

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

ANTÔNIO JOEL PEREIRA COSTA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA NA CONSTRUÇÃO DE UM AQUECEDOR
SOLAR DE BAIXO CUSTO COMO AUXÍLIO AO ENSINO DE FÍSICA NO 2º ANO
DO ENSINO MÉDIO**

TERESINA

2022

ANTÔNIO JOEL PEREIRA COSTA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA NA CONSTRUÇÃO DE UM AQUECEDOR
SOLAR DE BAIXO CUSTO COMO AUXÍLIO AO ENSINO DE FÍSICA NO 2º ANO
DO ENSINO MÉDIO**

Este Produto Educacional compõe o trabalho da Dissertação de Mestrado submetida à Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Polo 26, da Universidade Federal do Piauí (UFPI), como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física

Linha de Pesquisa: Recursos Didáticos para o Ensino de Física.

Orientador(a): Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho

TERESINA
2022

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Conceitos físicos abordados durante a construção do ASBC. | 10 |
| Figura 2 – Diagrama da montagem e de funcionamento do ASBC, mostrando: os coletores solares, as tubulações de água quente (em vermelho) e água fria (em azul) e o reservatório d’água isolado do ambiente. As setas indicam o fluxo d’água pelo sistema térmico..... | 16 |
| Figura 3 – Ilustração do Passo I..... | 20 |
| Figura 4 – Ilustração do Passo II: Etapa do corte dos barramentos superiores e inferiores | 21 |
| Figura 5 – Ilustração do Passo II: Etapa de interligação dos “T” de PVC para formar as barras. | 22 |
| Figura 6 – Ilustração do Passo III: Etapa de colocação das garrafas PET..... | 23 |
| Figura 7 – Ilustração do Passo III: Reservatório | 24 |
| Figura 8 – Ilustração do Passo III: Aspecto do Aquecedor Solar de Baixo Custo | 25 |
| Figura 9 – Ilustração do Passo IV: Etapa de pintura das garrafas PET | 26 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1– Materiais usados na Construção do ASBC..... | 18 |
|---|----|

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1– Diferenças entre um Aquecedor Solar Caseiro e um Aquecedor Solar Comercial | 17 |
|---|----|

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 06 |
| 2 OBJETIVOS | 08 |
| 2.1 Objetivo geral..... | 08 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 08 |
| 3 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA | 09 |
| 3.1 Considerações sobre a Física do ASBC: Conceitos Relacionados..... | 10 |
| 3.1.1 Introduzindo o conceito sobre Calor e Temperatura | 12 |
| 3.1.2 As formas de propagação do calor | 13 |
| 4 CONSTRUÇÃO DO AQUECEDOR SOLAR DE BAIXO CUSTO | 15 |
| 4.1 Funcionamento do Aquecedor..... | 15 |
| 4.2 Tutorial de Construção: Montagem do Aquecedor | 18 |
| REFERÊNCIAS | 27 |

1 INTRODUÇÃO

Esse Produto Educacional é destinado aos professores de Física do Ensino Médio da rede pública, essencialmente aqueles que lecionam no 2º Ano. Este trabalho está vinculado à Dissertação do Mestrado Profissional de Ensino em Física, realizada na Universidade Federal do Piauí (UFPI), sob a orientação do Professor Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho.

Caro(a) professor(a), neste Produto Educacional, você encontrará uma Sequência Didática (SD) envolvendo um experimento simples, objetivando a construção de um aquecedor solar, como material potencialmente significativo, apresentando orientações e sugestões que poderão auxiliá-lo na introdução e no desenvolvimento dos conceitos de Termodinâmica. Visando uma proposta didática que possa facilitar o ensino e a aprendizagem dos processos de transmissão de calor e seus processos de propagação, em uma abordagem predominantemente conceitual.

Para a aplicação e avaliação metodológica da SD, essa pesquisa foi desenvolvida considerando quatro etapas que se entrelaçam, se complementando e se convergindo para a promoção da aprendizagem significativa. Essas etapas foram divididas em pré-teste, construção e aplicação de um aquecedor solar de baixo custo (ASBC), pós-teste e apresentação do ASBC a comunidade acadêmica.

1. Na primeira etapa – usaremos um questionário diagnóstico (pré-teste), com a finalidade de verificar e coletar os dados a respeito dos conhecimentos prévios dos alunos;
2. Na segunda etapa – construiremos o aquecedor solar, aplicando os conceitos de Termodinâmica inseridos no mesmo;
3. Na quarta etapa – aplicamos, após a construção do aquecedor, um questionário final (pós-teste), que consistia em uma avaliação final para verificação metodológica da SD, através de questionamentos sobre o aquecedor e os conteúdos envolvidos, promovendo a apropriação dos conhecimentos envolvidos na construção do ASBC e na interação entre os alunos com a atividade proposta, com o objetivo de averiguar o quanto a prática influiu sobre conhecimentos preexistentes dos alunos;
4. Na quarta etapa – Por último apresentaremos o nosso produto à sociedade, na forma de palestras para a comunidade escolar e em eventos científicos. Todas as atividades serão desenvolvidas nas dependências da Unidade Escolar Dr. Paulo Ramos, com os alunos da 2ª série do Ensino Médio.

Nesse intuito, o produto educacional em questão ajudará a minimizar as dificuldades de aprendizagem dos alunos acerca do conteúdo de Termodinâmica. Ao final do processo de implementação da SD, espera-se que os alunos compreendam a importância sobre o estudo da propagação de calor, relacionando os conceitos teóricos com situações cotidianas.

Ao professor que deseje reutilizar este material em suas aulas, o mesmo terá acesso a uma metodologia com uma abordagem contextualizada associada ao cotidiano dos alunos, conectando a teoria com a prática. Espera-se que o material disponibilizado, possa contribuir para um ensino eficaz e prazeroso tanto para o aluno quanto para o professor e que resulte em uma aprendizagem significativa. Por fim, destaca-se que o acesso a este material e a sua distribuição são totalmente gratuitas, desde que mencionada a autoria deste trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Construir um aquecedor solar apresentando os conceitos sobre os conceitos de calor e seus processos de propagação, oferecendo diferentes estratégias de ensino por meio de uma metodologia que estimule, motive alunos, promovendo a Aprendizagem Significativa.

2.2 Objetivos específicos

I. Construir um aquecedor solar, possibilitando e orientando os professores de Física do Ensino Médio, através de uma Sequência Didática, apropriando-se do conceito de calor e suas formas de propagação;

II. Identificar as dificuldades dos alunos na realização do experimento e sua articulação com o conteúdo abordado no mesmo;

III. Verificar o desenvolvimento cognitivo dos alunos sobre o assunto em questão. Descrevendo e diferenciando os três processos de transmissão de calor: condução, convecção e irradiação térmica;

IV. Aferir qualitativamente os resultados obtidos nos testes avaliativos, identificando a procedência e a eficiência dessa Sequência Didática.

3 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nesse produto educacional, vamos explicar como construir um aquecedor térmico de baixo custo utilizando garrafas PET, seguindo quatro atividades expostas em uma sequência didática (SD), a qual apresentamos um experimento simples, com orientações para o seu desenvolvimento, para que os professores possam usar em suas aulas.

De acordo com as palavras de Zabala (1998) e segundo os pressupostos de Peretti e Costa (2013), uma SD pode ser compreendida como um conjunto de atividades ligadas entre si, que são planejadas seguindo uma estrutura ordenada, etapa por etapa, organizadas de acordo com os objetivos que o professor deseja alcançar. Este sistema articulado que formam as unidades didáticas que podem levar dias, semanas ou durante o ano para serem executadas, delimitando um início, um meio e um fim para todas as atividades presentes na SD.

No entanto, ao iniciar uma SD em suas aulas, o professor deve sondar os conhecimentos prévios de seus alunos a respeito do conteúdo a ser trabalhado. Sendo necessário uma atividade introdutória para efetuar o levantamento prévio dos conhecimentos desses alunos e, a partir desses, planejar uma variedade de atividades propostas em suas aulas, apresentando desafios e/ou problemas diferenciados que despertem e mantenham o interesse do aluno pela aula proposta a ele (PERETTI; COSTA, 2013).

Dessa forma, seguido a literatura proposta, este trabalho organizará várias atividades sistematicamente, apresentando inicialmente aos alunos participantes da pesquisa, um teste diagnóstico para avaliar seus conhecimentos a respeito do conteúdo. A SD foi planejada para ser executada em 3 momentos, sendo eles:

- 1- O primeiro momento: destinado ao pré-teste, com a finalidade em verificar os conhecimentos prévios dos alunos, perfazendo um total de duas horas aula (100 minutos);
- 2- O segundo momento: destinado a construção do ASBC, perfazendo um total de seis horas aula (300 minutos);
- 3- O terceiro e último momento: destinado a avaliação da SD junto aos alunos, perfazendo um total de duas horas aula (100 minutos).

Vale ressaltar que o entendimento acerca dos assuntos abordados na SD, faz-se necessário a apresentação de forma interativa dos conteúdos antes da aplicação da mesma. Para que os alunos possam compreender as aplicações destes conteúdos, para posteriormente apresentar o conteúdo de forma experimental. Assim, despertaremos o interesse e a curiosidade

dos mesmos pela atividade proposta, possibilitando uma aprendizagem significativa desses conceitos. Deste modo, apresentaremos os conteúdos presentes na SD na próxima seção.

3.1 Considerações sobre a Física do ASBC: Conceitos Relacionados

Esta atividade para ser aplicada requer uma grande atenção, organização e disponibilidade de tempo de seus participantes para sua execução, por se tratar de uma atividade experimental. Buscando através do mesmo a exploração e a sintetização de todos os conceitos físicos abordados em sua estruturação, que está relacionada com o estudo dos processos de transferência de calor e outros conceitos que estão correlacionados com o seu funcionamento. O diagrama mostrado na Figura 1, ilustra os conceitos físicos abordados durante a construção do aquecedor solar de baixo custo (ASBC).

Figura 1 – Conceitos físicos abordados durante a construção do ASBC



Fonte: (ALVARENGA, 2019).

A cada etapa de construção do ASBC, abordaremos e/ou reforçaremos os conceitos físicos que participarão de seu processo de funcionamento, para facilitar e diversificar o ensino sobre Termodinâmica, especificamente sobre os processos de transmissão de calor. Estabelecendo relações a partir de contextualizações entre os conceitos físicos abordados com os conhecimentos prévios dos alunos, oriundos das situações cotidianas observadas e/ou vivenciadas pelos mesmos.

Dessa forma, faz-se necessário uma breve introdução a respeito da natureza eletromagnética da energia solar, que chega até nós por irradiação, e sobre o espectro eletromagnético, destacando a luz visível, a radiação ultravioleta e infravermelho. Assim, apresentaremos forma geral, a caracterização das radiações explicando sobre a relação entre os comprimentos e as frequências de ondas (ALVARENGA, 2019).

Além dos conteúdos programados, é possível contextualizar sobre a transparência e a opacidade dos materiais, relacionando-a como a capacidade de enxergar através dos mesmos.

Vale ressaltar, que tanto a transparência quanto a opacidade, são propriedades em que os corpos têm de permitir ou não a passagem da radiação eletromagnética. Sendo ainda, possível contextualização a respeito da incidência do raios-X em um corpo humano, destacando que quase todos os tecidos de nosso corpo se tornam transparentes com a passagem dos raios-X enquanto outros são apresentados como opacos, este é o caso do tecido ósseo (ALVARENGA, 2019).

Na etapa da construção do coletor, podem ser introduzido os conteúdos de óptica como: refração, absorção e reflexão da luz. Sobre a refração, podemos explicar sobre a luz proveniente do Sol, que ao atravessar a garrafa PET transparente a mesma irá sofrer desvios ao mudar de meio de propagação (do ar para o plástico), alterando assim, a sua velocidade e direção de propagação. Para exemplificar os conceitos sobre a absorção e reflexão do calor, utilizaremos o exemplo das garrafas PET e canos PVC pintados de preto fosco, contextualizando sobre a radiação de corpo negro.

Sabemos que na radiação térmica uma parte dessa radiação é absorvida enquanto a outra é refletida pelo corpo. No entanto, nos corpos escuros estes absorvem a maior parte da radiação que incide sobre eles, enquanto os corpos claros refletem quase que totalmente a radiação térmica incidente. Por isso, um corpo negro quando exposto ao Sol, tem sua temperatura sensivelmente elevada, ao contrário dos corpos claros, que possuem pouca absorção de calor (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016; VILLAS BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016).

Outro ponto a ser analisado nesse trabalho refere-se à degradação por ultravioleta, que pode ser amenizada ao se utilizar a tinta preta fosca, que cobre toda a área da placa absorvedora (constituída por canos de PVC e garrafas PET), neste caso, os pigmentos pretos são absorvedores de radiação ultravioleta e esta é transferida para o interior das garrafas, aumentando a agitação das moléculas que constituem os materiais do coletor, e conseqüentemente, aumentando a temperatura no interior das garrafas (DAMASIO; STEFFANI, 2007; ALVARENGA, 2019).

No caso da reflexão, este ocorre quando a radiação infravermelha emitida pelos canos de PVC, garrafas PET e o ar aquecido, não consegue atravessar as garrafas de volta para o meio externo ficando retida nesse meio. No entanto, deve-se deixar claro para o aluno que a radiação total incidente nas garrafas é dada pela soma de todas as radiações (refratadas, absorvidas e refletidas) (ALVARENGA, 2019).

A ocorrência da reflexão no sentido garrafa/cano e reservatório/garrafa que promoverá um aumento de temperatura no seu interior do coletor solar, se dá porque as garrafas PET são

transmissíveis à passagem de luz visível, no entanto, as mesmas são parcialmente opacas às ondas de calor, esse fato possibilita a formação do efeito estufa. Isso ocorre devido à radiação de infravermelho se transformar mais facilmente em energia térmica ao ser absorvida. Neste caso, apenas as ondas eletromagnéticas que possuem frequências (ou comprimentos de ondas) correspondentes ou próximas à luz vermelha, conseguem passar como a luz visível e outras radiações pelas garrafas PET (ALVARENGA, 2019).

Por fim, podemos falar sobre o ciclo de trocas de calor existentes no ASBC, relatando aos alunos participantes da pesquisa que este ciclo é encerrado quando se estabelece um equilíbrio térmico e o mesmo se reinicia à medida que uma quantidade de água quente é retirada do reservatório e substituída pela água que se encontra à temperatura ambiente. Dessa forma, o equilíbrio térmico é desfeito e as correntes de convecção voltam a acontecer novamente, permitindo a circulação da água (DAMASIO; STEFFANI, 2007; ALVARENGA, 2019). Para mais detalhes sobre os processos de transmissão de calor nas próximas subseções faremos uma breve introdução ao seu respeito.

3.1.1 Introduzindo o conceito sobre Calor e Temperatura

Antes de iniciarmos o ensino dos processos de transmissão de calor, é necessário que os alunos tenham domínio e clareza sobre os conceitos de energia térmica, calor e temperatura, diferenciando-os (ALVARENGA, 2019).

Conforme as palavras de Villas Bôas, Doca e Biscuola (2016), a energia térmica de um corpo depende de dois fatores, específicos: o primeiro se trata da energia de agitação média de cada partícula (que determina a temperatura do corpo) e o segundo se trata do número de partículas que esse corpo possui.

O **calor** é a quantidade de energia térmica em trânsito transferida de um corpo para outro, quando estes dois corpos são colocados em contato com temperaturas diferentes ou de uma parte para outra de um mesmo corpo provocado por uma diferença de temperaturas entre elas. Isto corre, porque esses dois corpos possuem temperaturas diferentes e estão em contato, o calor passa do corpo com maior temperatura para o de menor temperatura, até que seja atingido o **equilíbrio térmico** (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016; VILLAS BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016).

Fisicamente, quando falamos sobre calor, nos referimos a um **processo** e quando falamos sobre temperatura, nos referimos a um **estado** de um corpo.

Quanto maior for o calor (energia térmica) aplicada a um corpo ou um determinado sistema de partículas que esteja em condições isoladas (sem influências externas), maior será a sua temperatura (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016; VILLAS BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016).

3.1.2 As formas de propagação do calor

Conforme as palavras de Tipler e Mosca (2006), podemos definir os processos de transferência de calor da seguinte forma:

1- Processo de transferência de calor por condução: ocorre quando dois corpos com temperaturas diferentes são colocados em contato, devido às moléculas de maior energia (corpo mais quente) estão colidindo e transmitindo energia através de vibrações para as partículas menos energéticas (corpo mais frio);

2- Processo de transferência de calor por convecção: esse tipo de processo pode ocorrer de duas formas, por convecção natural devido à diferença de densidade do fluido, como o ar ou a água, quando este é aquecido, suas porções mais quentes podem sofrer dilatação térmica, expandindo seu volume. Ou por convecção forçada em que existe um mecanismo externo ao sistema que força a movimentação dos fluidos;

3- Processo de transferência de calor por irradiação: diferentemente dos outros processos de propagação de calor (condução e convecção), a irradiação térmica não necessita de meio material para transmitir energia térmica. Visto que todos os corpos a uma temperatura superior ao zero absoluto emitem radiação, ou seja, emitem ondas eletromagnéticas, por alteração na configuração eletrônica de átomos e moléculas. A propagação de ondas eletromagnéticas que ocorre através de corpos ou fluidos não opacos, que são capazes de propagar-se no vácuo, não precisando, portanto, da existência de matéria. A qual podemos usar a lei básica de Stefan-Boltzmann.

Segundo Tipler e Mosca (2006), definimos a Lei de Stefan-Boltzmann da seguinte maneira: o poder emissivo (E) de um corpo negro (cn) é proporcional à quarta potência de sua temperatura absoluta (T). Matematicamente, podemos expressar:

$$E_{cn} = \sigma \cdot T^4 \quad \text{Eq. (1)}$$

onde σ (sigma) é a constante de proporcionalidade, cujo valor, no SI, é:

$$\sigma \cong 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

4 CONSTRUÇÃO DO AQUECEDOR SOLAR DE BAIXO CUSTO

Como dito no capítulo anterior, para a construção do material e sua execução requerem uma certa quantidade de tempo, destinamos 6 horas aulas para a construção do ASBC, no entanto, essa quantidade de aulas pode ser alterada conforme as necessidades dos professores e alunos que utilizarem a SD. Por isso, seu desenvolvimento foi dividido em quatro etapas (passos), para que se pudesse minimizar tempo gastos, permitindo que todas as turmas participem separadamente de cada etapa da construção do ASBC.

Alvarenga (2019), sugere que aos professores que queiram aplicar esta atividade em suas aulas, que construção do ASBC seja realizada por turma. Assim, os alunos poderão participar de todos os processos da construção do mesmo. A autora destaca ainda, que é de suma importância a organização do material pelo professor, sendo necessário que o mesmo solicite a seus alunos que adiantem parte de montagem recortando e higienizando as garrafas PET.

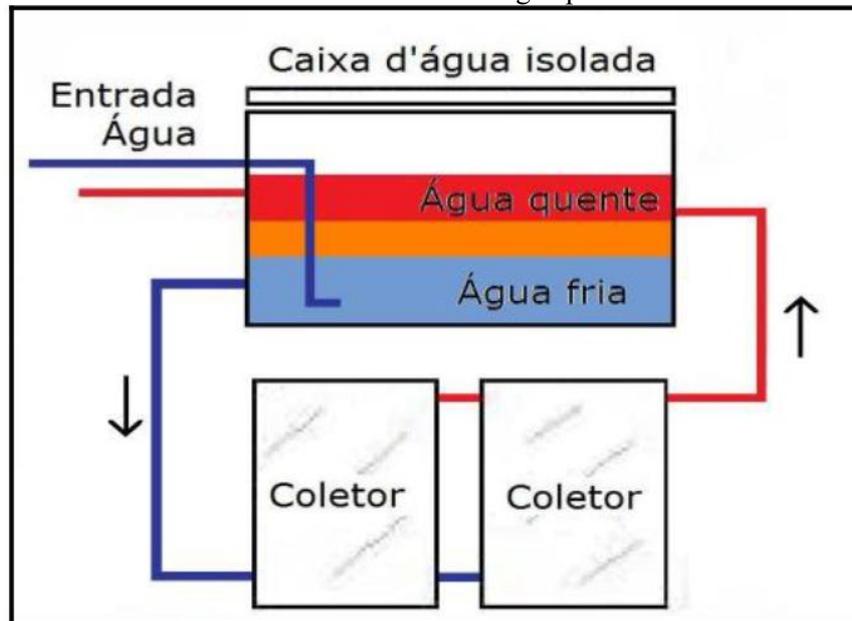
4.1 Funcionamento do Aquecedor

O aquecedor solar é composto basicamente de duas partes: na primeira parte, temos o coletor solar, feito de garrafas PET e canos de PVC, e na segunda parte, temos um reservatório de água (ALVARENGA, 2019).

O funcionamento do ASBC é simples, quando a radiação ultravioleta do sol incide na superfície das garrafas PET pintadas de preto, estas irão absorver a energia solar transferindo-a para a água que está dentro da tubulação. Isso ocorre pelo fato de que o alumínio irá refletir a radiação infravermelha permitindo que a energia solar não seja perdida dentro dessas embalagens. Fazendo com que grande parte da energia solar seja transformada em energia térmica, aquecendo a água (DAMASIO; STEFFANI, 2007).

A Figura 9 ilustra um esquema do funcionamento do ASBC numa visão frontal, na qual o professor poderá explorar os fenômenos físicos envolvidos com o funcionamento desse dispositivo, buscando identificar os três processos de transferência de calor que ocorrem devido à variação de temperatura entre os coletores e o reservatório (PENNEREIRO; FERREIRA; LEITE, 2010). Vale destacar, que o reservatório deve ser isolado termicamente a fim de diminuir as trocas de calor com o ambiente (ALVARENGA, 2019).

Figura 2 – Diagrama da montagem e de funcionamento do ASBC, mostrando: os coletores solares, as tubulações de água quente (em vermelho) e água fria (em azul) e o reservatório d'água isolado do ambiente. As setas indicam o fluxo d'água pelo sistema térmico.



Fonte: (PENNEREIRO; FERREIRA; LEITE, 2010).

Através da Figura 2, notamos que neste sistema, há um ciclo de trocas de calor envolvendo o aquecedor, iniciando a partir do momento em que a água fria vinda da parte inferior do reservatório começa a descer pelos canos de PVC até chegar aos coletores feitos de garrafas PET (pintadas de preto, tendo a finalidade de aumentar a absorção de calor, permitindo que o aquecimento da água no interior dos canos aconteça de forma mais rápida) para ser aquecida pelos três processos de transmissão de energia por diferença de temperatura: irradiação, condução e convecção térmica (DAMASIO; STEFFANI, 2007; PENNEREIRO; FERREIRA; LEITE, 2010; ALVARENGA, 2019).

Nesse esquema a água fria do reservatório, que está ligada na tubulação pela parte baixa do reservatório, quando aquecida, sobe por convecção. O reservatório possui uma camada separação da água quente da fria também por convecção, no entanto, não há separação física; porque a água quente (menos densa) sobe, ao passo que a fria (mais densa) desce (DAMASIO; STEFFANI, 2007; PENNEREIRO; FERREIRA; LEITE, 2010; ALVARENGA, 2019). Nesse processo, o volume da água quente é comandado pela diferença de altura entre saída de água fria aos coletores, e o nível da água do reservatório. Neste caso, quanto maior for esta diferença, maior será o volume disponível no final de um dia de aquecimento (SOUZA; MOGAWER, 2004).

Outra informação importante a respeito do funcionamento do ASBC, se dá através da irradiação solar que incide sobre as garrafas, atingindo os canos e as garrafas PET (ambos pintados de preto fosco). Sabemos que qualquer tipo de irradiação eletromagnética (luz visível, luz infra vermelha, luz ultra violeta, raios X, entre outras) está sendo exposto a uma determinada superfície negra é transformada em energia térmica (SOUZA; MOGAWER, 2004; ALVARENGA, 2019).

O coletor construído por garrafas PET é basicamente uma superfície negra tendo a função de impedir que a radiação infravermelha emitida sobre os canos e as garrafas PET aquecidos atravessem novamente para o meio externo, propiciando uma espécie de efeito estufa, que garante temperaturas elevadas no interior da garrafa (SOUZA; MOGAWER, 2004; ALVARENGA, 2019).

Para um maior entendimento a respeito do funcionamento de um ASBC, apresentamos no Quadro 1 um comparativo entre as topologias de aquecedor solar comercial e a versão caseira.

Quadro 1. Diferenças entre um Aquecedor Solar Caseiro e um Aquecedor Solar Comercial.

| Ação | Aquecedor Solar Caseiro | Aquecedor Solar Comercial |
|--------------|---|--|
| Vantagens | Menor custo de material; Menor custo de instalação/manutenção; Material de fácil acesso; Não requer uso de tubulação específica para água quente; Tempo de retorno menor; Não requer misturador; O reservatório não reage com sais da água. | Maior eficiência energética; Maior temperatura final da água (o que amplia a gama de aplicações); O aquecimento da água geralmente é suficiente mesmo em dias mais frios ou longos períodos sem sol. |
| Desvantagens | Menor eficiência energética; Menor temperatura final da água; O aquecimento da água pode não ser suficiente em dias mais frios ou longos períodos sem sol. | Maior custo de material; Maior custo de instalação/manutenção; Material de difícil acesso; Requer instalação de nova tubulação, específica para água quente; Tempo de retorno maior; Requer misturador. |

Fonte: (BATISTA, 2016).

Como mostrado no Quadro 1, os ASBC possuem a mesma função dos aquecedores solares comerciais. No entanto, por se caracterizarem como dispositivos mais simples, sem um design e estruturação sofisticados e possuírem menos eficiente que um aquecedor comercial, este é bem mais acessível por ter um custo bem inferior.

4.2 Tutorial de Construção: Montagem do Aquecedor

Nessa seção, utilizamos todos os conhecimentos absorvidos da literatura imposta para o desenvolvimento dessa pesquisa. Deste modo, apresentaremos um tutorial de montagem (construção) de um aquecedor solar de garrafas pet que foi adaptado essencialmente do trabalho de Alvarenga (2019). Que inicialmente foi projetado e patenteado por José Alcino Alano e família, sendo idealizado e desenvolvido pelo mesmo com o objetivo de diminuir os custos de energia elétrica de sua residência, aproveitando materiais recicláveis como: garrafas PET, beneficiando tanto o seu próprio consumo quanto o meio ambiente (ALVARENGA, 2019).

Para o desenvolvimento a construção do ASBC seguimos a descrição dos materiais necessários propostos por Penereiro; Ferreira e Leite (2010, p. 623):

Geralmente, um sistema de aquecimento solar é composto pelas seguintes fases: i) captação da energia solar através de coletores, especialmente desenvolvidos para essa finalidade; ii) aquecimento da água por meio desses coletores solares; iii) transporte da água entre os coletores e um reservatório térmico para armazenar e manter a água aquecida. [...] Na construção desse equipamento empregou-se forro e tubos e conexões em PVC, tinta preta, cola plástica, caixa de água, mangueira plástica, registros, dentre outros materiais [...].

Seguindo essas orientações e adaptando outras ao nosso projeto, reduzimos a quantidade de materiais usados na literatura para minimizar os gastos com o mesmo, da mesma forma que Alvarenga (2019) realizou seu trabalho. No entanto, realizamos tal feito de forma que não compromettesse a eficiência do aquecedor. Vale ressaltar que toda a construção desse projeto se encontra disponível gratuitamente no site: http://www.planetareciclavel.com.br/desperdicio_zero/Kit_res_17_solar.pdf.

Para a construção do aquecedor solar os seguintes materiais, apresentando o seu custo:

Tabela 1. Materiais usados na Construção do ASBC.

| Material | Preço por unidade | Preço total |
|--|--|-------------|
| 40 embalagens de garrafas PET | R\$ 1,66 (pode ser encontrado na natureza) | R\$ 66,40 |
| 11m metros de canos de PVC de 20 mm | R\$ 6,89 (o metro) | R\$ 75, 79 |
| 16 conexões T em PVC de 20 mm | R\$ 1,50 | R\$ 24,00 |
| 04 conexões L (luva) em PVC de 20 mm | R\$ 1,13 | R\$ 4,52 |
| 02 Tampões em PVC de 20 mm; | R\$ 4,79 | R\$ 9,58 |
| 03 Flanges de 20 mm; | R\$ 12,89 | R\$ 38,67 |
| 01 Tinta spray uso geral 400ml Preto Fosco | R\$ 19,57 | R\$ 19,57 |

| | | |
|---|-------------------|-------------------|
| 01 Caixa plástica de 56L (reservatório de água) | R\$ 62,99 | R\$ 62,99 |
| 01 Cola de PVC | R\$ 16,90 | R\$ 16,90 |
| 01 Durepoxi | R\$ 8,40 | R\$ 8,40 |
| 01 Fita adesiva preta | R\$ 3,95 | R\$ 3,95 |
| 01 Suporte de madeira para apoiar a estrutura; | R\$ 14,03 | R\$ 14,03 |
| 01 Torneira de plástico; | R\$ 6,90 | R\$ 6,90 |
| 01 Adaptador com rosca para a torneira | R\$ 1,59 | R\$ 1,59 |
| 03 Lixa | R\$ 2,75 | R\$ 8,25 |
| 01 Martelo de borracha | R\$ 16,52 | R\$ 16,52 |
| Custo Total | R\$ 182,46 | R\$ 378,06 |

Fonte: Dados do autor.

Alvarenga (2019) sugeriu aos professores que desejassem aplicar esse projeto em suas aulas, os mesmos deveriam executar algumas etapas, passo a passo para sua montagem, que foram divididas da seguinte maneira:

Passo I – Corte das garrafas (utilizando 2 horas aula, 100 minutos, para sua execução e conclusão)

a) Corte das garrafas:

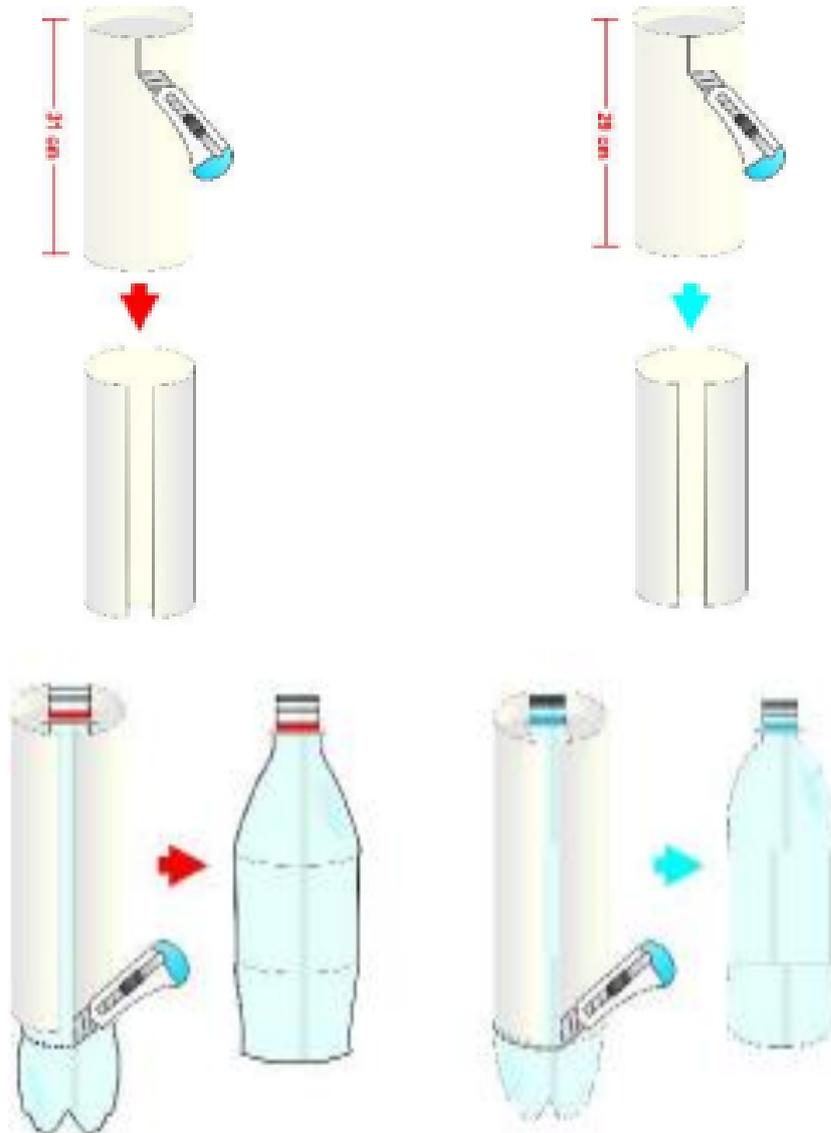
A partir da base da garrafa, corte 5 cm e descarte a parte menor (conforme mostrado na Figura 3), vale ressaltar que existe uma marcação na garrafa que facilita a localização do corte.

b) Lixamento da superfície cortada das garrafas:

A realização desse procedimento tem como objetivo evitar acidentes como o risco de que algum aluno possa se cortar com as extremidades irregulares que possa aparecer.

A Figura 3 ilustra os procedimentos do passo I. Para facilitar o corte das garrafas, sugerimos a construção de um molde (que terá a função de régua para corte das garrafas como ilustrado os desenhos da Figura 3) utilizando um tubo de PVC com 100 mm:

Figura 3 – Ilustração do Passo I.



Fonte: Manual do aquecedor solar NOVO2008. Disponível em: http://www.planetareciclavel.com.br/desperdicio_zero/Kit_res_17_solar.pdf. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

A possibilidade em se trabalhar com o material de PVC se dá porque a temperatura que se obtém com esse tipo de coletores simplificados fica muito abaixo da temperatura considerada perigosa pelos fabricantes do material de PVC (SOUZA; MOGAWER, 2004).

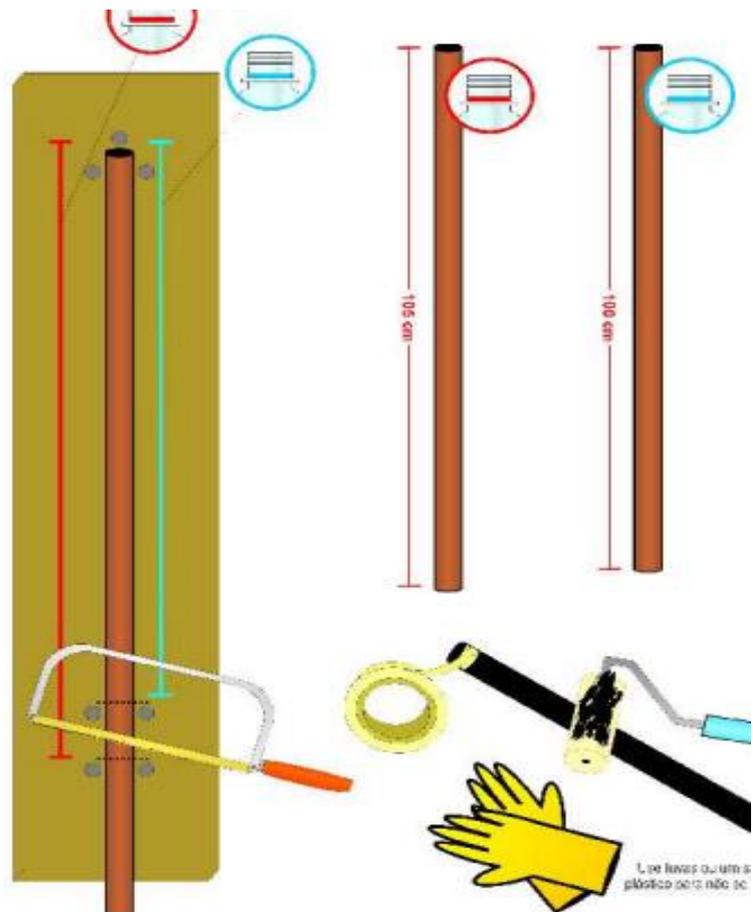
Passo II – corte dos canos (utilizando 2 horas aula, 100 minutos, para sua execução e conclusão)

Nessa etapa sugerimos que o professor divida sua turma em duas equipes, uma equipe responsável pelos cortes dos canos de PVC e a outra execute a montagem das garrafas nos mesmos, no próximo passo.

c) Corte dos barramentos superior e inferior (Figura 4):

Nessa etapa, temos que cortar 10 pedaços cano PVC, cada um deles deve ter precisamente 8,5 cm de comprimento e mais 10 pedaços de cano PVC com 1m de comprimento. Ressaltamos que todas as extremidades dos canos cortados devem ser lixadas, destacamos ainda, que todos os canos e as conexões “T” devem ser pintados de preto. Para posteriormente realizarmos a montagem do painel, como ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Ilustração do Passo II: Etapa do corte dos barramentos superiores e inferiores.

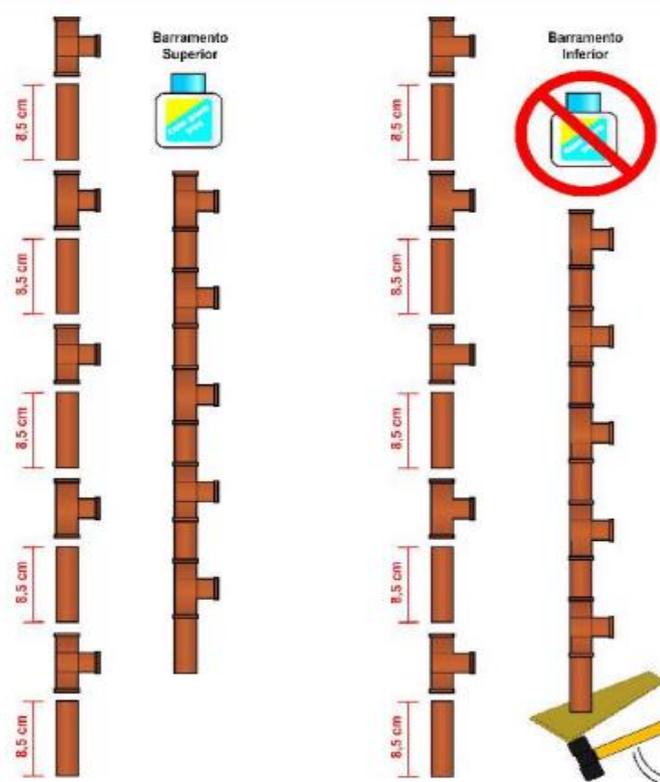


Fonte: Manual do aquecedor solar NOVO2008. Disponível em: http://www.planetarecicla.com.br/desperdicio_zero/Kit_res_17_solar.pdf. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

- d) Montagem dos barramentos superior e inferior (Figura 6), sendo necessários:
- 10 pedaços de 8,5 cm de cano PVC;
 - 10 conexões T;
 - 10 pedaços de 1m de cano PVC;

De acordo com Batista (2016) e Alvarenga (2019), o primeiro passo para a construção do coletor solar se dá unindo a tubulação por onde circulará a água. Para o barramento superior, devemos juntar com cola os canos cortados de PVC com as conexões “T”. Destacamos ainda, que os canos de 8,5 cm, de forma que o barramento tenha entre oito ou dez conexões “T”. Por fim, deve-se encaixar em cada conexão “T”, em sua parte inferior, um tubo de PVC com 1m de comprimento, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Ilustração do Passo II: Etapa de interligação dos “T” de PVC para formar as barras.



Fonte: Manual do aquecedor solar NOVO2008. Disponível em: http://www.planetareciclavel.com.br/desperdicio_zero/Kit_res_17_solar.pdf. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

Passo III – montagem do aquecedor (três horas aula, 150 minutos)

e) Colocação das garrafas PET (Figura 6)

Após a colagem dos tubos de 1 metro nas conexões “T”, devemos encaixar a primeira fileira de garrafas PET, vedando com fita adesiva.

Figura 6 – Ilustração do Passo III: Etapa de colocação das garrafas PET.



Fonte: Dados do autor.

Após finalizar a última fileira, finalizaremos a construção dos coletores solares, invertendo o sentido das garrafas e adicionando o barramento inferior. No entanto advertimos que não há a necessidade do uso de cola para fixar as conexões do barramento inferior ao restante do equipamento. Dessa forma será possível desmontá-lo, facilitando assim a manutenção dos coletores. Para a fixação dos barramentos (principalmente o inferior) recomendamos o uso de um martelo de borracha para evitar possíveis vazamentos. Para reforçar a proteção contra vazamentos, deverão ser presos dois tampões, um em cada barramento em lados opostos. Vale ressaltar que os lados que ficaram abertos no reservatório serão para a entrada e saída de água. O lado aberto no barramento superior ficará com a saída de água quente do reservatório. Enquanto, o lado aberto do barramento inferior ficará com a entrada de água fria.

f) Preparação do reservatório de água

Para o reservatório é necessário que sejam feitos três furos para colocação dos flanges, o primeiro furo será feito na parte inferior (saída de água fria), o segundo na parte superior (entrada de água quente) e o terceiro centralizado na parte frontal superior do reservatório. Destacamos ainda que os furos para a saída e a entrada de água, devem estar em lados opostos do reservatório. Para cada furo, devem ser utilizados flanges, e para a torneira um adaptador com rosca para encaixá-la do lado de fora do reservatório. A figura 7 ilustra um reservatório montado adequadamente.

Figura 7 – Ilustração do Passo III: Reservatório.

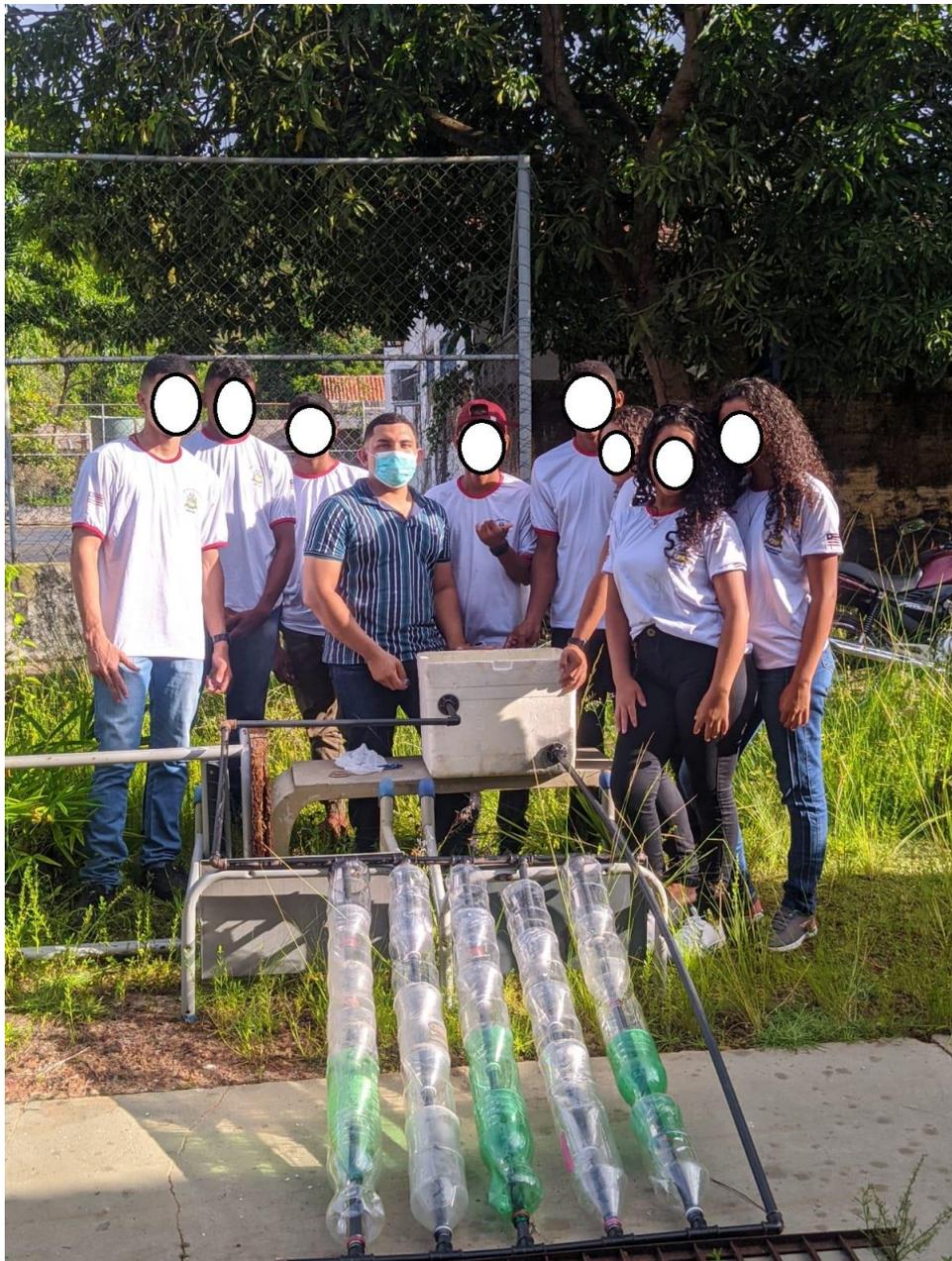


Fonte: (ALVARENGA, 2019).

g) Interligando coletor e reservatório

Nessa etapa, os usuários devem conectar as laterais do reservatório de água com as extremidades abertas do coletor, feito de garrafas PET (que serão pintadas de preto), interligando com canos de PVC. Nesse esquema, a saída de água fria do reservatório será ligada na parte inferior do coletor solar e a entrada de água quente será ligada na parte superior do coletor.

Figura 8 – Ilustração do Passo III: Aspecto do Aquecedor Solar de Baixo Custo.



Fonte: Dados do autor.

Como mostrado na Figura 8, sistema de ASBC teve o seu coletor solar construído de garrafas PET (que serão pintadas de preto fosco), acondicionando tubos de PVC por onde ocorre a circulação da água. “Em geral os reservatórios térmicos são compostos basicamente por três elementos constituintes principais: carcaça ou revestimento, isolamento e cilindro [...]” (SINIGAGLIA, 2014, p. 16).

Passo IV – pintura das garrafas PET (utilizando 1 hora aula, 50 minutos, para sua execução e conclusão)

Nessa etapa sugerimos que o professor pinte as garrafas PET ou que os participantes escolham um aluno para a pintura das mesmas, no qual o restante dos alunos observe como foi feito essa pintura. A Figura 9 mostra como foi o processo de pintura das garrafas PET.

Figura 9 – Ilustração do Passo IV: Etapa de pintura das garrafas PET.



Fonte: Dados do autor.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, L. V. G.. **Uma proposta de sequência didática multi-instrumental para o ensino dos conceitos iniciais de Termodinâmica no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física, Vitória, 2019.

DAMASIO, F. ; STEFFANI, M. H. . Ensinando Física com consciência ecológica e com materiais descartáveis. **Revista Brasileira de Ensino de Física** (São Paulo), v. 29, p. 593-598, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/LKTYQgkjtgtPsJg43Dcn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 de agosto 2021.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W.. **Física** (Física térmica, ondas e óptica). 2. ed. São Paulo: Ática, 2016.

PENEREIRO, J. C.; FERREIRA, D. H. L.; LEITE, M. B. F.. Aplicando modelos matemáticos para decidir a viabilidade da instalação de um aquecedor solar de baixo custo. **Educação Matemática Pesquisa** (Impresso), v. 12, p. 619-638, 2010. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/4645/3714>. Acesso em: 12 de agosto 2021.

PERETTI, L.; COSTA, G. M. T.. Sequência didática na Matemática. REI. Revista de Educação do IDEAU, v. 8, p. 01-14, 2013. Disponível em: https://www.caxias.ideau.com.br/wp-content/files_mf/8879e1ae8b4fdf5e694b9e6c23ec4d5d31_1.pdf. Acesso em: 27 maio 2021.

SINIGAGLIA, T.. **Dimensionamento de um aquecedor solar de baixo custo**: reservatório térmico alternativo. Trabalho Final de Curso (Bacharel em Engenharia Mecânica). Faculdade Horizontina – FAHOR, Horizontina, 2014. Disponível em: https://www.fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Mecanica/2014/Tiago_Sinigaglia.pdf. Acesso em: 17 jun. 2021.

SOUZA, T. M. de; MOGAWER, T.. Sistema solar de aquecimento de água para residências populares. In: **anais do V Encontro de Energia no Meio Rural e Geração Distribuída**, 2004, Campinas. AGRENER 2004. Campinas: UNICAMP, 2004. v. 01. p. 102-108. Disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022004000200050&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 17 jun. 2021.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G.. **Física**: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

VILLAS BÔAS, N.; DOCA, R. H.; Gualter José BISCUOLA, G. J.. **Física, vol. 2**: termologia, ondulatória, óptica. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

ZABALA, A.. **A prática educativa**: como ensinar. trad. Ernãni E. da F. Rosa. Porto Alegre: ArtM ed, 1998.