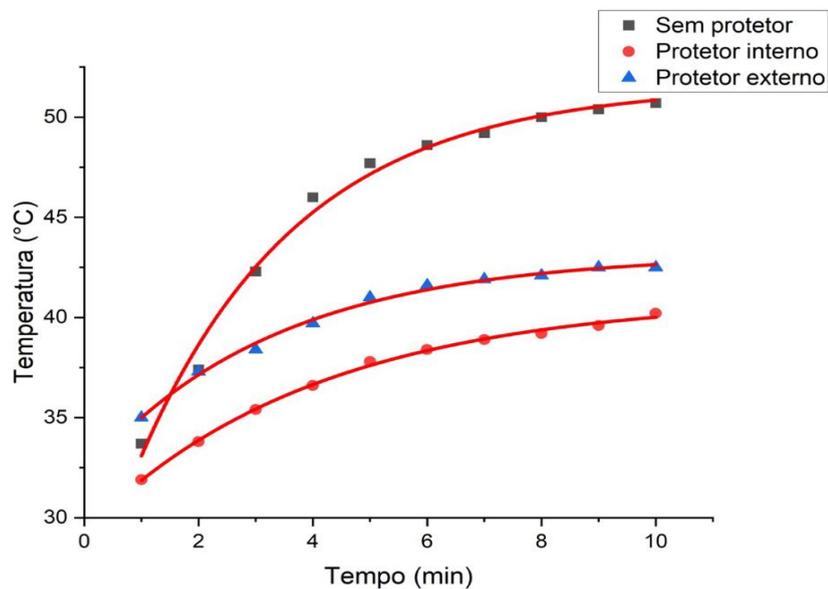
Fonte: Autor (2022).

Gráfico 5. Comparativo das três segundas curvas de temperatura - Tempo x Temperatura



Fonte: Autor (2022).

Gráfico 6. Comparativo das três terceiras curvas de temperatura - Tempo x Temperatura



Fonte: Autor (2022).

Logo acima temos gráficos que comparam as três curvas de temperatura, a partir da coleta de dados feita, em que fica bem visível a variação de temperatura em cada caso. A curva em preto, representa as medidas de temperatura do carro sem protetor. A curva em vermelho, representa as medidas de temperatura do carro com protetor dentro do carro. A curva em azul, representa as medidas de temperatura do carro com protetor fora do carro.

$$T = T_{\text{máx}} - (T_{\text{máx}} - T_{\text{amb}}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (21)$$

Como já citado, utilizamos esta equação acima para uma melhor aproximação da curva que mostra o comportamento da elevação de temperatura, aqui levamos em consideração a temperatura máxima que o carro possa atingir a temperatura máxima $T_{\text{máx}}$, a temperatura inicial do carro ao iniciar as medições T_0 , temperatura instantânea do carro no termômetro T_{car} . Fazendo isso encontramos as três curvas que são exponenciais, depois de certo período se tornam constantes.

Ao plotar as curvas, conseguimos constatar nos relatórios do software Origin algo muito interessante que comprova de uma forma computacional nossos cálculos e discussões, que podemos visualizar em um exemplo na imagem abaixo:

Figura 9 - Relatório de plot da 3ª curva de temperatura - Sem protetor

Model	Exponential
Equation	$y = y0 + A \cdot \exp(R0 \cdot x)$
Plot	[Book1]Sheet1!B[1:10]
y0	51,59349+/-0,61198
A	-26,44368+/-1,19538
R0	-0,35681+/-0,03793
Number of Points	10
Degrees of Freedom	7
Reduced Chi-Sqr	0,41937
Residual Sum of Sqr	2,93557
R-Square (COD)	0,99067
Adj. R-Square	0,98801
Fit Status	Succeeded(100)

Fonte: Autor (2022).

Onde podemos constatar que a equação apresentada pela curva, feita de acordo com os dados inseridos, resulta na mesma equação encontrada neste trabalho.

Em que Y é T ; $y0 = T_{\text{máx}}$; $A = (T_{\text{máx}} - T_{\text{amb}})$; $R0 = \frac{1}{\tau}$; $x = t$. Lembrando que $R0$ também é o mesmo que K_2 , inverso da constante de tempo.

8 CONCLUSÃO

A física está presente em tudo que nos rodeia, e a partir dela conseguimos enxergar um ponto de vista melhor fazendo com que possamos buscar uma melhoria na qualidade de vida.

Neste trabalho, se evidencia algo simples, que leva à vários campos de estudo, expondo situações que podem deteriorar bens materiais e até colocar em risco a saúde das pessoas. Demonstra também como a Física está em toda parte e como fica fácil a utilização da experimentação no ensino a partir de qualquer temática, em que constatamos neste trabalho física clássica até a moderna. Na Física moderna que grandes partes de fenômenos no nosso cotidiano são possíveis de serem estudadas e explicadas.

Acerca das medidas, percebemos que quando colocamos o protetor fora do carro, a temperatura interna fica abaixo de $37\text{ }^{\circ}\text{C}$, menor do que a temperatura corporal do ser humano. Enquanto que sem protetor, e com o protetor dentro do carro, a temperatura é superior.

A partir também desta metodologia de pesquisa utilizada, fica evidenciado a importância de trazermos isso para uma sala de aula, em que se torna possível atingir os objetivos do enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) que faz parte dos documentos oficiais de educação, os quais professores tem como base para elaborar suas aulas e também são exigidos seguir uma quantidade mínima das diretrizes ali impostas.

O objetivo da abordagem de CTS em sala de aula é possibilitar a alfabetização científica dos cidadãos para que tenham condições de serem incluídos de forma crítica no contexto social, por meio do desenvolvimento de conhecimentos, habilidades, atitudes, e valores que proporcionam a tomada de decisão responsável e consciente que envolvam assuntos relacionados a ciência e tecnologia na sociedade, promovendo uma visão mais ampla da ciência, visando a natureza da ciência e do trabalho científico, e aumento do interesse dos alunos em relacionar Ciência e Tecnologia à fenômenos cotidianos como vimos no fenômeno aqui apresentado.

Podemos utilizar os experimentos para treinar a resolução de problemas, esclarecer a teoria, promover a compreensão, e vivenciar o processo de encontrar fatos por meio da investigação chegando aos seus princípios. importante se destacar, que quanto mais pesquisas realizadas, mais áreas de pesquisas são

descobertas que se precisa de um estudo, motivando o aluno a perceber que seu trabalho faz parte de vários campos temáticos. É de grande relevância lembrar que é essencial a autonomia do aluno, mas não pode faltar o acompanhamento do professor.

O professor, além de ser fonte de informação, passa a ter a função de orientar as ações, conduzindo a investigação e propiciando que o aluno aprenda com autonomia. Então a experimentação assume a função de permitir o relacionamento entre conteúdo e de facilitar a formulação de conceitos, com a intervenção do professor.

Pelo desempenho que tivemos nesta pesquisa, que diríamos satisfatório pois foram elencados diversos conhecimentos sobre o fenômeno descrito, exigindo muita dedicação e autonomia do pesquisador. Consideramos que o método utilizado pode ser bastante eficaz para o aprendizado.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, Leandro. **Películas no vidro reduz o efeito estufa no veículo.** Folha de São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/sobretudo/rodas/2017/12/1945565-pelicula-nos-vidros-reduz-efeito-estufa-no-veiculo.shtml>. Acesso em: 03 maio 2020.
- BRASIL, **PCN+ Ensino médio:** Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002, 141p.
- BOYCE, W. E.; DIPRIMA R. C.; **Equações Diferenciais Elementares e Problemas de Valores de Contorno.** 9.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. 29 p. BORGES, D.
- Equação de RAT | Dicionário do Vidro.** Arch Glass. Disponível em: <<https://archglassbrasil.com.br/dicionario/equacao-de-rat/>>. Acesso em: 30 jan. 2023.
- Resfriamento de um corpo.** centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas – CEFET-RS. Disponível em: <http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/denise/caloretemperatura/resfriamento.pdf>. Acesso em 19 jun. 2022.
- CARVALHO, P. S. et. al.. **Ensino experimental das ciências: Um guia para professores do ensino secundário. Física e Química.** 1. ed. Porto, Portugal: Universidade do Porto, 2012. 41 p.
- COSTA, R. C. S. et. al.. **As concepções de estudantes da pós-graduação sobre a importância da experimentação no ensino de ciências.** Revista Amazônica de Ensino de Ciências Manaus, v.9, n.18, p.298-307, Janeiro, 2016. Disponível em: <http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/handle/riuea/2869>. Acesso em 22 maio 2022.
- Como funcionam as Películas para Vidros da 3M de Redução de Calor?** Special films, 2020. Disponível em: <https://www.specialfilms.com.br/faq/61/faq>. Acesso em: 02 maio 2020.
- Dúvidas frequentes.** Interfilm, 2017. Disponível em: http://www.interfilm.com.br/duvidas_frequentes.php. Acesso em: 03 maio 2020.
- FORTES, W. C. ; SILVA, L. G.; NUNES, J. S.. **Avaliação térmica de veículos com sem película térmica.** Revista UFMT, Cuiabá, p. 1-6, 2019. disponível em: https://evento.ufmt.br/download/sub_198b6215604e3abc6b044c3ea503b597.pdf. Acesso em 16 maio 2022.
- GONÇALVES, Paulo. **O efeito de estufa.** Webquest de Física e Química. 2010. Disponível em: <https://sites.google.com/site/fisicanaesramada/webquest--o-efeito-de-estufa/home>. Acesso em 24 maio 2022.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física.** Vol. 4. 9.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 1 p.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física.** Vol. 2. 9.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 191 p.
- JUNGES, A. L. et. al.. **Efeito estufa e aquecimento global: uma abordagem conceitual a partir da física para educação básica.** 2018.

HEMAIS, C. A.. **Polímeros e a indústria automobilística**. Revista Scielo, Rio de Janeiro, Vol.13, nº 2, p. 107-114, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/M7SMYkKWh9kmgPGd4D8mhLg/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 15 maio 2020.

HEWITT, P. G.. **Física Conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 696 p.

Insulfilm para veículos-quais as vantagens e como escolher o melhor?. Portal auto shopping, 2018. Disponível em:

<http://www.portalautoshopping.com.br/blog/insulfilm-para-veiculos-quais-as-vantagens-e-como-escolher-o-melhor/>. Acesso em: 02 maio 2020.

LISAK, H. K.. **Cheiro de Carro Novo: perigo oculto**. Mostratec, 2021. Disponível em:

<https://www.virtual.mostratec.com.br/wp-content/uploads/2021/10/341-poster.pdf>.

Acesso em 14 abr. 2020.

LITTLE, M. ; Haley, A.. **Autobiografia de Malcolm X**. Estados Unidos da América: Grove press, 1965.

Luz - fontes, propagação e principais fenômenos ópticos. PRAVALER.

Disponível em: <https://www.pravaler.com.br/luz-fontes-propagacao-e-principais-phenomenos-opticos>. Acesso em: 31 jan. 2023.

MARSULO, M. A. G.; SILVA, R. M. G.. **Os métodos científicos como possibilidade de construção de conhecimentos no ensino de ciências**. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, São paulo, Vol. 4 Nº 3, 2005. Disponível em:

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32998478/Explique_a_importancia_2-with-coverage-v2.pdf?Expires=1654138194&Signature=XbXnvtcLt4WzmtKK1DezUoUAMheGWtJH~JPwNjN5gFwKJBTDM09svaoeNEL5K3vN8edV~xP1hiiGHZrZ212ECpY1X8u8e0Y0IYBNIRMAm0yaD2QLElyZcHFToUIWNvXeiydn1DYszq1S9RXpFBJ8Q9nE-I9v8ERu225L2cDnPLpci5mhchShZuROzpxxT89H-qwvhcyFXH9x0TKICa05W0JRzuSS0SkW9i2EcTcdW0ZDSncr~fE6M8nKvO7zTAINtrgrsT3jFcQBtmefw58fnph98ywloS1NHQT41TAora-oPP~khy3CfsHGGeRpmChZ1MKNjj6ekUX6VdXokRUJA_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em 7 maio 2022.

MARQUES, S. G.; HUNSCHE, S.. **Enfoque CTS no Brasil: olhar sobre as práticas implementadas no Ensino Médio**. Repositório unipampa, 2015.

Disponível em:

<https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/bitstream/riu/1029/1/Enfoque%20CTS%20no%20Brasil%20olhar%20sobre%20as%20pr%C3%A1ticas%20implementadas%20no%20ensino%20m%C3%A9dio..pdf>. Acesso em 18 jun. 2022.

MEDEIROS, R. V. B.; RESENDE, R. R.; MAIA, S. R. R. **Ureia e formol: uma união perfeita**. Alô, Escolas!, Vol. 2, N. 14, 2015. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Saulo-Maia/publication/282234883_UREIA_E_FORMOL_UMA_UNIAO_PERFEITA/links/5812189d08ae1f5510c29f0f/UREIA-E-FORMOL-UMA-UNIAO-PERFEITA.pdf. Acesso em 9 maio 2020.

MOYSÉS, H. N.. **Curso de Física básica Eletromagnetismo**. Vol.3. 1.ed. São Paulo: Edgard Blucher. 1997. 137 p.

OLIVEIRA, C. A. ; GUARONGH, V. M.. **Energia solar**. Disponível em:

<https://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/esolar/esolar.html>. Acesso em: 28 jan. 2023.

O QUE É CALOR. Disponível em: https://ppgenfis.if.ufrgs.br/mef008/mef008_02/Beatriz/calor.htm. Acesso em: 31 jan. 2023.

Películas de proteção. Ilumin, 2017. Disponível em: <https://www.ilumin.com.br/noticias/52-beneficios-das-peliculas>. Acesso em: 30 abr. 2020.

PEREIRA, A. S.. **Determinação da difusividade térmica (e sua incerteza) para produtos acondicionados em recipientes cilíndricos durante seu aquecimento: Experimentação, Otimização e Simulação.** Sistemas de bibliotecas da UFCG, 2021. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/22723/%c3%81LISON%20PEREIRA%20DA%20SILVA%20-%20DISSERTA%c3%87%c3%83O%20%28PGF%29%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 31 jan. 2023.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A.. **Física Moderna.** 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. 765 p.

Tipos de reflexão e refração. Só física, 2008-2020. Disponível em: <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Otica/Fundamentos/tiposdereflexaoerefracao.php>. Acesso em 7 maio 2020.

TORRES, E. M. M.; NUNES, A. G.. **Análise da lei de resfriamento de newton aplicada ao pão tipo francês durante o processo de assamento.** Ciência e tecnologia, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/5798/1/EllenMMT_ART.pdf. Acesso em 20 jun. 2022.

APÊNDICE A - TEMPERATURAS MEDIDAS

Tabela 1 – Medida 1. veículo sem protetor

Instante (min)	Temperatura
1	34.2 °C
2	34.2 °C
3	35.2 °C
4	35.7 °C
5	35.9 °C
6	36.1 °C
7	36.1 °C
8	36.0 °C
9	35.9 °C
10	36.0 °C
11	35.0 °C
12	35.0 °C
13	35.9 °C
14	36.4 °C
15	37.2 °C
16	37.3 °C
17	37.0 °C
18	37.1 °C
19	37.3 °C
20	37.0 °C
21	37.1 °C
22	37.3 °C
23	38.8 °C
24	39.4 °C
25	40.6 °C
26	41.4 °C
27	42.1 °C
28	42.6 °C
29	43.3 °C
30	43.8 °C

Tabela 2 – Medida 1. veículo com protetor no interior

Instante (min)	Temperatura
1	33.1 °C
2	33.0 °C
3	33.9 °C
4	34.6 °C
5	35.1 °C
6	35.5 °C
7	35.6 °C
8	35.7 °C
9	35.9 °C
10	36.2 °C
11	36.7 °C
12	37.1 °C
13	37.3 °C
14	37.5 °C
15	37.4 °C
16	37.3 °C
17	37.2 °C
18	36.4 °C
19	36.6 °C
20	37.0 °C
21	37.2 °C
22	37.2 °C
23	37.4 °C
24	37.8 °C
25	38.3 °C
26	38.5 °C
27	38.3 °C
28	38.5 °C
29	38.3 °C
30	37.8 °C

Tabela 3 – Medida 1. veículo com protetor no exterior

Instante (min)	Temperatura
1	31.6 °C
2	31.8 °C
3	32.5 °C
4	32.9 °C
5	33.4 °C
6	33.2 °C
7	33.2 °C
8	33.2 °C
9	33.2 °C
10	32.1 °C
11	32.6 °C
12	32.8 °C
13	32.9 °C
14	33.0 °C
15	33.2 °C
16	33.3 °C
17	33.3 °C
18	33.3 °C
19	33.4 °C
20	33.1 °C
21	33.2 °C
22	33.5 °C
23	33.8 °C
24	34.1 °C
25	34.5 °C
26	34.7 °C
27	34.9 °C
28	35.0 °C
29	34.5 °C
30	35.0 °C

Tabela 4 – Medida 2. veículo sem protetor

Instante (min)	Temperatura
1	33.2 °C
2	35.0 °C
3	38.2 °C
4	39.7 °C
5	41.2 °C
6	41.8 °C
7	41.9 °C
8	41.8 °C
9	41.7 °C
10	42.3 °C
11	43.5 °C
12	41.4 °C
13	40.7 °C
14	41.1 °C
15	41.2 °C
16	40.9 °C
17	40.5 °C
18	40.0 °C
19	39.8 °C
20	39.4 °C
21	39.2 °C
22	37.8 °C
23	38.4 °C
24	39.0 °C
25	39.9 °C
26	40.1 °C
27	40.1 °C
28	40.0 °C
29	38.7 °C
30	38.8 °C

Tabela 5 – Medida 2. veículo com protetor no interior

Instante (min)	Temperatura
1	28.6 °C
2	29.5 °C
3	30.3 °C
4	30.8 °C
5	31.2 °C
6	31.3 °C
7	31.2 °C
8	31.2 °C
9	31.2 °C
10	30.9 °C
11	30.6 °C
12	30.7 °C
13	30.7 °C
14	30.7 °C
15	30.7 °C
16	30.6 °C
17	30.5 °C
18	30.2 °C
19	30.3 °C
20	30.4 °C
21	30.5 °C
22	30.5 °C
23	30.6 °C
24	30.5 °C
25	30.6 °C
26	30.7 °C
27	30.8 °C
28	30.8 °C
29	30.2 °C
30	30.2 °C

Tabela 6 – Medida 2. veículo com protetor no exterior

Instante (min)	Temperatura
1	27.3 °C
2	26.6 °C
3	27.9 °C
4	28.8 °C
5	29.3 °C
6	29.6 °C
7	29.6 °C
8	29.6 °C
9	29.8 °C
10	29.5 °C
11	29.4 °C
12	29.2 °C
13	29.0 °C
14	29.0 °C
15	29.0 °C
16	28.9 °C
17	28.8 °C
18	28.8 °C
19	28.7 °C
20	28.7 °C
21	28.5 °C
22	28.2 °C
23	28.2 °C
24	28.2 °C
25	28.2 °C
26	28.2 °C
27	28.2 °C
28	28.1 °C
29	28.1 °C
30	28.0 °C

Tabela 7 – Medida 3. veículo sem protetor

Instante (min)	Temperatura
1	33.7 °C
2	37.4 °C
3	42.3 °C
4	46.0 °C
5	47.7 °C
6	48.6 °C
7	49.2 °C
8	50.0 °C
9	50.4 °C
10	50.7 °C
11	47.7 °C
12	49.3 °C
13	50.6 °C
14	51.2 °C
15	51.4 °C
16	49.1 °C
17	49.8 °C
18	50.1 °C
19	48.8 °C
20	48.8 °C
21	48.9 °C
22	47.8 °C
23	44.1 °C
24	43.2 °C
25	44.2 °C
26	44.6 °C
27	44.7 °C
28	44.4 °C
29	45.6 °C
30	46.8 °C

Tabela 8 – Medida 3. veículo com protetor no interior

Instante (min)	Temperatura
1	31.9 °C
2	33.8 °C
3	35.4 °C
4	36.6 °C
5	37.8 °C
6	38.4 °C
7	38.9 °C
8	39.2 °C
9	39.6 °C
10	40.2 °C
11	39.1 °C
12	39.3 °C
13	40.0 °C
14	40.4 °C
15	40.6 °C
16	40.8 °C
17	40.9 °C
18	40.9 °C
19	40.9 °C
20	40.9 °C
21	40.6 °C
22	39.6 °C
23	39.6 °C
24	39.5 °C
25	39.5 °C
26	39.9 °C
27	40.0 °C
28	40.3 °C
29	40.8 °C
30	41.0 °C

Tabela 9 – Medida 3. veículo com protetor no exterior

Instante (min)	Temperatura
1	35.0 °C
2	37.3 °C
3	38.4 °C
4	39.7 °C
5	41.0 °C
6	41.6 °C
7	41.9 °C
8	42.1 °C
9	42.4 °C
10	42.5 °C
11	40.6 °C
12	41.0 °C
13	41.5 °C
14	41.9 °C
15	42.1 °C
16	42.2 °C
17	42.5 °C
18	42.8 °C
19	43.2 °C
20	43.4 °C
21	43.4 °C
22	43.4 °C
23	41.4 °C
24	42.1 °C
25	42.7 °C
26	43.3 °C
27	43.6 °C
28	43.7 °C
29	43.8 °C
30	43.7 °C