

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**FABIANA MARAFON**

**ESTUDO DO CALOR E DA ÓPTICA GEOMÉTRICA: DESENVOLVIMENTO  
DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO A CONSTRUÇÃO DE UM  
FOGÃO SOLAR**

**MEDIANEIRA**

**2020**

## PRODUTO EDUCACIONAL

### ESTUDO DO CALOR E DA ÓPTICA GEOMÉTRICA: DESENVOLVIMENTO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO A CONSTRUÇÃO DE UM FOGÃO SOLAR

Study of heat and geometric optics: developing a teaching sequence involving  
the construction of a solar cooker

Fabiana Marafon

Produto Educacional vinculado à  
Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de  
Física da Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná – Campus Medianeira no Curso  
de Mestrado Nacional Profissional de  
Ensino de Física (MNPEF), como parte dos  
requisitos necessários à obtenção do título  
de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elizandra Sehn

MEDIANEIRA  
2020



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Síntese das aulas.....	5
Quadro 2 - Questionário de pré-teste.....	6
Quadro 3 - Atividade sobre mecanismos de transferência de calor. ....	9
Quadro 4 - Roteiro da atividade experimental sobre irradiação de corpos negro e branco. ....	11
Quadro 5 - Atividade sobre reflexão da luz com tirinhas ilustradas.....	14
Quadro 6 - Questionário sobre reflexão em espelhos. ....	17
Quadro 7 - Roteiro para construção do fogão solar cônico .....	21
Quadro 8 - Roteiro para a atividade experimental com o fogão solar. ....	28
Quadro 9 - Roteiro para os alunos sobre o cálculo de transferência de calor. ....	30

## SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO .....	4
2 SÍNTESE DAS AULAS .....	5
3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	6
3.1 PRÉ-TESTE .....	6
3.2 ATIVIDADE 1 .....	8
3.3 ATIVIDADE 2 .....	10
3.4 ATIVIDADE 3 .....	14
3.5 ATIVIDADE 4 .....	16
3.6 ATIVIDADE 5 .....	20
3.7 ATIVIDADE 6 .....	27
3.8 PÓS TESTE .....	31
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	33
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

## 1 APRESENTAÇÃO

Caro (a) professor (a), este material foi desenvolvido como parte integrante da Dissertação de Mestrado intitulado: “ESTUDO DE CALOR E ÓTICA GEOMÉTRICA: DESENVOLVIMENTO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO A CONSTRUÇÃO DE UM FOGÃO SOLAR”, desenvolvido pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Medianeira, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF).

Este trabalho traz uma proposta de um Produto Educacional para o estudo de processos de propagação de calor e reflexão da luz, utilizando a aprendizagem significativa. Para isto, foi desenvolvida uma sequência didática contemplando, principalmente, a experimentação com caráter investigativo, possibilitando aos alunos uma possível aprendizagem significativa, de forma ativa, raciocinando, compreendendo e elaborando o saber e os conceitos físicos, a partir de seus conhecimentos prévios.

A motivação para o estudo de propagação do calor e da óptica geométrica é a construção e aplicação de um fogão solar de modelo cônico. Assim, as atividades iniciais têm o objetivo de fornecer suporte teórico para uma posterior contextualização, que consiste na construção, aplicação e análise do fogão solar.

Ainda, as atividades são baseadas em práticas experimentais e aulas teóricas, que contemplam o conteúdo de uma forma bem estruturada e dinâmica, em um formato que permite a interdisciplinaridade com as áreas afins, citando como exemplo a matemática no estudo das medidas usadas na construção do cone fogão solar. As propostas de atividades práticas sugerem o uso de materiais de baixo custo e fácil obtenção. Além disso, apresentam um roteiro ilustrado e explicativo de como o professor pode construir o fogão solar de modelo cônico.

Por fim, acredita-se que este produto educacional colabora para o processo de ensino e aprendizagem da Física, contribuindo para a prática docente no ensino do calor e da óptica geométrica.

## 2 SÍNTESE DAS AULAS

A organização resumida das aulas pode ser observada no Quadro 1 composto pela sequência didática, com a distribuição das atividades propostas, a quantidade de aulas e o tempo necessários para sua aplicação. A atividade de construção do fogão solar foi realizada extraclasse com um tempo médio de 9 horas-aula.

Quadro 1 - Síntese das aulas.

Aulas	Atividades	Horas-aula (50min)
1	Pré-teste: avaliação dos conhecimentos prévios a partir de um questionário	1
2	Atividade 1 e 2 - Propagação de calor: análise de imagem e experimento sobre irradiação de calor	1
3	Atividade 3- Reflexão da luz: questionamento sobre tirinhas	1
4	Atividade 4 - Espelhos esféricos: apresentação usando multimídia envolvendo diálogo e atividades	2
5	Atividade 5 -Encaminhamento da construção do fogão solar cônico (extraclasse)	Atividade extraclasse
6	Atividade 6 - Aplicação e análise do fogão solar	3
7	Pós-teste: avaliação, mesmo questionário inicial	1
Tempo total sem a construção do fogão		9

Fonte: Autoria própria.

### 3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste capítulo será apresentada de forma detalhada as etapas que compõe a sequência didática.

#### 3.1 PRÉ-TESTE

**Duração:** 1 aula de 50 minutos

**Objetivo:** coletar informações sobre os conhecimentos prévios que os alunos possuem sobre os conceitos relacionados com processos de propagação do calor e da óptica geométrica.

**Procedimento:** O pré-teste proposto consiste em um questionário composto por 10 questões objetivas e dissertativas, com o objetivo de verificar os conhecimentos prévios dos alunos com relação aos conceitos de calor e óptica geométrica. Neste sentido, é interessante que o mesmo seja aplicado individualmente. No Quadro 2 está apresentado uma proposta de pré-teste indicando em azul a resposta de cada questão.

Quadro 2 - Questionário de pré-teste.

1. A transmissão de calor o aquecimento de uma colher exposta sobre a chama de uma vela é chamado:

- a) Agitação;
- b) condução;
- c) irradiação;
- d) convecção.

2. Nas geladeiras, a fonte fria (o congelador) deve ser colocada:

- a) na parte inferior, pois o ar quente é resfriado lá;
- b) na parte superior, pois o ar quente, tende a se elevar;
- c) na parte inferior, pois o ar frio é mais denso e desce para o fundo;
- d) no meio do refrigerador.

3. O processo de transmissão de calor que só ocorre no vácuo (onde não tem ar) é:

- a) condução;
- b) convecção;
- c) absorção;
- d) irradiação.

4. A transmissão de calor ocorre sempre:

- a) no vácuo;
- b) entre dois sólidos;
- c) no sentido dos corpos de menor temperatura para o de maior temperatura;
- d) no sentido dos corpos de maior temperatura para o de menor temperatura.

5. Um cobertor de lã tem por função:

- a) dar calor ao corpo;
- b) impedir a entrada do frio;
- c) reduzir a transferência de calor do corpo para o exterior;
- d) comunicar sua temperatura ao corpo.

6. Uma lareira aquece uma sala:

- a) por irradiação e convecção;
- b) exclusivamente por convecção;
- c) principalmente por condução;
- d) exclusivamente por condução.

7. A Terra recebe energia do Sol graças a:

- a) condução do calor;
- b) convecção de energia térmica;
- c) reflexão do calor;
- d) irradiação do calor

8. O que é Reflexão da Luz?

9. O que é ângulo de incidência e ângulo reflexão? E qual o principal fenômeno óptico observado no espelho esférico.

10. Como você definiria o que é foco principal de um espelho esférico côncavo. É onde ocorre o cruzamento efetivo dos raios refletidos pelo espelho.



**Dica:** é importante que o professor tenha a flexibilidade de ajustar as atividades propostas de acordo com os conhecimentos prévios dos alunos.

**Dificuldades:** o professor poderá observar que os alunos, podem ter estudado em diferentes escolas no ano anterior e por consequência, poderá haver alunos em diferentes níveis de aprendizagem.

### 3.2 ATIVIDADE 1

**Título:** Formas de Propagação de Calor

**Duração:** 10 minutos

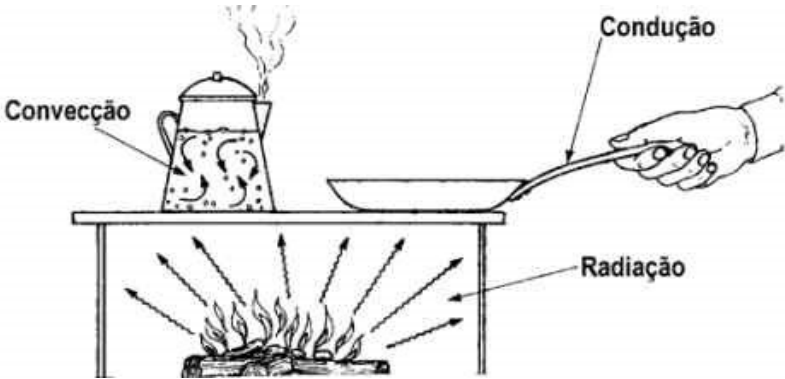
**Objetivo de aprendizagem:** Compreender o conceito condução, convecção e irradiação para posterior experimentação.

**Procedimento:**

Nesta aula os alunos devem reunir-se em grupos para o desenvolvimento da atividade. Cada grupo recebe uma folha contendo uma ilustração de uma frigideira sobre um fogão à lenha (Quadro 3), e são orientados a observar a imagem e discutir entre os pares para responder dois questionamentos.

Quadro 3 - Atividade sobre mecanismos de transferência de calor.

**Mecanismos de Transferência de Calor**



Fonte: <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-9.html> Acesso em 07 janeiro de 2020

A partir da imagem acima, discutam e pensem em uma resposta aos seguintes questionamentos:

- O que você entende por calor?
- Você conhece processos de transmissão de calor? Pesquisem e expliquem quais os três principais processos de transmissão de calor.

Fonte: Autoria própria.

É importante incentivar a discussão em grupo e permitir que os alunos formulem suas respostas sem a participação do professor. De acordo com Dees (1991), quando os alunos estudam ou trabalham juntos, com o mesmo objetivo de aprendizagem, e produzem um resultado ou resposta final comum, estarão aprendendo cooperativamente. Assim, os alunos que desenvolvem um estudo em grupo “percebem” que podem atingir os seus objetivos se e só se os outros membros do grupo também atingirem os seus, ou seja existem objetivos de grupo (Dees, R, 1991).

Após a cada grupo responder suas perguntas as respostas são compartilhadas com os demais grupos e neste momento o professor de fazer correções e contribuições caso seja necessário.

Este procedimento de discussão, primeiro no grupo menor e depois entre os grupos foi realizado em todas as atividades.

Dica: Esta é a primeira atividade em grupo, importante que os grupos se mantenham em todas as atividades para melhor observar os resultados de aprendizagem

Dificuldades: Poderão haver dificuldades quanto aos conceitos de cada processo de transmissão de calor, mas a atividade em si não apresenta dificuldade.

### 3.3 ATIVIDADE 2

**Título:** Experiência sobre Irradiação.

**Duração:** 1 aula de 40 minutos

**Objetivo de aprendizagem:** Demonstrar que a luz tem energia e que esta pode ser emitida ou absorvida pela matéria.

**Materiais:**

- Dois corpos idênticos (preto / branco);
- Dois termômetros;
- Uma lâmpada dicróica de 100 watts (com interruptor para ligar e desligar);

**Procedimento:**

Nesse experimento, foi utilizado dois corpos idênticos e pintados, um preto fosco outro utilizado na cor branca. Foi usado dois termômetros para medir a temperatura dos corpos no momento incidência da radiação. O experimento deve ser montado inserindo o termômetro em cada um dos recipientes e posicionando a lâmpada entre ambos de forma equidistante, conforme ilustra a Figura 1 presente no Quadro 4.

Cada grupo recebe um kit experimental e um roteiro para o desenvolvimento do experimento, mas são orientados a analisarem o seu

experimento e a fazer a leitura do roteiro para que possam manipular o experimento sem auxílio do professor. O roteiro pode ser observado no Quadro 4.

Primeiramente o professor deve orientar os alunos e fazerem uma leitura sobre o experimento para na sequência realizarem a montagem do experimento e início das medidas. Observe que os alunos possuem uma orientação como realizar, anotar e analisar as medidas de temperatura adquiridas. Certifique se os alunos entenderam os passos para realizar as medidas antes de iniciar o experimento.

O educador ficará observando os questionamentos levantados pelos alunos no momento da aula prática, intervindo se necessário, quando um educando apontar desacordo em relação a atividade que esteja desenvolvendo, de maneira que este possa intervir.

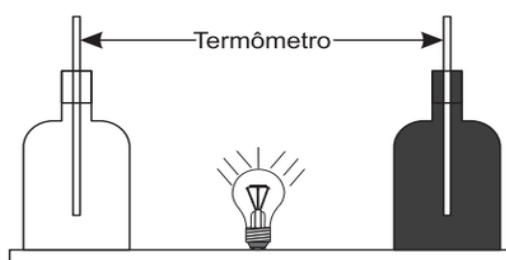
Quadro 4 - Roteiro da atividade experimental sobre irradiação de corpos negro branco.

### Absorção de Energia Corpo Preto e Corpo Branco

#### Materiais:

- Dois corpos (preto / branco);
- Dois termômetros;
- Uma lâmpada dicróica de 100 watts (com interruptor para ligar e desligar);
- Cronômetro do celular.

Figura 1 – Experimento de processo de irradiação



#### Procedimento:

Primeiramente insiram os termômetros em cada um dos recipientes e posicionem a lâmpada entre ambos de forma equidistante, conforme ilustra acima. Antes de iniciar o experimento o professor irá conferir se a montagem está correta.

Você deve coletar a temperatura em cada termômetro a cada 30 segundos iniciando a primeira coleta com a lâmpada desligada, que será a temperatura ambiente. Para marcar o tempo pode ser utilizado o cronômetro do celular. Ao ligar a lâmpada realizar a segunda coleta após 30 segundos, e na sequência realizar mais cinco leituras a cada 30 segundos. Os valores devem ser anotados na Tabela 1.

Após esta coleta de temperaturas a lâmpada é desligada e as medidas de temperatura devem ser coletadas novamente a cada intervalo de 30 segundos, anotando seus valores na Tabela 2.

Tabela 1 – Lâmpada Ligada

Temperatura(°C)	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
Corpo Branco							
Corpo preto							

Tabela 2 – Lâmpada Desligada

Temperatura(°C)	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
Corpo Branco							
Corpo preto							

Após realizado o experimento, analisar os resultados das Tabelas acima, fazendo uma discussão no seu grupo, e formule uma resposta comum para o questionário abaixo.

**Questionário de análise:**

1. Qual delas se aquece mais rapidamente?

---

2. A que aquece mais depressa é a que esfria mais depressa?

---

3. Qual delas reflete mais luz?

---

4. Qual delas irradia mais luz?

---

5. Qual delas transforma mais luz em calor?

---

6. O que você acha que ocorre com a luz que incide na lata preta?

---

Fonte: Autoria própria.

**Dica:** Certifique-se que os alunos entenderam os passos para realizar as medidas, antes de iniciar o experimento.

**Dificuldades:** Caso os alunos não estiverem bem atentos ao cronômetro para leitura das medidas, podem ocorrer erros de interpretação dos resultados.

**Questionamentos dos alunos:** É comum os alunos apresentarem dificuldades na interpretação e surgem dúvidas quanto aos conceitos de reflexão e irradiação de luz e calor.

### 3.4 ATIVIDADE 3

**Título:** Atividade com tirinhas sobre Reflexão da Luz.

**Duração:** 1 aula de 50 minutos

**Objetivo de aprendizagem:** Entender o conceito de reflexão da luz.

**Metodologia:**

Para esta atividade serão usadas duas tirinhas que ilustram imagens em espelhos planos, com um questionário sobre os efeitos observados. Em grupos, os alunos recebem uma folha contendo a atividade conforme pode-se observar no Quadro 5.

Conforme recomendação anterior, é importante a discussão inicial nos grupos menores para a formulação comum das respostas e depois exposição para o grupo maior. Ao final o professor deve sempre orientar os alunos a formularem o conceito correto, relacionando os conceitos novos com exemplos do cotidiano de aluno.

Quadro 5 - Atividade sobre reflexão da luz com tirinhas ilustradas.

<p style="text-align: center;"><b>Tirinhas sobre reflexão da luz</b></p> <p>Primeiramente observem as tirinhas abaixo e discutam em seu grupo sobre os efeitos observados. Formulem uma resposta comum para as questões solicitadas.</p> <p style="text-align: center;">Figura 1 - Conceitos reflexão da luz</p>
--



Fonte: [http://www.cbpf.br/~caruso/tirinhas/tirinhas\\_menu/por\\_assunto/optica.htm](http://www.cbpf.br/~caruso/tirinhas/tirinhas_menu/por_assunto/optica.htm)

Figura 2 - Reflexão da luz



Fonte: <https://www.humorcomciencia.com/blog/139-tirinha-de-fisica/>

A análise das tirinhas em grupos de 4 alunos, onde os mesmos responderão as questões:

- 1) No primeiro quadrinho, o que acontece com o anel refletido no espelho.
- 2) No segundo quadrinho o que significa CASADOS?
- 3) Porque a palavra impressa na frente de alguns veículos, como por exemplo ambulância, e escrita ao contrário?



4) É possível formar uma imagem ampliada ou reduzida usando o mesmo espelho? Justifique.

Fonte: Autoria própria

**Dica:** Quando utilizar imagens, figuras como essas tirinhas, garantir que o tamanho seja adequado para leitura e interpretação dos alunos.

**Dificuldades:** Podem ocorrer dificuldades na interpretação das imagens relacionadas ao fenômeno de reflexão

### 3.5 ATIVIDADE 4

**Título:** Apresentação Espelhos Esféricos e suas aplicações.

**Duração:** 2 aulas de 50 minutos

**Objetivo de aprendizagem:**

- Caracterizar os espelhos esféricos e suas imagens formadas;
- Compreender a representação dos raios notáveis na formação das imagens em espelhos esféricos;
- Compreender as aplicações dos espelhos esféricos como no fogão solar;
- Interpretar fisicamente os resultados da aplicação da equação do foco de um espelho côncavo.

**Metodologia:**

Para esta aula a proposta é usar uma sequência de slides contendo ilustrações e discussão sobre conceitos relacionados a espelhos esféricos, conforme link abaixo:

**<https://prezi.com/view/D7bCecHFTpVdBQMqhfk/>**

Após a aula expositiva e dialogado com os alunos os mesmos devem se reunir em grupo para a discussão e formulação de respostas para o questionário disponível no Quadro 5.

**Dica:** Durante a explicação, é importante o professor ir realizando questionamentos para incentivar a participação do aluno, e relacionar os conceitos observados com exemplos do cotidiano do aluno.

**Dificuldades:** Por ser uma aula expositiva é importante relacionar os conceitos com imagens e exemplos práticos de aplicações destes espelhos, pois a dificuldade maior dos alunos é a diferenciação entre um e outro.

**Questionamentos dos alunos:** a maior dificuldade dos alunos que resulta em questionamentos, é de entender porque e como os espelhos aumentam ou diminuem o tamanho da imagem e também porque em algumas situações a imagem fica invertida.

Quadro 6 - Questionário sobre reflexão em espelhos.

#### Questionário

1. Um estudante de Física dispõe-se de uma grande quantidade de espelhos esféricos distintos. Durante uma aula prática, o seu professor pediu para que ele construísse um dispositivo capaz de absorver a luz do Sol a fim de aquecer uma pequena panela. Esse aluno deve escolher um espelho:

- a) convexo.
- b) côncavo.
- c) esférico.

2. Motivado a enxergar mais carros que se aproximem da traseira do seu veículo, um motorista resolveu instalar um espelho esférico em um de seus retrovisores. Para sua surpresa, ele obteve somente imagens invertidas dos carros distantes. Qual foi o tipo de espelho escolhido pelo motorista e qual espelho seria a escolha correta?

- a) plano
- b) côncavo
- c) convexo

3. A dona de uma ótica resolveu comprar novos espelhos para que os seus clientes pudessem ver mais detalhes das armações vendidas na loja por meio de imagens ampliadas. O tipo de espelho escolhido pela empresária foi:

- a) plano.
- b) esférico.
- c) côncavos.
- d) convexo.

4. Espelhos esféricos convexos são utilizados:

- a) em balcões de ópticas, pois produzem imagens reais e ampliadas.
- b) em lojas, supermercados, retrovisores de carros etc., formando imagens virtuais reduzidas e aumentando o campo de visão.
- c) por dentistas, pois formam imagens reais e ampliadas dos dentes dos pacientes.
- d) em projetores, pois formam imagens reais e invertidas dos objetos.
- e) em provadores de lojas de roupas, pois formam imagens iguais das pessoas.

5. Se um espelho forma uma imagem real e reduzida de um objeto, então o espelho é:

- a) convexo
- b) côncavo

6. Um espelho esférico convexo formara sempre, de um objeto direito e real uma imagem:

- a) direita e real.
- b) direita e imprópria.
- c) invertida e real.
- d) direita e virtual.

7. Para examinar o dente de uma pessoa, o dentista utiliza um pequeno espelho. A respeito do espelho utilizado e da distância do dente ao espelho podemos afirmar:

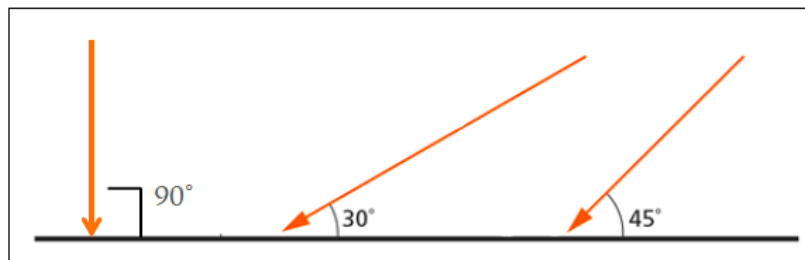
- a) é côncavo
- b) é plano
- c) é convexo

8. Dados os espelhos abaixo, os que podem fornecer uma imagem real de um objeto real são:

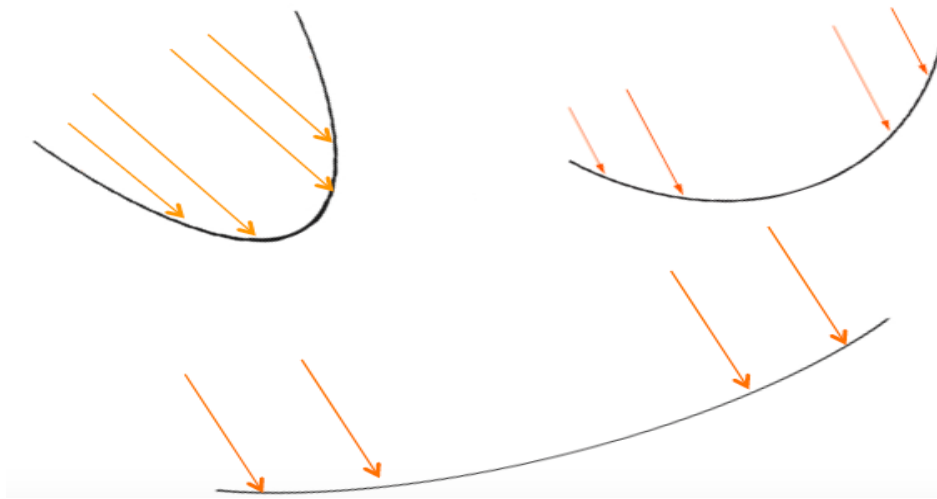
- I. esféricos côncavos.
- II. esféricos convexos.
- III. planos.
- a) I, II e III.

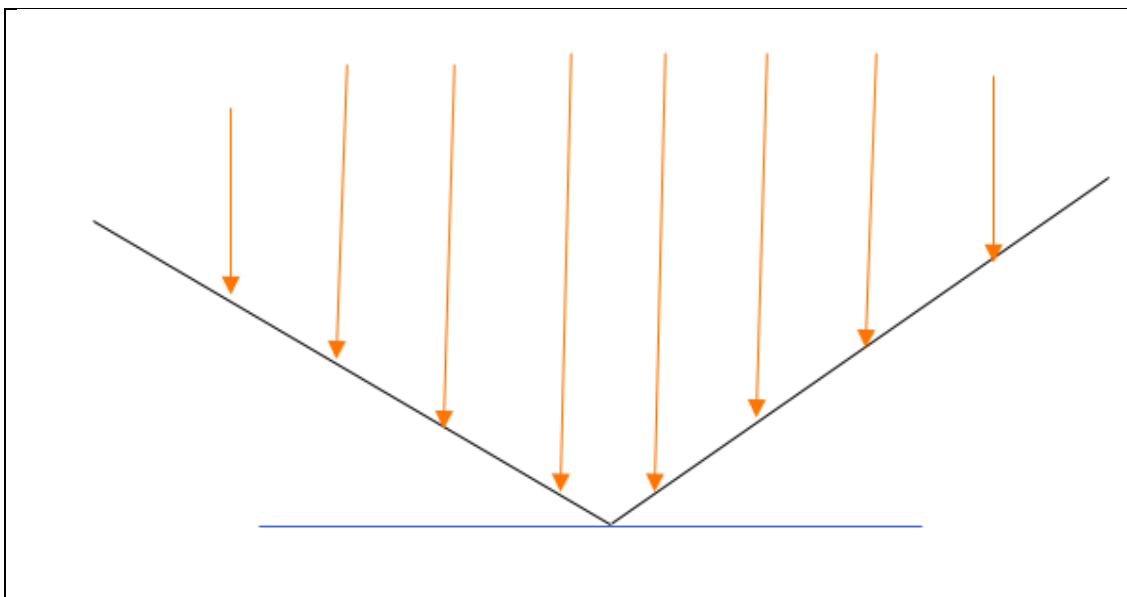
- b) I e II.
- c) II e III.
- d) somente I.
- e) somente II.

9. Lembre-se de como a luz do sol é refletida por uma superfície espelhada, faça o desenho do raio de luz refletido indicando o ângulo de reflexão nas seguintes imagens:



10. Para dada uma das imagens espelhadas a seguir, desenhe a luz do sol refletida. Onde está o foco?





Fonte: Autoria própria.

### 3.6 ATIVIDADE 5

**Título:** Construção do fogão solar cônico

**Duração:** A previsão de duração é de 6 h/a de 40 minutos, mas a sugestão é fazer o encaminhamento para construção extraclasse.

**Objetivo de aprendizagem:** Construir e analisar o funcionamento de um fogão solar cônico.

**Descrição:**

Com base nos aspectos citados, tal protótipo trabalha com a concentração dos raios solares incidentes em uma superfície cônica refletora. O protótipo proposto configura-se de material a ser utilizado proveniente de sucata, restos de construção e materiais em desuso.

Este modelo de fogão solar tende a captar a radiação solar, concentrando-a em uma região focal por meio de uma base cônica. É nesta região do fogão em que é posicionada a panela, proporcionando, assim, o cozimento de alimentos (ou fervura da água, como no caso do protótipo em questão).

O material principal do equipamento serão chapas metálicas maleáveis de alumínio, por possuírem fácil manuseio e, ao mesmo tempo, serem leves, mantendo a proposta de um fogão portátil. No Quadro 6 está apresentado um roteiro para a construção do fogão solar cônico.

Quadro 7 - Roteiro para construção do fogão solar cônico

#### **Roteiro de construção**

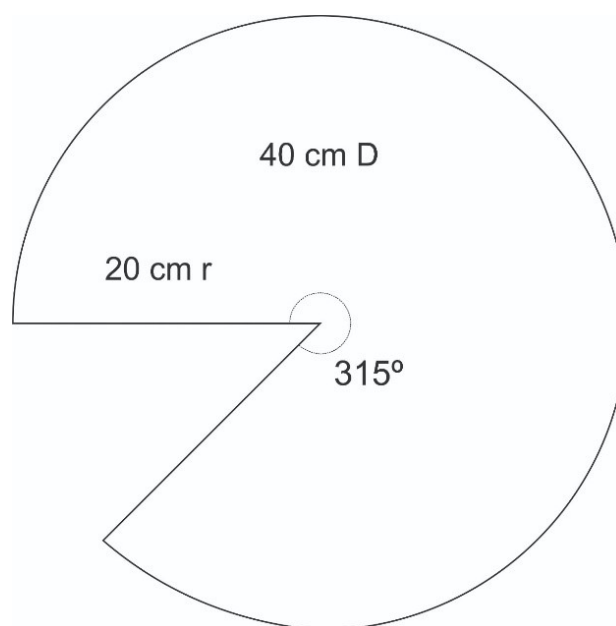
##### **Materiais:**

- 01 chapa metálica de alumínio para o cone;
- 01 panela em alumínio (açucareiro) ou latinha de alumínio;
- 01 haste metálica para suporte do recipiente;
- 01 lata de spray de tinta preta;
- 01 termômetro de mercúrio;
- Alumínio para o suporte;
- Parafusos.

##### **Procedimento:**

Na Figura 1 pode-se observar a representação esquemática do coletor de raios solares para construção do fogão solar cônico. Na imagem pode-se observar as dimensões necessárias para sua montagem.

Figura 1 – Molde para construção do fogão solar cônico.



Com os moldes prontos, iniciou-se o corte na chapa metálica, com a ajuda de um profissional da área de metalurgia. Foi, então, facilmente dobrado para formar o cone (Figura 2) e, em seguida, parafusado.

Figura 2 – Recorte de alumínio que constitui o cone do fogão solar.



Fonte: Autoria própria

Após o devido encaixe, a base cônica ficou com o formato desejado. As laterais cortadas foram lixadas, no intuito de evitar qualquer acidente e parafusadas para poder movimentar o cone em relação absorção energia solar. O resultado está representado na imagem da Figura 3.

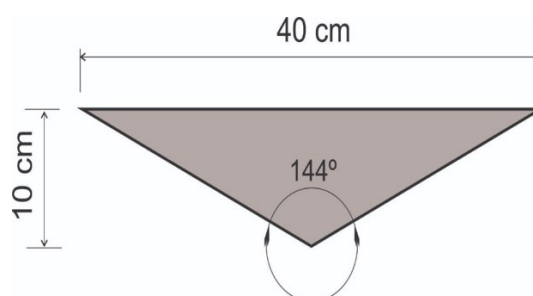
Figura 3 – Base cônica do fogão solar montada e parafusada



Fonte: Autoria própria

As dimensões finais do espelho cônico podem ser observadas na Figura 4 medida em centímetros.

Figura 4 – Dimensões da parte cônica do fogão – altura e base em centímetros



Fonte: Autoria própria

Como a proposta é fazer um mini protótipo, de forma que fosse de fácil locomoção, a panela para os testes deveria ser igualmente pequena, assim, utiliza-se recipiente em alumínio, de dimensões: 5,5 cm de altura e 7cm de diâmetro, conforme Figura 5 e 6.

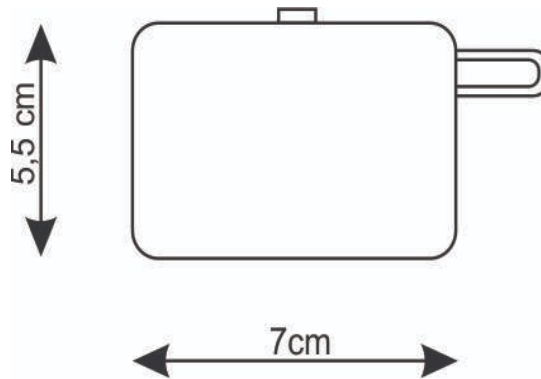
Figura 5 – Panela usada no foco do fogão cônico





Fonte: A autoria própria.

Figura 6 – Dimensões da panela usada no fogão cônico



Fonte: A autoria própria.

Para o posicionamento do recipiente, e utilizados suportes, tanto para a base cônica, quanto para a panela, onde conteria a água para os testes. Para a base de sustentação do cone, utiliza-se restos de chapas de alumínio retangulares, sobradas em formato de U e fixadas por meio de parafusos em duas laterais do cone.

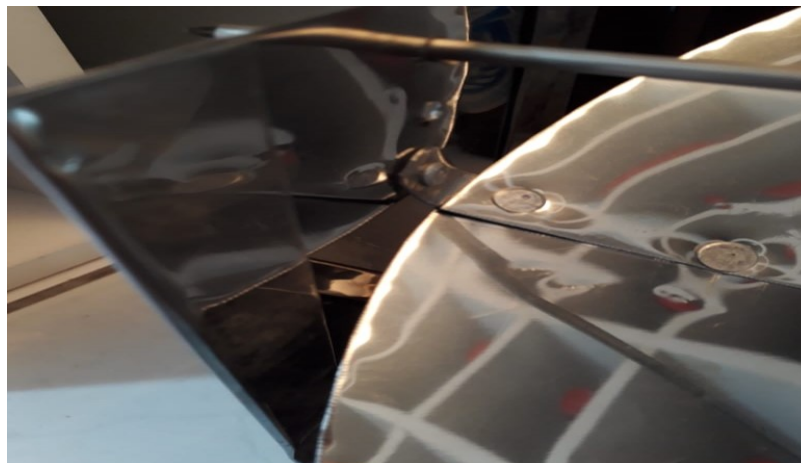
Estes mesmos parafusos serão aplicados de tal forma que permitem rotacionar o cone conforme o posicionamento da luz solar, conforme mostra a Figura 7 e 8.

Figura 7 – Base cônica sendo fixada em um suporte



Fonte: Autoria própria.

Figura 8 – Base cônica fixada em um suporte



Fonte: Autoria própria.

Com o cone montado e pronto, a base para a panela foi fixada em um pequeno bastão de metal, que atravessou a panela e todo o diâmetro do cone, mantendo o recipiente suspenso, conforme Figura 9.

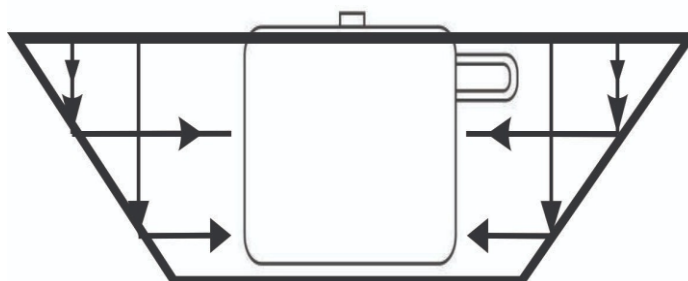
Figura 9 – Montagem final do fogão.



Fonte: Autoria própria.

O fogão concentrador cônico por sua vez concentra a radiação no eixo central do cone. O uso de painéis com superfícies laterais negras aumentam a absorção da radiação solar, o uso de painéis com superfícies laterais polidas diminuem consideravelmente a absorção de radiação solar.

Figura 10 - Focalização tipo tronco-cônica



Fonte: Autoria própria.

O modelo cônico mostrado na Figura 10, para que o mesmo ofereça uma boa refletividade no lado interno do cone e concentração da luz solar, o ajuste do foco é realizado movimentando o concentrador sobre o suporte apoiado no solo a cada 15 minutos.

Fonte: Autoria própria

**Dica:** acompanhar efetivamente a construção do fogão, cuidando com as medidas

**Dificuldades:** A maior dificuldade pode vir a ser a própria construção por parte de alguns grupos, pois nem todos os alunos apresentam habilidades para esse tipo de atividade.

**Questionamentos dos alunos:**

O Fogão precisa necessariamente ser deste tamanho?

### 3.7 ATIVIDADE 6

**Título:** Aplicando o fogão solar cônico

**Duração:** 3 aulas de 50 minutos

- Identificar os conceitos de transferência de calor e óptica geométrica na aplicação e análise do fogão solar cônico;
- Compreender e analisar o funcionamento de um fogão solar cônico;
- Compreender como se obtém o foco do fogão solar cônico utilizando conceitos de reflexão da ótica geométrica;
- Entender que um fogão solar refletor necessita de redirecionamento a cada 15 minutos;
- Compreender que o sistema de melhor rendimento, funciona com direcionamento acompanhando o movimento do sol.

**Descrição:**

Esta é uma aula bem esperada pelos alunos, pois é o momento que os alunos irão testar o seu fogão cônico. O professor orienta os alunos a discutir a função de cada uma de suas partes do fogão e sua relação com os conceitos físicos envolvidos.

Após uma análise inicial, cada grupo recebe um roteiro de atividades que devem realizar, que está apresentado no Quatro 7. Neste encontra-se as questões e tabelas para que os alunos as discutam e completem durante a exposição do forno a radiação solar.

Quadro 8 - Roteiro para a atividade experimental com o fogão solar.

### Roteiro experimental – Fogão solar

Inicialmente faça a discussão em grupo sobre as seguintes perguntas:

- a) Onde se encontra o foco do fogão solar cônico?
- b) Qual deve ser posição do coletor solar?
- c) Qual água irá aquecer mais, da panela de alumínio ou da panela pintada de preto?  
Explique.

Agora realize as seguintes etapas:

- Posiciona o fogão solar de tal forma que tenha maior incidência solar sobre a placa cônica;
- Cada grupo possuirá uma panela de alumínio, uns sem pintura e outras com pintura preta. Deve-se inserir 100 ml de água, inserir o termômetro, fechar a panela e posicionar no interior do fogão.
- Colete a temperatura inicial, que será a temperatura ambiente da água, e anote o seu valor na Tabela 1.
- As demais temperaturas devem ser coletadas em intervalos de 15 min durante 75 min.
- Os grupos de diferentes panelas devem compartilhar as temperaturas coletadas para que todos os grupos possuem os valores das panelas de alumínio e preta.
- Com os dados da Tabela 1 fazer o gráfico da temperatura x tempo.

Tabela 1 – Dados de temperatura em função tempo

Tempo (min)	Panela de alumínio Temperatura (°C)	Panela preta Temperatura (°C)
0		
15		
30		
45		
60		
75		

**Questões analisadas em grupo de alunos sobre o experimento fogão solar:**

1. Qual o fenômeno óptico principal que o fogão solar utiliza para o aquecimento?
2. Qual deve ser a posição onde a panela deve estar para que o fogão cônico tenha o melhor rendimento?
3. Qual panela aquece mais? Explique.
4. Qual é a diferença entre um espelho côncavo de um espelho convexo?
5. Marque as alternativas que melhor representam suas impressões sobre ao Fogão Solar cônico:
  - ( ) O Fogão Solar me fez refletir melhor sobre a aplicação da Física na prática.
  - ( ) O Fogão Solar não me trouxe nada de novo.
  - ( ) Após o trabalho com o fogão Solar passei a ter mais envolvimento nas aulas de Física.
  - ( ) O Fogão me fez refletir que com o conhecimento de Física que adquirir no colégio, posso contribuir na sociedade de forma positiva.
  - ( ) O Fogão nada me fez refletir sobre meu papel de cidadão.
  - ( ) Após o trabalho com o Fogão Solar passei a compreender melhor os conceitos das leis da termodinâmica.
  - ( ) O Fogão contribuiu em relação a meu aprendizado.
  - ( ) O Fogão fez com que as aulas de Física se tornaram mais lucrativas e dinâmicas.

Fonte: Autoria própria.

**Dica:** garantir que a quantidade de água seja a mesma em todas as panelas dos diferentes grupos e que o tempo de cada coleta seja respeitado.

**Dificuldades:** A maior dificuldade é de encontrar o foco e o posicionamento do fogão solar para sua melhor eficiência

### 3.7.1 Atividade sobre o cálculo de transferência de calor

Uma segunda sugestão de atividade que pode ser realizada junto com a anterior e de forma independente, é o cálculo de transferência de calor e eficiência do fogão solar. Para esta atividade é importante que os alunos tenham já pré-conceito sobre calor e transferência de calor. No Quadro 8 pode-se observar um roteiro sugestivo de como esta atividade pode ser realizada.

Observe que os alunos devem coletar temperatura simultâneas em duas panelas idênticas, como mesma quantidade de água, mas uma no fogão solar e outra posicionada fora.

Para calcular calor transferido para a água devido ao conjunto do fogão solar e o sol, item (a) deve-se usar a equação  $Q = mc\Delta T$ , em que  $m$  é a massa de água utilizada,  $c$  o calor específico da água e  $\Delta T$  o intervalo de temperatura da panela sobre o fogão solar (que pode ser escolhido na tabela). Observe que a panela sobre o fogão recebe a incidência direto do sol e também a reflexão dos raios solares devido ao fogão solar.

Para o calor transferido exclusivamente pelo sol, item (b), realiza-se o mesmo procedimento de cálculo, mas com o  $\Delta T$  da panela fora do fogão.

A potência média do fogão solar pode ser obtida com os resultados do item (a) e (b), fazendo  $Q(a) - Q(b)$  que será apenas o calor fornecido pelo fogão solar, dividindo por  $\Delta T$ . Resultando assim na potência em *cal/min* que pode ser convertida para *Watts*.

Quadro 9 - Roteiro para os alunos sobre o cálculo de transferência de calor.

#### **Roteiro - Cálculo da transferência de calor**

1. Posicione o fogão de forma adequada em relação a máxima incidência do sol.
2. Pegue duas panelas idênticas, insira 100 ml de água e termômetro em cada uma delas. Uma das panelas coloque no fogão solar e a outra em uma superfície próxima, mas fora do fogão.

3. Anote os valores de temperatura, em intervalos de 15 min, na Tabela 2.

Tabela 1 – Dados de temperatura em função tempo

Tempo (min)	Panela no fogão Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Panela fora do fogão Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
0		
15		
30		
45		
60		

**Questões analisadas em grupo de alunos sobre o experimento fogão solar:**

Com os dados da Tabela 1 realizar o cálculo do:

- (a) calor transferido para a água devido ao conjunto do fogão solar e o sol;
- (b) o calor transferido pelo sol;
- (c) a potência média do fogão solar.

Fonte: Autoria própria.

**Dica:** retomar alguns conceitos matemáticos e também relacionados ao termo “variação de temperatura” por exemplo.

**Dificuldades:** Os alunos apresentam muita dificuldade na realização de cálculos.

### 3.8 PÓS TESTE

Com o objetivo de verificar a aprendizagem dos alunos envolvidos na sequência didática, optou-se, como estratégia, pela aplicação do mesmo



questionário que foi usada inicialmente para avaliar os pré conhecimento dos alunos (Quadro 1). Possibilitando assim, uma possível verificação da evolução que os alunos tiveram após a experiência da sequência de atividades.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este Produto Educacional é uma ferramenta didática que pode ser utilizada de maneira não convencional nas aulas de Física, mais especificamente, no que tange aos conteúdos de processos de propagação de calor e reflexão da luz, de modo a oportunizar ao estudante uma aprendizagem significativa.

A sequência didática aqui sugerida, pode servir de apoio ao professor que realmente vislumbre esse tipo de aprendizagem, mas isso não significa que a mesma, deva obrigatoriamente, ser seguida e aplicada na íntegra. Como sugestão, o professor pode utilizar do roteiro de construção do fogão solar e até mesmo propor a construção, em horário extraescolar, para que seja levado pronto até a escola. Deste modo o professor utiliza das aulas para realizar a parte da experimentação e análise dos resultados, podendo fazer as intervenções necessárias, haja visto que a demanda de conteúdo a serem trabalhados na disciplina de Física no Ensino Médio é grande para apenas duas aulas semanais.

A utilização deste material, ou parte dele, serve, portanto, de apoio e sugestão para que as aulas de Física sejam desenvolvidas visando uma articulação entre os fenômenos físicos e a realidade do educando posto que a física é uma ciência que observa, analisa e explica os fenômenos do universo e o meio em que estamos inseridos.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL D. **Biografia**. Disponível em:

<https://www.biografiasyvidas.com/biografia/a/ausubel.htm>. Acesso em: 31/01/2019.

AZEVEDO, M. C. P. S. **Situação de ensino-aprendizagem: análise de uma sequência didática de física a partir da teoria das situações de Brousseau**. São Paulo: USP, 2008 (Dissertação de Mestrado).

**BOCAFOLI, Fransisco. Reflexão da luz em espelhos planos. Física e vestibular. 2008. Disponível em: <**

<http://fisicaevestibular.com.br/novo/optica/optica-geometrica/reflexao-da-luz-e-espelhos-planos/>>. **Acesso em: 10/10/2020**

DEES, R. Cooperation in the mathematics classroom: A user's manual. In N. Davidson (Ed.), Cooperative learning in mathematics. S. Francisco: Addison-Wesley, 1991.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia e meio ambiente no Brasil**. *Estud. av.* [online]. 2007, vol.21, n.59, pp.7-20.

HALLIDAY, David. **Fundamentos de física, volume 4: óptica e física moderna**. David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2016.

MAZETI, L. J. B. **Sequência didática: uma alternativa para o ensino de acústica para o ensino médio**. Sorocaba: Universidade Federal de São Carlos, 2017 (Dissertação de Mestrado).

MONTOVANI, S. R. **Sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico**. Presidente Prudente/SP: UNESP, 2015 (Dissertação de Mestrado).

KHAN ACADEMY. **Luz: ondas eletromagnéticas, espectro eletromagnético e fótons**. 2020. Disponível em: <

<https://pt.khanacademy.org/science/physics/light-waves/introduction-to-light-waves/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum>>. Acesso em: 10/10/2020.

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

OLIVEIRA, Endell Menezes de; PALHETA, Geovanni Sampaio; SEABRA, Lídia Brasil. **O ensino de ciências e energias renováveis: proposta metodológicas do forno solar**. Revista Ciência e Natura. Santa Maria, v.39, n.1, jan.abr, 2017.

ON EARTH DESINGNS. **The Science Behind Solar Cookers**. Disponível em: <[onearthdesigns.com/wpcontent/uploads/2014/03/The\\_Science\\_Behind\\_Solar\\_Cookers.pdf](http://onearthdesigns.com/wpcontent/uploads/2014/03/The_Science_Behind_Solar_Cookers.pdf)>. Acesso em: 21/02/2019.

SERWAY, Raymond A. **Princípios da física: Movimento ondulatório e termodinâmica**. São Paulo, Editora Cengage Learning, 2012

SHARAF, E.; **A new design for an economical, highly efficient, conical solar cooker**. Renewable Energy, 27 (1), p. 599 - 619, 2002

SOLAR COOKING. **Cozinhando com o Sol**. Disponível em: <http://solarcooking.org/portugues/>. Acesso em: 02/10/2019.

UFRGS. **Corpo negro**. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/oei/exp/exp3>>. Acesso em 31/10/2010.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.