

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF – POLO 26**

**MAURÍCIO JOSÉ RODRIGUES DOS SANTOS**

**FORNO SOLAR: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA NO ESTUDO DA TERMOLOGIA  
COM ÊNFASE NOS PROCESSOS DE TRANSMISSÃO DE CALOR**

TERESINA – PI

2023

**MAURÍCIO JOSÉ RODRIGUES DOS SANTOS**

**FORNO SOLAR: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA NO ESTUDO DA TERMOLOGIA  
COM ÊNFASE NOS PROCESSOS DE TRANSMISSÃO DE CALOR**

Dissertação apresentada à coordenação do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física – polo 26, da Universidade Federal do Piauí como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Ensino de Física

Orientadora: Prof. Dr. Claudia Adriana de Sousa Melo

TERESINA – PI

2023

## FICHA CATALOGRÁFICA

Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências da Natureza  
Divisão de Representação da Informação

S237f Santos, Maurício José Rodrigues dos.  
Forno solar: uma proposta metodológica no estudo da termologia com ênfase nos processos de transmissão de calor / Santos, Maurício José Rodrigues dos. – 2023.  
89 f.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Programa de Pós-Graduação em Física, Teresina, 2023.  
“Orientador: Prof. Dr. Claudia Adriana de Sousa Melo.”  
  
1. Termologia. 2. Conceitos científicos. 3. Aprendizagem Significativa. I. Melo, Claudia Adriana de Sousa. II. Título.

CDD 536

Bibliotecário: Gésio dos Santos Barros – CRB3/1469

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**  
**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFPI**  
e-mail: mnpef@ufpi.edu.br

**ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE MAURÍCIO JOSÉ  
RODRIGUES DOS SANTOS**

Às catorze horas e trinta minutos do dia vinte e quatro de fevereiro de dois mil e vinte e três, reuniu-se no auditório do Departamento de Física, a Comissão Julgadora da dissertação intitulada "FORNO SOLAR: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA NO ESTUDO DA TERMOLOGIA COM ÊNFASE NOS PROCESSOS DE TRANSMISSÃO DE CALOR" do discente Maurício José Rodrigues dos Santos, composta pelos professores Cláudia Adriana de Sousa Melo (orientadora, UFPI), Francisco Welington de Sousa Lima (externo ao programa - UFPI), Francisco Ferreira Barbosa Filho (interno ao programa - UFPI) e Alexandre de Castro Maciel (interno ao programa - UFPI), para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito para a obtenção do título Mestre em Ensino de Física. Abrindo a sessão a Orientadora e Presidente da Comissão, Profª. Cláudia Adriana de Sousa Melo, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da defesa da Dissertação, passou a palavra ao discente para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Comissão Julgadora e respectiva defesa do discente. Nesta ocasião foram solicitadas correções no texto escrito, as quais foram acatadas de imediato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do aluno e do público, para julgamento e expedição do resultado final. O discente foi considerado APROVADO, por unanimidade, pelos membros da Comissão Julgadora, à sua dissertação. O resultado foi então comunicado publicamente a discente pela Presidente da Comissão. Registrando que a confecção do diploma está condicionada à entrega da versão final da dissertação à CPG após o prazo estabelecido de 60 dias, de acordo com o artigo 39 da Resolução No 189/07 do CONSELHO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UFPI. Nada mais havendo a tratar, a Presidente da Comissão Julgadora deu por encerrado o julgamento que tem por conteúdo o teor desta Ata que, após lida e achada conforme, será assinada por todos os membros da Comissão para fins de produção de seus efeitos legais. Teresina-PI, 24 de fevereiro de 2023.

Profª. Cláudia Adriana de Sousa Melo (Presidente)



Prof. Francisco Welington de Sousa Lima (externo-UFPI)



Prof. Francisco Ferreira Barbosa Filho (interno-UFPI)



Prof. Alexandre de Castro Maciel (interno-UFPI)



“Sempre acreditei que Deus pudesse me dar à inteligência e sabedoria necessária para continuar a perseverar nos meus estudos. Agradeço e dedico esta dissertação a Ele.”

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de primeiramente agradecer a Deus por me ajudar a ter superado todas as dificuldades que foram postas no meu caminho bem como também a cada conquista.

Aos meus pais Jorge Pereira dos Santos e Maria Francisca Rodrigues dos Santos pelo apoio e incentivo que serviram de alicerce para as minhas realizações. Aos meus irmãos Mauro Celso, Joseane Rodrigues e Maria Cristiane (Cris) pela motivação, companheirismo, amizade e atenção dedicadas quando sempre precisei. À minha amada esposa Magna Maria pelo seu amor incondicional e por compreender minha dedicação ao projeto de pesquisa.

Aos demais familiares e amigos que sempre me apoiaram e incentivaram com palavras de carinho e apoio nos momentos em que mais precisei.

Aos alunos da turma 204 do curso técnico de Agropecuária: Ana Clara, Brenda, Danilo, Isadora, Laize, Maria Gabrielle, os da turma 301 do curso Manutenção e Suporte em Informática: Bianca, Grazielle, Leticia, Weslem, os turmas 203 e 303 respectivamente do curso de Eletroeletrônica: Hyan e Constância. Ambos eram estudantes no ano de 2021 do IEMA PLENO MATÕES que contribuíram para que o objetivo da pesquisa fosse alcançado.

À SBF e MNPEF, que proporcionaram o mestrado na nossa região, contribuindo diretamente para o meu desenvolvimento acadêmico, bem como à UFPI e o seu corpo docente do programa, que demonstraram estar comprometidos com a qualidade e excelência do ensino.

À CAPES pelo apoio financeiro.

A minha orientadora a Prof.<sup>a</sup> Dra. Claudia Melo pela dedicação ao polo MNPEF, do qual é coordenadora, por sua grande colaboração no planejamento, execução e escrita desta pesquisa, pela confiança que depositou em mim (não me deixando desistir), pela paciência sem limites..., minha profunda admiração e gratidão.

Enfim, obrigado a todos que de alguma forma me proferiram palavras de carinho, apoio, incentivo. Vocês me incentivaram e apoiaram em um momento muito importante de minha vida.

## RESUMO

Este trabalho foi norteado considerando a contextualização dos conceitos estudados em Física, então considerando os aspectos climáticos de nossa região, propomos estudar os fenômenos físicos associados ao forno solar do tipo caixa, sendo um dispositivo de simples fabricação. A Base Nacional Comum Curricular – BNCC, lei que normatiza a educação básica, foi construída visando o desenvolvimento de competências de habilidades nos egressos da Educação Básica, em suas orientações e a busca pela contextualização dos conteúdos estudados. A mesma lei, norteia a ação docente, para que estes desenvolvam atividades práticas, podendo facilitar a aprendizagem dos alunos a respeito dos temas científicos mediados por questões cotidianas, como uso de uma energia alternativa no cozimento de alimentos onde tais atividades provocam questionamentos sobre o conteúdo estudado em Termologia. Este trabalho tem como objetivo discutir o uso do Forno Solar Automatizado como ferramenta no processo de ensino-aprendizagem, auxiliando a aprendizagem dos conceitos científicos relacionados aos processos de transmissão de calor. A metodologia usada foi a experimentação com a construção do forno solar e sua automação com a utilização do Arduino. Essa estratégia permitiu a observação do efeito físico analisado, como também permitiu verificar cada variação da temperatura no interior da caixa. Concluímos que os objetivos do trabalho foram alcançados, pois os estudantes participaram ativamente de todas as etapas desenvolvidas, além de sugerirem alterações no experimento, mostrando que atividades práticas e contextualizadas despertam o interesse dos estudantes.

**Palavras-chave:** Conceitos científicos, Termologia, Aprendizagem Significativa.

## **ABSTRACT**

This work was guided considering the contextualization of the concepts studied in Physics, so considering the climatic aspects of our region, we propose to study the physical phenomena associated with the box-type solar oven, being a device of simple manufacture. The National Common Curricular Base – BNCC, law that regulates basic education, was built aiming at the development of skills and abilities in Basic Education graduates, in its orientations and the search for the contextualization of the contents studied. The same law guides the teaching action, so that they develop practical activities, which can facilitate students' learning about scientific themes mediated by everyday issues, such as the use of alternative energy in cooking food where such activities provoke questions about the content studied in Thermology. This work aims to discuss the use of the Automated Solar Furnace as a tool in the teaching-learning process, helping the learning of scientific concepts related to heat transmission processes. The methodology used was experimentation with the construction of the solar oven and its automation using Arduino. This strategy allowed the observation of the analyzed physical effect, as well as the verification of each temperature variation inside the box. We conclude that the objectives of the work were achieved, as the students actively participated in all the stages developed, in addition to suggesting changes in the experiment, showing that practical and contextualized activities arouse the students' interest.

**Keywords:** Scientific concepts, Thermology, Meaningful Learning.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Conteúdos de Física aplicados ao desenvolvimento do Forno Solar. ....	17
Figura 2: Imagem de um Arduino UNO. ....	19
Figura 3: Ambiente de trabalho do Arduino versão 1.8.13. ....	20
Figura 4: Transmissão de calor ao longo de um sólido. ....	24
Figura 5. Recipiente com água sobre a chama. ....	27
Figura 6. Os diferentes tipos de radiação eletromagnética. ....	29
Figura 7. O Sol aquecendo o interior do forno solar, através dos raios infravermelhos. ....	30
Figura 8. Diagrama dos processos de interação da radiação solar com a atmosfera terrestre. ...	31
Figura 9. Efeito estufa presente na caixa quente. ....	33
Figura 10. Orientação do vidro em fornos solares. ....	33
Figura 11. Refletores para o aumento da energia de entrada do forno. ....	34
Figura 12. O ar aquecido escapando pelas frestas. ....	35
Figura 13. Esquema do forno solar em caixa. ....	36
Figura 14. Primeira aula presencial com o grupo participante do projeto. ....	39
Figura 15. Questionário inicial da pesquisa bibliográfica. ....	40
Figura 16. Pesquisa sobre o forno solar. ....	41
Figura 17. Confeção do forno solar. ....	42
Figura 18. Primeiros testes do forno solar. ....	42
Figura 19. Alimentos sendo cozidos ou esquentados no forno solar. ....	43
Figura 20. Feira das Profissões do IEMA de Matões - MA. ....	44
Figura 21. Apresentação do Forno Solar na I Mostra Científica da escola. ....	45
Figura 22. Primeiro encontro presencial de aplicação do Produto Educacional. ....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Unidades Temáticas de Física nas Séries Finais do Ensino Fundamental .....	16
Tabela 2. Condutividades térmicas. ....	26
Tabela 3. Função do isopor entre na caixa. ....	51
Tabela 4. Maneira pela qual a transmissão de calor é dificultada pelo isopor. ....	51
Tabela 5. Função do papel alumínio no interior da caixa. ....	52
Tabela 6. Função da cobertura de vidro transparente. ....	52
Tabela 7. Por que o fundo interno da caixa foi pintado de preto? .....	52
Tabela 8. Por que foi utilizada a panela preta para cozinhar os alimentos? .....	53
Tabela 9. Função da tampa refletora. ....	53
Tabela 10. A importância de vedar bem as frestas (aberturas) do forno. ....	54

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Aprendizagem significativa de David Ausubel .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Aspectos teóricos do forno solar de caixa .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 A plataforma Arduino .....</b>	<b>17</b>
2.3.1 Arduino como ferramenta de ensino .....	18
2.3.2 Funcionalidades do Arduino .....	19
2.3.3 Software para o uso do Arduino .....	20
<b>2.4 O uso do forno solar na cidade de matões e região .....</b>	<b>21</b>
<b>3. CONCEITOS FÍSICOS ESTUDADOS NO PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1 Processos de transmissão de calor .....</b>	<b>23</b>
3.1.1 Condução .....	24
3.1.2 Convecção .....	27
3.1.3 Radiação .....	28
<b>3.2 Energia Solar .....</b>	<b>31</b>
<b>3.3 A Física do forno solar .....</b>	<b>32</b>
3.3.1 Princípios de aquecimento .....	32
3.3.2 O Forno Solar .....	35
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1 Desenvolvimento do projeto para construção do forno solar tipo caixa ....</b>	<b>37</b>
<b>4.2 Etapas do trabalho .....</b>	<b>38</b>
<b>5. RESULTADOS E ANÁLISE DAS ETAPAS DO TRABALHO .....</b>	<b>46</b>
<b>5.1 Análise das pesquisas bibliográficas .....</b>	<b>46</b>
<b>5.2 Análise do questionário .....</b>	<b>47</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE I .....</b>	<b>61</b>
<b>APÊNDICE II .....</b>	<b>65</b>
<b>APÊNDICE III .....</b>	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho foi norteado considerando a contextualização dos conceitos estudados em Física, então apresentamos a proposta de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS, com estratégias práticas para o ensino de Trocas de Calor. A escolha do tema de estudo foi motivada pelas condições climáticas de nossa região, além da aplicação e utilização do forno solar no cotidiano da comunidade escolar. Considerando as condições locais poucas são as iniciativas para divulgar a utilização da energia solar no cotidiano das pessoas. O produto educacional desenvolvido busca despertar a curiosidade dos estudantes, quanto ao uso e aplicação desse tipo de energia e também associar esses conhecimentos as tecnologias digitais.

Sabendo-se que a metodologia tradicional ainda é aplicada nas ações docentes, mostrar a existência de estratégias alternativas pode despertar o interesse dos alunos no estudo da Física. Outro aspecto interessante é a possibilidade de relacionar o estudo de fenômenos estudados pela Física com o cotidiano dos alunos, como o cozimento de alimentos, por exemplo.

Em sua maioria as atividades das aulas de Física estão associadas a sala de aula, e dificilmente são realizadas aulas práticas, ampliando assim a antipatia dos estudantes pela disciplina. Então, buscando aumentar o interesse dos estudantes e procurando despertar sua criatividade propomos uma UEPS sobre trocas de calor, onde aplicamos uma atividade experimental e contextualizamos com o cotidiano dos alunos. Este aspecto comunga com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular – BNCC, em suas competências gerais que indicam a necessidade do desenvolvimento do pensamento científico, além da contextualização dos estudos da Educação Básica para auxiliar a vida do cidadão.

Este trabalho foi dividido em capítulos. No segundo capítulo fizemos uma breve discussão sobre os Referenciais Teóricos, onde foi discutida a Teoria da Aprendizagem Significativa, que foi usada para nortear o Produto Educacional desenvolvido, considerando a necessidade de referenciar as estratégias de ensino em teóricos de grande importância no processo de aprendizagem. Então o desenvolvimento e aplicação do material proposto, teve como base essa teoria. Nesse capítulo também foi detalhado a utilização do forno solar e uma breve introdução à plataforma Arduino, que foi utilizada na automação do forno solar.

No capítulo três, encontramos uma discussão dos conteúdos sobre Trocas de Calor, que foi o objeto de estudo deste trabalho. Nessa breve revisão sobre os processos de transmissão de calor são abordados temas como processos de troca de calor e energia solar. Esses temas foram fundamentais para a construção e aplicação do forno solar.

A metodologia do trabalho foi descrita no capítulo quatro, onde são detalhadas todas as etapas de produção do forno solar e sua aplicação em sala de aula. No capítulo cinco são apresentados os resultados obtidos da aplicação do Produto Educacional, e as análises dos mesmos. E no capítulo seis são apresentadas as considerações finais sobre o trabalho.

Os objetivos deste trabalho são relacionados abaixo:

### **Geral**

Produzir uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, utilizando atividades experimentais sobre Processo de Transmissão de Calor.

### **Específicos**

- Construir um Forno Solar de caixa, e aplicar no estudo do processo de trocas de calor;
- Automatizar as medidas de temperatura, usando a plataforma Arduino;
- Aplicar em sala de aula o Produto Educacional proposto;
- Avaliar a aplicação do Produto Educacional.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Aprendizagem significativa de David Ausubel

As estratégias de ensino devem nortear um caráter significativo nas discussões com os discentes sobre os conhecimentos estudados, para que possam promover uma Aprendizagem Significativa, que segundo Moreira, (2011), “é aquela em que as ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe.” Onde este conhecimento prévio é relevante à nova aprendizagem, podendo ser por exemplo, um símbolo, um conceito, uma proposição ou uma imagem, que segundo a teoria de David são denominados *subsunçor* ou *ideia-âncora*. Então dessa forma os conhecimentos prévios dos alunos tendem a funcionar como ancoras para um novo conhecimento ou ressignificação de um conhecimento que anteriormente para o aluno era apenas algo que ele precisava decorar.

As condições para promover uma aprendizagem significativa, segundo Moreira (2011), são as seguintes:

1. O Material a ser aplicado deve ser potencialmente significativo, apresentando propriedade de ser relacionável às ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva do sujeito;
2. O estudante deve estar predisposto a aprender.

Considerando estas condições, podemos perceber que não é conveniente uma aplicação de um material potencialmente significativo sem que o sujeito, a quem esse material é direcionado, tenha disposição de participar da aplicação. Segundo Paixão e Ferro (2015) esta condição pressupõe a exigência de uma atitude ativa do aprendiz e põe em destaque a importância dos processos de atenção e motivação.

Ainda segundo essa teoria os conhecimentos prévios são importantes para identificar os elementos para uma aprendizagem significativa, chamados de subsunçores. Ao perceber que um novo conhecimento foi ancorado a um subsunçor, presentes na estrutura cognitiva do aluno, então podemos identificar alguns elementos de uma aprendizagem significativa. Quando existem evidências de uma aprendizagem significativa, podem-se perceber as características desse tipo de aprendizagem que, segundo Paixão e Ferro (2015), as informações aprendidas significativamente ficam retidas na estrutura cognitiva do aluno por um tempo maior, ou seja, algo aprendido de uma forma significativa é muito mais difícil de ser esquecido, ao contrário de tudo aquilo aprendido de forma mecânica, Moreira (2011). No processo de aprendizagem significativa espera-se que os

indivíduos tenham capacidade de relacionar os conhecimentos que funcionam como âncora de novas informações, facilitando assim o aprendizado. Embora alguns conhecimentos possam ser esquecidos, como na forma mecânica de aprendizagem, eles possuem um efeito residual de conhecimento assimilado, sendo mais fácil sua recordação em caso de uma nova utilização do mesmo, pois os saberes aprendidos significativamente podem ser aplicados em uma enorme variedade de novos problemas ou situações.

Devemos então valorizar a busca pelos conhecimentos prévios dos alunos, juntamente com a criação de ancoras para servirem de base para os conhecimentos que devem ser adquiridos no decorrer de uma atividade didática, em concordância com Moreira (2011) na perspectiva ausubeliana, o conhecimento prévio é a variável crucial para a aprendizagem significativa.

## 2.2 Aspectos teóricos do forno solar de caixa

Considerando a Base Nacional Comum Curricular – BNCC, que traz orientações para o desenvolvimento das competências e habilidades norteadoras da Educação Básica, propiciando aos alunos alicerces para a continuação de seus estudos, e para sua atuação nas atividades produtivas. Então a definição de competências, segundo a BNCC, Brasil (2018),

Na BNCC, **competência** é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho. (BRASIL, 2018, p. 8, grifo do autor)

Na BNCC são indicadas as dez competências gerais direcionadas para a Educação Básica, norteiam a organização do ensino, e como ocorrem as etapas a serem desenvolvidas. Estas competências foram estruturadas para fomentar um indivíduo participativo, que possa reconhecer-se em seu contexto social, que seja analítico e crítico, e que possa lidar com as informações disponíveis em diversas mídias, podendo assim, através de suas competências, aprender a aprender, diminuindo e rompendo barreiras, desenvolvendo-se como um indivíduo nas dimensões intelectuais, afetiva, social, política e cultural.

[...], a BNCC está estruturada de modo a explicitar as competências que devem ser desenvolvidas ao longo de toda a Educação Básica e em cada etapa da escolaridade, como expressão dos direitos de aprendizagem e desenvolvimento de todos os estudantes. (BRASIL, 2018, p. 23)

Este documento possibilita a flexibilização dos sistemas de ensino, e fornece condições estruturais e diretivas com o intuito de dar uma base para que as regiões e instituições se planejem de acordo com suas particularidades e disponibilizem aos seus alunos conhecimentos básicos para uma aprendizagem efetiva e de aplicação na vida cotidiana e social.

Então nas séries finais do Ensino Fundamental são introduzidos conceitos de Física, já que os alunos possuem maior amadurecimento e desenvolvimento cognitivo nesta faixa etária, há uma ampliação progressiva da capacidade de abstração no qual é intensificado o direcionamento para uma autonomia nos estudos, sendo possível explorar a formação científica. O Tabela 1, a seguir, resume e demonstra os conceitos presentes nos diferentes seguimentos das séries finais do Ensino Fundamental em Ciências.

**Tabela 1:** Unidades Temáticas de Física nas Séries Finais do Ensino Fundamental

Unid. Temática	Matéria e Energia	Terra e Universo
6º ano		Forma, estrutura e movimentos da Terra.
7º ano	Formas e propagação do calor	Composição do ar; Efeito estufa; Camada de ozônio; Fenômenos naturais (vulcões, terremotos e tsunamis; Placas tectônicas e deriva continental).
8º ano		Sistema Sol-Terra-Lua; Clima.
9º ano	Aspectos quantitativos das transformações químicas; Estrutura da matéria; Radiações e suas aplicações na saúde.	Composição, estrutura e localização do sistema solar no Universo; Astronomia e cultura; Vida humana fora da Terra; Ordem de grandeza astronômica; Evolução estelar.

**Fonte:** BNCC com organização do Próprio Autor

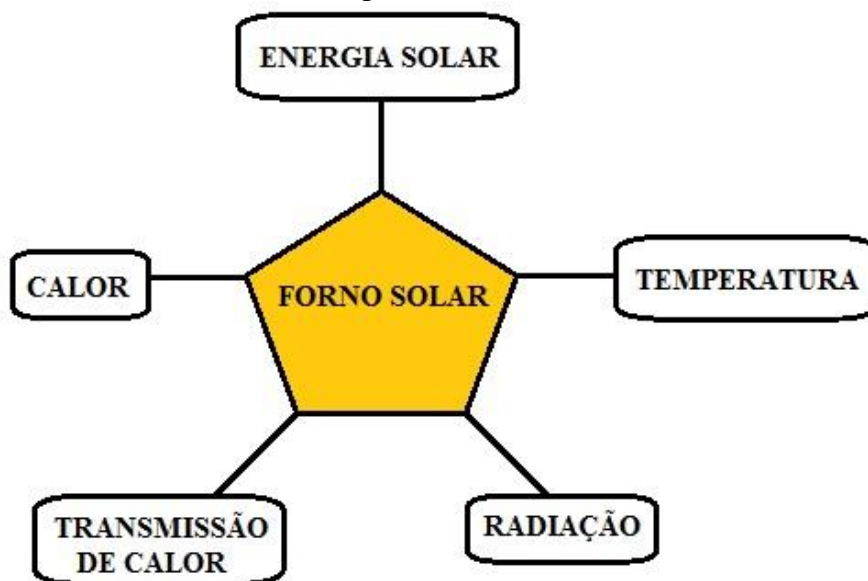
Considerando os conteúdos relacionados ao tema deste trabalho, identificamos que no 7º ano do Ensino Fundamental torna-se obrigatório o ensino dos conteúdos Formas e propagação do calor; Composição do ar; Efeito Estufa; Camada de ozônio; Fenômenos naturais, em suas respectivas Unidades Temáticas. Esses conteúdos também são tratados no Ensino Médio, observando a contextualização e a interdisciplinaridade na área de Ciências da Natureza. Então o tema deste



trabalho relaciona-se com os conteúdos indicados na BNCC, e nosso trabalho busca contextualizar os conhecimentos ensinados com a realidade dos estudantes.

Este trabalho apresenta um Produto Educacional direcionado para o Ensino de Física, estuda o Forno Solar de Caixa com ênfase aos conteúdos de termodinâmica estudados na Educação Básica, tais como: energia solar, calor, formas de transferência de calor, temperatura; descrito na figura 1.

**Figura 1.** Conteúdos de Física aplicados ao desenvolvimento do Forno Solar.



Fonte: Próprio autor.

A Figura 1 mostra o esquema das grandezas físicas envolvidas sendo essenciais para a compreensão do funcionamento do Forno Solar e sua construção. O infográfico desenvolvido em forma de fluxograma apresenta em seus eixos os conteúdos de física relacionados ao estudo da energia, do calor e suas transferências. As especificações teóricas de cada um desses conteúdos serão abordadas no próximo capítulo.

### 2.3 A plataforma Arduino

O Arduino é uma plataforma de eletrônica aberta para a criação de protótipos baseada em software e hardware livres, flexíveis e fáceis de usar. O modelo foi desenvolvido para que

inventores, pesquisadores, professores, alunos, etc. pudessem desenvolver e aplicar livremente suas ideias.

### 2.3.1 Arduíno como ferramenta de ensino

Algumas pesquisas em Ensino de Ciências, e em Ensino de Física, tem buscado integrar as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação – TDICs com as metodologias empregadas no ambiente escolar, possibilitando estratégias de contextualização dos conteúdos ensinados. O uso das TDICs pode ser encontrado nos trabalhos desses autores: Aguiar; Laudares, (2001); Alves; Amaral; Neto, (2002); Barbeta; Yamamoto, (2002); Gobara; Rosa; Piubéli, 2002; Yamamoto; Barbeta, (2001). Mas deve-se refletir sobre como essas tecnologias podem ser empregadas na sala de aula.

Nesse trabalho, a plataforma Arduino é apresentada como uma ferramenta na obtenção dos dados do Forno Solar, e alguns relatos dos resultados de alguns testes realizados, serão mostrados nos capítulos seguintes desse texto. A automação do Forno Solar com uso do Arduino, para a aquisição dos dados, foi introduzida nesse estudo devido às dificuldades experimentais em verificar as variações de temperatura do sistema. Este dispositivo se caracteriza como uma ferramenta pedagógica e, foi explicado o princípio de funcionamento desse equipamento. Esse procedimento limitou-se a verificação das medidas de variação de temperatura do Forno Solar. Considerando algumas possíveis limitações do estudo experimental, nesse sentido, segundo Borges, (2002):

“[...] o estudante logo percebe que sua 'experiência' deve produzir o resultado previsto pela teoria, ou que alguma regularidade deve ser encontrada. Quando ele não obtém a resposta esperada, fica desconcertado com seu erro, mas, se percebe que o 'erro' pode afetar suas notas, ele intencionalmente 'corrige' suas observações e dados para obter a 'resposta correta', e as atividades experimentais passam a ter o caráter de um jogo viciado. Infelizmente este é daquele tipo de jogo que se aprende a jogar muito rapidamente.” (BORGES, 2002, p. 299).

No entanto, este trabalho vem de uma perspectiva da aplicação dupla da tecnologia, não apenas como instrumento de aquisição de dados em aulas práticas, mas também como objeto de estudo em si. O principal mecanismo tecnológico utilizado nesse trabalho é o Arduino que, além de apresentar um valor de mercado acessível para sua aquisição, tem se mostrado um recurso didático valioso em aulas de física (Cordova; Tort, 2016; Dworakowski, et al., 2016; Rocha; Guadagnini, 2013).

O conceito do Arduino é mencionado por Cavalcante, Tavolaro e Molisani, (2011), que

definem o Arduino desta forma:

A Arduino é uma plataforma que foi construída para promover a interação física entre o ambiente e o computador utilizando dispositivos eletrônicos de forma simples e baseada em softwares e hardwares livres. Resumidamente, a plataforma consiste em uma placa de circuitos com entradas e saídas para um microcontrolador AVR, um ambiente de desenvolvimento e o bootloader que já vem gravado no microcontrolador (CAVALCANTE, TAVOLARO e MOLISANI, 2011, pág. 4503-2).

Cavalcante, (2011), define microcontrolador COMO: “O microcontrolador é constituído de um microprocessador, memória e periféricos de entrada/saída e pode ser programado para funções específicas, como, por exemplo, o controle de máquinas e diferentes automações” (CAVALCANTE, TAVOLARO e MOLISANI, 2011, pág. 4503-2).

### 2.3.2 Funcionalidades do Arduino

A figura 2 mostra o Arduino utilizado no presente trabalho, sendo este, apenas um dos vários exemplares que existem no mercado atual.

**Figura 2.** Imagem de um Arduino UNO.



Fonte: <<https://www.arduino.cc/>>

Para começar a entender a utilização de um Arduino, deve-se saber que basicamente ele envolve o controle dos pinos disponíveis na placa, cuja quantidade depende da versão em uso. Na imagem do Arduino UNO (Figura 2), que é o mais popular no mercado, há 14 pinos digitais (0 -13) e 6 entradas analógicas (A0 -A5). Os pinos digitais estão localizados na região superior, e os pinos analógicos na região inferior. Na região inferior esquerda, o bloco de pinos contém um pino de

5 volts e outro de 3,3 volts, além dos pinos destacados pela faixa branca, onde contem 2 pinos GND, correspondentes ao *ground*, ou seja, um potencial comum de zero volts em relação às outras voltagens.

### 2.3.3 Software para o uso do Arduino

O software para o Arduino é de código aberto e pode ser baixado gratuitamente em <https://www.arduino.cc/en/software>. É possível instalar e executar as versões encontradas deste IDE nos sistemas operacionais Windows, Mac e Linux. Quando se abre o IDE do Arduino, será exibido algo semelhante à figura 2 abaixo. Para executar os trabalhos devem-se realizar as instruções no ambiente de desenvolvimento integrado do Arduino (IDE), o IDE do Arduino dispõe de tudo o que é necessário para programá-lo.

**Figura 3.** Ambiente de trabalho do Arduino versão 1.8.13.



Fonte: Próprio autor.

É interessante que o usuário desta plataforma esteja familiarizado com o IDE, pois é lá onde será escrito todo o código. Um bloco de códigos é chamado de sketch, ele fornece ao Arduino uma lista de comandos para a realização a tarefa.

Como a placa é de livre programação, o professor e o aluno possuem uma série de possibilidades de programação e de montagens de experimentos para o seu respectivo objetivo. E

neste trabalho, foi feito todo um processo no qual o professor ficou responsável por guiar o conteúdo físico que foi abordado, e orientou todos os alunos participantes de forma que eles pudessem trabalhar em interação uns com os outros na execução de cada etapa da atividade proposta na construção do forno e a forma utilizarem o Arduino na sua automação.

## **2.4 O uso do forno solar na cidade de Matões e região**

O Brasil em sua matriz energética utiliza as seguintes fontes limpas e renováveis de energia: a eólica, hídrica, biomassa, energia oceânica, geotérmica e a energia solar. De acordo com Boente (2015), as principais vantagens das energias renováveis são: o aumento na diversidade de oferta de energia; o incremento na geração de empregos em diversos setores, fazendo com que a economia prospere; a preservação do meio ambiente; a redução da poluição e diminuição da emissão dos gases de efeito estufa. De acordo com DIENSTMANN (2009) a energia solar é a energia obtida através dos raios solares, ou seja, é aquela que chega à superfície terrestre como ondas eletromagnéticas, de maneira direta ou difusa. Por esta razão a energia solar é empregada em diversas tecnologias, que se encontra em constante crescimento.

Reis (2009) relata ser a região nordeste com elevado potencial de geração de energia proveniente do sol, com um potencial médio de  $600 \text{ W/m}^2$ , podendo chegar a picos de  $1000 \text{ W/m}^2$ .

Considerando os dados do Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia – LABREN (2021), a irradiação direta normal no estado do Maranhão chega ser de até  $7043 \text{ Wh/m}^2$ .dia, nos períodos mais quentes da região, que foi mês de agosto, onde tivemos maior sucesso na utilização do Forno Solar na escola. A cidade de Matões – MA, local onde o Produto Educacional foi aplicado, está situada na mesorregião do Leste Maranhense, onde segundo dados do CRESESB (2022) a irradiação solar média mensal de  $5,51 \text{ kWh/m}^2$ .dia, apresentando assim a mais alta taxa irradiação entre as outras quatro mesorregiões do estado, validando o uso do Forno Solar na região para o aproveitamento da energia solar, no processo de aquecimento e preparo de alimentos para o consumo humano.

Segundo Melo, (2008), existem várias maneiras para captação da energia solar, as mais aplicadas e conhecidas são: as placas fotovoltaicas, os coletores solares, os secadores solares, os fogões solares e fornos solares. Então como forma de aproveitar esta fonte natural de energia, nosso projeto desenvolveu um Forno Solar, como uma opção econômica para diminuir o consumo do gás

liquefeito, que na época de aplicação do projeto na cidade de Matões - MA custava 120,00 reais em média, sendo um preço elevado para as comunidades carentes da região, Medeiros (2021).

O aproveitamento da energia solar, por ser abundante e renovável, pode se caracterizar como ação social, pois está acessível a todos na natureza. Em nosso país, o Forno Solar poderia ser fabricado em larga escala, como um projeto social que fomentaria o investimento em pesquisas de tecnologia social.

### **3 CONCEITOS FÍSICOS ESTUDADOS NO PRODUTO EDUCACIONAL.**

Segundo Bôas, Doca, Biscuola (2016, p.10) definem que “Termologia é a parte da Física que estuda os fenômenos relativos ao aquecimento, ao resfriamento ou as mudanças de estado físico em corpos que recebem ou cedem determinado tipo de energia”. Dentre os vários fenômenos estudados na termologia, neste trabalho será destacado o estudo da transformação de energia solar em energia térmica. Dessa forma, durante a aplicação do Produto Educacional, enfatizamos os processos de transmissão de calor usados no cozimento de alimentos.

Quando se estuda a transferência de energia térmica, é importante definir os conceitos de calor e temperatura, pois muitos confundem essas duas grandezas físicas. Young e Freedman (2008, p. 179), em seu livro, afirmam que “os termos ‘temperatura e calor’ costumam ser usados como sinônimos na linguagem do dia a dia, mas em Física, contudo, estes dois termos têm significados bastante diferentes”.

Um conceito intuitivo de temperatura faz a relação às sensações de quente e frio, ou seja, ela é definida em termos do sentido do tato. Essa visão não tem fundamento científico, e o aceitável é que a temperatura está relacionada com a energia cinética média dos átomos ou moléculas do sistema físico. As escalas mais utilizadas para medir temperatura, segundo Hewitt (2002), Young e Freedman (2008) e Tipler (2013), são Celsius, Fahrenheit e Kelvin.

O conceito de calor está relacionado com a energia térmica transferida de um corpo para outro, na maioria das situações, esta transferência ocorre devido à diferença de temperatura entre eles. Young e Freedman (2008, p. 190) destacam:

É extremamente importante que você entenda a diferença entre *calor* e *temperatura*. A temperatura depende do estado físico de um material, indicando, por meio de uma descrição quantitativa, se o material está quente ou frio. Na física, o termo calor sempre se refere a uma transferência de energia de um corpo ou sistema para outro, em virtude de uma diferença de temperatura existente entre eles, nunca indica a quantidade de energia contida em um sistema particular. Podemos alterar a temperatura de um corpo fornecendo ou retirando calor dele, ou retirando ou fornecendo outras formas de energia, tal como a energia mecânica. YOUNG E FREEDMAN (2008).

A palavra calor utilizada no cotidiano das pessoas, está frequentemente inserida no lugar da grandeza temperatura. Segundo Halliday e Resnick (2006, p. 185):

Tanto o calor quanto o trabalho representam trocas de energia entre um sistema e o seu ambiente. Calor e trabalho, diferente de temperatura, pressão e volume, não são propriedades intrínsecas de um sistema. Eles têm significado apenas enquanto descrevem a transferência de energia de um sistema, adicionando-se ou subtraindo-se ao total da energia interna do sistema. HALLIDAY E RESNICK (2006)

As definições citadas anteriormente mostram a necessidade que os estudantes compreendam os conceitos de calor e temperatura, para que eles entendam os mecanismos ou os processos pelos quais a energia térmica se transfere de um corpo para outro, através dos três seguintes processos: condução, radiação e convecção. Segundo Kreith (1977, p. 3) esses processos apresentam essas características:

Estritamente falando, apenas a condução e a radiação devem ser classificadas como processos de transmissão de calor, pois somente esses dois mecanismos dependem, para sua operação, da mera existência de uma diferença de temperatura. O último dos três, a convecção, não concorda estritamente com a definição de transmissão de calor, pois também depende, para sua operação, do transporte mecânico de massa. Mas, como a convecção também efetua a transmissão de energia de regiões de maior temperatura para as de menor, o termo “transmissão de calor por convecção” tornou-se geralmente aceito. KREITH (1977)

### **3.1 Processos de transmissão de calor**

Nas três seções a seguir, os processos de transmissão de calor serão descritos e analisados de forma separada. Esta foi uma descrição didática, pois conforme orienta Kreith (1977, p. 3), na natureza, o calor não flui por apenas um mecanismo de transferência de calor.

Mas os processos de transferência de calor estão relacionados com as características dos materiais que compõe os corpos, existindo os bons e os maus condutores térmicos. “Quando um material permite facilmente a transferência de energia por diferença de temperatura, este é chamado de condutor térmico, e quando um material dificulta essa transmissão, chamamos o mesmo de

isolante térmico” (YOUNG & FREEDMAN, 2008).

Nesta sessão serão apresentados os três métodos utilizados para analisar a transferência de energia sob a forma de calor, a saber:

- Transferência de Calor por Condução.
- Transferência de Calor por Radiação.
- Transferência de Calor por Convecção.

### 3.1.1 Condução

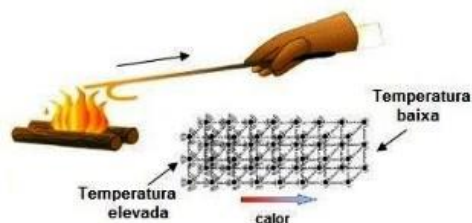
Entende-se que na condução de calor a transmissão de calor ocorre pelas colisões entre as moléculas, sem o deslocamento das partículas ao longo de um corpo.

Para debater a descrição de condução térmica, Hewitt (2002, p. 281) coloca em um texto a situação na qual uma agulha metálica é aquecida em uma de suas extremidades. Assim diz:

Sendo aquecida pelo fogo em uma de suas extremidades. Diz o texto: “O fogo faz os átomos da extremidade aquecida moverem-se cada vez mais rapidamente. Em consequência, esses átomos e elétrons livres colidem com seus vizinhos e assim por diante. Esse processo de múltiplas colisões continua até que o aumento no movimento seja transmitido a todos os átomos, e o corpo inteiro torne-se quente. A condução de calor ocorre por meio de colisões atômicas e eletrônicas”. HEWITT (2002)

A figura 4 mostra um exemplo do processo de condução térmica, supondo que uma pessoa está segurando uma das extremidades de uma barra metálica, enquanto a outra extremidade está em contato com uma fonte de calor. Então, após um intervalo de tempo, a pessoa irá perceber a elevação da temperatura no local em que está segurando, pois, a energia térmica, foi transferida de uma extremidade para outra da barra, aquecendo a mão. Dizemos que a energia foi transferida por condução.

**Figura 4.** Transmissão de calor ao longo de um sólido.



Fonte: Disponível em: <https://cursoenemgratuito.com.br/transmissao-de-calor/>.



Com o fornecimento de calor as partículas (átomos ou moléculas) da extremidade próximas à chama irão adquirir mais energia térmica, aumentando sua energia de agitação (energia cinética), então parte dessa energia será transferida para as partículas vizinhas, até chegar a outra extremidade. Esse processo continuará enquanto houver uma diferença de temperatura entre as duas extremidades. Pode-se definir a transmissão de calor por condução de acordo com Kreith (1977, p. 3):

Um processo pelo qual o calor flui de uma região de temperatura mais alta para outra de temperatura mais baixa, dentro de um meio (sólido, líquido ou gasoso) ou entre meios diferentes em contato físico direto. Na transmissão de calor por condução, a energia é transmitida por meio de comunicação molecular direta, sem apreciável deslocamento de moléculas. KREITH (1977)

Segundo Nussenzveig (2002, p.171) a condução “ocorre tanto em fluidos como em sólidos, sob o efeito de diferenças de temperaturas”. Para representar a condução de calor ao longo de uma substância sólida ou fluido, define-se o conceito de “fluxo de calor”. Esse fluxo nada mais é que a taxa de transferência de calor que atravessa um corpo em determinado tempo. A condução térmica ou fluxo de calor somente ocorre quando há diferenças de temperaturas distribuídas em todo o material.

O cientista Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) criou parâmetros no estudo da teoria do calor, propondo o primeiro modelo matemático para o processo de transmissão de calor por condução. Fourier analisou o fluxo de calor que atravessava uma parede de secção reta constante, com todas as faces isoladas termicamente, exceto duas paralelas e opostas (ARAÚJO, 1978).

Segundo essa teoria “O fluxo térmico depende de quatro fatores: da área (A) da secção transversal da barra, de seu comprimento (L), da diferença de temperatura ( $\Delta T$ ) dos meios a e b e do material de que é feita a barra (k)”. Bôas, Doca e Biscuola (2016, p. 22). Matematicamente, tais grandezas se relacionam pela equação a seguir, denominada Lei de Fourier:

$$\Phi = \frac{k.A.\Delta T}{L} \quad (1)$$

A grandeza k é uma constante característica do material da barra, sendo denominado coeficiente de condutibilidade térmica. Na Tabela 2 são listados os coeficientes de condutibilidade térmica de algumas substâncias (ou materiais). Com esses dados fica evidente que a condutividade

dos metais é bem maior que a dos outros materiais. Sendo assim, os metais são bons condutores e os demais com pequena condutividade são os isolantes térmicos.

Nessa mesma tabela, percebe-se que o “isopor<sup>®</sup>” (é uma marca registrada, mas que o produto em si recebe o nome de poliestireno expandido – EPS) possui uma baixíssima condutividade térmica, possibilitando criar sistemas com bom isolamento térmico. Neste trabalho, esse material será utilizado na etapa prática de aplicação do Produto Educacional.

**Tabela 2.** Condutividades térmicas.

<b>Material</b>	<b>Condutibilidade térmica (J/s . m . K)</b>
Aço	40
Alumínio	200
Cobre	380
Ouro	310
Prata	420
Água	0,6
Gelo	2
Ar	0,023
Vidro	0,84
Tecido humano	0,2
Amianto	0,16
Madeira	0,8 a 0,16
Lã	0,04
Isopor	0,01

Fonte: Física Clássica – Volume 2.

Segundo Bôas, Doca e Biscuola (2016, p. 23), “Os piores condutores de calor são os gases. Isto é explicado pelo fato de as partículas, no estado gasoso, estarem mais afastadas, dificultando a

passagem da “vibração” térmica de uma para outra. Os sólidos, em geral, são melhores condutores.”

### 3.1.2 Convecção

Entendendo os conceitos da transmissão de calor por condução, vimos que para a existência do fenômeno tem que haver a presença de um meio material, entre eles o fluido. Assim, Calçada e Sampaio (2012, p. 103) afirmam que “Dentro de um fluido o calor pode ser transmitido por condução, mas há outra possibilidade: a convecção”.

Para a compreensão da propagação de calor por convecção, a figura 5 ilustra o fenômeno, mostrando um recipiente, com água, colocado sobre uma chama.

**Figura 5.** Recipiente com água sobre a chama.



Fonte: Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/11120674/>.

A primeira camada de água que esquenta por condução é a que se encontra no fundo do recipiente, pois está mais próxima da chama. Ao esquentar, essa camada sofre uma dilatação térmica, e conseqüentemente, o seu volume aumenta diminuindo assim a sua densidade. A água aquecida, por ser menos densa, tende a subir enquanto a camada superior, mais densa, desce por ação da gravidade. Enquanto o recipiente estiver sobre a chama, porções de água mais quente terão um deslocamento de água mais quente para cima, e água mais fria para baixo. É a *convecção de calor*. As correntes de água subindo e descendo são chamadas de *correntes de convecção*. A convecção pode ocorrer somente nos fluidos. De acordo com Kreith (1977, p. 4):

A convecção é um processo de transporte de energia pela ação combinada da condução de calor, armazenamento de energia e movimento de mistura. A convecção é importante principalmente como mecanismo de transferência de energia entre uma superfície sólida e um líquido ou um gás. KREITH (1977)

O fenômeno da convecção do ar foi estudado neste trabalho, e será essencial para o entendimento do funcionamento do forno solar, já que aquecer os alimentos o ar quente confinado dentro de uma caixa, que estava estar isolado do meio externo, irá criar uma corrente de convecção que contribuirá para o cozimento dos alimentos. Assim, o sistema funcionará como uma estufa.

### 3.1.3 Radiação

Considerando que o Sol é nossa fonte primária de energia, estando ele localizado a aproximadamente 150 milhões de quilômetros do nosso planeta, como essa energia consegue chegar aqui na Terra? Sabemos que a taxa de transmissão de matéria entre a Terra e o Sol é quase inexistente, então os processos de transferência de energia estudados anteriormente, a condução e a convecção, não se aplicam a este caso. Então a energia emitida pelo Sol que chega até nós, provém de ondas eletromagnéticas. De acordo com Nussenzveig (2002), o calor é transferido de um corpo para outro através da radiação eletromagnética, que assim como a luz visível, propaga-se no vácuo.

Tipler (2015) evidencia as outras formas de radiação eletromagnética que não são visíveis e o que as diferenciam da luz visível, com base nisso, ele afirma:

A energia é transferida através do espaço na forma de ondas eletromagnéticas que se movem com a rapidez da luz. Ondas de Infravermelho, ondas de luz visível, ondas de rádio, ondas de televisão e raios X são, todas, formas de radiação eletromagnética que diferem entre si nos seus comprimentos de onda e frequências. TIPLER, P. A. (2015).

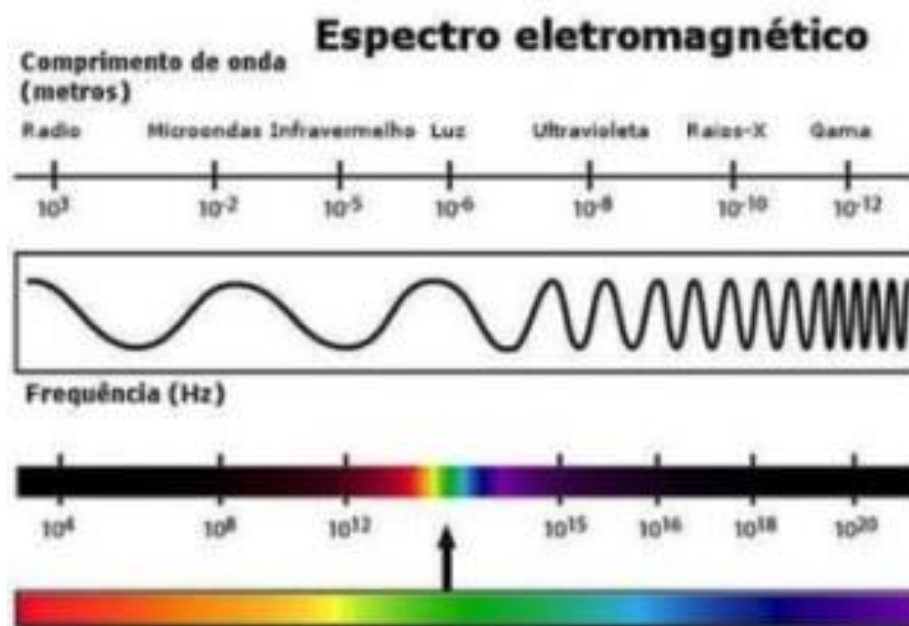
Segundo Incropera (2011), o espectro eletromagnético divide-se em diversas faixas com diferentes comprimentos de onda e frequência como mostrado na figura 6 e assim uma relação foi construída considerando a relação entre a frequência  $\nu$ , comprimento de onda  $\lambda$  e velocidade da luz  $c$ , através da equação (2):

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (2)$$

Analisando o espectro eletromagnético representado na figura 6, verifica-se que para uma

mesma velocidade  $c$  da luz o comprimento de onda e a frequência são grandezas inversamente proporcionais. Ainda com base em Incropera (2011), cada frequência de radiação pode ter diferentes áreas de aplicação: radiações de pequeno comprimento de onda são de interesse dos físicos de altas energias e dos engenheiros nucleares; enquanto as radiações de grande comprimento de onda são de interesse dos engenheiros elétricos.

**Figura 6.** Os diferentes tipos de radiação eletromagnética.

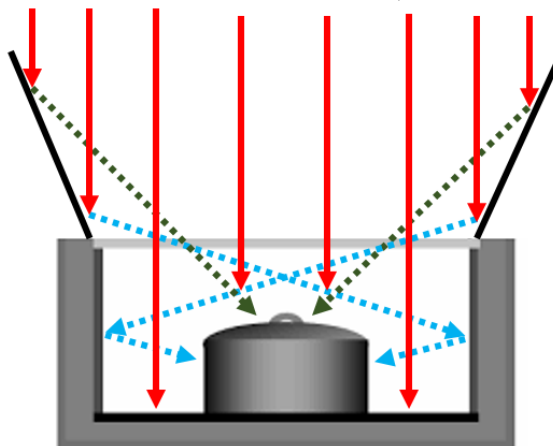


Fonte: [HTTPS://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm](https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm)

A região que compreende entre a parte do Ultravioleta ao Infravermelho é classificada como a região de radiação térmica, pois segundo Incropera (2011), essa faixa da radiação afeta o estado térmico ou a temperatura da matéria, sendo assim, a faixa de radiação de interesse para este trabalho.

Na Figura 7, mostra uma representação de como a radiação aquece o interior do forno solar, no qual contém uma panela com alimentos a serem cozidos.

**Figura 7.** O Sol aquecendo o interior do forno solar, através dos raios infravermelhos.



Fonte: Próprio autor.

N afigura anterior, temos os radiação solar incidindo diretamente no forno solar onde a as tampas refletoras ajudam a aumentar essa incidência e conseqüentemente também há uma elevação maior da temperatura no interior do forno. A radiação térmica de um corpo depende da sua temperatura, pois quanto maior a temperatura, tanto mais ele irradia com é o caso do Sol. De uma maneira geral, podemos dizer que, em maior ou menor grau, todos os corpos emitem energia radiante devido à sua temperatura. Assim define Kreith (1977, p. 4):

A radiação é um processo pelo qual o calor é transmitido de um corpo a alta temperatura para um de mais baixa quando tais corpos estão separados no espaço, ainda que exista vácuo entre eles. O termo “radiação”, é geralmente aplicado a todas as espécies de fenômenos de ondas eletromagnéticas, masna transmissão de calor são de interesse apenas os fenômenos que resultamda diferença de temperatura e que podem transportar energia através de um meio transparente ou através do espaço. A energia transmitida dessa maneira é chamada de *calor radiante*. KREITH (1977)

É importante salientar que toda energia radiante, como ondas de rádio, radiações infravermelhas, luz visível, luz ultravioleta, raios X, etc., pode converter-se em energia térmica, por absorção. Entretanto, só as radiações infravermelhas são chamadas de radiações térmicas. A irradiação pode acontecer tanto em meios materiais como no vácuo, diferentemente da condução e da convecção que só podem ocorrer onde tem existência da matéria.

### 3.2 Energia Solar

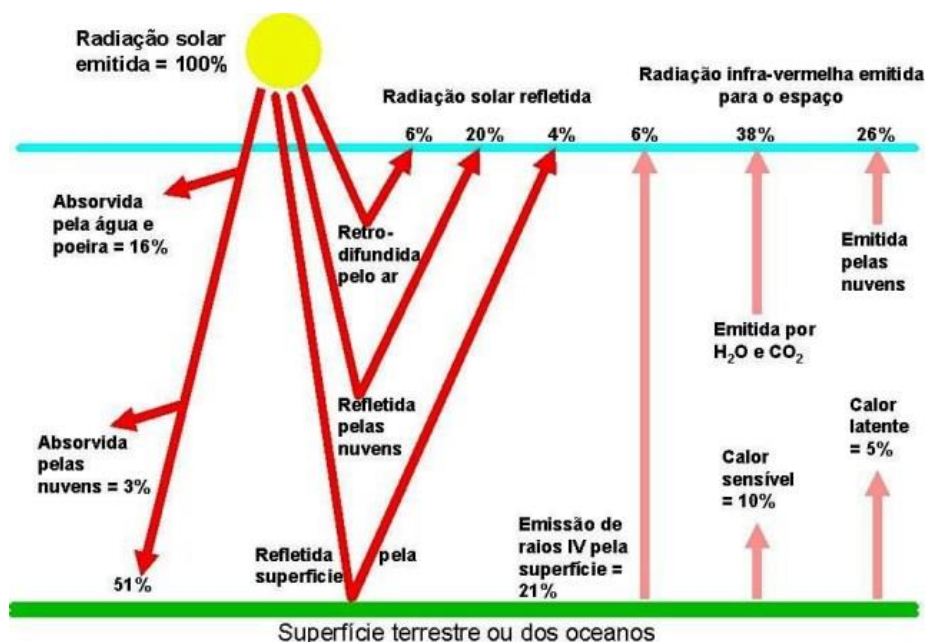
A energia solar sol é responsável pela origem de praticamente todas as outras fontes de

energia, conforme encontramos explicado na citação abaixo por Bezerra (1998, p. 16):

A energia solar pode ser indireta ou diretamente utilizada, as energias biomassa, eólica, maremotriz, o fenômeno da fotossíntese, o crescimento dos seres vivos e mesmo as fontes não renováveis são, em última análise, uma forma indireta de utilização da energia solar. BEZERRA (1998)

Conforme apresentado na figura 8, cerca de 30% da radiação incidente no topo da atmosfera são refletidas pelas nuvens, pela superfície do planeta, e pelos gases e partículas atmosféricas. Os 70% restantes são absorvidos produzindo aquecimento do sistema e causando evaporação de água (calor latente) ou convecção (calor sensível) essa absorção da radiação solar é seletiva, sendo o vapor d'água, o ozônio (O<sub>3</sub>) e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) os principais agentes absorvedores.

**Figura 8.** Diagrama dos processos de interação da radiação solar com a atmosfera terrestre.



Fonte: Disponível em: <https://www.construagil.com.br/post/onda-longa>.

Apesar de que a atmosfera seja bastante transparente à radiação solar incidente, somente em torno de 25% penetra de modo direto na superfície da Terra sem nenhuma intervenção da atmosfera, caracterizando a insolação direta. E temos ainda que, mais da metade da radiação solar que é absorvida diretamente pelo solo é devolvida para a atmosfera. “A energia absorvida pelo sistema Terra-Atmosfera é reemitida na faixa do infravermelho do espectro eletromagnético, sendo que 6% são provenientes da superfície e 64% têm origem em nuvens e constituintes atmosféricos”

(LOPO, 2009).

### 3.3 A Física do forno solar

Para um ótimo funcionamento do forno solar, deve-se levar em consideração a relação entre dois fatores importantes que são: a perda e o ganho de energia térmica. Com isso, torna-se necessário conhecer e aplicar os princípios físicos relacionados ao estudo da termologia, para obter os melhores resultados.

Os fornos solares de caixa podem ter várias superfícies refletoras externas (0 a 4), plana ou levemente côncava, possibilitando que no interior da caixa as temperaturas sejam da ordem de 150° C, tendo como desvantagem o tempo para alcançar essa temperatura, porém sua operacionalização é simples. Além disso, podem funcionar sem a interferência de um operador, mantendo o alimento aquecido por um período longo de tempo (SOUZA, 2011). A seguir apresentamos aspectos teóricos dos fornos solares, na configuração de caixa.

#### 3.3.1 Princípios de aquecimento

Os raios solares, diretos ou refletidos, entram na caixa através da tampa de vidro, preferencialmente transparente, ficando confinados no interior do forno, sendo absorvidos por uma chapa de ferro no fundo da caixa pintada preto, e pela panela de cozimento. O calor no interior da caixa faz a temperatura dentro da panela aumentar, até que se igualem a perda e o ganho de calor. Podemos inferir que uma caixa com uma dada capacidade de retenção poderá ficar mais quente caso tenha luz solar mais intensa incidindo sobre ela, ou raios solares adicionais devido a um refletor ou a melhorias no isolamento térmico.

##### a) Ganho de calor (Efeito estufa)

O efeito estufa é observado quando a radiação solar fica retida em um ambiente fechado, resultando no aquecimento de seu interior. Considerando que a superfície da Terra está envolvida pela Atmosfera, esse efeito pode contribuir para a elevação da temperatura em nosso planeta, sendo um problema grave para os diferentes ecossistemas existentes. Uma aplicação menos prejudicial desse efeito é no cozimento de alimentos, pois a energia térmica, vinda do Sol, pode ser confinada em um dispositivo simples e aproveitada para aquecer e cozinhar alimentos. O procedimento consiste em usar materiais que absorvam essa energia, como uma panela de metal, onde é colocado



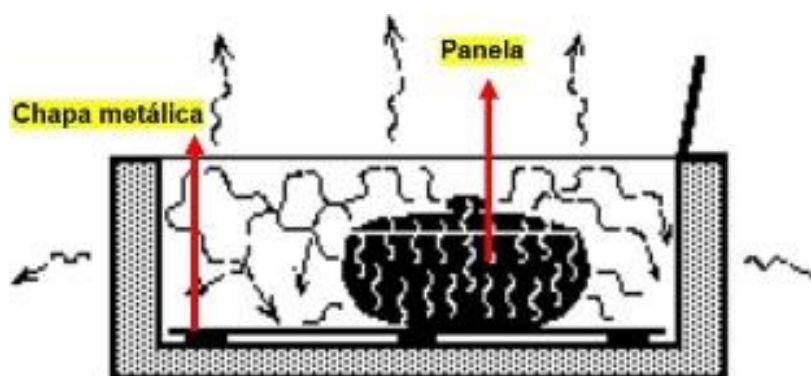
o alimento, e uma chapa metálica responsável pelo direcionamento da energia calorífica. A radiação infravermelha sofre reflexões no interior do dispositivo, uma caixa, que possui um lado semitransparente, permitindo apenas a entrada da radiação, que fica impedida de sair. Segundo Arreguy, Ribeiro e Oliveira, (2013):

Diretamente são os raios de ondas curtas provenientes do sol que penetram por meio do vidro transparente para o interior do forno, e indiretamente serão as transformações dos raios solares em ondas longas que irão ficar no interior do forno refletindo em um ambiente com papel laminado, causando uma reação similar a do efeito estufa. ARREGUY, RIBEIRO e OLIVEIRA, (2013):

Grande parte do calor retido não consegue passar de volta através do vidro, e fica presa no recinto. Parte da energia luminosa é absorvida por outras partes do forno ou retorna pelo vidro, assim aquecimento é devido a radiação Infravermelho, que será a responsável pelo cozimento dos alimentos. Para aumentar a eficiência de aquecimento interior, alguns fornos solares do tipo estufa possuem superfícies refletoras externas, que aumentam a intensidade da radiação incidente sobre o vidro, aumentando a potência do forno, Moura, (2007).

A eficiência de um forno solar será influenciada pelo calor que é absorvido pela panela, que contém os alimentos, e pela chapa de metal no fundo da caixa, de forma a aquecer e cozinhar a comida. Em geral o cozimento mais eficiente se faz em panelas médias ou pequenas, de preferência panelas rasas em vez de fundas, sempre pretas ou de cores escuras e com tampas (Forno Solar Ceará, 2018). Vejamos na (Figura 9) a ilustração do efeito estufa.

**Figura 9.** Efeito estufa presente na caixa quente.

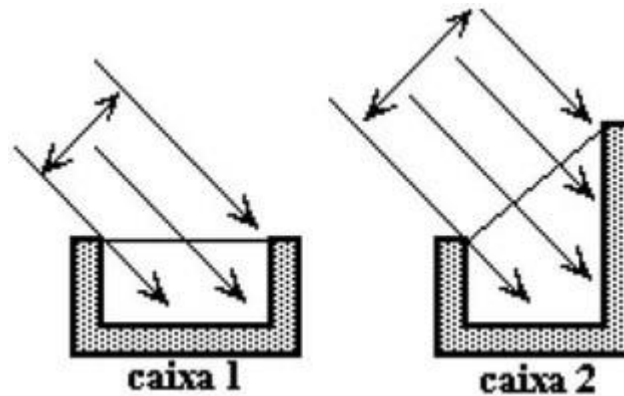


Fonte: AalFs, 2013.

O ganho de calor será maior conforme a orientação da tampa de vidro, em relação ao Sol,

dessa forma mais luz solar passa por ele, como apresentado na Figura 10.

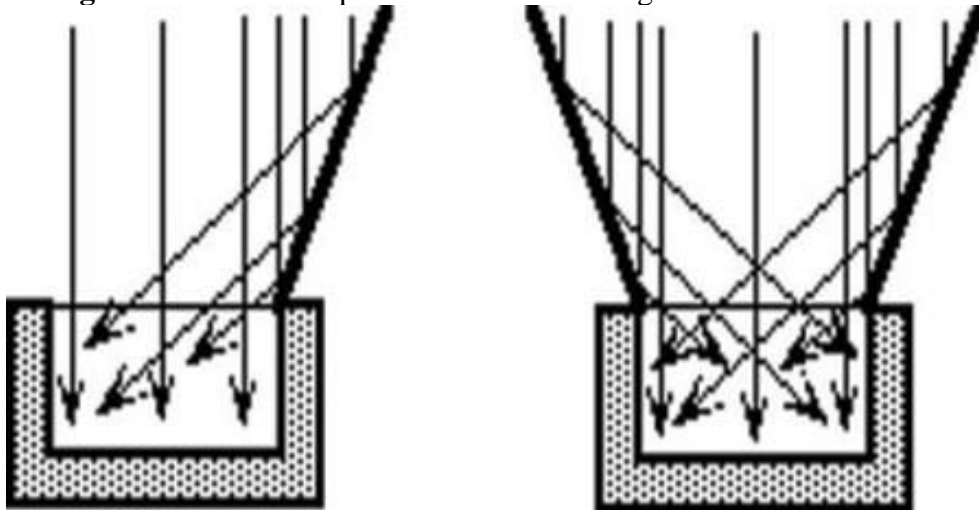
**Figura 10.** Orientação do vidro em fornos solares.



Fonte: Aalfs, 2013.

Com o acréscimo de refletores externos, que irão potencializar uma maior quantidade de raios solares refletidos para o interior do forno solar, maiores temperaturas serão obtidas, uma vez que ocorrerá o aumento da energia solar entrando no forno, como mostra a Figura 11. Forno Solar Ceará, 2018

**Figura 11.** Refletores para o aumento da energia de entrada do forno.



Fonte: Aalfs, (2013).

b) Perda de calor

O calor no interior de um forno solar tipo caixa é perdido pelos três processos básicos de

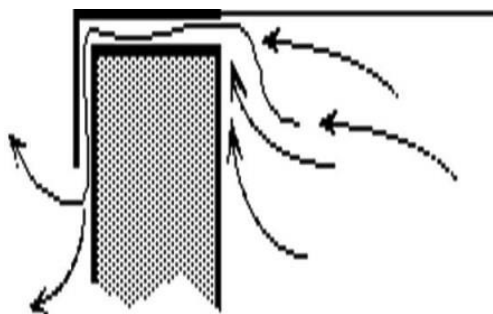
transferência de calor: condução, radiação e convecção.

No interior da caixa o calor é perdido através do vidro, do isolamento, do ar, do isolante, entre outros, nesse caso ocorre perda de calor por condução.

Em um forno solar parte do calor confinado na caixa, será refletido na parede de vidro e pelos outros elementos do forno, ficando retido em seu interior, mas parte do calor interno consegue passar pelo obstáculo transparente, com destino ao meio externo a caixa, ocorrendo assim a perda de calor por radiação.

As moléculas de ar deslocam-se para dentro e para fora da caixa, através de pequenas aberturas na estrutura (Figura 12), sofrendo convecção. Para evitar a perda de calor por convecção devemos isolar o máximo possível a caixa, vedando todas as aberturas durante a construção do forno.

**Figura 12.** O ar aquecido escapando pelas frestas.



Fonte: Aalfs, 2013.

A figura 12 mostra que as correntes de convecção acontecem na parte superior do forno, onde ocorre uma troca de energia entre as diferentes regiões de fluidos. Por esta razão, a tampa da caixa deve possuir uma boa vedação, para reduzir ao máximo as perdas de calor do meio interno para o externo, melhorando assim a eficiência do forno.

### 3.3.2 O Forno Solar

O pioneirismo do forno solar foi o francês Horace de Saussura no ano de 1767, a cozinha do francês era composta por duas caixas de madeira de pinho, uma dentro da outra, isoladas com lã e cobertas por três coberturas de vidros (Varela, 2013). Atualmente tem se desenvolvido diversos estudos e experiências a fim de se padronizar os tipos de fornos solares, buscando um produto que tenha característica, modelos e tipos assimilados e aceitos pela comunidade. Assim como afirma Varela (2013), onde diz:

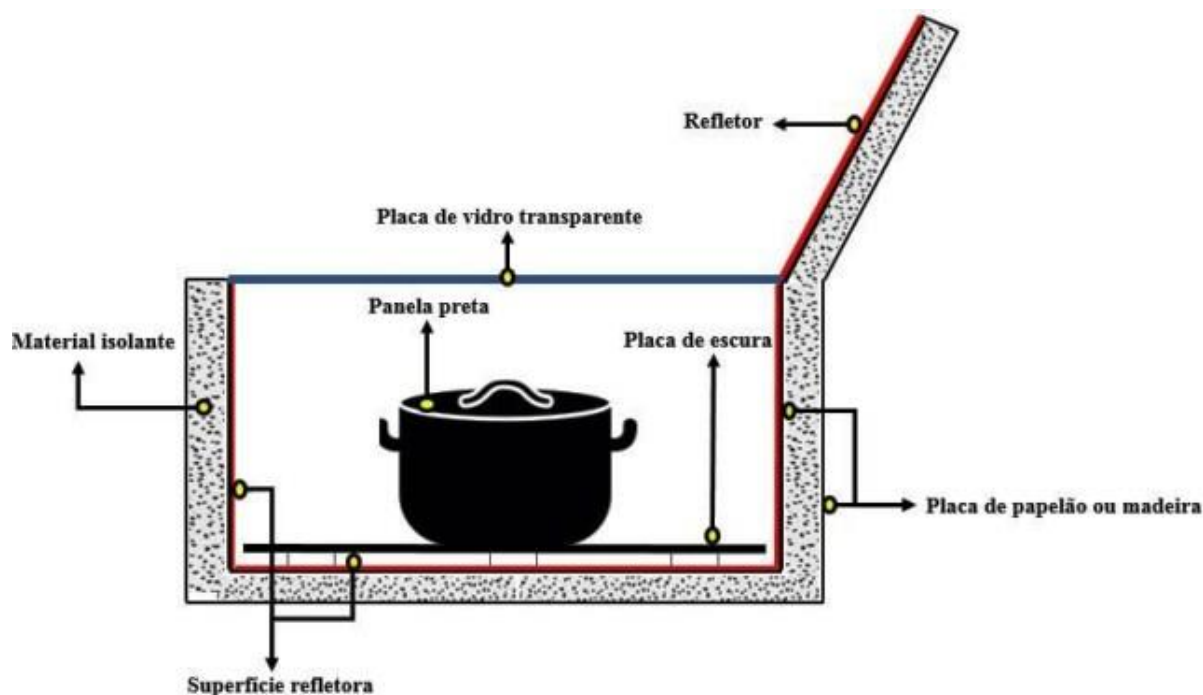
Na finalidade de fazer o fogão se tornar uma opção real para utilização massiva de cocção de alimentos, é fundamental ressaltar os esforços da engenheira Telkes (1900-1995) que criou vários desenhos de cozinhas solares, que se caracterizavam pela fácil construção e baixo custo viáveis, portanto, para serem utilizadas em países pobres.

As características do forno caixa, instrumento do nosso trabalho, foram descritas por Melo (2008, p. 55),

Os fogões tipo caixa pode ter distintos números de refletores externos (0 a 4), planos ou levemente côncavo. Caracterizam-se por permitirem a obtenção de temperaturas de no máximo 150 °C demoram a aquecer e sua operacionalização, geralmente não é fácil. Por outro lado, têm a vantagem de poder funcionar praticamente sem a intervenção do usuário, mantendo o alimento aquecido durante um tempo prolongado, não produzem efeitos danosos ao usuário nem por concentração nem por reflexão, são estáveis e não apresentam riscos pela produção de chamas, não gerando, portanto, suscetibilidades a queimaduras. MELO (2008)

Esse modelo de forno recebe calor através da radiação emitida pela radiação solar, sendo absorvido pela panela que contém os alimentos, e pela sua base interna no fundo pintada de preto aumentando assim a sua eficiência. A energia térmica sofre várias reflexões dentro do forno, além disso, o vidro impede que essa energia deixe o interior do forno, evidenciando efeito estufa nesse sistema, como mostrado na figura 13.

**Figura 13.** Esquema do forno solar em caixa.



Fonte: Próprio autor.

## **4 METODOLOGIA**

Neste capítulo retrataremos todas as etapas da aplicação do produto educacional, onde os alunos construíram o forno solar, o passo a passo de todo o processo de montagem do forno solar foi disponibilizado no link <https://www.youtube.com/watch?v=JVvjqP2xxRg>. Para uma melhor relacionar as etapas com a descrição teórica apresentada em capítulos anteriores, foram acordados entre a direção escolar, alunos e o professor orientador do trabalho de que teriam alguns encontros remotos e dependendo das questões locais, devido a pandemia, poderíamos ter também os encontros presenciais. Com isso, foi elaborada uma sequência didática dividida em 4 (quatro) etapas: Pesquisa Bibliográfica, Contextualização do forno solar, Construção do forno e divisão das tarefas, e Finalização e apresentação do forno solar.

No desenvolvimento do trabalho, tivemos o envolvimento de 16 alunos, sendo 5 (cinco) discentes da 3ª série e 11(onze) discentes da 2ª série do Ensino Médio do Instituto Estadual de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IEMA, no município de Matões. As atividades foram realizadas em grupos, tais como pesquisas: confecção do protótipo, realizações de testes para ajustes e aperfeiçoamento da prática. A escola no qual o Produto Educacional foi aplicado, funciona no regime integral ofertando o Ensino Médio profissionalizante, sendo ofertado os seguintes cursos atualmente: Informática, Sistema de Energias Renováveis, Agropecuária e Eletroeletrônica. Para este trabalho, foram sugeridos os métodos de pesquisa utilizados para a fabricação e montagem do forno solar, confeccionado a partir de materiais de baixo custo ou reaproveitado conforme a viabilidade e disponibilidade local, durante a realização do trabalho foram realizados testes sobre os assuntos estudados no primeiro semestre de 2021.

### **4.1 Desenvolvimento do projeto para construção do forno solar tipo caixa**

Este trabalho apresentou uma estratégia de aprendizagem significativa sobre termologia, com o uso do Forno Solar de caixa, sendo possível abordar os temas de transmissão de calor. Outros aspectos dessa metodologia foram motivar o trabalho colaborativo entre os alunos na realização das atividades práticas: a discussões sobre a sustentabilidade; a interdisciplinaridade; a relação teórica com as práticas experimentais; a automação com o Arduino; contemplando as competências gerais, Brasil, (2018).

Durante toda execução do trabalho foram realizados vários encontros com os alunos,

separados por equipes, em um horário e espaço adequado, para respeitar todas as normas de segurança, diante da pandemia do COVID-19. Assim, as equipes ficaram responsáveis pelas tarefas relacionadas: à divulgação do evento, realizado na escola, da organização e preparação do evento, e pela aplicação do Produto Educacional.

## **4.2 Etapas do trabalho**

Considerando os objetivos deste trabalho, e da busca de uma melhor estruturação e aplicação do projeto, nos meses compreendidos entre fevereiro e abril de 2021 foram definidas as etapas no processo de desenvolvimento do produto educacional. Diante do contexto pandêmico, e as condições no qual se encontrava as aulas remotas, o convite para participar do projeto foi feito aos alunos de 2ª e 3ª série do Ensino Médio.

A princípio, um mês após início do mês do ano letivo de 2021, já com as turmas definidas e com todo o corpo docente da escola mais adaptados as aulas remotas, houve a tentativa de realizar remotamente todo o trabalho relativo à parte prática de produção e aplicação do Produto Educacional, mas algumas dificuldades apareceram desfavorecendo ao que já estava planejado. Os problemas encontrados foram: muitos estudantes não tinham acesso à internet, outros priorizavam os dados móveis para as aulas regulares das outras disciplinas, falta de estímulo para pesquisa e interação em grupo via redes sociais, alguma dificuldade para assimilar a proposta experimental com a recapitulação dos assuntos estudados virtualmente. Sendo assim, tentamos algumas aulas virtuais em horários reservados as disciplinas eletivas, porém a participação e empenho dos estudantes eram poucos.

Até o início de junho de 2021 ainda tendo alguns encontros e orientações pelas redes sociais e dispondo de postagens de imagens, vídeos e links de sites voltados aos estudos como forno solar, foi quando os casos de infecção do Corona vírus local diminuíram e as possibilidades para os encontros presenciais foram favoráveis. Então, aproveitando o cenário atual, foram acordados entre a gestão da escola e aos poucos alunos que restaram no grupo, que começamos a nos reunir uma vez por semana nas dependências da instituição, onde dividimos os alunos em dois grupos e a maior parte deles se dispuseram a participar frequentando a escola e os demais informaram que por não poderiam participar presencialmente. Assim, seria disponibilizada uma plataforma virtual com transmissão ao vivo, para os alunos acompanhassem de casa a primeira etapa de aplicação do Produto Educacional, e assim ninguém ficava fora do que seria trabalhado em sala de aula.

Percebido a motivação dos alunos com esse retorno a escola e que no decorrer dos encontros presenciais, alguns planejamentos e métodos para pesquisa e construção sobre o forno solar tiveram que ser adaptados, justamente devido à forma de como foi mudado o acompanhamento e orientação aos alunos. Assim, foi desenvolvida uma sequência de etapas conduzidas pelo professor de Física, onde após alguns encontros, o grupo de estudantes ficou consolidado com um total de 16 pessoas sendo 5 alunos da 3ª série e 11 alunos da 2ª série do Ensino Médio.

#### Etapa I: Pesquisa Bibliográfica.

A figura 14 mostra a apresentação do projeto, onde foi proposta, aos alunos, a realização de uma pesquisa bibliográfica, sobre a energia solar e seu uso no cotidiano.

Conforme esclarece Boccato (2006, p. 266):

[...], a pesquisa bibliográfica busca a resolução de um problema (hipótese) por meio de referenciais teóricos publicados, analisando e discutindo as várias contribuições científicas. Esse tipo de pesquisa trará subsídios para o conhecimento sobre o que foi pesquisado, como e sob que enfoque e/ou perspectivas foi tratado o assunto apresentado na literatura científica. Para tanto, é de suma importância que o pesquisador realize um planejamento sistemático do processo de pesquisa, compreendendo desde a definição temática, passando pela construção lógica do trabalho até a decisão da sua forma de comunicação e divulgação.

**Figura 14.** Primeira aula presencial com o grupo participante do projeto.

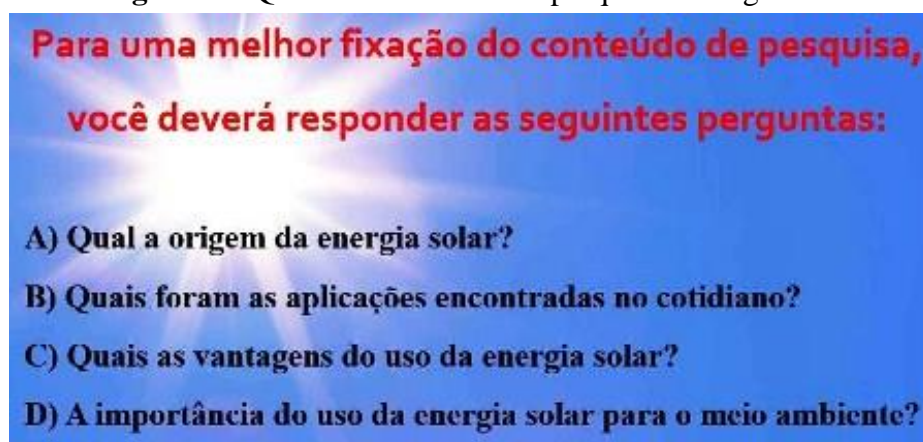


**Fonte:** Próprio autor.

Neste primeiro encontro presencial, conforme mostra a figura acima, tivemos a apresentação para esclarecer o objetivo do trabalho e definir quais seriam as primeiras pesquisas a serem realizadas, conforme o conteúdo Físico. Mas antes deste momento, houve uma atividade remota

que foi uma pesquisa bibliográfica sobre a energia solar para se buscar a resposta dos seguintes questionamentos apresentados na figura 15, onde o texto base para responder as perguntas durante a pesquisa foi: *“Fazer uma pesquisa bibliográfica sobre a energia solar e seu uso. Esta pode ser aplicada para várias utilidades, tais como: para gerar eletricidade, calor, movimento, entre outras formas de energias, sendo que o objetivo deste trabalho será direcionado a entender o processo de transformação de energia solar em térmica e suas aplicações no cotidiano”*. Assim, foi combinado que durante o nosso primeiro encontro presencial, foram discutidos alguns comentários das respostas enviadas através das redes sociais.

**Figura 15.** Questionário inicial da pesquisa bibliográfica.



**Fonte:** Próprio autor.

Foi nesse contexto inicial que se buscou destacar o ensino de Física a ser analisado neste trabalho, sendo feita uma revisão sobre os processos de transmissão de calor.

**Etapa II:** Contextualização do Forno Solar.

No segundo momento presencial, que ocorreu no laboratório de informática, onde os discentes fizeram uma pesquisa sobre forno solar conforme mostra a figura 16, onde em suas consultas priorizaram saber das suas diversas formas, utilização, tipos, características e aplicação. A fim de que escolhessem qual forno solar seria confeccionado, durante período em que estivessem desenvolvendo o protótipo.



**Figura 16.** Pesquisa sobre o forno solar.



**Fonte:** Próprio autor.

Etapa III: Construção do forno e divisão das tarefas.

Após as etapas, os alunos foram orientados a organizarem os grupos de trabalho responsáveis pela montagem dos fornos solares, com a definição de um cronograma de ações, para que cada grupo pudesse realizar tarefas adicionais ao projeto, desde a aquisição de materiais até a análise de resultados esperados com a utilização. Nesta fase do trabalho, foram atribuídas funções aos grupos específicos, as tarefas foram definidas a partir do perfil dos alunos e das ferramentas disponíveis para execução do projeto pelas turmas. Assim, foi dado um prazo de 15 dias para que todos pudessem adquirir todo o material necessário para confecção do forno solar.

No dia combinado para o 3º encontro presencial, foi repassada pelo professor da turma, toda a instrução do que precisariam fazer e como iriam construir o forno solar. O local escolhido para esta etapa do projeto foi o refeitório da escola, pois a área era bastante arejada e propícia para um encontro com poucas pessoas, pois ainda estávamos com várias restrições devido ao COVID-19. Então, dispondo de todo o material necessário, cada grupo já separado passou a preparar a confecção do forno solar verificou-se o engajamento e interação de todos durante esse processo inicial, conforme a figura 17.

**Figura 17.** Confeção do forno solar.



Fonte: Próprio autor.

Outro encontro foi necessário para realização de ajustes durante a montagem após algumas ideias serem compartilhadas entre o professor e os alunos. Seguindo as orientações sobre as etapas seguintes, mostrado na figura 18, os alunos continuaram suas tarefas em grupos ou individual, em suas residências, pois o estado entrou em alerta retornando as restrições sanitárias, devido à pandemia devido ao COVID-19, retornando ao distanciamento social.

**Figura 18.** Primeiros testes do forno solar.



Fonte: Próprio autor.

Considerando o calendário letivo, nessa fase do trabalho os alunos estavam em período de férias, que contribuiu para o aperfeiçoamento das técnicas de confecção, teste e as análises

observadas dos fenômenos físicos estudados. Algumas atividades e interações que ocorreram durante o mês de julho foram remotas, onde os estudantes foram orientados sobre os ajustes na confecção do Produto Educacional.

Considerando as alterações nas recomendações sanitárias, ocorreu o 4º encontro presencial, na última semana de julho, para realização dos primeiros testes com os fornos solares, produzidos pelos alunos. As condições climáticas indicaram que o horário favorável para esse trabalho, era entre às 9h e 15h, conforme mostra a figura 19, os estudos foram realizados em área aberta, no estacionamento da escola, para realizar os testes com os alimentos a serem cozidos ou aquecidos.

**Figura 19.** Alimentos sendo cozidos ou esquentados no forno solar.



Fonte: Próprio autor.

Nesta etapa utilizamos um termômetro digital para poder verificar a variação de temperatura no interior do forno solar, e um relógio para medir o tempo de preparação dos alimentos. Os estudantes degustaram alguns produtos cozidos nos fornos solares. Com os testes iniciais realizados no 4º encontro, foi solicitado que os alunos observassem a eficiência dos fornos construídos, para futuros ajustes.

Essas informações foram usadas para um 5º encontro, que ocorreu na semana seguinte. Antes desse encontro, o professor recapitulou alguns assuntos em uma aula virtual, com a utilização de slides, alguns textos e vídeos sobre o tema da pesquisa. Além disso, foi discutida a questão da automação do forno solar com o Arduino, para que pudéssemos utilizá-lo como uma ferramenta pedagógica, conforme a proposta do trabalho.

Os testes mostraram que o Forno Solar de Caixa era apropriado para estudar os processos de transferência de calor, então a aplicação do Arduino foi necessária uma eficiente coleta de dados da

temperatura no interior do forno solar. Considerando os poucos encontros presenciais, o professor fez toda a programação e montagem do circuito, já fixando o mesmo em uma das caixas térmicas, com todo o passo a passo, que foi disponibilizado no grupo virtual. Os dados referentes à programação, detalhes do material utilizado e montagem do circuito utilizado no Arduino, estão descritos no APÊNDICE I.

Etapa IV: Finalização e apresentação do forno solar.

Considerando a finalização do Forno Solar automatizado, foi proposta a gestão da escola a realização de um evento, onde foram apresentados os resultados do nosso trabalho para a comunidade escolar. Assim, combinou-se em realizar dois eventos na escola que foram: A Feira das Profissões e a I Mostra Científica. Na figura 20, mostramos o primeiro evento, que foi aberto aos alunos do 9º Ensino Fundamental, com a exposição de trabalhos feitos pelos alunos, como resultado do estudo prático técnico proporcionado pela instituição.

**Figura 20.** Feira das Profissões do IEMA de Matões - MA.



Fonte: Próprio autor.

Na apresentação do trabalho durante a feira das profissões, os alunos se dividiram em dois grupos, onde um grupo mostrava o Forno Solar na parte externa das salas de aula, estacionamento, e outro grupo ficou no laboratório de Física fazendo o detalhamento do trabalho.

Este evento foi à culminância do desenvolvimento do Forno Solar, onde se verificou a necessidade de melhorar a coletas dos dados, surgindo assim à necessidade da automatização do Produto Educacional. Essa sugestão foi realizada por dois professores da instituição, sendo um de Física e outro da Base Técnica do curso de eletroeletrônica, pois os dois eram professores dos alunos envolvidos no projeto. Assim, foi construída toda a ideia para a última fase de apresentação do Produto Educacional, onde os próprios alunos envolvidos fossem os protagonistas desde a ação

de montagem, até a apresentação no dia do evento.

Dispondo do material eletrônico e do computador do laboratório, da escola, os alunos foram orientados na programação e montagem do circuito, e receberam atualizações sobre aplicação da Termologia presente no forno solar. Foi necessário um aprofundamento no conteúdo da automação do forno solar com o Arduino, os alunos compreenderam bem as orientações para a instalação do dispositivo, bem como o propósito de sua utilização essa ferramenta eletrônica como essencial na compreensão do assunto analisado.

Com as alterações sugeridas a versão final do Produto Educacional foi apresentada no evento realizado na escola, chamado I Mostra Científica, conforme mostra a figura 2, realizado nos dias 18 e 19 de novembro de 2021, onde tivemos a presença de todas as turmas, com a apresentação de trabalhos nas modalidades pôsteres, exposições de protótipos, demonstração de experimentos e a participação em minicursos.

**Figura 21.** Apresentação do Forno Solar na I Mostra Científica da escola.



Fonte: Próprio autor.

Após a conclusão de aplicação do Produto Educacional na I Mostra Científica da escola, durante primeiro horário em dois dias diferentes, foi aplicado um questionário semiestruturado (APÊNDICE 2). Esta ferramenta de coleta de dados foi dividida em dois momentos: no primeiro foi aplicado um questionário com perguntas semiestruturadas (objetivas e subjetivas) e o segundo foi aplicado um questionário de perguntas estruturadas (objetiva) entre os alunos, para que os mesmos pudessem fazer suas considerações sobre o trabalho realizado e para avaliar os pontos mais relevantes. No capítulo a seguir, faz-se uma análise de alguns dos questionários respondidos pelos alunos.

## **5 RESULTADOS E ANÁLISES DAS ETAPAS DO TRABALHO**

Neste capítulo foram analisados os resultados da aplicação do Produto Educacional, com os instrumentos de investigação, e os depoimentos dos estudantes quanto a suas participações no trabalho. As etapas de coleta dos resultados ocorreram em duas etapas do projeto, a saber, inicialmente na realização das pesquisas bibliográficas, e posteriormente na aplicação do questionário de satisfação sobre o produto.

### **5.1 Análise das pesquisas bibliográficas**

Considerando as restrições sanitárias, devido à pandemia do COVID-19, foram realizadas reuniões remotas para orientar os estudantes sobre as pesquisas bibliográficas sobre os temas relativos ao projeto. O resultado dessas reuniões foi à participação de 28 alunos nessa atividade do projeto, sendo que destes 12 realizaram a primeira pesquisa, 16 a segunda, e seis estudantes realizaram as duas pesquisas.

No primeiro encontro remoto realizado, foi explicado sobre o que seria uma pesquisa bibliográfica e quais eram os objetivos do tema pesquisado, Energia Solar, no desenvolvimento do projeto, visto que esse assunto pode ser aplicado várias áreas, tais como: para gerar eletricidade, calor, movimento e entre outras formas de energias. No segundo encontro remoto, foi reforçada a importância da realização da pesquisa bibliográfica, e a nova pesquisa foi sobre o Forno Solar, identificando suas diferentes formas, utilização, tipos, características e aplicação. Após a realização das pesquisas ocorreu um encontro presencial, com a realização de um debate sobre os temas pesquisados, ocorrendo assim à socialização entre os alunos, como mostrado na figura 22.

Neste primeiro contato presencial compareceram os 16 estudantes que participaram até o final do projeto. Nessa reunião foi realizada uma revisão sobre os temas pesquisados, e também foi apresentado o detalhamento do projeto a ser desenvolvido, sendo discutidos aspectos sobre Termologia. Após as pesquisas e socialização dos questionamentos, deu-se início aos encontros presenciais para facilitar a comunicação e a execução da parte prática do Produto Educacional.

**Figura 22.** Primeiro encontro presencial de aplicação do Produto Educacional.



Fonte: Próprio autor.

## 5.2 Análise do questionário

Após a apresentação do Produto Educacional nos eventos internos da escola, foi realizada uma pesquisa com os alunos envolvidos no trabalho, através da aplicação um questionário, em dois horários em dias distintos, cedidos pelos professores da instituição. O questionário foi dividido em duas partes: na primeira questionou-se sobre a confecção e uso do forno solar como ferramenta pedagógica, e na segunda abordou-se sobre o conteúdo de Termologia analisado durante o desenvolvimento do Produto Educacional. Apenas 13 estudantes entregaram as respostas da 1ª parte do questionário, e apenas oito alunos responderam a 2ª parte do questionário.

Todos tiveram a devolutiva de forma satisfatória e no tempo descrito no cronograma de tarefas, os que não responderam já não estavam morando na cidade, para a participação presencial das atividades, e os demais não estavam na escola no dia da aplicação do questionário. O questionário inicial obteve informações, dos alunos, quanto ao aprendizado do conteúdo da transmissão de calor aplicado ao forno solar.

Assim, para começo de análise da 1ª parte do questionário era para averiguar os conhecimentos adquiridos, a primeira pergunta era: O Manual de construção é de fácil entendimento? No resultado desta questão, respondida pelos estudantes, obtivemos 13 respostas “SIM”, ficando claro que os estudantes aprovaram o material utilizado, ou seja, 100% dos alunos, que responderam ao questionário, foram unânimes em afirmar que foi fácil construir o Forno Solar de Caixa.

Novamente a totalidade dos alunos respondeu “SIM” à pergunta 2, “Foi compreensivo o estudo da transferência de calor?” Indicando que as atividades do trabalho facilitaram a compreensão do conteúdo de transferência de calor.

Foi perguntado aos estudantes “Você seria capaz de construir sozinho um forno solar?” A maioria respondeu que sim, 10 alunos, apenas três informaram que talvez. Mostrando assim a que o Produto Educacional pode ser facilmente reproduzido. Este resultado é satisfatório, pois mostra que o trabalho de instrução e orientação dos alunos, possibilitou que os mesmos pudessem ter segurando dos conteúdos aprendidos para posteriormente confeccionar um Forno Solar, demonstrando que a proposta é potencialmente significativa.

Quando questionados sobre o “Domínio no processo de construção e uso do forno solar?” “Os alunos afirmaram ter domínio dos processos de construção, reafirmando a pergunta anterior. Isso pode ser constatado com o êxito dos fornos apresentados nos eventos da escola.

E quanto à percepção do fenômeno físico observado, as 12 respostas positivas dos estudantes a pergunta cinco, “Identificação das formas de transmissão de calor?”, mostra como este trabalho auxiliou na compreensão do assunto estudado. Esses resultados demonstram o sucesso na aplicação do Produto Educacional, indicando que a UEPS foi efetiva no ensino dos processos de transferência de calor, além contextualizá-los com a realidade dos participantes.

Na última pergunta do questionário, “Foi útil à automação do forno solar?”, 12 alunos afirmaram que “SIM” e um estudante disse que não, mostrando que a maioria dos alunos aprovou o uso do Arduino como ferramenta. Acreditamos que a falta de aprofundamento no uso e da programação do Arduino, tenham levado esse aluno a não relevar sua utilidade no Forno Solar. Mas a sua utilização foi aceita de uma forma pela maioria, sendo de grande interesse para esses alunos, que experimentaram novos conhecimentos, pouco usados na Educação Básica.

Então, continuando a análise das respostas da 1ª parte do questionário, iremos discutir os resultados obtidos para as questões subjetivas. Somente os 13 alunos participaram dessa etapa do trabalho, e responderam ao questionário, apenas um aluno deixou de responder as questões, as perguntas são apresentadas abaixo:

G. Qual aprendizado você leva para sua vida social, depois desta demonstração do forno solar?



H. Você acha necessário as pessoas utilizarem esse método com o forno solar, para cozimento de alimentos como recurso alternativo no uso de energia renovável? Justifique sua resposta.

I. Como você avalia a utilização do forno solar como recurso para o seu aprendizado no ensino de Física em sala de aula? Justifique a sua resposta.

Dentre todos os que responderam a estas três perguntas subjetivas, destacamos aqui as cinco respostas que consideramos relevante.

Para a pergunta “G”, o aluno “A” descreveu o seguinte comentário:

*“A importância da energia solar e a utilização melhor do calor do sol”.*

Pode-se inferir que este aluno se lembrou da pesquisa inicial, onde foi discutido sobre a energia solar, e o mesmo assunto foi comentado em sala de aula no primeiro encontro presencial.

Já outro aluno “B” em seu comentário sobre a pergunta, afirmou que:

*“Que devemos procurar formas de energia mais saudável e preservar a natureza”.*

Essa resposta mostra que o estudante relacionou o tema estudado com seus conhecimentos prévios de percepção ambiental, indicando a interdisciplinaridade das disciplinas de Ciências da Natureza. Contextualizar criticamente a temática ambiental significa articulá-la a realidade dos alunos e às diferentes dimensões que a compõe, como estabelecido na BNCC, Brasil (2018).

Outra resposta interessante foi do aluno “C” que diz:

*“Que podemos fazer coisa simples, de fácil acesso”.*

Este comentário nos mostra que os materiais utilizados para construção do forno solar foram adquiridos sem dificuldades, podendo assim ser reproduzido por qualquer pessoa e com custo baixo.

Temos também o comentário de um aluno “D”, de que faz o seguinte comentário:

*“Um aprendizado de que as coisas são fáceis e tudo tem um jeito. O forno solar foi uma demonstração de uma das coisas que pode ajudar muita gente”.*

Entende-se que este aluno foi bem orientado durante a realização do trabalho, pois as experiências fora da sala de aula e o trabalho colaborativo podem motivar o aprendizado dos alunos.

Por fim, o outro aluno “E” comenta sobre:

*“Os ensinamentos e conhecimentos sobre o forno solar”.*

Essa resposta fortalece nossa UEPS, pois a construção do Forno Solar de Caixa foi motivadora para o aprendizado dos fenômenos de Termologia. Como afirma Moran (2000):

As mudanças na educação dependem também dos alunos. Alunos curiosos e motivados facilitam enormemente o processo estimulam as melhores qualidades do professor, torna-se interlocutores lúdicos e parceiros de caminhada do professor-educador. Alunos motivados aprendem e ensinam, avançam mais, ajudam o professor a ajudá-los melhor. Alunos que provém de famílias abertas, que apoiam as mudanças, que estimulam afetivamente os filhos, que desenvolvem em ambientes culturalmente ricos aprendem mais rapidamente, crescem mais confiantes e se tornam pessoas mais produtivas. (MORAN, 2000, p. 17-18).

Foram selecionadas quatro respostas dos estudantes, para a pergunta “H”, que serão listadas a seguir:

O aluno “A” afirmou:

*“Sim, por que é uma forma sustentável”;*

Já o aluno “B” destacou:

*“Sim, pelo simples fato de ser bem prático, além de ter uma certa economia”;*

A resposta do aluno “C” foi:

*“Sim. Porque é uma maneira econômica, onde você economiza no gás de cozinha e serve principalmente para as pessoas que não tem muita necessidade”;*

E por fim o aluno “D”:

*“Sim, pois economiza bastante e ajuda o meio ambiente”.*

O interessante das afirmações desses quatro estudantes são os aspectos ambientais e econômicos, mostrando que UESP proposta possibilitou aos alunos conectar os conhecimentos estudados em física com questões ambientais e econômicas, ou seja, uso de energia limpa e possibilitando uma redução de custo em sua vida cotidiana.

Na terceira e última, pergunta “I”, da 1ª parte do questionário, novamente foram selecionadas quatro respostas dos relatos dos alunos.

Assim, um aluno “A” fez seguinte comentário:

*“É ótimo, recomendo bastante, rápido e prático”;*

O aluno “B” fez o seguinte comentário:

*“Foi um ótimo incentivo e o aprendizado durante o processo”;*

Já o aluno “C” relatou que:

*“Sim. Porque foi uma maneira de aprender um pouco mais sobre a Física”;*

E por último aluno “D” que afirmou:

*“muito interesse, sustentável e fácil entendimento”.*

As afirmações dos estudantes confirmam a satisfação com a proposta de UEPS, todas as respostas foram positivas quanto à motivação para o aprendizado dos conteúdos de Física.

Na segunda parte do questionário, foram investigados os principais aspectos da construção do Forno Solar, e sua relação com o processo de transmissão de calor. As perguntas dessa parte do questionário estão associadas aos detalhes técnicos da construção do dispositivo térmico. Então a primeira pergunta foi, “Qual a função do isopor entre as caixas?”, o resultado foi indicado na tabela 03.

**Tabela 3.** Função do isopor entre na caixa.

ALTERNATIVAS	RESPOSTAS
Facilitar a troca de calor com o exterior para favorecer as trocas de energia dentro do forno.	02
Dificultar a troca de calor com o exterior para favorecer as trocas de energia dentro do forno.	05
Para evitar convecção entre as trocas de calor com o interior para favorecer as trocas de energiadentro do forno.	01

Fonte: Próprio autor.

Analisando as respostas verificamos que cinco alunos acertaram a questão, indicando que os estudantes conhecem a função do isopor no dispositivo estudado. Embora alguns alunos ainda tenham dificuldade de entender essa função, visto que três estudantes eram a questão.

**Tabela 4.** Maneira pela qual a transmissão de calor é dificultada pelo isopor.

ALTERNATIVAS	RESPOSTAS
Condução	04
Convecção	01
Radiação	03

Fonte: Próprio autor.

Os dados da tabela 3 mostram as respostas dos estudantes quando a transmissão do calor no isopor, as respostas apontam que alunos estão divididos sobre o processo que domina a transferência de calor no isopor, embora quatro alunos tenham acertado. Este resultado mostra que a UEPS deverá realizar atividades, que deixem claro a função de isolante térmico do isopor no processo de transmissão por condução do calor.

**Tabela 5.** Função do papel alumínio no interior da caixa.

ALTERNATIVAS	RESPOSTAS
Absorver melhor o calor, assim aquece e cozinha de forma mais rápida os alimentos.	05
Refletir a irradiação para o meio exterior, mantendo assim a temperatura constante no forno.	01
Refletir internamente a irradiação dos corpos e evitar a perda de calor para o meio externo.	02

Fonte: Próprio autor.

Os estudantes foram questionados sobre a função do papel alumínio, presente no interior do forno, as respostas mostram que esse conceito não foi entendido pelos mesmos, pois somente dois alunos acertaram a questão. Então esse conceito deve ser melhor trabalhado, para ancorar em conhecimentos prévios dos alunos, tais como reflexão regular.

**Tabela 6.** Função da cobertura de vidro transparente.

ALTERNATIVAS	RESPOSTAS
Permitir a passagem da energia térmica para o interior da caixa.	02
Facilitar a entrada de luz radiante do Sol para o interior.	04
Absorver toda energia radiante do Sol.	02

Fonte: Próprio autor.

Na tabela 06, são apresentados os resultados das respostas dos estudantes quando questionados sobre a cobertura de vidro, observamos que quatro dos alunos compreendeu que a função do vidro transparente era facilitar a passagem da energia radiante vinda do Sol. Mas essa informação mostra que a maioria ainda não entendeu a função do vidro, devendo ser discutido esse assunto em atividades na sala de aula.

**Tabela 7.** Por que o fundo interno da caixa foi pintado de preto?

ALTERNATIVAS	RESPOSTAS
Para absorver o calor contido na panela que está sobre ele.	0
Para absorver melhor a radiação térmica e acelerar o processo condução da panela em contatocom a superfície preta.	05
Para isolar o fundo da caixa ao da panela e facilitar o processo de aquecimento da panela que estárecebendo calor exclusivo da irradiação das paredes laterais do forno.	03

Fonte: Próprio autor.

Nos primeiros testes feitos com o forno solar, utilizou-se papel alumínio no fundo interno da caixa, funcionando bem. Mas no decorrer dos estudos e testes realizados pelos alunos,

percebeu-se que colocando uma chapa de ferro pintada de preto no fundo do forno, averiguou-se que a panela aquecia bem mais rapidamente, como era mostrado a temperatura no painel eletrônico do Arduino. Então pela análise feita da tabela 7, foi compreendido entre os alunos que o metal no fundo da caixa, pintado de preto, a luz (calor) iria ser melhor absorvido pela a panela. Embora não tenha ficado claro para três estudantes, conforme indicado na tabela 06.

**Tabela 8.** Por que foi utilizada a panela preta para cozinhar os alimentos?

ALTERNATIVAS	RESPOSTAS
Dificulta a perda de calor do interior da panela em que estão os alimentos.	01
Regula melhor a temperatura no qual estão os alimentos em processo lento de cozimento.	0
Absorve melhor o calor e assim cozinhar mais rápido o alimento no interior da panela.	07

**Fonte:** Próprio autor.

Este conceito ficou claro para os alunos, como mostra a tabela 08, onde a função da cor preta no dispositivo é absorver melhor o calor, e assim facilita para que o processo de aquecimento no interior do forno. Por este motivo durante os testes realizados, orientaram-se os alunos utilizarem panelas pretas com a parte interna de alumínio. Testes com panelas de outras cores também funcionaram, mas demoravam muito tempo para aquecer os alimentos, nesses testes os estudantes verificaram que as panelas pretas tinham uma maior eficiência, e assim todas as demonstrações foram realizadas com panelas dessa cor.

**Tabela 9.** Função da tampa refletora.

ALTERNATIVAS	RESPOSTAS
Fazer sombra no interior do forno, para poder controlar a temperatura.	0
Manter a parte superior do forno sempre aquecida.	05
Aumentar a incidência de radiação para o interior do forno.	03

**Fonte:** Próprio autor.

O resultado da tabela 09 evidencia a confusão conceitual dos alunos, onde apenas três acertaram a questão, reforçando a necessidade de discutir os processos de transmissão de calor.

**Tabela 10.** A importância de vedar bem as frestas (aberturas) do forno.

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>RESPOSTAS</b>
Evitar saída do ar frio e a entrada do ar quente.	01
Evitar a condução diferentes camadas de ar entre o meio externo e interno do forno.	01
Evitar as trocas de camadas de ar diferentes entre o meio externo e interno do forno.	06

**Fonte:** Próprio autor.

Na última pergunta, mostra que os alunos compreenderam a importância dos efeitos da transmissão de calor por convecção, pois a maioria destacou a importância da vedação do forno. Isso evidencia a compreensão no entendimento sobre a transmissão de calor por condução nesse processo.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aprendizado dos estudantes deve nortear todas as ações em sala de aula, objetivando oportunizar aos mesmos uma educação fundamentada em competências e habilidades, como orienta a BNCC, Brasil (2018). Nesse contexto, este trabalho foi construído buscando conectar o estudo de termologia com o cotidiano dos estudantes, e indicando as relações entre a Física em as demais áreas do conhecimento. Então a procura pelo aprendizado mediado e interativo, passa pela disponibilidade de condições para que o aluno seja capaz de consolidar os conceitos já conhecidos, para a obtenção de novos. Desse modo, o uso da construção do Forno Solar de Caixa, foi importante na motivação do estudo e da pesquisa sobre fenômenos relacionados com os processos de Transferência de Calor estudados na termologia.

A proposta metodológica de construção de um dispositivo, o forno solar, no Ensino de Física mostrou aspectos positivos, pois possibilitou aos estudantes realizar trabalhos colaborativos, pesquisas bibliográficas sobre o tema, fomentou a criatividade dos estudantes, incentivou a investigação e aproximou os alunos do método científico. Todos esses aspectos criaram um ambiente favorável ao aprendizado potencialmente significativo, Moreira (2011). Nesse contexto podemos afirmar que o trabalho atingiu seus objetivos, pois a UEPS proposta possibilitou aos estudantes ferramentas para a construção de novos conhecimentos, alicerçados em saberes antigo.

O Produto Educacional proposto conduziu os estudantes a desenvolverem várias funções, de modo que cada um pudesse nortear suas ações e seu aprendizado. As atividades em grupo possibilitaram a integração entre os alunos, após um longo período de isolamento social, devido a pandemia.

O longo período de isolamento social acarretou na alteração sistemática do cronograma das atividades planejadas, contribuindo para a evasão dos participantes do projeto. Durante a execução do trabalho foram acrescentadas algumas etapas a planejamento inicial, tais como: os eventos na escola, e a automação. Essas mudanças foram além da construção do forno solar, e os estudantes puderam enriquecer o trabalho com atividades paralelas, a saber: criação de blogs para divulgação das atividades realizadas, os eventos, produção de folders, banners e vídeos. Todas essas ações possibilitaram que os alunos tivessem maior contato com o conhecimento envolvido no forno solar.

Acreditamos que os resultados deste trabalho foram satisfatórios, embora os resultados obtidos indiquem que alguns ajustes precisam ser implementados na UEPS. Nas observações

realizadas durante a execução do trabalho, pode-se verificar que os estudantes buscavam compreender todos os fenômenos presentes no processo de cozimento dos alimentos no forno construído, além de fazerem questionamentos sobre a economia financeira, para as famílias da região, e alguns alunos relacionaram o estudo com fatores ambientais, mostrando que o ensino de Física pode ser realizado interdisciplinarmente.

Considerando os aspectos supracitados, podemos concluir que a metodologia utilizada, ou seja, a construção de um Forno Solar de Caixa como estratégia de ensino de Termologia, apresentou aspectos relevantes para o aprendizado dos alunos, além de fomentar a criatividade, a interação social, a responsabilidade e, acima de tudo, um ambiente oportuno para que a aprendizagem.



## REFERÊNCIAS

- AALFS, M. How solar cookers work. **SCI**. 2013. Disponível em: <http://www.solarcookers.org/basics/how.html>. Acesso em: 03 fev. 2021.
- AALFS, M. Princípios dos projetos dos fogões solares de caixa. **SCI**. 2013. Disponível em: <http://solarcooking.org/portugues/sbcdes-pt.htm>. Acesso em: 04 fev. 2021.
- ALMEIDA, V. 1 Vídeo (6:24min). **O que você precisa saber sobre FORNO SOLAR + Tutorial DIY ecoSol**. Publicado pelo canal PET AgroEnergia, 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JVvjqP2xxRg>. Acesso em 18 de nov de 2021.
- ARAÚJO, Celso de. **Transmissão de calor**. 12. ed. Rio de Janeiro: Livros técnicos científicos, 1982.
- ARAÚJO, L.R.R. **Estudo comparativo da capacidade de assamento de dois fornos solares com diferentes configurações**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.
- BÔAS, N. V.; DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J. Física, vol. 2: **termologia, ondulatória e óptica**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.
- BOCCATO, V. R. C. Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação. **Rev. Odontol. Univ. Cidade São Paulo**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006.
- BONADIMAN, H; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o Aprender no Ensino de Física: Uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 194- 223, 2007.
- CALÇADA, C. S.; SAMPAIO, J. L. Física Clássica, v. 2: **termologia, óptica e ondas**. 1. ed. São Paulo: Atual, 2012.
- CORDOVA, H.; TORT, A. C. Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 38, n. 2, jan.2016.
- CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO - CRESEB. **Base de dados de irradiação solar incidente**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>. Acesso em: 14 de mar. de 2022.
- DWORAKOWSKI, L. et al. Uso da plataforma Arduino e do software PLX-DAQ para construção de gráficos de movimento em tempo real. **Revista Brasileira de Ensino Física**, São Paulo, v. 38, n.

3, abr. 2016.

DIENSTMANN, G. **Energia Solar uma Comparação de Tecnologias**. Projeto de Diplomação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Departamento de Engenharia Elétrica. Porto Alegre, 2009, 92 p.

GOMES, J. W. **Construção e Análise de Desempenho de um Forno/Fogão Solar Tipo Caixa Alternativo Construído a Partir de uma Sucata de Pneu**. 2009. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2009.

HORTA, Pedro. **Guia da Energia Solar**. [s.l.]: [s.n], 2004, disponível em: <https://www.portal-energia.com/downloads/aulas/guia7.pdf>. Acesso em: 13, fevereiro, 2022.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. Tradução: Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina. 9.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

INCROPERA, FRANK P. *et al.* **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

KRUMMENAUER, W. L.; COSTA, S. S. C. D.; SILVEIRA, F. L. D. Uma experiência de ensino de física contextualizada para a educação de jovens e adultos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 2, p. 69-82, 2010.

LABREN. Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia. **Dados de irradiação para o estado do Maranhão**. [S.I.], 22 de jun. 2021. Disponível em: [http://labren.ccst.inpe.br/atlas\\_2017\\_MA.html](http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017_MA.html). Acesso em: 15 de ago. de 2021.

LION F., C. A. P. Q. **Construção e Análise de Desempenho de um Fogão Solar à Concentração Utilizando Dois Focos Para Cozimento Direto**. 2007. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

MELO, A. V. **Projeto, Construção e Análise de Desempenho de um Forno Solar Alternativo Tipo Caixa a Baixo custo**. 2008. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2008.

MORAN, Michael J.; SHAPIRO, Howard N. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2002.

MORAIS, Luiz Lins *et al.* **A competência dos professores de Biologia em contextualizar os conteúdos específicos**. 2004. 110f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 1997.

MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*; São Paulo: Editora E.P.U, 2015.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa Crítica. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>. Acesso em: 10 de maio 2018

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: Um Conceito Subjacente. *Aprendizagem Significativa em Revista*. n.3. v1. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2011. 25-46.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. 4. ed. São Paulo: Ed. Edgar Blucher, 2002.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA - OC. **Energias Limpas, Financiamento nos BRICS**. São Paulo. 6 p, 2016.

PAIXÃO, M. S. S. L.; FERRO, M. G. D. A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. In: CARVALHO. M. V. C.; MATOS, K. S. L. (org). *Psicologia da Educação: Teorias do desenvolvimento e da aprendizagem em discussão*, Fortaleza: EdUECE, 2015, p.91-130

PEREIRA, E. B. *et al.* **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2. ed. São José do Campos, São Paulo, 2017. 88 p.

REIS, E. P. **Análise do Desempenho Térmico de um Sistema de Aquecimento Solar Utilizando Coletor com Superfície Absorvedora em Chapas de Forro de PVC**. 2009. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Salvador, 2009.

REZENDE, A. N. **A Utilização de Fornos Solares do Tipo Caixa para o Aquecimento de Alimentos**. 2015. 55 p. (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F. A prática do professor e a pesquisa em ensino de física: novos elementos para repensar essa relação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 3, p. 316-337, 2005.

ROCHA, F. S.; GUADAGNINI, P. H. Projeto de um sensor de pressão manométrica para ensino de física em tempo real. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.31, n. 1, p. 124-148, nov. 2013.

TOLMASQUIM, M. T. **Energia Renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2016.

VARELA, P. H. de A. **Viabilidade Térmica de um Forno solar Fabricado Com Sucatas de Pneus**. 2013. Dissertação (Mestrado em engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2013.

YOUNG, Hugh D. **Física II: Termodinâmica e Ondas**. 12 ed. São Paulo: Pearson, 2008.

## APÊNDICES

### APÊNDICE I

#### Introdução

Como meio de acompanhar a variação da temperatura no interior do forno solar, a automação com o Arduino mostrada a seguir, irá nos dar uma melhor análise desta grandeza física através do componente eletrônico display de LED que é capaz exibir as informações dessa temperatura, contribuindo assim com os testes e ajustes necessários para a finalidade do projeto.

#### Objetivo

Verificar a temperatura interna do forno solar no processo de aquecimento ou cozimento dos alimentos.

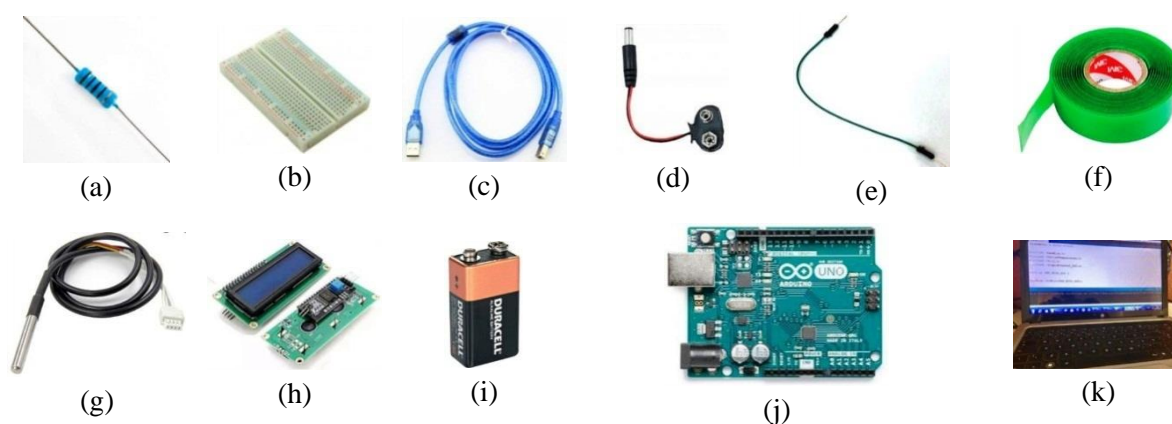
#### Materiais utilizados

Os materiais usados na montagem do circuito de automação do forno solar estão listados abaixo:

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| a) 01 resistor de 1k;                   | b) 01 protoboard;                    |
| c) 01 cabo alimentador;                 | d) 01 cabo adaptador de alimentação; |
| e) 05 unidades de cabos jumpers machos; | f) 01 fita dupla face;               |
| g) 01 sensor de temperatura DS18B20;    | h) 01 display LCD commódulo I2C;     |
| i) 01 bateria de 9 V;                   | j) 01 placa de Arduino UNO;          |
| k) 01 notebook ou PC.                   |                                      |

Na figura 01 são descritos os materiais do circuito, que foram fotografados durante a montagem.

**Figura 01:** Materiais usados na montagem do circuito

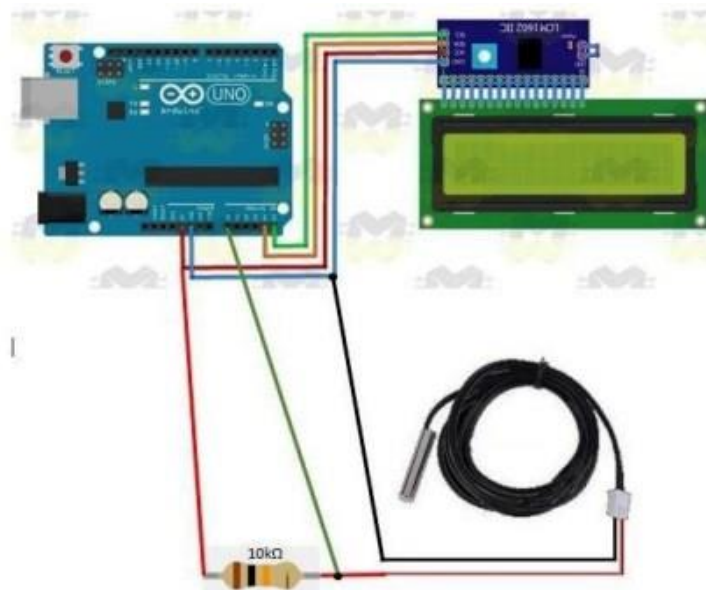


Fonte: Próprio autor.

### Esquema do circuito

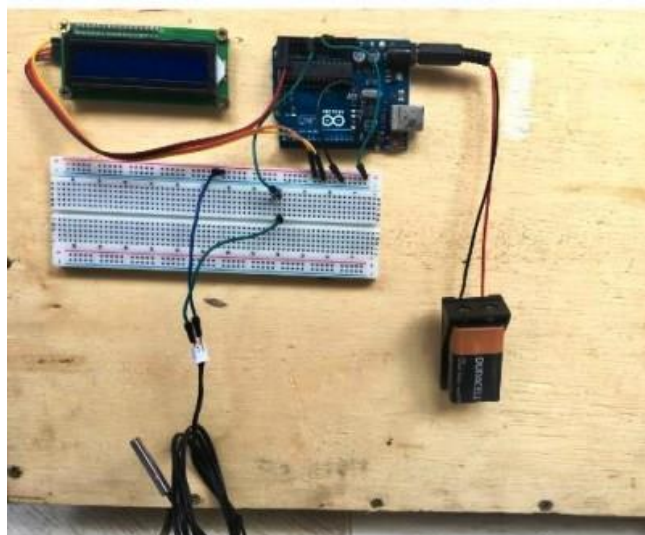
A figura 02 mostra o esquema de ligação dos componentes do circuito na placa de Arduino, que deverá ser montado no forno solar, como mostra a figura 03.

**Figura 02:** Esquema de ligações na placa do Arduino



Fonte: Próprio autor.

**Figura 03:** Circuito montado no forno solar



Fonte: Próprio autor.

## Programação

Para a placa de Arduino se usa a linguagem de programação C, mas devido a sua ampla utilização em diferentes aplicações, existem bibliotecas gratuitas que disponibilizam programas aplicados a diferentes problemas, não sendo necessário que o usuário do Arduino seja um programador, ele deve conhecer os comandos básicos da linguagem. Então neste trabalho usou-se o programa para medida de temperatura, disponibilizada na plataforma do Arduino, descrito abaixo.

### TERMÔMETRO A PROVA D'ÁGUA

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal I2C.h>

#define ONE_WIRE_BUS 2

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensor(&oneWire);

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);

void setup(void)
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Sensor de temperatura Dallas DS18B20");
  sensor.begin();

  lcd.begin(16, 2);
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Sensor Dallas");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("DS18B20");
}
```

```
    delay(4000);  
    lcd.clear();  
  }  
  
void loop(void)  
{  
    float leitura=sensor.getTempCByIndex(0);  
    Serial.println(leitura);  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("Temperatura : ");  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print("averaje");  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print(leitura);  
    lcd.print(" Celsius ");  
  
    delay(100);  
}
```



## APÊNDICE II

### Questionário

**1º parte:** Confeccção e uso do forno solar como ferramenta pedagógica.

A - O Manual de construção é de fácil entendimento?

SIM ( )

NÃO ( )

TALVEZ ( )

B - A compreensão do estudo da transferência de calor vista em sala de aula, ficou mais compreensiva depois de presenciais eu fenômeno na prática com o forno solar?

SIM ( )

NÃO ( )

TALVEZ ( )

C - Você seria capaz de construir sozinho um exemplar desse forno solar?

SIM ( )

NÃO ( )

TALVEZ ( )

D - Mediado pelo professor e na interação entre seus colegas, você sentiu segurança no processo de construção e entendimento do funcionamento do forno solar?

SIM ( )

NÃO ( )

TALVEZ ( )

E - Durante a aplicação do forno solar, foi fácil identificar as formas de propagação de calor no processo de cozimento dos alimentos?

SIM ( )

NÃO ( )

TALVEZ ( )

F - A automatização do forno solar com o Arduino, foi útil durante a sua utilização?

SIM ( )

NÃO ( )

TALVEZ ( )

G - Você acha necessário as pessoas utilizarem esse método com o forno solar, para cozimento de alimentos como recurso alternativo no uso de energia renovável? Justifique sua resposta.

H - Qual aprendizado você leva para sua vida social, depois desta demonstração do forno solar?

I - Como você avalia a utilização do forno solar como recurso para o seu aprendizado no ensino de Física em sala de aula? Justifique a sua resposta.

## Questionário

**2º parte:** Analise dos processos de transmissão de calor durante o desenvolvimento até a conclusão do forno solar.

A - Qual a função do isopor entre as caixas?

- Facilitar a troca de calor com o exterior para favorecer as trocas de energia dentro do forno.
- Dificultar a troca de calor com o exterior para favorecer as trocas de energia dentro do forno.
- Para evitar convecção entre as trocas de calor com o interior para favorecer as trocas de energia dentro do forno.

B - Que forma de transmissão de calor é dificultada pelo isopor utilizado no forno solar?

- Condução
- Convecção
- Irradiação

C - Qual a função do papel alumínio na caixa interna?

- Absorver melhor o calor, assim aquece e cozinha de forma mais rápida os alimentos.
- Refletir a irradiação para o meio exterior, mantendo assim a temperatura constante no forno.
- Refletir internamente a irradiação dos corpos e evitar a perda de calor para o meio externo.

D - Para que serve a cobertura de vidro transparente?

- Permitir a passagem do calor para o interior da caixa.
- Facilitar a entrada de luz radiante do Sol para o interior.
- Absorver toda energia radiante do Sol.

E - Por quê o fundo é preto?

- Para absorver o calor contido na panela que está sobre ele.
- Para absorver melhor a radiação térmica e acelerar o processo de condução da panela em contato com a superfície preta.
- Para isolar o fundo da caixa da panela e facilitar o processo de aquecimento da panela que está recebendo calor exclusivo da irradiação das paredes laterais do forno.

F - Por quê utilizar panela preta?

- Dificulta a perda de calor do interior da panela em que estão os alimentos.
- Regula melhor a temperatura no qual estão os alimentos em processo lento de cozimento.
- Absorve melhor o calor e assim cozinha mais rápido o alimento no interior da panela.

G - Se não houvesse o papel alumínio, o que aconteceria com a luz solar ao chegar à parede?

- Seria absorvida.
- Seria refletida de volta.
- Seria refletida normalmente por todo o interior do forno.

H - Qual a função da tampa refletora?

- Fazer sombra no interior do forno, para poder controlar a temperatura.  Manter a parte superior do forno sempre aquecida.
- Aumentar a incidência de radiação para o interior do forno.

I - Porque é necessário vedar bem as fretas (aberturas) do forno?

- Evitar saída do ar frio e a entrada do ar quente.
- Evitar a condução diferentes camadas de ar entre o meio externo e interno do forno.
- Evitar as trocas de camadas de ar diferentes entre o meio externo e interno do forno.

## APÊNDICE III

## PRODUTO EDUCACIONAL

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



**FORNO SOLAR: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA NO ESTUDO DA  
TERMOLOGIA, COM ÊNFASE NOS PROCESSOS DE TRANSMISSÃO DE CALOR.**



Mestrando: Maurício José Rodrigues dos Santos

Orientadora: Cláudia Adriana de Sousa Melo

TERESINA – PI

2023

## APRESENTAÇÃO

Prezado (a) Professor (a),

O presente trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF – polo 26 da Sociedade Brasileira de Física – SBF na Universidade Federal do Piauí – UFPI, e foi idealizado como um Produto Educacional, intitulado: “FORNO SOLAR: Uma proposta metodológica no estudo da Termologia com ênfase nos processos de transmissão de calor”.

O objetivo deste Produto Educacional é construir um protótipo de um forno solar, como uma ferramenta metodológica para o ensino dos processos de transmissão de calor na Educação Básica, especificamente na 2ª série do Ensino Médio. Sendo possível, com essa proposta, contextualizar o conteúdo ensinado, e promover a interdisciplinaridade com outras áreas de conhecimento, tais como: fatores ambientais e econômicos.

Neste material de apoio ao professor são amplamente discutidos todos os elementos essenciais, e o método de montagem para a confecção do forno solar tipo caixa, assim como o esquema e a programação do circuito para a automatização do protótipo, com o uso da plataforma Arduino, para monitorar a variação da temperatura no interior da caixa. É importante destacar que os materiais utilizados neste produto são de baixo custo, incluindo a placa e os sensores do Arduino.

Esperamos que este Produto Educacional possa auxiliar o processo de ensino-aprendizagem dos vossos estudantes, facilitando assim suas intervenções em sala de aula.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>2 DEFINIÇÕES PRÉVIAS .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Um conceito relevante sobre energia solar .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 O calor e sua transmissão .....</b>	<b>5</b>
2.2.1 Condução .....	5
2.2.2 Convecção .....	6
2.2.3 Radiação .....	6
<b>2.3 Arduino aplicado à Educação .....</b>	<b>7</b>
<b>3 FORNO SOLAR .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 Breve contexto escolar .....</b>	<b>8</b>
<b>3.2 Construindo um forno solar .....</b>	<b>8</b>
3.2.1 Materiais necessários .....	8
3.2.2 Montagem do forno solar .....	9
<b>4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....</b>	<b>13</b>
<b>4.1 Etapas do processo .....</b>	<b>13</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>16</b>
<b>APÊNDICE DO PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>18</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Este Produto Educacional traz uma importante ferramenta para o professor utilizar em suas aulas de Física quando se tratar de terminologia. Pois o trabalho produzido mostra-se como uma que facilita todo o trabalho do professor para que o aluno possa melhor definir e compreender os conceitos científicos estudados no conteúdo apresentado.

Segundo Silva, (2019), “É importante dizer que o desafio do professor e da professora no ambiente escolar é estar sempre investigando diferentes estratégias de ensino e aprofundar alternativas que possam auxiliar sua prática, visando impulsionar o desenvolvimento das aprendizagens dos alunos” (SILVA, 2019, p.14). Nesse sentido, este Produto Educacional busca auxiliar o professor em sua luta diária na sala de aula, a fundamentação teórica deste trabalho é a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, Moreira (2011), na qual o aprendiz usa seus conhecimentos prévios para ancorar novos conhecimentos, mas acima de tudo esse sujeito precisa querer aprender novos conhecimentos. Então usar estratégias em que o estudante é o sujeito ativo, poderá levar a um aprendizado potencialmente significativo, então essa proposta busca criar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS que facilitará o aprendizado dos conceitos de transmissão de calor, usando a construção de um forno solar.

Você encontrará neste trabalho instruções e recomendações para a construção do Forno Solar de Caixa. Inicialmente será apresentada uma revisão sobre os conteúdos tratados no Produto Educacional, em seguida serão detalhadas todas as etapas de construção do forno solar, e finalmente será apresentado um planejamento para aplicação desse material em sala de aula.

Os materiais usados nesse trabalho são de fácil acesso, e baixo custo. Fica a critério dos professores acrescentarem outras atividades nas orientações de aplicação do produto, tais como: pesquisa em rede, livros, vídeos, simulações e diversas outras, que dependem da infraestrutura da escola.

## **2 DEFINIÇÕES PRÉVIAS**

### **2.1 Um conceito relevante sobre energia solar**

A energia solar é descrita como a energia originária do Sol, sendo uma fonte alternativa, renovável e sustentável de energia. Essa energia produzida no Sol chega ao nosso planeta por ondas eletromagnéticas (luz e calor), sendo a maior fonte de energia disponível. Considerando as modificações climáticas, o homem tem buscado formas de energia que emitam menos gases, que contribuam para a elevação da temperatura na Terra, surgindo assim a necessidade de fontes limpas de energia. Então o uso da energia solar é uma possibilidade para a geração de energia elétrica limpa e renovável, sem grandes impactos ao meio ambiente e com grande capacidade de aproveitamento.

A energia solar também é muito aplicada em todo o mundo por meio dos sistemas de aquecimento solar, conhecidos como aquecedores solares ou forno solar, onde a luz é convertida em energia térmica.

### **2.2 O calor e sua transmissão**

Considerando um sistema físico em equilíbrio termodinâmico, onde não ocorra uma mudança de estado, podemos dizer que: o calor é a energia térmica transmitida de um corpo com maior temperatura, para um corpo de menor temperatura. E quando ocorrer o contato entre corpos com temperaturas diferentes, será iniciado um processo de transmissão de calor, até que ambos atinjam o equilíbrio térmico. Os processos de transmissão de calor são os seguintes: condução, convecção e radiação.

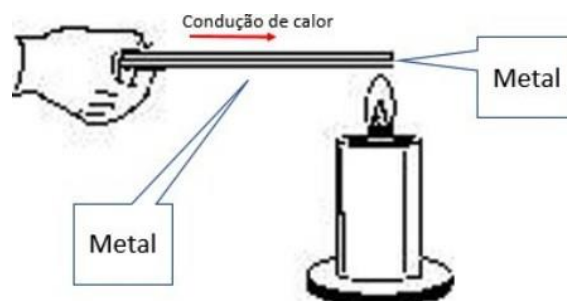
#### **2.2.1 Condução**

Você já percebeu que ao segurar uma barra de metal em uma extremidade, e na outra existe uma fonte de calor, após algum tempo você perceberá um aumento da temperatura na barra? Isso acontece porque as partículas se movem mais rápido na extremidade próxima ao fogo, resultando em um ganho de energia que será repassada para as partículas vizinhas, que passam a vibrar, e assim a energia vai passando de partícula em partícula, até chegar na extremidade que você está segurando a barra. Então na condução o calor é transferido por meio de colisões moleculares do



corpo quente para o corpo frio. Os materiais podem ser bons condutores de calor, ou isolantes térmicos, essa característica depende da estrutura do material. O esquema mostrado na figura 01 descreve o processo de condução térmica.

**Figura 01.** Barra de ferro sendo aquecida por condução.

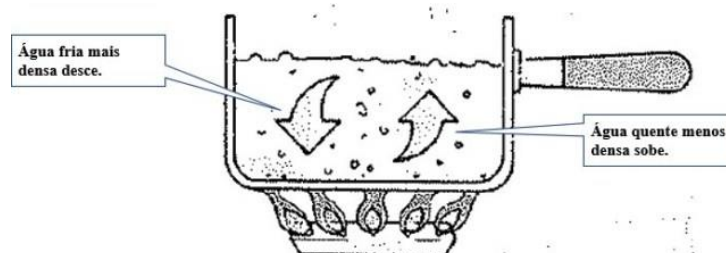


Fonte: Próprio autor.

### 2.2.2 Convecção

A convecção é o processo de transmissão de calor que ocorre pela movimentação ascendente e descendente de um fluido, devido à variação de densidades quando ele é aquecido. A densidade de um fluido diminui ao ser aquecido, dessa maneira, ao aumentar a temperatura de um fluido criam-se diferenças de densidade no seu interior, surgindo então correntes de convecção, onde o fluido mais denso desce para o fundo do recipiente, e o fluido menos denso sobe para a superfície. Na figura 02 mostramos um esquema desse processo.

**Figura 02.** Corrente de convecção no aquecimento de uma massa de água.



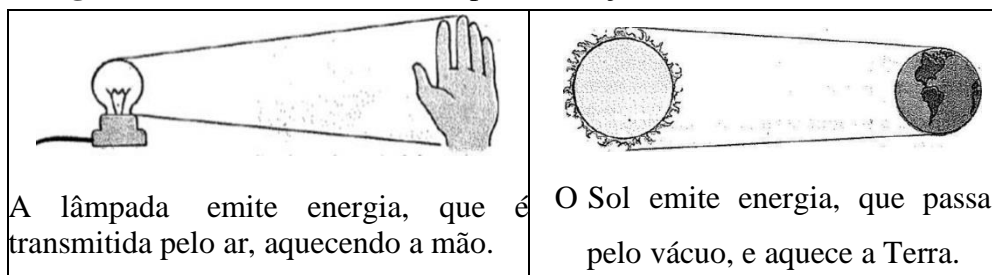
Fonte: Própria do autor.

### 2.2.3 Radiação

O processo de transmissão de calor por ondas eletromagnéticas é denominado radiação. Este processo não necessita de um meio material para ser propagado, ele pode ocorrer no vácuo. Na figura 03 mostra um esquema de como a energia térmica produzida no Sol chega ao nosso

planeta.

**Figura 03.** Transmissão de calor por irradiação no ar e no vácuo.



Fonte: Próprio autor.

### 2.3 Arduino aplicado à educação

O projeto do Arduino teve início em 2005 na Itália, sendo uma plataforma de hardware e de software empregada para prototipação de circuitos eletrônicos, e outras aplicações. Considerando as vantagens e facilidades de usar essa plataforma, foi que introduzimos esse dispositivo no projeto, visto que o usuário não precisa ser especialista em programação, ou em eletrônica, para fazer uso de suas funcionalidades. A criação de projetos usando Arduino envolve os seguintes passos:

1. Conexão do computador com a placa Arduino via porta USB;
2. Criação do código fonte, que corresponda às instruções na IDE do Arduino;
3. Conexão dos componentes eletrônicos nas portas, de entrada e saída de dados, da placa.
4. Verificação de erros e carregamento de código na placa.

As aplicações do Arduino são amplas, têm-se muitas opções de pesquisa para auxiliar na elaboração de um projeto. Vejamos a seguir, as diversas aplicações nas quais o Arduino poder ser usado: Impressão 3D; Automação residencial; Robótica; Controle de experimentos em laboratórios de pesquisa; Entretenimento.

O maior benefício dessa plataforma de desenvolvimento, sobre as demais, é sua simplicidade em seu uso, pois pessoas que não são da área técnica são capazes de aprender o básico, e criar seus próprios projetos em um curto intervalo de tempo, sendo esse o motivo de sua utilização nesse trabalho.

### **3 FORNO SOLAR**

#### **3.1 Breve contexto histórico**

A ideia do cozimento de alimentos com uma caixa solar é antiga na cultura ocidental, sendo que o detalhamento experimento do forno solar foi realizado por Nicholas de Saussure, em torno de 1770, tendo sido criado pelo naturalista Horace de Saussure em 1767.

O forno solar é constituído por uma caixa de fundo interno preto, uma tampa de vidro transparente e abas refletoras. A radiação infravermelha, emitida pelo Sol, atravessa a tampa de vidro e ficar presa no interior da caixa, devido ao efeito estufa, parte dessa radiação é absorvida pelo fundo preto do forno, sendo reemitida para o interior da caixa. Como consequência desse efeito a temperatura no interior do forno solar chega a atingir facilmente os 150 °C, sendo possível o uso desse sistema no cozinhando de alimentos.

Uma vantagem do forno solar de caixa é o baixo custo de sua construção, a agressão ao meio ambiente, e a economia no cozimento dos alimentos. O mecanismo de isolamento térmico, em conjunto com vários fenômenos que acontecem durante o cozimento, faz do forno um excelente laboratório no estudo de óptica e termologia, sendo indicado na criação de projetos para estudos interdisciplinares e transversais. A desvantagem da utilização esse dispositivo é a demora no cozimento dos alimentos, entretanto, as baixas temperaturas atingidas no interior do forno não permitem que o alimento queime.

#### **3.2 Construindo um forno solar**

Este Produto Educacional objetiva auxiliar, professores e alunos, que pretendem confeccionar um forno solar de caixa, para aplicar no Ensino de Física ou em outros afins. Nesse sentido, serão disponibilizados os procedimentos para a construção do forno, com a indicação da lista de materiais necessários, e as etapas de execução. Muitos materiais podem ser encontrados sem custos, utilizando de materiais encontrados em casa, ou em estabelecimentos comerciais, ou na própria escola.

##### **I. Materiais necessários**

- Uma placa de chapa de metal galvanizada, por ser um bom condutor térmico nas dimensões do forno desejado, figura 04;

- Recortes de madeiras para a confecção da caixa do forno, sendo indicado o uso placas reutilizadas ou descartadas, figura 05;
- 01 corte de vidro transparente nas mesmas dimensões da tampa do forno desejado, figura 06;
- Placa de isopor com 10 mm de espessura, ou qualquer material isolante térmico, figura 07;
- Tinta spray preta fosca, para a pintura da chapa metálica, figura 08;
- Papel alumínio para acabamento do forno em suas paredes internas, figura 09.



**Figura 04.** Pintura da chapa de aço



**Figura 05.** Tábuas de madeira



**Figura 06.** Corte do vidro transparente



**Figura 07.** Placa de isopor para o interior da caixa



**Figura 08.** Tinta spray para pintar fosca



**Figura 09.** Papel alumínio

Fonte: Próprio autor.

## II. Montagem do forno

**Passo 1:** Com todos os materiais a disposição, faça os cortes com uma serra em cada tábua de madeira, nas dimensões apropriadas, e as una com cola para madeira, ou se achar necessário um reforço, fixe-as com alguns pregos. Sugerimos as dimensões 60 cm de comprimento por 40 cm

de largura, para a caixa de madeira, observando que um dos lados deverá ter altura de 25 cm, a parte frontal ao Sol, já a face oposta ao Sol que receberá a tampa refletora, deverá ter uma altura de 35 cm. Essas dimensões são recomendações do autor, sendo de livre a opção de usar proporções adequadas ao material disponível para a confecção do forno. A figura 10 mostra a foto da caixa construída.

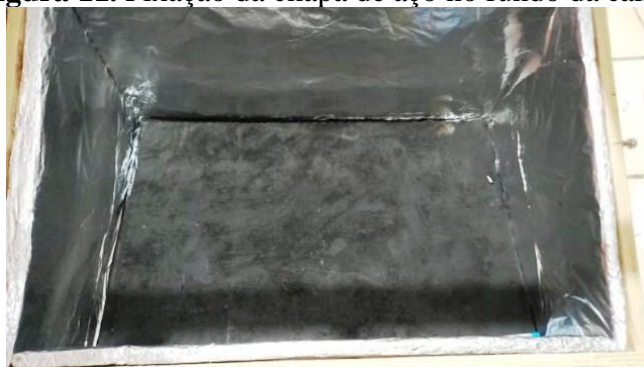
**Figura 10.** Caixa do forno depois da junção das partes.



Fonte: Próprio autor.

**Passo 2:** Cubra as paredes internas da caixa de madeira com o material isolante, em nossa proposta foi usado isopor, e a seguir cole papel alumínio, deixando a superfície lisa, para otimizar a reflexão em suas paredes. No fundo da caixa, sobre o isopor, coloque a chapa metálica pintada de preto, que absorverá o calor preso na caixa. A figura 11 mostra como ficou o interior do forno.

**Figura 11.** Fixação da chapa de aço no fundo da caixa.



Fonte: Próprio autor.

**Passo 3:** Coloque o vidro em uma moldura de madeira, e a fixe sobre a tampa da caixa construída, de tal forma que o mesmo possa ser removido.

**Passo 4:** Outra tampa deve ser fixada, na lateral oposta ao Sol, ela servirá para refletir a radiação para o interior do forno, aumentando a incidência de radiação para o interior da caixa. Uma sugestão é introduzir um suporte que possibilite a mobilidade da tampa refletora, permitindo variações angulares em função das mudanças de posição do Sol, como mostrado na figura 12.

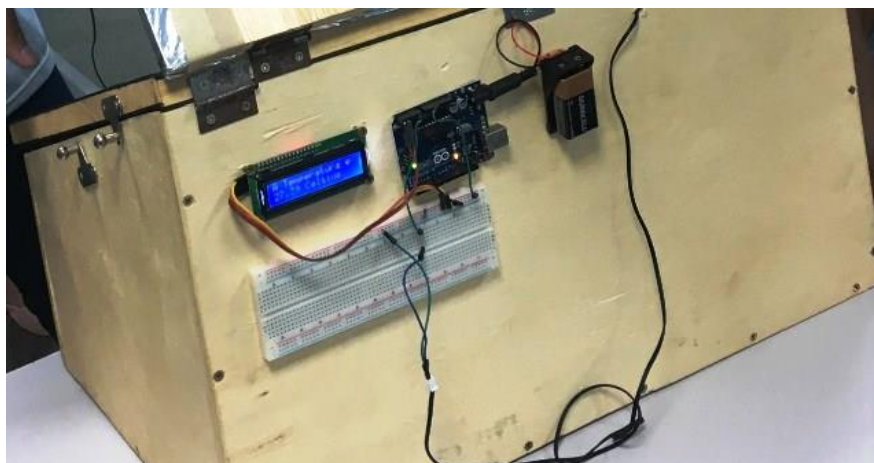
**Figura 12.** Ajustando a tampa refletora do forno.



Fonte: Próprio autor.

**Passo 5:** Montagem do circuito e a programação no Arduino, para realizar a automação da medida de temperatura, no interior do forno. O circuito foi fixado na parte lateral oposta ao Sol, com uma fita dupla face, nessa posição as leituras são facilitadas, como mostrado na figura 13.

**Figura 13.** Medidas de temperatura no interior do forno solar.



Fonte: Próprio autor.

Este trabalho deve ser desenvolvido pelos alunos, e o professor será o mediador das atividades, estando envolvido no processo motivando os discentes e possibilitando que eles construam seus próprios conhecimentos. Seguindo todos os passos, supracitados, o Forno Solar de Caixa estará disponível para ser utilizado pelos estudantes, na figura 14 temos a versão final do forno construído por alunos da 2ª série do IEMA, localizado no município de Matões – Ma.

**Figura 14.** Confeção do forno solar concluída.



Fonte: Próprio autor.

## 4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Finalizada a construção do Produto Educacional, Forno Solar de Caixa, apresentamos uma proposta de planejamento para sua aplicação na Educação Básica. Durante o desenvolvimento desse trabalho encontramos muitas dificuldades, pois estávamos vivendo uma situação singular, a pandemia devido a COVID-19, nessa ocasião o planejamento usado em quatro etapas organizadas em 9 encontros entre remotos, híbridos e presenciais, distribuídas em 14 aulas, organizadas e desenvolvidas de modo a incentivar a aprendizagem contextualizada e significativa dos alunos.

Considerando a situação pós-pandemia, apresentamos um planejamento para a aplicação do Produto Educacional nessa nova realidade. As etapas propostas nesta sequência didática são apresentadas a seguir, mas o professor possui autonomia para realizar os ajustes e adaptações, conforme a realidade de sua escola.

### 4.1 Etapas do processo

#### ETAPA I

**Encontro presencial:** 01

**Tempo de aula:** 50 min

**Objetivos:** Discutir os caminhos para a construção do conhecimento científico em Termologia.

**Descrição de atividade:** Apresentação da base teórica de Termologia e atividades com pesquisas bibliográficas, que auxiliem no processo desenvolvimento cognitivos dos alunos, com um momento para espaços de questionamentos provocações de dúvidas.

**Habilidades:** Aquisição dos conceitos trabalhados.

#### ETAPA II

**Encontro presencial:** 01

**Tempo de aula:** 50 min

**Objetivos:** Pesquisar sobre os tipos de forno solar será desenvolvido durante as aulas, através da interação entre alunos e professor.



**Atividade:** Realizar consultas sobre as diferentes configurações de forno solar, através de pesquisas bibliográficas.

**Habilidades:** Estimulo a pesquisa, discussão e o saber sobre o forno solar, das suasdiversas formas, utilização, tipos, características e aplicação.

### ETAPA III

**Encontros presenciais: 3**

**Tempo de aula: 50 min**

**Objetivos:** Estabelecer um cronograma de ações e atribuições de funções para execução de atividades na confecção do forno solar.

**Atividade:** A partir da escolha do tipo de forno, serão divididos em 5 grupos de 6 alunos, para turmas de 30 alunos, e responsabiliza-los pela confecção, construção e apresentação dos produtos. Para cada grupo formado, será dada sugestão de um manual prático para confecção do forno solar disponibilizado através do link: <https://www.youtube.com/watch?v=JVvjqP2xxRg>. Em outro momento com encontros presenciais, os conceitos básicos sobre programação e circuito eletrônico utilizando a plataforma Arduino para automação do nosso protótipo devem ser trabalhados.

**Habilidades:** Capacidade de adquirir conceitos cotidianos espontâneos e os de natureza científica.

### ETAPA IV

**Encontros presenciais: 04**

**Tempo de aula: 50 min**

**Objetivos:** Avaliar de forma distinta o desenvolvimento do aluno durante todas as atividades.

**Atividade:** Para efeitos de conceitos e conhecimento, nesta etapa é necessário mediar e instruir alunos e professores que tem interesse em aprender sobre automação com Arduino e aos que já possuem certo domínio do mesmo, para poderem entender sobre o objetivo do trabalho proposto e assim apresentar as análises feitas e os resultados obtidos para a comunidade escolar. E para este momento, escolhemos um evento científico para esta exposição através do protótipo confeccionado e de um banner como auxílio na sistematização de informações e dados relevantes de todo estudo feito. Assim, ao final da aplicação do produto educacional, foi aplicado um questionário avaliativo para que os alunos pudessem fazer algumas conclusões a respeito do trabalho realizado e para avaliar os pontos mais relevantes do estudo feito.

**Habilidades:** Aptidão para contextualizar e executar projetos desenvolvidos.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, V. 1 Vídeo (6:24min). **O que você precisa saber sobre FORNO SOLAR + Tutorial DIY ecoSol**. Publicado pelo canal PET AgroEnergia, 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JVvjqP2xxRg>. Acesso em 18 de nov de 2021.

ARAÚJO, Celso de. **Transmissão de calor**. 12. ed. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 1982.

ARAÚJO, L.R.R. **Estudo comparativo da capacidade de assamento de dois fornos solares com diferentes configurações**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

ARREGUY, Julia V. E; RIBEIRO, Marcos C; OLIVEIRA, Rodolfo A. A; BRITO, Tayrine Parreira. **Forno solar a Partir de materiais recicláveis**. 5ª Jornada Científica e Tecnológica e 2º Simpósio de Pós-Graduação do IFSULDEMINAS. Inconfidentes/MG. 06 a 09 de nov de 2013.

BARRETO, Benigno & XAVIER, Claudio. **Física aula por aula: ensino médio 2**. 2ª edição. São Paulo: FTD, 2013.

CORDOVA, H.; TORT, A. C. Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 38, n. 2, jan.2016.

DWORAKOWSKI, L. et al. Uso da plataforma Arduino e do software PLX-DAQ para construção de gráficos de movimento em tempo real. **Revista Brasileira de Ensino Física**, São Paulo, v. 38, n. 3, abr. 2016.

FORNO SOLAR CEARÁ. **Cozinhando com o forno solar**. Disponível em: <https://fornosolar.wordpress.com/about/>>. Acesso em 15 Ago. 2021.

GOMES, J. W. **Construção e Análise de Desempenho de um Forno/Fogão Solar Tipo Caixa Alternativo Construído a Partir de uma Sucata de Pneu**. 2009. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2009.

GONÇALVES, Naiane Nunes; SILVA, Rafaella Spillare; ANDRADE, Renato Nunes; SIQUEIRA, Bruno Magela; RUY, Rafael Baioco. **Construção de fornos solares: uma atitude sustentável para erradicação da pobreza**. **Revista Eletrônica** - Debates em Educação Científica e Tecnológica, ISBN: 2236-2150 - V. 03, N. 01, p. 88 - 94, Junho, 2013.

INCROPERA, FRANK P. *et al.* **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MÁXIMO, Antônio & ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física: volume 2**. 1ª edição. São Paulo: Scipione, 2012.

MELO, A. V. **Projeto, Construção e Análise de Desempenho de um Forno Solar Alternativo Tipo Caixa a Baixo custo**. 2008. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2008.

REZENDE, A. N. **A Utilização de Fornos Solares do Tipo Caixa para o Aquecimento de Alimentos**. 2015. 55 p. (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

SILVA, Maria Gêssica. (2019). **As leis da Termodinâmica com abordagem da Modelagem Científica de Mario Bunge e uma sequência de Ciclos de Modelagens de David Hestenes desenvolvida em uma turma do ensino médio na cidade de Acopiara**. (Dissertação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física)- Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Regional do Cariri. Juazeiro do Norte.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Física**. 2ª edição. São Paulo: Atual, 2005.

## APÊNDICE DO PRODUTO EDUCACIONAL

### Introdução

Como meio de acompanhar a variação da temperatura no interior do forno solar, a automação com o Arduino mostrada a seguir, irá nos dar uma melhor análise desta grandeza física através do componente eletrônico display de LED que é capaz exibir as informações dessa temperatura, contribuindo assim com os testes e ajustes necessários para a finalidade do projeto.

### Objetivo

Verificar a temperatura interna do forno solar no processo de aquecimento ou cozimento dos alimentos.

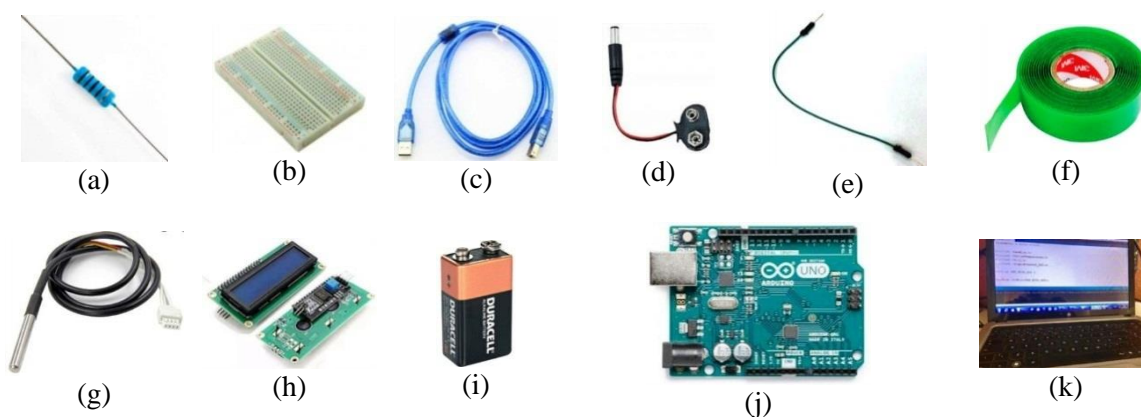
### Materiais utilizados

Os materiais usados na montagem do circuito de automação do forno solar estão listados abaixo:

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| l) 01 resistor de 1k;                   | m) 01 protoboard;                    |
| n) 01 cabo alimentador;                 | o) 01 cabo adaptador de alimentação; |
| p) 05 unidades de cabos jumpers machos; | q) 01 fita dupla face;               |
| r) 01 sensor de temperatura DS18B20;    | s) 01 display LCD com módulo I2C;    |
| t) 01 bateria de 9 V;                   | u) 01 placa de Arduino UNO;          |
| v) 01 notebook ou PC.                   |                                      |

Na figura 01 são descritos os materiais do circuito, que foram fotografados durante a montagem.

Figura 01: Materiais usados na montagem do circuito

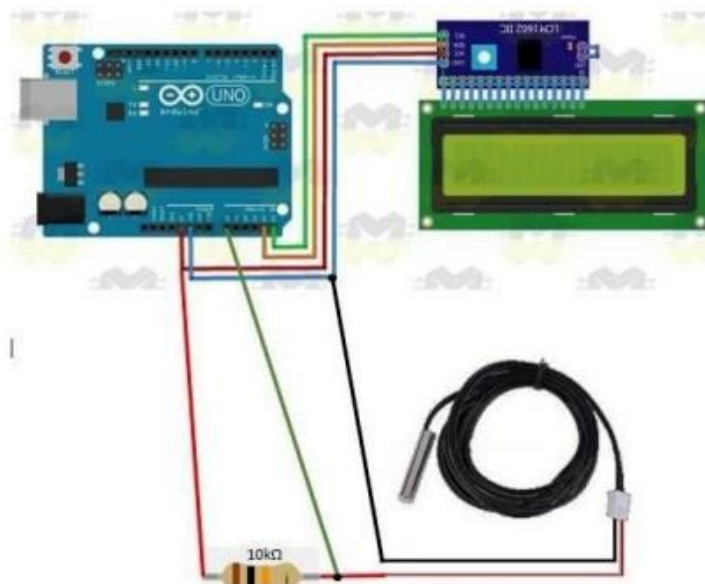


Fonte: Próprio autor.

### Esquema do circuito

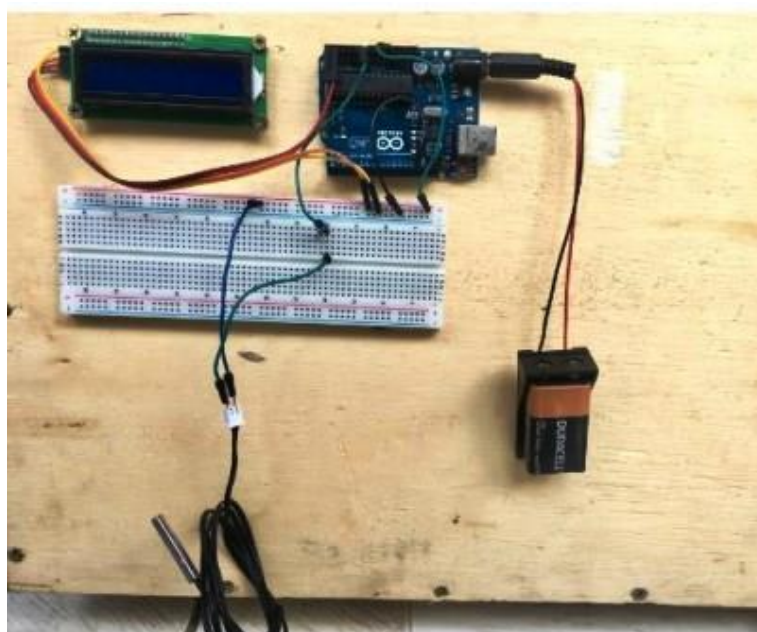
A figura 02 mostra o esquema de ligação dos componentes do circuito na placa de Arduino, que deverá ser montado no forno solar, como mostra a figura 03.

Figura 02: Esquema de ligações na placa do Arduino



Fonte: Próprio autor.

Figura 03: Circuito montado no forno solar



Fonte: Próprio autor.

## Programação

Para a placa de Arduino se usa a linguagem de programação C, mas devido a sua ampla utilização em diferentes aplicações, existem bibliotecas gratuitas que disponibilizam programas aplicados a diferentes problemas, não sendo necessário que o usuário do Arduino seja um programador, ele deve conhecer os comandos básicos da linguagem. Então neste trabalho usou-se o programa para medida de temperatura, disponibilizada na plataforma do Arduino, descrito abaixo.

### TERMÔMETRO A PROVA D'ÁGUA

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal I2C.h>

#define ONE_WIRE_BUS 2

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensor(&oneWire);

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);

void setup(void)
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Sensor de temperatura Dallas DS18B20");
  sensor.begin();

  lcd.begin(16, 2);
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Sensor Dallas");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("DS18B20");
}
```

```
    delay(4000);  
    lcd.clear();  
  }  
  
void loop(void)  
{  
    float leitura=sensor.getTempCByIndex(0);  
    Serial.println(leitura);  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("Temperatura : ");  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print("averaje");  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print(leitura);  
    lcd.print(" Celsius ");  
  
    delay(100);  
}
```



## APÊNDICE III

### PRODUTO EDUCACIONAL

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



### **FORNO SOLAR: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA NO ESTUDO DA TERMOLOGIA, COM ÊNFASE NOS PROCESSOS DE TRANSMISSÃO DE CALOR.**



Mestrando: Maurício José Rodrigues dos Santos

Orientadora: Cláudia Adriana de Sousa Melo

TERESINA – PI

2023

## APRESENTAÇÃO

Prezado (a) Professor (a),

O presente trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF – polo 26 da Sociedade Brasileira de Física – SBF na Universidade Federal do Piauí – UFPI, e foi idealizado como um Produto Educacional, intitulado: “FORNO SOLAR: Uma proposta metodológica no estudo da Termologia com ênfase nos processos de transmissão de calor”.

O objetivo deste Produto Educacional é construir um protótipo de um forno solar, como uma ferramenta metodológica para o ensino dos processos de transmissão de calor na Educação Básica, especificamente na 2ª série do Ensino Médio. Sendo possível, com essa proposta, contextualizar o conteúdo ensinado, e promover a interdisciplinaridade com outras áreas de conhecimento, tais como: fatores ambientais e econômicos.

Neste material de apoio ao professor são amplamente discutidos todos os elementos essenciais, e o método de montagem para a confecção do forno solar tipo caixa, assim como o esquema e a programação do circuito para a automatização do protótipo, com o uso da plataforma Arduino, para monitorar a variação da temperatura no interior da caixa. É importante destacar que os materiais utilizados neste produto são de baixo custo, incluindo a placa e os sensores do Arduino.

Esperamos que este Produto Educacional possa auxiliar o processo de ensino-aprendizagem dos vossos estudantes, facilitando assim suas intervenções em sala de aula.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>2 DEFINIÇÕES PRÉVIAS .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Um conceito relevante sobre energia solar .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 O calor e sua transmissão .....</b>	<b>5</b>
2.2.1 Condução .....	5
2.2.2 Convecção .....	6
2.2.3 Radiação .....	6
<b>2.3 Arduino aplicado à Educação .....</b>	<b>7</b>
<b>3 FORNO SOLAR .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 Breve contexto escolar .....</b>	<b>8</b>
<b>3.2 Construindo um forno solar .....</b>	<b>8</b>
3.2.1 Materiais necessários .....	8
3.2.2 Montagem do forno solar .....	9
<b>4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....</b>	<b>13</b>
<b>4.1 Etapas do processo .....</b>	<b>13</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>15</b>
<b>APÊNDICE DO PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>17</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Este Produto Educacional traz uma importante ferramenta para o professor utilizar em suas aulas de Física quando se tratar de termologia. Pois o trabalho produzido mostra-se como uma que facilita todo o trabalho do professor para que o aluno possa melhor definir e compreender os conceitos científicos estudados no conteúdo apresentado.

Segundo Silva, (2019), “É importante dizer que o desafio do professor e da professora no ambiente escolar é estar sempre investigando diferentes estratégias de ensino e aprofundar alternativas que possam auxiliar sua prática, visando impulsionar o desenvolvimento das aprendizagens dos alunos” (SILVA, 2019, p.14). Nesse sentido, este Produto Educacional busca auxiliar o professor em sua luta diária na sala de aula, a fundamentação teórica deste trabalho é a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, Moreira (2011), na qual o aprendiz usa seus conhecimentos prévios para ancorar novos conhecimentos, mas acima de tudo esse sujeito precisa querer aprender novos conhecimentos. Então usar estratégias em que o estudante é o sujeito ativo, poderá levar a um aprendizado potencialmente significativo, então essa proposta busca criar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS que facilitará o aprendizado dos conceitos de transmissão de calor, usando a construção de um forno solar.

Você encontrará neste trabalho instruções e recomendações para a construção do Forno Solar de Caixa. Inicialmente será apresentada uma revisão sobre os conteúdos tratados no Produto Educacional, em seguida serão detalhadas todas as etapas de construção do forno solar, e finalmente será apresentado um planejamento para aplicação desse material em sala de aula.

Os materiais usados nesse trabalho são de fácil acesso, e baixo custo. Fica a critério dos professores acrescentarem outras atividades nas orientações de aplicação do produto, tais como: pesquisa em rede, livros, vídeos, simulações e diversas outras, que dependem da infraestrutura da escola.

## **2 DEFINIÇÕES PRÉVIAS**

### **2.1 Um conceito relevante sobre energia solar**

A energia solar é descrita como a energia originária do Sol, sendo uma fonte alternativa, renovável e sustentável de energia. Essa energia produzida no Sol chega ao nosso planeta por ondas eletromagnéticas (luz e calor), sendo a maior fonte de energia disponível. Considerando as modificações climáticas, o homem tem buscado formas de energia que emitam menos gases, que contribuam para a elevação da temperatura na Terra, surgindo assim a necessidade de fontes limpas de energia. Então o uso da energia solar é uma possibilidade para a geração de energia elétrica limpa e renovável, sem grandes impactos ao meio ambiente e com grande capacidade de aproveitamento.

A energia solar também é muito aplicada em todo o mundo por meio dos sistemas de aquecimento solar, conhecidos como aquecedores solares ou forno solar, onde a luz é convertida em energia térmica.

### **2.2 O calor e sua transmissão**

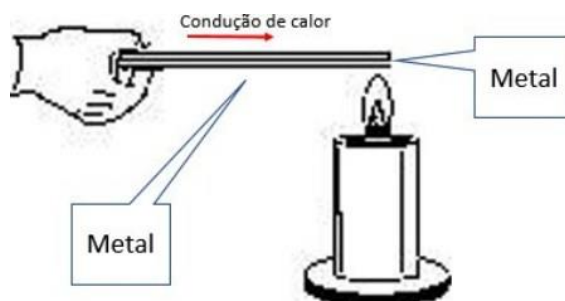
Considerando um sistema físico em equilíbrio termodinâmico, onde não ocorra uma mudança de estado, podemos dizer que: o calor é a energia térmica transmitida de um corpo com maior temperatura, para um corpo de menor temperatura. E quando ocorrer o contato entre corpos com temperaturas diferentes, será iniciado um processo de transmissão de calor, até que ambos atinjam o equilíbrio térmico. Os processos de transmissão de calor são os seguintes: condução, convecção e radiação.

#### **2.2.1 Condução**

Você já percebeu que ao segurar uma barra de metal em uma extremidade, e na outra existe uma fonte de calor, após algum tempo você perceberá um aumento da temperatura na barra? Isso acontece porque as partículas se movem mais rápido na extremidade próxima ao fogo, resultando em um ganho de energia que será repassada para as partículas vizinhas, que passam a vibrar, e assim a energia vai passando de partícula em partícula, até chegar na extremidade que você está segurando a barra. Então na condução o calor é transferido por meio de colisões moleculares do corpo quente

para o corpo frio. Os materiais podem ser bons condutores de calor, ou isolantes térmicos, essa característica depende da estrutura do material. O esquema mostrado na figura 01 descreve o processo de condução térmica.

**Figura 01.** Barra de ferro sendo aquecida por condução.

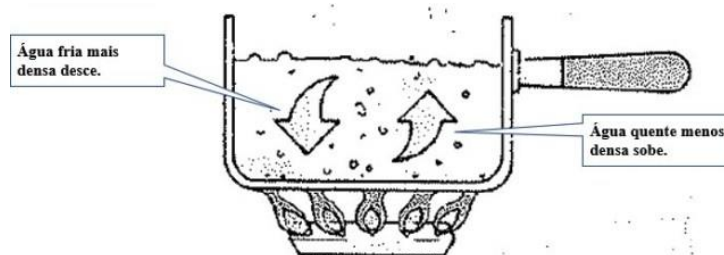


Fonte: Próprio autor.

### 2.2.2 Convecção

A convecção é o processo de transmissão de calor que ocorre pela movimentação ascendente e descendente de um fluido, devido à variação de densidades quando ele é aquecido. A densidade de um fluido diminui ao ser aquecido, dessa maneira, ao aumentar a temperatura de um fluido criam-se diferenças de densidade no seu interior, surgindo então correntes de convecção, onde o fluido mais denso desce para o fundo do recipiente, e o fluido menos denso sobe para a superfície. Na figura 02 mostramos um esquema desse processo.

**Figura 02.** Corrente de convecção no aquecimento de uma massa de água.



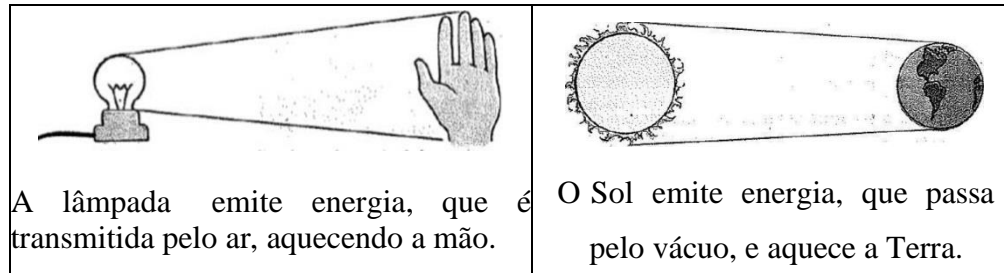
Fonte: Própria do autor.

### 2.2.3 Radiação

O processo de transmissão de calor por ondas eletromagnéticas é denominado radiação. Este processo não necessita de um meio material para ser propagado, ele pode ocorrer no vácuo. Na figura 03 mostra um esquema de como a energia térmica produzida no Sol chega ao nosso

planeta.

**Figura 03.** Transmissão de calor por irradiação no ar e no vácuo.



Fonte: Próprio autor.

### 2.3 Arduino aplicado à educação

O projeto do Arduino teve início em 2005 na Itália, sendo uma plataforma de hardware e de software empregada para prototipação de circuitos eletrônicos, e outras aplicações. Considerando as vantagens e facilidades de usar essa plataforma, foi que introduzimos esse dispositivo no projeto, visto que o usuário não precisa ser especialista em programação, ou em eletrônica, para fazer uso de suas funcionalidades. A criação de projetos usando Arduino envolve os seguintes passos:

1. Conexão do computador com a placa Arduino via porta USB;
2. Criação do código fonte, que corresponda às instruções na IDE do Arduino;
3. Conexão dos componentes eletrônicos nas portas, de entrada e saída de dados, da placa.
4. Verificação de erros e carregamento de código na placa.

As aplicações do Arduino são amplas, têm-se muitas opções de pesquisa para auxiliar na elaboração de um projeto. Vejamos a seguir, as diversas aplicações nas quais o Arduino poder ser usado: Impressão 3D; Automação residencial; Robótica; Controle de experimentos em laboratórios de pesquisa; Entretenimento.

O maior benefício dessa plataforma de desenvolvimento, sobre as demais, é sua simplicidade em seu uso, pois pessoas que não são da área técnica são capazes de aprender o básico, e criar seus próprios projetos em um curto intervalo de tempo, sendo esse o motivo de sua utilização nesse trabalho.

## **3 FORNO SOLAR**

### **3.1 Breve contexto histórico**

A ideia do cozimento de alimentos com uma caixa solar é antiga na cultura ocidental, sendo que o detalhamento experimento do forno solar foi realizado por Nicholas de Saussure, em torno de 1770, tendo sido criado pelo naturalista Horace de Saussure em 1767.

O forno solar é constituído por uma caixa de fundo interno preto, uma tampa de vidro transparente e abas refletoras. A radiação infravermelha, emitida pelo Sol, atravessa a tampa de vidro e ficar presa no interior da caixa, devido ao efeito estufa, parte dessa radiação é absorvida pelo fundo preto do forno, sendo reemitida para o interior da caixa. Como consequência desse efeito a temperatura no interior do forno solar chega a atingir facilmente os 150 °C, sendo possível o uso desse sistema no cozinhando de alimentos.

Uma vantagem do forno solar de caixa é o baixo custo de sua construção, a agressão ao meio ambiente, e a economia no cozimento dos alimentos. O mecanismo de isolamento térmico, em conjunto com vários fenômenos que acontecem duranteo cozimento, faz do forno um excelente laboratório no estudo de óptica e termologia, sendo indicado na criação de projetos para estudos interdisciplinares e transversais. A desvantagem da utilização esse dispositivo é a demora no cozimento dos alimentos, entretanto, as baixas temperaturas atingidas no interior do forno não permitem que o alimento queime.

### **3.2 Construindo um forno solar**

Este Produto Educacional objetiva auxiliar, professores e alunos, que pretendem confeccionar um forno solar de caixa, para aplicar no Ensino de Física ou em outros afins. Nesse sentido, serão disponibilizados os procedimentos para a construção do forno, com a indicação da lista de materiais necessários, e as etapas de execução. Muito materiais podem ser encontrados sem custos, utilizando de materiais encontrados em casa, ou em estabelecimentos comerciais, ou na própria escola.

#### **3.2.1 Materiais necessários**

- Uma placa de chapa de metal galvanizada, por ser um bom condutor térmico nas dimensões do forno desejado, figura 04;



- Recortes de madeiras para a confecção da caixa do forno, sendo indicado o uso placas reutilizadas ou descartadas, figura 05;
- 01 corte de vidro transparente nas mesmas dimensões da tampa do forno desejado, figura 06;
- Placa de isopor com 10 mm de espessura, ou qualquer material isolante térmico, figura 07;
- Tinta spray preta fosca, para a pintura da chapa metálica, figura 08;
- Papel alumínio para acabamento do forno em suas paredes internas, figura 09.



**Figura 04.** Pintura da chapa de aço



**Figura 05.** Tábuas de madeira



**Figura 06.** Corte do vidro transparente



**Figura 07.** Placa de isopor para o interior da caixa



**Figura 08.** Tinta spray para pintar fosca



**Figura 09.** Papel alumínio

Fonte: Próprio autor.

### 3.2.2 Montagem do forno solar

**Passo 1:** Com todos os materiais a disposição, faça os cortes com uma serra em cada tábua de madeira, nas dimensões apropriadas, e as una com cola para madeira, ou se achar necessário um reforço, fixe-as com alguns pregos. Sugerimos as dimensões 60 cm de comprimento por 40 cm de largura, para

a caixa de madeira, observando que um dos lados deverá ter altura de 25 cm, a parte frontal ao Sol, já a face oposta ao Sol que receberá a tampa refletora, deverá ter uma altura de 35 cm. Essas dimensões são recomendações do autor, sendo de livre a opção de usar proporções adequadas ao material disponível para a confecção do forno. A figura 10 mostra a foto da caixa construída.

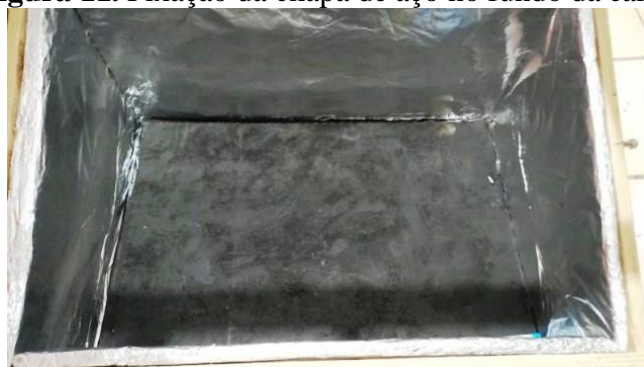
**Figura 10.** Caixa do forno depois da junção das partes.



Fonte: Próprio autor.

**Passo 2:** Cubra as paredes internas da caixa de madeira com o material isolante, em nossa proposta foi usado isopor, e a seguir cole papel alumínio, deixando a superfície lisa, para otimizar a reflexão em suas paredes. No fundo da caixa, sobre o isopor, coloque a chapa metálica pintada de preto, que absorverá o calor preso na caixa. A figura 11 mostra como ficou o interior do forno.

**Figura 11.** Fixação da chapa de aço no fundo da caixa.



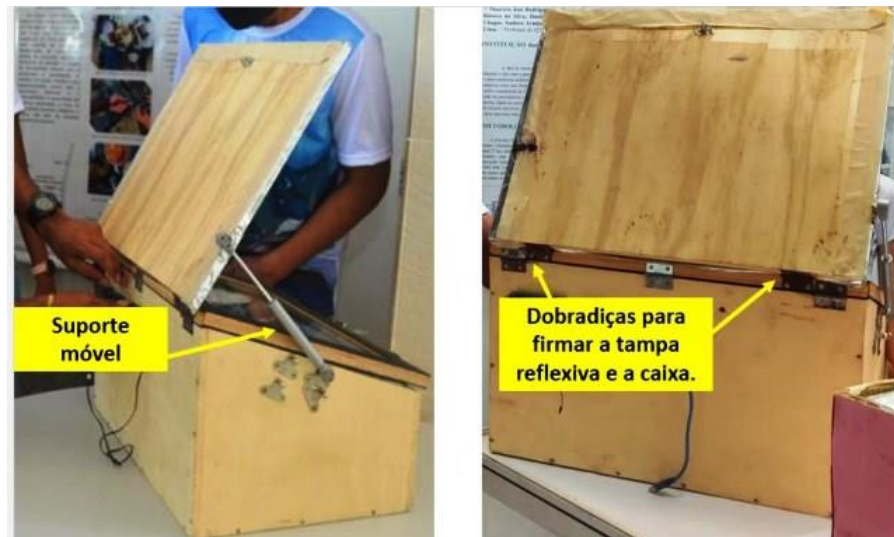
Fonte: Próprio autor.

**Passo 3:** Coloque o vidro em uma moldura de madeira, e a fixe sobre a tampa da caixa construída, de

tal forma que o mesmo possa ser removido.

**Passo 4:** Outra tampa deve ser fixada, na lateral oposta ao Sol, ela servirá para refletir a radiação para o interior do forno, aumentando a incidência de radiação para o interior da caixa. Uma sugestão é introduzir um suporte que possibilite a mobilidade da tampa refletora, permitindo variações angulares em função das mudanças de posição do Sol, como mostrado na figura 12.

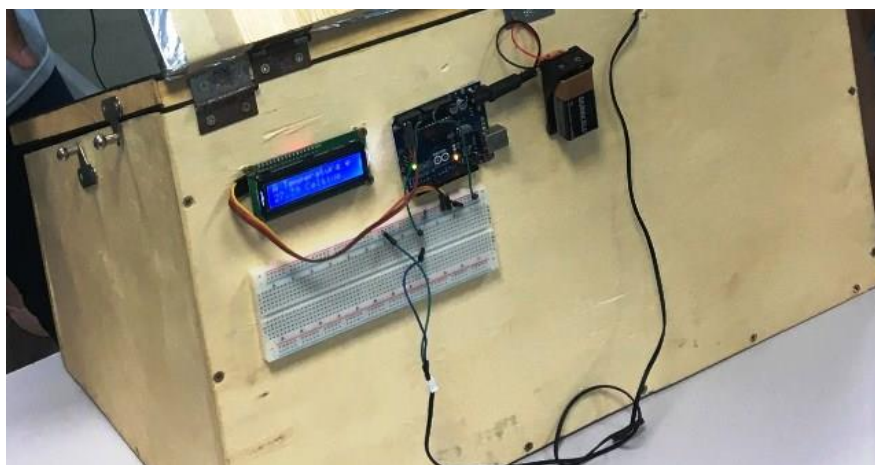
**Figura 12.** Ajustando a tampa refletora do forno.



Fonte: Próprio autor.

**Passo 5:** Montagem do circuito e a programação no Arduino, para realizar a automação da medida de temperatura, no interior do forno. O circuito foi fixado na parte lateral oposta ao Sol, com uma fita dupla face, nessa posição as leituras são facilitadas, como mostrado na figura 13.

**Figura 13.** Medidas de temperatura no interior do forno solar.



Fonte: Próprio autor.

Este trabalho deve ser desenvolvido pelos alunos, e o professor será o mediador das atividades, estando envolvido no processo motivando os discentes e possibilitando que eles construam seus próprios conhecimentos. Seguindo todos os passos, supracitados, o Forno Solar de Caixa estará disponível para ser utilizado pelos estudantes, na figura 14 temos a versão final do forno construído por alunos da 2ª série do IEMA, localizado no município de Matões – Ma.

**Figura 14.** Confeção do forno solar concluída.



Fonte: Próprio autor.

## 4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Finalizada a construção do Produto Educacional, Forno Solar de Caixa, apresentamos uma proposta de planejamento para sua aplicação na Educação Básica. Durante o desenvolvimento desse trabalho encontramos muitas dificuldades, pois estávamos vivendo uma situação singular, a pandemia devido a COVID-19, nessa ocasião o planejamento usado em quatro etapas organizadas em 9 encontros entre remotos, híbridos e presenciais, distribuídas em 14 aulas, organizadas e desenvolvidas de modo a incentivar a aprendizagem contextualizada e significativa dos alunos.

Considerando a situação pós-pandemia, apresentamos um planejamento para a aplicação do Produto Educacional nessa nova realidade. As etapas propostas nesta sequência didática são apresentadas a seguir, mas o professor possui autonomia para realizar os ajustes e adaptações, conforme a realidade de sua escola.

### 4.1 Etapas do processo

#### ETAPA I

**Encontro presencial: 01**

**Tempo de aula: 50 min**

**Objetivos:** Discutir os caminhos para a construção do conhecimento científico em Termologia.

**Descrição de atividade:** Apresentação da base teórica de Termologia e atividades com pesquisas bibliográficas, que auxiliem no processo desenvolvimento cognitivos dos alunos, com um momento para espaços de questionamentos provocações de dúvidas.

**Habilidades:** Aquisição dos conceitos trabalhados.

#### ETAPA II

**Encontro presencial: 01**

**Tempo de aula: 50 min**

**Objetivos:** Pesquisar sobre os tipos de forno solar será desenvolvido durante as aulas, através da interação entre alunos e professor.

**Atividade:** Realizar consultas sobre as diferentes configurações de forno solar, através de pesquisas bibliográficas.

**Habilidades:** Estimulo a pesquisa, discussão e o saber sobre o forno solar, das suas diversas formas, utilização, tipos, características e aplicação.

### ETAPA III

**Encontros presenciais:** 03

**Tempo de aula:** 50 min

**Objetivos:** Estabelecer um cronograma de ações e atribuições de funções para execução de atividades na confecção do forno solar.

**Atividade:** A partir da escolha do tipo de forno, serão divididos em 5 grupos de 6 alunos, para turmas de 30 alunos, e responsabiliza-los pela confecção, construção e apresentação dos produtos. Para cada grupo formado, será dada sugestão de um manual prático para confecção do forno solar disponibilizado através do link: <https://www.youtube.com/watch?v=JVvjqP2xxRg>. Em outro momento com encontros presenciais, os conceitos básicos sobre programação e circuito eletrônico utilizando a plataforma Arduino para automação do nosso protótipo devem ser trabalhados.

**Habilidades:** Capacidade de adquirir conceitos cotidianos espontâneos e os de natureza científica.

### ETAPA IV

**Encontros presenciais:** 04

**Tempo de aula:** 50 min

**Objetivos:** Avaliar de forma distinta o desenvolvimento do aluno durante todas as atividades.

**Atividade:** Para efeitos de conceitos e conhecimento, nesta etapa é necessário mediar e instruir alunos e professores que tem interesse em aprender sobre automação com Arduino e aos que já possuem certo domínio do mesmo, para poderem entender sobre o objetivo do trabalho proposto e assim apresentar as análises feitas e os resultados obtidos para a comunidade escolar. E para este momento, escolhemos um evento científico para esta exposição através do protótipo confeccionado e de um banner como auxílio na sistematização de informações e dados relevantes de todo estudo feito. Assim, ao final da aplicação do produto educacional, foi aplicado um questionário avaliativo para que os alunos pudessem fazer algumas conclusões a respeito do trabalho realizado e para avaliar os pontos mais relevantes do estudo feito.

**Habilidades:** Aptidão para contextualizar e executar projetos desenvolvidos.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, V. 1 Vídeo (6:24min). **O que você precisa saber sobre FORNO SOLAR + Tutorial DIY ecoSol**. Publicado pelo canal PET AgroEnergia, 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JVvjqP2xxRg>. Acesso em 18 de nov de 2021.

ARAÚJO, Celso de. **Transmissão de calor**. 12. ed. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 1982.

ARAÚJO, L.R.R. **Estudo comparativo da capacidade de assamento de dois fornos solares com diferentes configurações**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

ARREGUY, Julia V. E; RIBEIRO, Marcos C; OLIVEIRA, Rodolfo A. A; BRITO, Tayrine Parreira. **Forno solar a Partir de materiais recicláveis**. 5ª Jornada Científica e Tecnológica e 2º Simpósio de Pós-Graduação do IFSULDEMINAS. Inconfidentes/MG. 06 a 09 de nov de 2013.

BARRETO, Benigno & XAVIER, Claudio. **Física aula por aula: ensino médio 2**. 2ª edição. São Paulo: FTD, 2013.

CORDOVA, H.; TORT, A. C. Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 38, n. 2, jan.2016.

DWORAKOWSKI, L. et al. Uso da plataforma Arduino e do software PLX-DAQ para construção de gráficos de movimento em tempo real. **Revista Brasileira de Ensino Física**, São Paulo, v. 38, n. 3, abr. 2016.

FORNO SOLAR CEARÁ. **Cozinhando com o forno solar**. Disponível em: <https://fornosolar.wordpress.com/about/>>. Acesso em 15 Ago. 2021.

GOMES, J. W. **Construção e Análise de Desempenho de um Forno/Fogão Solar Tipo Caixa Alternativo Construído a Partir de uma Sucata de Pneu**. 2009. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2009.

GONÇALVES, Naiane Nunes; SILVA, Rafaella Spillare; ANDRADE, Renato Nunes; SIQUEIRA, Bruno Magela; RUY, Rafael Baioco. **Construção de fornos solares: uma atitude sustentável para erradicação da pobreza**. **Revista Eletrônica - Debates em Educação Científica e Tecnológica**, ISBN: 2236-2150 - V. 03, N. 01, p. 88 - 94, Junho, 2013.

INCROPERA, FRANK P. *et al.* **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MÁXIMO, Antônio & ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física: volume 2**. 1ª edição. São Paulo: Scipione, 2012.

MELO, A. V. **Projeto, Construção e Análise de Desempenho de um Forno Solar Alternativo Tipo Caixa a Baixo custo**. 2008. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2008.

REZENDE, A. N. **A Utilização de Fornos Solares do Tipo Caixa para o Aquecimento de Alimentos**. 2015. 55 p. (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

SILVA, Maria Gêssica. (2019). **As leis da Termodinâmica com abordagem da Modelagem Científica de Mario Bunge e uma sequência de Ciclos de Modelagens de David Hestenes desenvolvida em uma turma do ensino médio na cidade de Acopiara**. (Dissertação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física)- Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Regional do Cariri. Juazeiro do Norte.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Física**. 2ª edição. São Paulo: Atual, 2005.



## APÊNDICE DO PRODUTO EDUCACIONAL

### Introdução

Como meio de acompanhar a variação da temperatura no interior do forno solar, a automação com o Arduino mostrada a seguir, irá nos dar uma melhor análise desta grandeza física através do componente eletrônico display de LED que é capaz exibir as informações dessa temperatura, contribuindo assim com os testes e ajustes necessários para a finalidade do projeto.

### Objetivo

Verificar a temperatura interna do forno solar no processo de aquecimento ou cozimento dos alimentos.

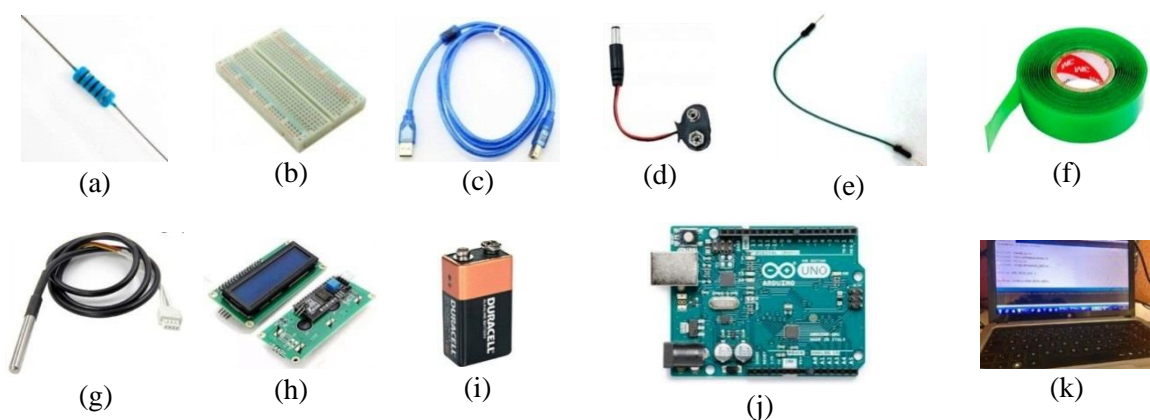
### Materiais utilizados

Os materiais usados na montagem do circuito de automação do forno solar estão listados abaixo:

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| a) 01 resistor de 1k;                   | b) 01 protoboard;                    |
| c) 01 cabo alimentador;                 | d) 01 cabo adaptador de alimentação; |
| e) 05 unidades de cabos jumpers machos; | f) 01 fita dupla face;               |
| g) 01 sensor de temperatura DS18B20;    | h) 01 display LCD commódulo I2C;     |
| i) 01 bateria de 9 V;                   | j) 01 placa de Arduino UNO;          |
| k) 01 notebook ou PC.                   |                                      |

Na figura 01 são descritos os materiais do circuito, que foram fotografados durante a montagem.

Figura 01: Materiais usados na montagem do circuito

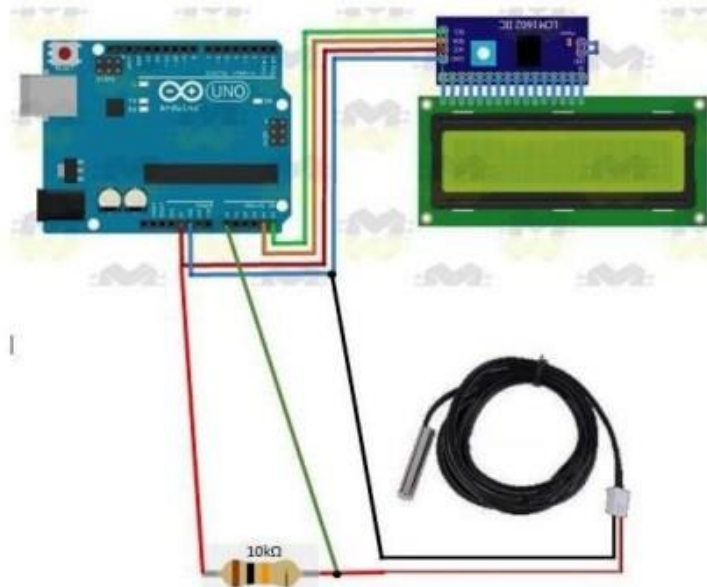


Fonte: Próprio autor.

## Esquema do circuito

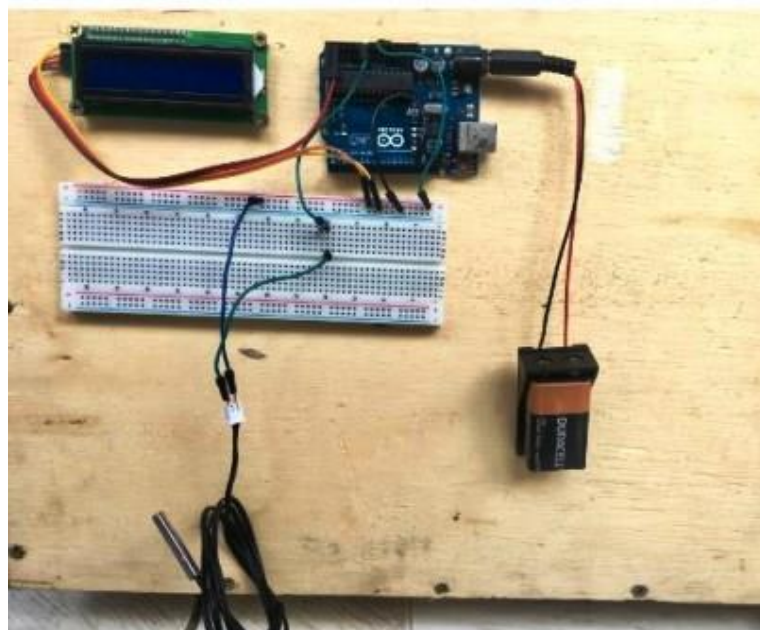
A figura 02 mostra o esquema de ligação dos componentes do circuito na placa de Arduino, que deverá ser montado no forno solar, como mostra a figura 03.

Figura 02: Esquema de ligações na placa do Arduino



Fonte: Próprio autor.

Figura 03: Circuito montado no forno solar



Fonte: Próprio autor.

## Programação

Para a placa de Arduino se usa a linguagem de programação C, mas devido a sua ampla utilização em diferentes aplicações, existem bibliotecas gratuitas que disponibilizam programas aplicados a diferentes problemas, não sendo necessário que o usuário do Arduino seja um programador, ele deve conhecer os comandos básicos da linguagem. Então neste trabalho usou-se o programa para medida de temperatura, disponibilizada na plataforma do Arduino, descrito abaixo.

TERMÔMETRO A PROVA D'ÁGUA

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal I2C.h>

#define ONE_WIRE_BUS 2

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensor(&oneWire);

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);

void setup(void)
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Sensor de temperatura Dallas DS18B20");
  sensor.begin();

  lcd.begin(16, 2);
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Sensor Dallas");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("DS18B20");
}
```

```
    delay(4000);  
    lcd.clear();  
  }  
  
void loop(void)  
{  
    float leitura=sensor.getTempCByIndex(0);  
    Serial.println(leitura);  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("Temperatura : ");  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print("averaje");  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print(leitura);  
    lcd.print(" Celsius ");  
  
    delay(100);  
}
```