

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Uso dos Dispositivos Térmicos caseiros: Estudo da Calorimetria

Mestrando: Jonyson Marcs Borges da Rocha
Orientadora: Professora Dra. Claudia Adriana de Sousa Melo

TERESINA - PI

Prefácio

O produto educacional desenvolvido faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre e tem como objetivo mostrar ao estudante a física através de situações práticas do cotidiano.

Neste material o estudante é levado a montar sistemas de aquecimento e secagem de alimentos por meio de registros fotográficos de todo o processo de montagem.

O material elaborado pelo discente Jonyson Marcs Borges da Rocha com a orientação da professora Dra. Cláudia Adriana de Sousa Melo, informa aos estudantes diferentes dispositivos térmicos e os fenômenos físicos relacionados. Apresenta exercícios, ilustrações e fotos.

Apresenta ainda, o que, segundo a teoria de George Kelly, seriam réplicas.

Durante a execução das atividades, de acordo com o autor citado, os alunos poderão encontrar meios alternativos para a montagem dos dispositivos usados.

Ao Professor

O livro contém informações sobre as trocas de calor e suas aplicações através da energia solar e o aproveitamento térmico das mesmas. Os conceitos físicos, aqui aplicados, são contextualizados por meio dos dispositivos térmicos apresentados.

No primeiro momento, o professor apresentará o manual aos estudantes para que possam realizar uma breve leitura e listar os pontos interessantes a serem discutidos em sala de aula. Caso prefira, o professor poderá utilizar um data show e realizar a leitura com a turma.

A partir disso, o professor dará continuidade a aula, acrescentando com informações relevantes a respeito do tema descrito no produto educacional.

Algumas sugestões de temas a serem discutidos em sala de aula.

- A energia Elétrica gerada a partir da energia solar é apenas através dos painéis fotovoltaicos?
- Por que nas regiões próximas a linha do Equador a radiação Solar é maior?

No segundo encontro o professor realizará a separação dos alunos por grupos, os quais separadamente receberão uma cópia do produto educacional e os materiais necessários para a montagem das atividades propostas. O professor poderá utilizar data show para apresentar as imagens referentes a montagem dos experimentos. É importante que o

professor, nesse momento intervenha apenas quando solicitado ou quando observar que a atividade esta sendo realizada de maneira inadequada.

Após a montagem do experimento (Forno Solar ou Secador Solar) o professor pode sugerir atividades e questionar os grupos a respeito das possibilidades de utilização dos equipamentos, bem como de que maneiras eles podem ser melhorados.

Dependendo da dinâmica em sala de aula, a montagem dos experimentos podem durar uma ou duas aulas.

Para o terceiro encontro, o professor poderá questionar os alunos a respeito das atividades propostas no segundo encontro. Para isso é sugerido que ele faça os seguintes questionamentos:

- Houve um aumento de temperatura no interior do forno solar, em relação à temperatura ambiente?
- O alimento colocado no secador solar, por um período de 24 horas de exposição, apresentou com qual aspecto?
- Quais as novas informações lhe chamaram mais atenção?

Convém que o aluno consiga observar a importância da utilização dos materiais, para o bom rendimento dos equipamentos. Nessa parte final, é sugerido que o professor reforçe a ligação entre os conteúdos estudados e os experimentos propostos, como nos exemplos a seguir:

Para o Forno Solar

- Condução Térmica

O uso do Papelão e a importancia das partes vazias que o mesmo apresenta, tornando-o um péssimo condutor térmico

- Convecção Térmica

Uso da Pasta escolar para evitar que o ar quente escape da caixa

- Radiação Térmica

Uso do Papel alumínio

Uso do Papel de Cor escura

- Calor Sensível

Variação de temperatura no aquecimento dos materiais

- Escalas Termométricas

A variação corresponde a quais valores nas escalas Fahrenheit e Kelvin

Para o Secador Solar

- Condução Térmica

Uso do Isopor

- Convecção Térmica

As duas aberturas em alturas diferentes

- Radiação Térmica

Uso do Papel alumínio

- Calor Latente

Que mudança de estado físico ocorre quando o alimento está totalmente desidratado.

Ao Estudante

Este livro consiste exclusivamente em mostrar alternativas de estudar a calorimetria através de sistemas de aproveitamento solar térmico. Textos informativos e passo a passo das atividades tornam a forma de aprender mais inclusiva e participativa.

Esperamos que o material proposto, neste livro, possa lhe proporcionar uma mudança positiva a respeito dos conteúdos aqui abordados e que seja um grande reforço didático, facilitando o entendimento dos temas e proporcionando uma alfabetização científica através do livro paradidático.

Sumário

Introdução

Capítulo 1	Características da Radiação Solar Incidente.....	11
1.1	Radiação Solar no Brasil.....	12
Capítulo 2	A calorimetria presente nos dispositivos solares.....	17
2.1	Termômetros.....	17
2.2	Escalas Termométricas.....	19
2.2.1	Conversão entre as escalas termométricas.....	21
2.3	Os processos de propagação do calor.....	23
2.3.1	Condução Térmica.....	23
2.3.2	Convecção Térmica.....	25
2.3.3	Radiação Térmica.....	26
2.4	Quantidade de Calor Sensível e de Calor Latente.....	28
2.4.1	Quantidade de Calor Sensível.....	28
2.4.2	Quantidade de Calor Latente.....	30
Capítulo 3	Fogão Solar.....	33
3.1	Fogão tipo Pannel.....	33
3.2	Fogão Parabólico.....	35
3.3	Fogão Solar tipo Caixa.....	37
Capítulo 4	Construindo um Forno Solar de baixo Custo.....	40
4.1	Objetivos.....	40
4.2	Justificativa.....	40
4.3	Materiais.....	40
4.4	Montagem.....	42

4.5 Exercícios.....	50
Capítulo 5 Secador Solar.....	54
Capítulo 6 Construindo um secador solar de baixo custo.....	57
6.1 Objetivos.....	57
6.2 Justificativa.....	57
6.3 Materiais.....	58
6.4 Montagem.....	59
6.5 Exercícios.....	64
Referências Bibliográficas.....	66

Introdução

O produto apresentado torna-se um facilitador na difusão da física no ensino médio, fazendo-se um grande aliado na aprendizagem do discente. Dessa maneira, segundo Moreira (2015), a não utilização do quadro de giz leva, naturalmente, ao uso de atividades colaborativas tais como: seminários, projetos, pesquisas, discussões, painéis, possibilitando o uso de diversas estratégias, as quais devem ter subjacentes os demais princípios.

Segundo Carvalho (2014), a utilização de experimentos contribui de maneira fundamental na construção do conhecimento e a utilização de experimentos.

Como ponto de partida, segundo suas palavras temos:

Uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, mudar de atitude e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando este objeto com acontecimentos. Além disso aprende a buscar as causas dessa relação, procurando uma explicação para o resultado de suas ações e/ou interações (Carvalho, Anna Maria Pessoa de; Calor e Temperatura: um ensino por investigação; São Paulo 2014; p.46).

Nas páginas seguintes deste material, serão mostrados os assuntos de Física a seguir:

- O sol e suas características
- Escalas Termométricas (CELSIUS, KELVIN e FAHRENHEIT)
- Processos de Propagação do Calor (CONDUÇÃO, CONVECÇÃO E RADIAÇÃO).
- Calorimetria (CALOR SENSÍVEL, CALOR LATENTE)

Os conteúdos citados serão observados de maneira prática através da montagem e execução dos dispositivos térmicos propostos.

- Forno solar
- Secador solar

Dessa forma, ao mesmo tempo em que se pretende ampliar o interesse pela disciplina, despertará no aluno uma conscientização ambiental.

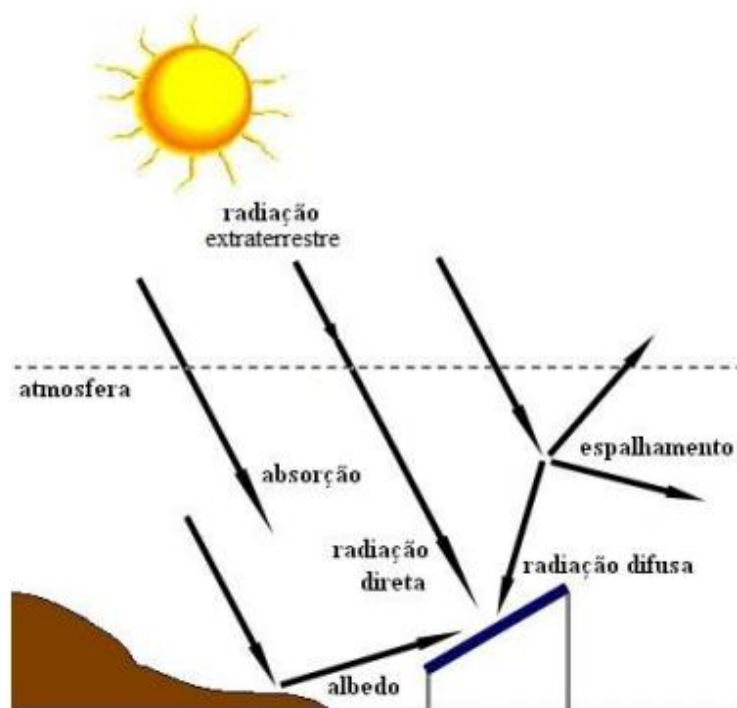
1. Características da Radiação Solar Incidente

Em um trabalho cuja proposta é a montagem e aplicação de equipamentos que utilizem a energia solar e a física aplicada nesses dispositivos, vale destacar algumas informações importantes a respeito do Sol e a maneira como essa radiação é aproveitada aqui na Terra, mais precisamente no Brasil.

No Sol, a energia é liberada a partir de reações termonucleares, onde quatro prótons são fundidos em um núcleo de Hélio. Com a liberação de energia, estima-se que o Sol tenha reserva de hidrogênio suficiente para alimentar reações nucleares por mais 5 bilhões de anos (Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos, 1999, p. 68). A energia do Sol que atinge diariamente a Terra varia de 6800 kJ/m²/dia, no norte da Europa a 23000 kJ/m²/dia, nas regiões áridas, próximas ao Equador. Esta quantidade de Radiação Solar que chega à Terra é chamada de **insolação**. (HINRICHES; KLEINBACH; BELICO, 2014, p.

199). A seguir, são apresentados os componentes da radiação solar, e a maneira pela qual a Terra é atingida por ela.

Figura 01: COMPONENTES DA RADIAÇÃO SOLAR



Fonte: Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos - p. 78

A insolação que chega à superfície é composta de um feixe direto do Sol (a radiação que forma a sombra), de uma componente difusa (radiação difundida pelas nuvens que vem de todo o céu) e de uma componente refletida (radiação difundida a partir do solo), como mostrado na figura 01 (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2014, p. 200). A fração de luz refletida pelo planeta é denominada de albedo.

1.1 Radiação Solar no Brasil

Historicamente, o agravamento da situação ambiental na Terra teve início no final do século XVIII, após a Revolução Industrial, posto que a partir dessa época houve uma melhoria das condições de vida na sociedade, contribuindo para o crescimento populacional que suscitou a necessidade

de investimento em novas técnicas de produção, voltadas ao atendimento da demanda cada vez maior por bens e serviços. Tal fato resultou na intensificação da exploração dos recursos naturais e, conseqüentemente, no aumento da produção de bens de consumo. (PITTON, 2009 p.92)

Ao longo dos anos muitas conferências, acordos e tratados foram criados na tentativa de se obter meios para a redução da poluição no planeta. No Brasil, vivemos uma crise energética, que acarreta no aumento do valor cobrado da energia e, por consequência, causando um grande impacto negativo na economia. Sabe-se que a maior parte da energia utilizada em nosso país é advinda das hidrelétricas, ocasionando um enorme impacto ambiental. Somado a isso, o ciclo das chuvas em certas regiões é irregular. E sem água nas barragens a geração de energia através dos recursos hídricos, fica inviável. Portanto, o correto aproveitamento da energia solar (térmica ou fotovoltaica), por ser renovável proporciona muitas vantagens ao desenvolvimento econômico. Além de ter um potencial imenso (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2014, p. 196).

Temos na Figura 02, o mapa do Brasil mostrando a média anual da radiação solar a que incide. Segundo Teixeira (2017), por se localizar em uma região inter-trópica é notório o potencial do país na utilização dessa fonte de energia.

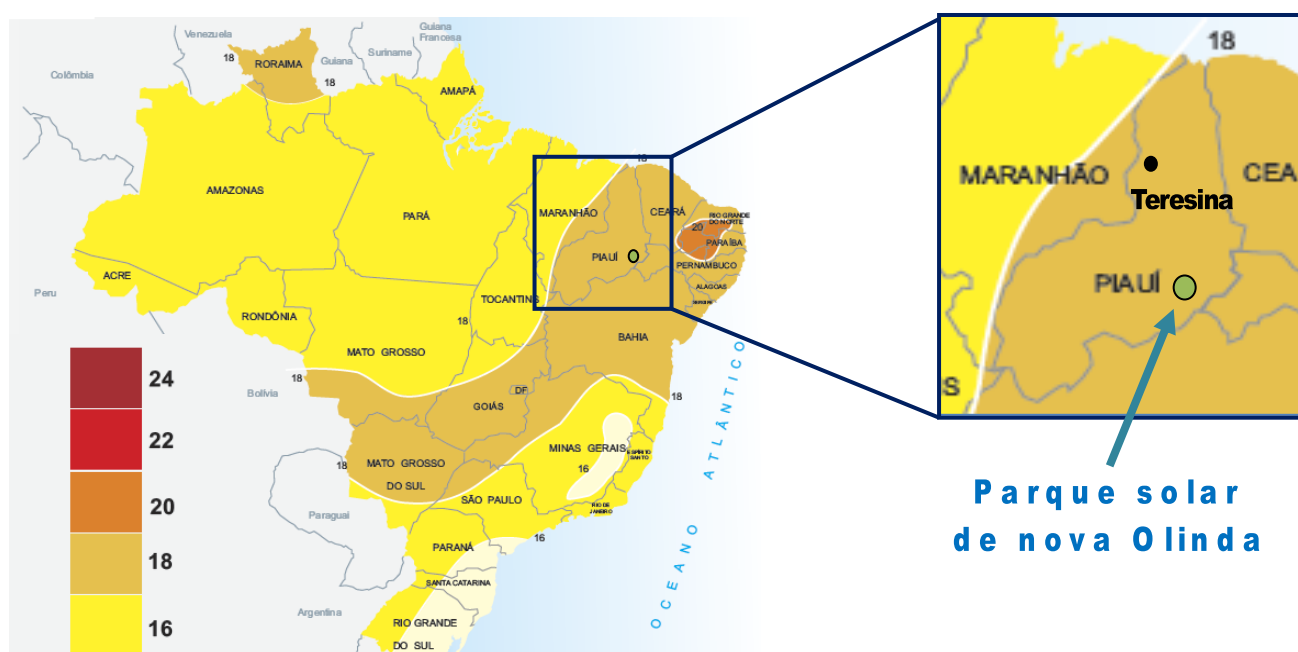
Observe que toda a região nordeste recebe uma grande incidência de radiação solar. Vale destacar que, nessa região, mais precisamente nas cidades de São João do Piauí e Ribeira do Piauí, localizadas no

Piauí, está sendo construída a maior usina de energia solar da América latina A responsabilidade da construção é da ENEL¹.

O parque solar denominado de Nova Olinda receberá investimentos estimados em 300 milhões de dólares e, segundo a ENEL, a importância da usina está descrita da seguinte maneira:

Uma vez concluída, a nova instalação, que vai ocupar uma área de 690 hectares, terá uma capacidade instalada total de 292 MW e será capaz de gerar mais de 600 GWh por ano, o suficiente para atender às necessidades de consumo de energia anual de cerca de 300.000 lares brasileiros, evitando a emissão de cerca de 350.000 toneladas de CO₂ para a atmosfera. (ENEL INICIA CONSTRUCAO NO BRASIL DA MAIOR USINA DE ENERGIA SOLAR DA AMERICA LATINA; p. 1).

Figura 02 - RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL DIÁRIA, MÉDIA ANUAL (MJ/m². Dia).



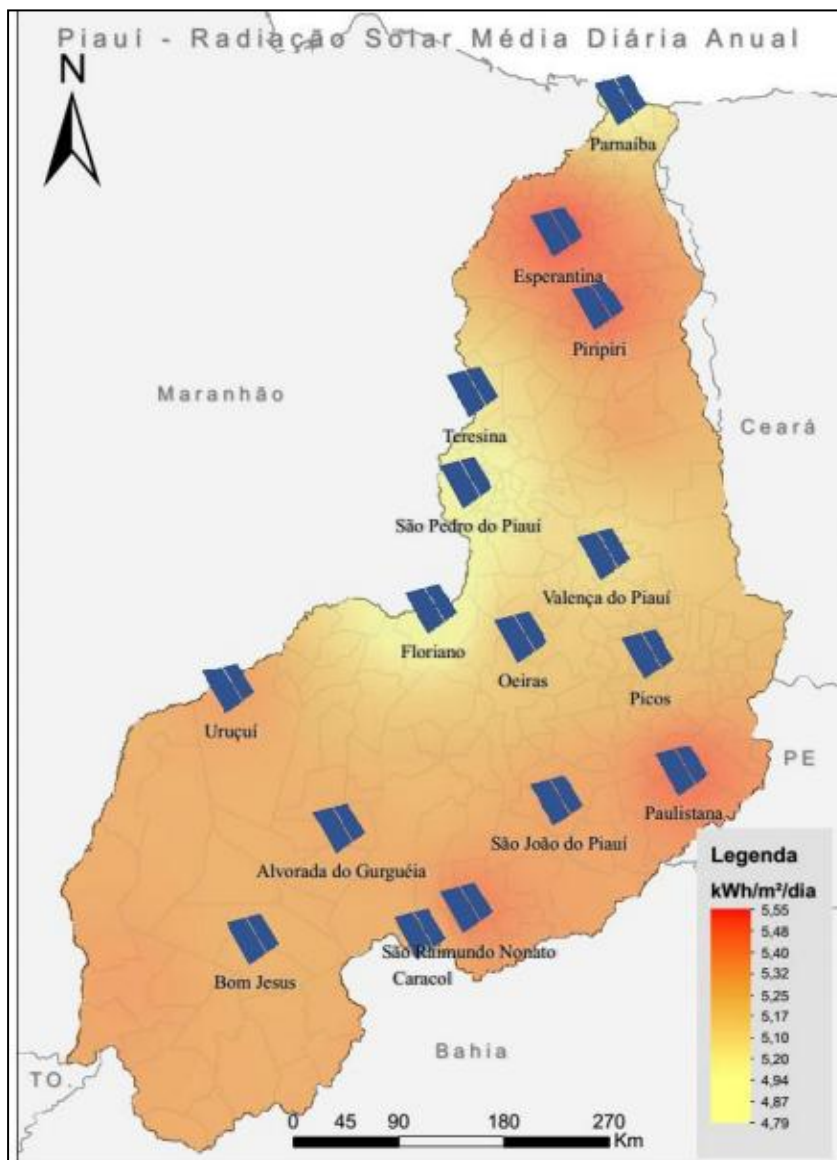
Fonte: ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL – p. 59

O ponto em verde na figura 02 é a região onde está localizado o parque solar de Nova Olinda, região que apresenta altos índices de radiação solar, localizada a 377 km da capital do estado, Teresina.

¹ ENEL - empresa italiana com sede em Roma que atua na geração e distribuição de energia elétrica e na distribuição de gás natural, cujo nome é um acrônimo de "Ente nazionale per l'energia elettrica". (Wikipédia).

Na figura 03 é mostrada a localização de diversos painéis fotovoltaicos no estado do Piauí.

Figura 03 - RADIAÇÃO SOLAR MÉDIA DIÁRIA ANUAL DO ESTADO DO PIAUÍ.



Fonte: SISTEMAS HÍBRIDOS PARA O FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA NA COMUNIDADE ROÇA DE BAIXO, PAULISTANA (PI) – p. 94

A geração de energia elétrica através da radiação solar pode ser feita através dos painéis fotovoltaicos ou das usinas de energia solar

térmica, onde espelhos são utilizados para concentrar a luz em um sistema de aquecimento (CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA).

Segundo Lira (2015) a localização do estado praticamente sob a linha imaginária do Equador, faz com que o estado tenha bons índices de insolação (quantidade de horas que a região fica exposta ao Sol), onde na estação seca, o estado tem insolação superior a 10 horas diárias.

Os índices de radiação no estado apresentam valores bem acima de países como a Alemanha, o que segundo Lira (2015) é o país recordista na produção de energia solar fotovoltaica, com grandes investimentos no setor.

2 A calorimetria presente nos dispositivos solares

No primeiro tópico desse livro, relatou se algumas características importantes do Sol. As práticas experimentais, mostradas nas sessões seguintes, destacarão conteúdos de calorimetria os quais estão diretamente ligados aos dispositivos propostos neste trabalho.

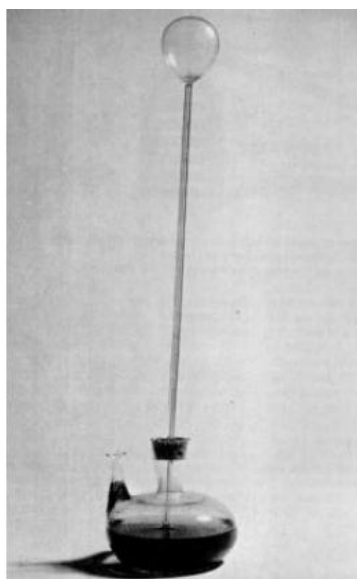
A calorimetria presente no forno solar e no secador solar explicam na prática os assuntos a seguir:

- Termômetros
- Escalas termométricas
- Os processos de propagação do calor
- Quantidade de calor sensível
- Quantidade de calor latente.

2.1 Termômetros

Segundo Anacleto (2007) os primeiros termômetros inicialmente denominados termoscópios, surgiram na idade média e sua criação é atribuída a Galileu Galilei (1564-1642). Seu funcionamento consistia apenas em verificar se a temperatura estava ou não variando, sendo verificado, a partir da altura da água colorida, contida em um bulbo (ver figura 04).

Figura 04 – TERMÔMETRO DE GALILEU GALILEI



FONTE: Temperatura e sua medição, p.73.

Quando passaram a graduar o termoscópio em uma escala adequada, surgiu então, o termômetro, que é o instrumento utilizado para verificar a temperatura.

Daniel Gabriel Fahrenheit (1686 – 1736) foi o primeiro a utilizar mercúrio. Isso diminuiu consideravelmente às dimensões dos termômetros facilitando o seu manuseio. Seus trabalhos foram primordiais para o desenvolvimento da moderna termometria Pires et al (2006).

Atualmente, por conter um material muito tóxico e nocivo ao meio ambiente, os termômetros de mercúrio vêm sendo substituídos por modelos digitais ou de radiação infravermelha.

A figura 05 mostra a evolução dos termômetros, com o passar do tempo, desde o termômetro de mercúrio aos modelos de radiação infravermelha.

Figura 05 – MODELOS DE TERMÔMETROS, DE MERCÚRIO (ESQUERDA), DIGITAL (CENTRO) E INFRAVERMELHO (DIREITA)



Fonte: <http://www.guiaspraticas.com/equipamiento-medico/termometros-clinicos>

Além de não oferecer riscos à saúde, outra vantagem dos termômetros de infravermelho, segundo Anacleto (2007), é que estes termômetros não necessitam a espera para que se atinja o equilíbrio térmico entre o corpo e o termômetro, pois suporta medições de temperatura elevada e pode medir a temperatura de materiais corrosivos, bem como medir a temperatura de um sistema móvel, já que os sensores estão acoplados ao próprio termômetro.

2.2 Escalas Termométricas.

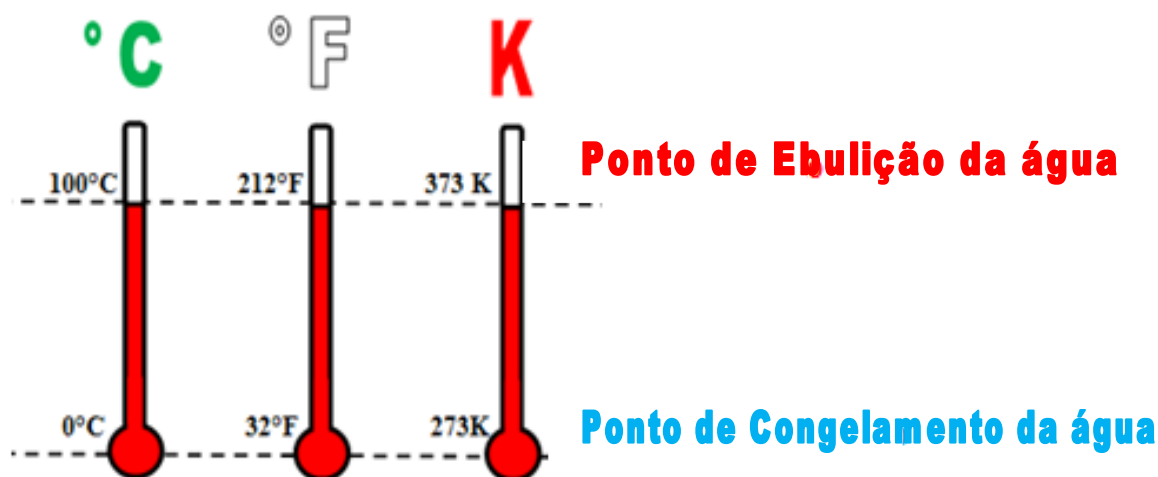
Com o surgimento do termômetro muitos países utilizavam uma escala própria. Segundo Pires et al (2006) essa enorme quantidade de escalas termométricas foi proposta e aceita ao longo do século XVIII. Isso dificultava enormemente a interpretação de resultados obtidos de

um país a outro. Dessa maneira, só na Europa, em 1778, tinha-se referência de 27 escalas em uso

Nos livros didáticos são apresentadas três escalas principais. A figura 06 mostra as três escalas de temperaturas, com os seus respectivos pontos de congelamento e ebulição da água, sendo elas:

- Celsius ($^{\circ}\text{C}$)
- Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$)
- Kelvin (K)

Figura 06 – PONTOS FIXOS DAS ESCALAS TERMOMÉTRICAS



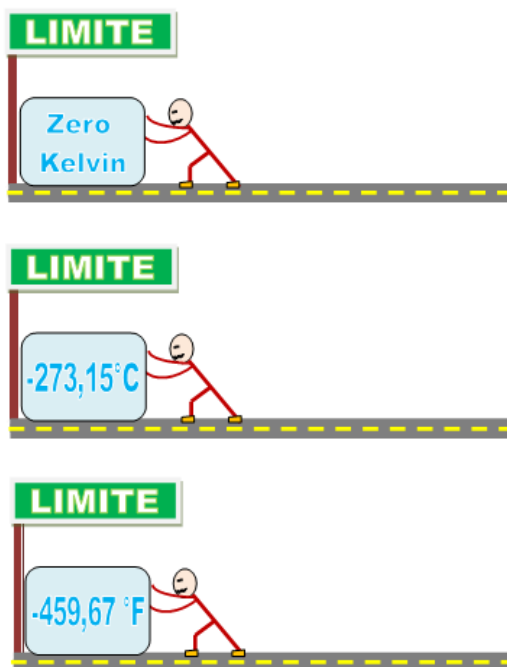
Fonte: Arquivo do Pesquisador

Halliday, Resnick e Krane (2010) distingue cada uma das escalas com suas respectivas peculiaridades, enfatizando que no mundo científico, utiliza-se a escala Kelvin. Em quase todos os países do mundo, a escala mais utilizada é a escala Celsius. E nos Estados Unidos, a escala mais comum é a Fahrenheit.

Dentre as escalas citadas, a escala Kelvin é a única que não apresenta o símbolo ($^{\circ}$), pois está associada ao zero absoluto, onde a temperatura de zero kelvin indica o estado mínimo de energia.

Na figura 07 são mostrados os limites mínimos de temperatura nas escalas Celsius, Kelvin e Fahrenheit.

Figura 07 – LIMITE MÍNIMO DE TEMPERATURA NAS DIFERENTES ESCALAS TERMOMÉTRICAS



Fonte: Arquivo do Pesquisador

A escala Kelvin não apresenta valores negativos.

2.2.1 Conversão entre as Escalas Termométricas.

Para cada par de escalas é possível encontrar uma fórmula de conversão. A equação 01 mostra a relação entre as escalas Celsius e Fahrenheit.

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \quad 01$$

Onde T_C caracteriza a temperatura Celsius e T_F caracteriza a temperatura Fahrenheit.

A partir da figura 06, podemos encontrar a fórmula relacionando a variação de temperatura, das escalas Celsius (ΔT_C) e Fahrenheit (ΔT_F), ver equação 02.

$$\frac{\Delta T_C}{5} = \frac{\Delta T_F}{9} \quad 02$$

A equação 02 indica que a variação de 1°C corresponde a uma variação de $1,8^\circ\text{F}$.

Por apresentarem divisões de 100 partes entre o ponto de Congelamento e o Ponto de Ebulição, as escalas Celsius e Kelvin apresentam a mesma variação de temperatura como descrito na equação 03.

$$\Delta T_C = \Delta T_K \quad 03$$

Portanto uma variação de 1°C corresponde a uma variação de 1K.

Podemos encontrar também as conversões entre as escalas Kelvin e Celsius, como mostrado na equação 04.

$$T_C = T_K - 273 \quad 04$$

As variações entre as escalas Celsius e Kelvin são iguais, porque entre o ponto de ebulição e o ponto de fusão essas escalas são

divididas em 100 partes. Dessa forma, uma variação de 1°C corresponde a 1K.

Substituindo a equação 04 na equação 01 podemos estabelecer uma fórmula de conversão entre as escalas Kelvin e Fahrenheit como indicado na equação 05.

$$\frac{T_K - 273}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \quad 05$$

No Forno Solar que será montado na sessão quatro deste livro, o termômetro a ser utilizado está graduado na escala Celsius.

2.3 Os Processos de Propagação do Calor.

Para ocorrer as variações de temperatura ou mudança de fase é necessário que um corpo receba ou ceda calor. Citaremos aqui nesta sessão, três processos de propagação de calor.

- Condução Térmica
- Convecção Térmica
- Radiação Térmica

2.3.1 Condução Térmica

A condução térmica é um dos processos de transferência de calor que consiste no transporte de energia ao longo de um condutor térmico, mas sem ocorrer à movimentação das moléculas ao longo do condutor (figura 08).

Figura 08 – PROPAGAÇÃO DO CALOR AO LONGO DE UMA BARRA



Fonte: Arquivo do Pesquisador

A propagação da energia está relacionada com o coeficiente de condutibilidade. Os metais em geral são bons condutores térmicos. Borracha, madeira e plástico, por serem maus condutores de calor, podem ser chamados de isolantes térmicos.

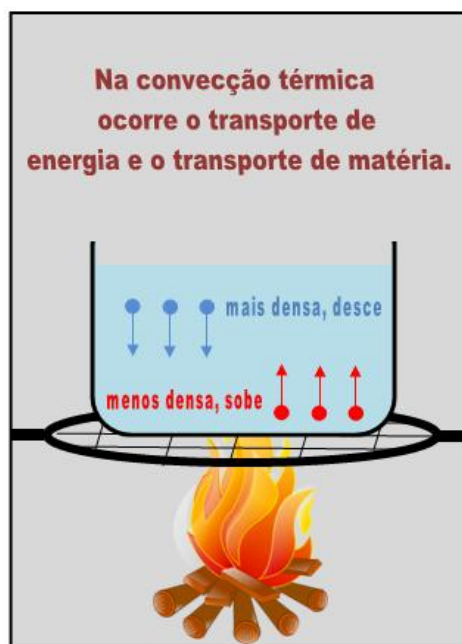
As moléculas mais próximas da fonte de calor transferem a energia ao longo da barra através da grande agitação que sofre. Essa agitação é transferida para as moléculas vizinhas, até que toda a barra esteja totalmente aquecida.

Uma das condições necessárias para ocorrer a condução térmica é a existência de um meio material. Portanto, no vácuo, não existe transferência de calor por condução térmica.

2.3.2 Convecção Térmica

A convecção térmica é um processo de transferência de calor, que ocorre nos fluidos em geral (líquidos ou gases). Nesse processo acontece a transferência de energia com a mudança de posição do fluido (figura 09).

Figura 09 – CONVECÇÃO TÉRMICA OCORRENDO EM UMA PORÇÃO DE ÁGUA EM PROCESSO DE AQUECIMENTO



Fonte: Arquivo do Pesquisador

Como descrito na figura 09, que essa diferença de densidade se dá pela expansão da porção de água que está mais próxima da fonte de calor. O mesmo é verificado com gases cujo ar mais quente sempre subirá em relação ao ar mais frio. Essa diferença de densidade explica a instalação de canos em alturas diferentes em sistemas de aquecimento da água, nas residências (figura 10).

Figura 10 – MODELO RESIDENCIAL DE APROVEITAMENTO SOLAR TÉRMICO.



Fonte: Arquivo do Pesquisador

Na figura 10 é possível observar que a tubulação que sai do reservatório em direção a placa e a tubulação que retorna novamente ao reservatório apresentam níveis diferentes de instalação. Isso se deve a diferença de densidade da água. Um modelo caseiro similar ao apresentado na figura 10 pode ser construído utilizando caixas de leite longa vida, canos pintados na cor preta e garrafas pet.

2.3.3 Radiação Térmica

Dos processos de propagação de calor, vistos até o momento, a radiação térmica pode ocorrer independentemente da existência de matéria. Sendo, portanto o único processo de transmissão de calor, que pode ocorrer no vácuo (ver figura 11).

Figura 11 – ENERGIA DO SOL CHEGA ATÉ A TERRA POR RADIAÇÃO TÉRMICA



Fonte: Arquivo do Pesquisador

A radiação eletromagnética se propaga no vácuo com uma velocidade aproximada de 300.000 km/s. Materiais de cores mais escuras possuem uma capacidade maior de absorção de energia em relação aos meios mais claros ou reflexivos, ver figura 12.

Figura 12 – COMPORTAMENTO DOS RAIOS SOLARES EM MEIOS CLAROS E ESCUROS.



Fonte: Arquivo do Pesquisador

Nas realizações dos experimentos observar-se-á a utilização de cores escuras para facilitar a absorção de calor, bem como a utilização de papel alumínio que tem um alto poder reflexivo.

2.4 Quantidade de Calor Sensível e Calor Latente

Segundo Ben-Dov (1996) o calor é uma vibração dos átomos que compõem a matéria. Assim, a temperatura representa a intensidade dessas vibrações e uma transferência de calor é uma propagação da energia entre corpos com diferentes temperaturas.

Esse calor recebido ou cedido por um sistema pode se apresentar do tipo sensível ou latente.

2.4.1 Quantidade de Calor Sensível

Um corpo ao receber calor ou ceder calor sofre uma variação no estado de agitação das partículas. Essa alteração indica que o corpo sofreu uma variação de temperatura. Nesse caso dizemos que o corpo recebeu ou cedeu calor sensível. O calor sensível pode ser encontrado através da equação 04.

$$Q_s = m \cdot c \cdot \Delta\theta \quad 04$$

Onde **m** corresponde à massa a ser utilizada e deve ser transformada em gramas.

A grandeza **c** corresponde ao calor específico, característico de cada substância. Seu significado físico corresponde a quantidade de calor na qual o corpo deve receber ou ceder, para que 1 grama dessa substância sofra uma alteração de 1 grau Celsius.

A variação de temperatura $\Delta\theta$ é determinada em grau Celsius.

A figura 13 mostra uma situação em que o corpo (recipiente com água) está recebendo calor sensível.

Figura 13: TIRINHA CALOR SENSÍVEL



Fonte: Arquivo do Pesquisador

Observe na figura 13 que o corpo (representado pelo recipiente com água) ao receber calor sensível (representado pela fogueira) sofre uma **alteração na temperatura**. Porém com o estado físico da água **permanecendo constante**.

O aumento de temperatura se dará até que se atinja a próxima mudança de fase. Isto será explicado na próxima sessão.

A quantidade de calor sensível Q_s é dada em calorias (cal), mas no Sistema Internacional de Unidades o valor apresentado é em Joules (J).

Segundo Halliday (2013) essa unidade (J) foi decidida pela comunidade científica em 1948, sendo então a mesma unidade da energia. A “caloria” usada pelos nutricionistas, às vezes, é chamada de Caloria (Cal) e é equivalente a uma quilocaloria (1 kcal).

A relação entre a caloria e o joule é:

$$1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$$

2.4.2 Quantidade de Calor Latente

Vimos que ao sofrer variação de temperatura o corpo pode estar recebendo ou cedendo calor sensível. Para a situação em que um corpo sofra alteração de seu estado físico, dizemos que um corpo pode estar recebendo ou cedendo calor latente.

O calor latente pode ser apresentado através da equação 05.

$$Q_l = m \cdot L \quad 05$$

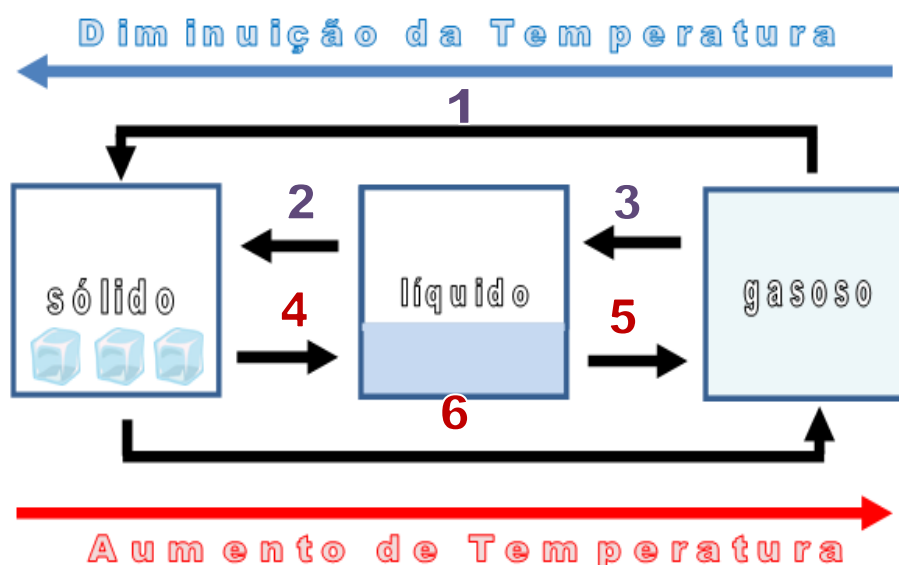
Onde **m** corresponde à massa a ser utilizada e deve ser transformada em gramas.

A grandeza **L** corresponde ao calor específico latente, e indica a quantidade de calor que o corpo deve receber ou ceder para que 1 grama da substância sofra alteração do seu estado físico.

A quantidade de calor latente **Q_L** é dada em calorias (cal), mas no Sistema Internacional de Unidades o valor apresentado é em Joules (J).

Como mostrado na figura 14 cada mudança de estado físico representa uma situação de receber ou ceder calor, onde:

Figura 14 – MUDANÇAS DE ESTADO FÍSICO DA MATÉRIA



Fonte: Arquivo do Pesquisador

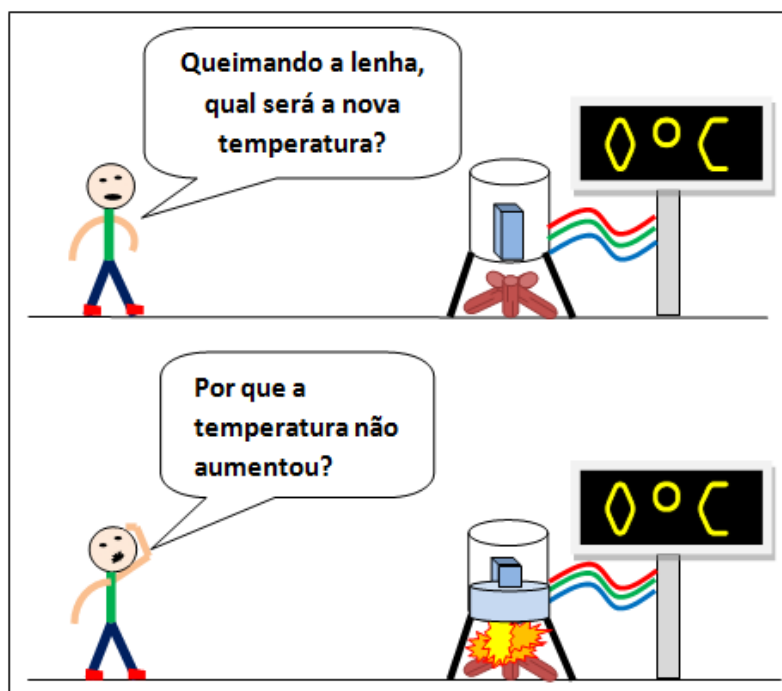
As mudanças de estado físico recebem as denominações a seguir:

1. Sublimação (Gasoso para o Sólido)
2. Solidificação (Líquido para o Gasoso)
3. Liquefação ou Condensação (Gasoso para o Líquido)
4. Fusão (Sólido para o Líquido)
5. Vaporização (Líquido para o Gasoso)
6. Sublimação (Sólido para o Gasoso)

Em 1, 2 e 3 para ocorrer a mudança de estado físico é necessário que o corpo ceda calor; em 4, 5 e 6 a mudança de estado físico ocorre com o corpo recebendo calor.

Observe a figura 15. Levantando o questionamento sobre a situação na qual o personagem, ao desconhecer o significado de calor latente não entende por que a temperatura permanece constante.

Figura 15: TIRINHA CALOR LATENTE



Fonte: Arquivo do pesquisador

O personagem não se deu conta que o corpo (representado pelo recipiente com o gelo) ao receber calor latente (representado pela fogueira) sofre uma **alteração apenas no estado Físico**.

A indicação nas placas mostra que, quando o corpo recebe calor latente, a temperatura do corpo **permanece constante**.

3. Fogão Solar

Segundo Teixeira (2017) o homem soube aproveitar de maneira sábia e sustentável a energia ecológica. Dentre as várias formas de aproveitamento, destacam-se o aquecimento de água (coletores solares), geração direta de energia elétrica (painéis foto voltaicos-corrente contínua para armazenamento em baterias) e fogão/forno solar.

A maneira de como o alimento é aquecido vai diferenciar os modelos de fogões/fornos solares. Os modelos de fogão solares mais comuns são do tipo:

- Painel
- Parabólico
- Caixa

3.1 Fogão tipo Painel

Em um fogão solar do tipo painel, o funcionamento é baseado nas reflexões da luz solar. Segundo o site fogãosolar.net, as paredes compostas de papelão reciclado podem ser cobertas com superfícies reflexivas como papel alumínio, folhas de alumínio polido ou poliéster metalizado de alto índice.

A figura 16 mostra um desses modelos de fogão solar.

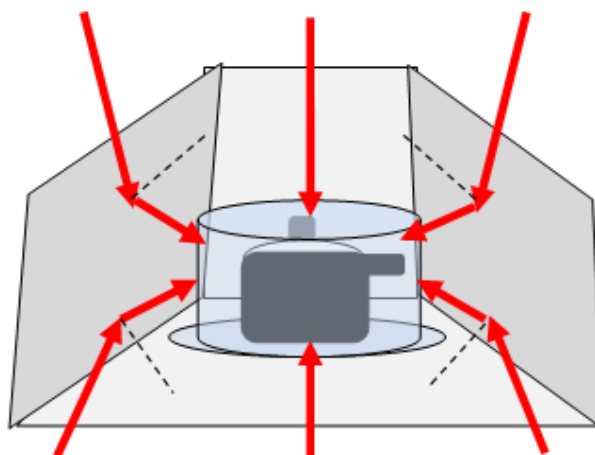
Figura 16 - FOGÃO SOLAR, MODELO PAINEL.



FONTE: http://www.fogaosolar.net/Tipos_fogoes.html

Na figura 17 temos um esquema dos raios solares refletidos que se concentram na região onde está localizada a panela, a qual deve apresentar cor escura e pode ser coberta com um recipiente de vidro. Isso retém o calor em seu interior por mais tempo.

Figura 17 – ILUSTRAÇÃO DO FOGÃO SOLAR MODELO PAINEL.



FONTE: Arquivo do Pesquisador

Por se tratar de superfícies planas e polidas, as reflexões ocorridas nas paredes do fogão solar são do tipo reflexão regular como mostrado na figura 17.

Os raios incidentes ao serem refletidos nas paredes do forno solar são direcionados para a panela. A linha tracejada corresponde à reta normal que é perpendicular com a superfície refletora.

Segundo Teixeira (2017), esse modelo de fogão solar é o mais indicado para a esterilização de germes e a cocção da água abaixo do calor latente, por atingir temperaturas que se aproximam dos 100°C.

3.2 Fogão Parabólico

Na imagem a seguir, temos um modelo de fogão solar o qual pode ser montado com a utilização de materiais que permitam um maior aproveitamento da luz solar. O princípio de funcionamento do fogão solar, mostrado na figura 18, consiste na utilização de uma superfície refletora parabólica, onde essa superfície apresenta um formato côncavo, pois esse formato facilita a concentração dos raios incidentes no fundo da panela.

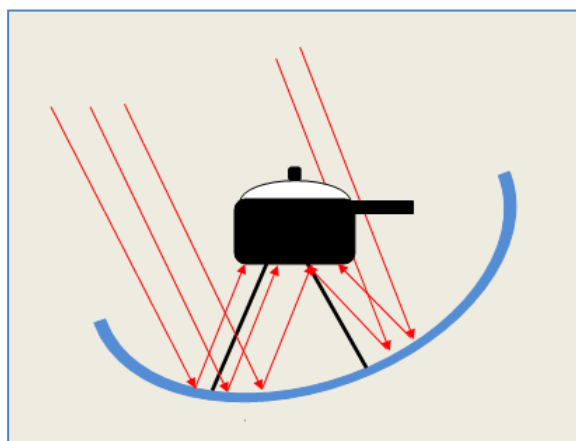
Figura 18 - FOGÃO SOLAR, MODELO PARABÓLICO.



Fonte: <https://www.consuladodebolivia.com.ar/wp-content/uploads/2017/01/PROYECTO-GANADOR.jpg>

A seguir é mostrado, detalhadamente, como se dá o aquecimento do alimento, nesse modelo de fogão solar. Observe que, na figura 19, os raios luminosos ao incidirem na superfície refletora, sofrem uma reflexão, sendo então direcionados para a panela. Nessa superfície refletora, podem ser utilizados espelhos, papel laminado, lâminas de inox ou alumínio, devendo essas últimas serem bem polidas.

Figura 19 – ESQUEMA DE INCIDÊNCIA DOS RAIOS SOLARES EM UM FOGÃO SOLAR DE MODELO PARABÓLICO.



FONTE: Arquivo do Pesquisador

Para que o aquecimento seja eficaz é necessário que a panela esteja localizada no foco dessa superfície parabólica côncava. Para um melhor rendimento, a panela deve ter uma cor escura facilitando a absorção de energia.

Dos modelos apresentados, esse tipo de fogão é que possui maior efetividade por atingir elevadas temperaturas em seu ponto focal. Segundo Teixeira (2017), esse tipo de fogão pode atingir temperaturas

que chegam até a 350°C , e essa alta temperatura proporciona um menor tempo de cozimento.

O rendimento do fogão solar é potencialmente aumentado desde que a panela apresente cor escura e seja mantida com a tampa ou coberta por um recipiente de vidro. Dessa maneira impedirá que o ar quente em seu interior fuja.

3.3 Forno solar tipo Caixa

Um modelo bastante utilizado de forno solar é mostrado na figura 20. Seu princípio de funcionamento é fundamentado em um conceito análogo ao efeito estufa.

No próximo capítulo será apresentado um modelo similar de construção de um forno solar, seguindo os mesmos conceitos físicos apresentados nessa sessão.

Figura 20 – BOLO SENDO PREPARADO EM UM FORNO SOLAR.



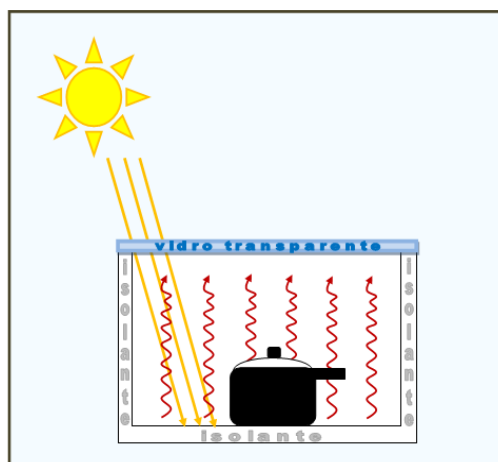
Fonte: <http://www.pensandoaocontrario.com.br/2013/07/cozinhando-com-o-sol-revolucao-dos.html>.

No efeito estufa, grandes concentrações de CO_2^2 ficam retidas na atmosfera, ocasionando um aumento de temperatura dentro da atmosfera terrestre. No esquema de forno solar (ver figura 20) o vidro acaba impedindo que o ar quente escape do interior da caixa, ocasionando que a temperatura no interior do forno solar seja aumentada.

O vidro utilizado no forno solar seria similar aos gases suspensos provenientes da queima de combustíveis. Esses gases, assim como o vidro, impedem a saída do ar quente, originando elevadas temperaturas no interior do forno solar e do planeta Terra, respectivamente. Como visto na sessão sobre os processos de propagação do calor, essa movimentação do ar quente (correntes de convecção) se dá pela menor densidade do ar quente em relação ao ar frio.

O isolante térmico, destacado na figura 21, pode ser isopor, o próprio ar ou a combinação de gesso e outros materiais que dificultam a saída o ar quente.

Figura 21 – ESQUEMA DE UM FORNO SOLAR



Fonte: Arquivo do Pesquisador

² CO_2 Dióxido de Carbono ou Gás Carbônico, formado por dois átomos de Oxigênio e um átomo de Carbono.

Na construção do forno solar, proposta na próxima sessão, o isolante térmico seria o próprio papelão da caixa de pizza, por apresentar ar em suas paredes.

4. Construindo um Forno Solar com materiais alternativos

A ideia de construção do forno solar se deu a partir de um modelo construído no canal MANUAL DO MUNDO³. Com algumas modificações, descreveremos aqui o processo de montagem e utilização.

4.1 Objetivo

Construir um forno solar utilizando materiais de fácil aquisição e relacionando materiais utilizados com os princípios físicos associados.

4.2 Justificativa

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino médio (PCNEM, 2000, p. 22), o ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. A prática experimental apresenta um grande potencial na construção do conhecimento, articulação de ideias e prática da pesquisa científica.

A montagem do forno solar poderá ser realizada em grupos (a quantidade a critério do professor).

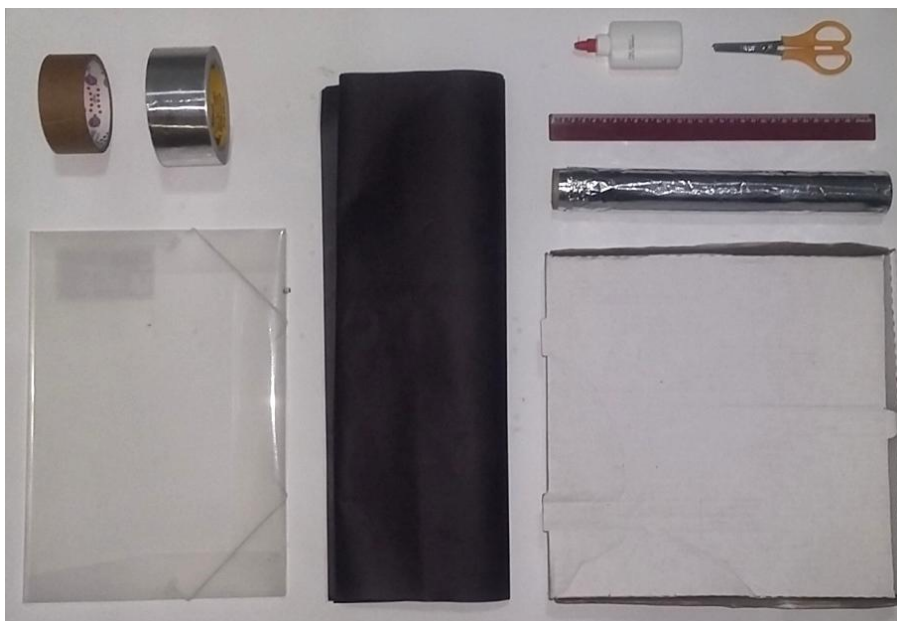
A Manual do Mundo Comunicação é uma produtora especializada em entretenimento educativo, em conteúdos que despertam a curiosidade e criatividade. Desde 2008 no mercado, está à frente do maior canal de ciência e tecnologia do YouTube Brasileiro, o Manual do Mundo.

4.3 Materiais

- 1 pasta (modelo escolar) transparente;
- 1 folha de papel Color Set cor preta;
- 1 tubo de cola branca;
- 1 fita gomada;
- 1 embalagem quadrada para pizza/salgados;
- 1 Tesoura;
- 1 Régua
- Folha de papel Alumínio
- Fita alumínio

Os materiais descritos são mostrados na figura 22.

Figura 22: MATERIAIS UTILIZADOS NA MONTAGEM DO FORNO SOLAR



Fonte: Arquivo do Pesquisador

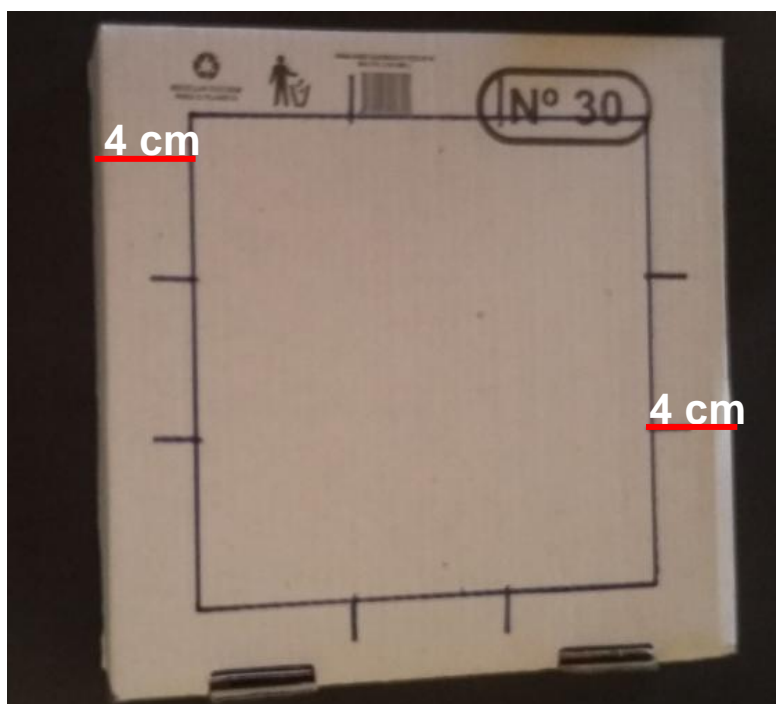
4.4 Montagem

Os processos de montagem foram divididos em oito etapas, que vão desde a marcação na caixa, até a temperatura máxima atingida do forno solar, após sua exposição a radiação solar.

Passo 1:

Marcar na caixa, utilizando lápis ou caneta, os locais onde serão realizados os cortes na caixa. Utilizou-se uma caixa em formato quadrado com 30 centímetros de lado. As marcações distam quatro centímetros da borda da caixa, como mostrado na figura 23.

Figura 23: MARCAÇÕES NA CAIXA, ONDE SERÃO REALIZADOS OS CORTES.

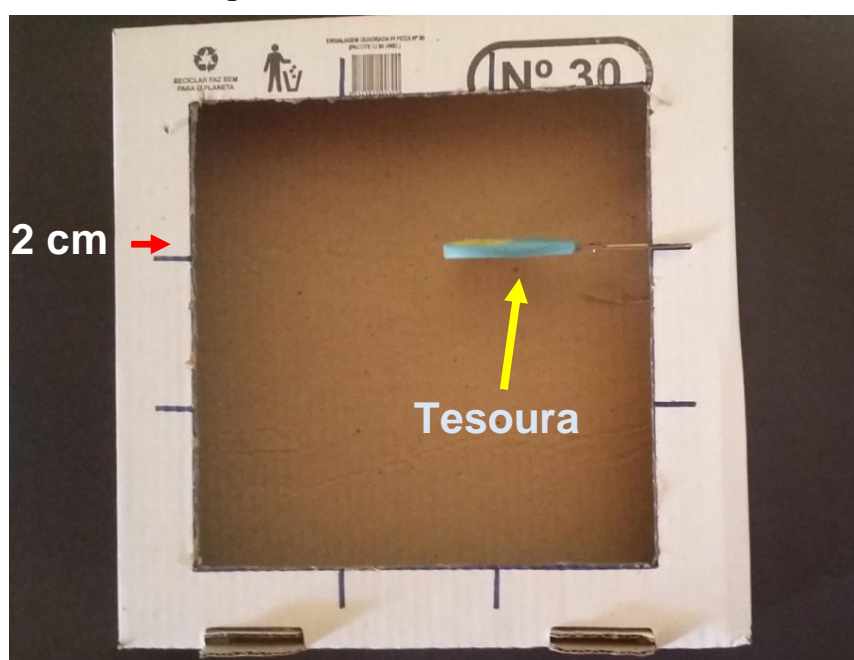


Fonte: Arquivo do Pesquisador

Passo 2:

Após a marcação, cada lado da caixa deve ser dividido em três partes iguais. Para isso, em cada lado foram feitas duas marcações com dois centímetros de comprimento. Nessas marcações você irá realizar o corte, para que a pasta escolar possa ser encaixada. Ver figura 24.

Figura 24: CAIXA CORTADA.



Fonte: Arquivo do Pesquisador

Passo 3.

Depois de realizado o corte na caixa, chega o momento de encaixar a pasta transparente no forno solar. Essa pasta terá a função de permitir a entrada da luz do sol e impedir que o ar aquecido no interior da caixa se propague para o meio exterior.

Figura 25: MANEIRA DE ENCAIXAR A PASTA NA CAIXA, VISTA EXTERNA. IMAGEM REAL A ESQUERDA E ILUSTRAÇÃO À DIREITA



Fonte: Arquivo do Pesquisador

Figura 26: MANEIRA DE ENCAIXAR A PASTA NA CAIXA, VISTA INTERNA.



Fonte: Arquivo do Pesquisador

Passo 4.

Após o encaixe da pasta escolar na caixa, cobre-se tanto a parte interna, quanto a parte externa com fita gomada, ver figuras 27 e 28.

Figura 27 - FITA GOMADA COBRINDO A PARTE INTERNA, ONDE FOI FEITO O ENCAIXE ENTRE A PASTA E A CAIXA.



Fonte: Arquivo do Pesquisador

Figura 28 - FITA GOMADA COBRINDO A PARTE EXTERNA, ONDE FOI FEITO O ENCAIXE ENTRE A PASTA E A CAIXA.



Fonte: Arquivo do Pesquisador

Passo 5.

Após o encaixe do plástico transparente, devem-se cobrir as laterais e a parte superior da caixa, utilizando quatro tiras de papel preto, com dimensões de 09 centímetros de largura por 30 centímetros de comprimento, como mostrado na figura 29.

Figura 29 – TIRAS DE PAPEL COLOR SET PARA COBRIR AS LATERAIS E PARTE SUPERIOR DA CAIXA.



Fonte: Arquivo do Pesquisador

Passo 6.

Depois do corte das tiras de papel, fazer a colagem das tiras no forno solar, como mostrado na figura 30.

Figura 30 – TIRAS DE PAPEL COLOR SET COLADAS NO FORNO SOLAR.



Fonte: Arquivo do Pesquisador

Passo 7.

O interior do forno solar deve-se, cobrir com papel laminado. Isso irá dificultar que o calor seja dissipado rapidamente, como mostrado na figura 31.

Figura 31: PAPEL LAMINADO COLADO NO INTERIOR DO FORNO SOLAR



Fonte: Arquivo do Pesquisador

Passo 8.

Após a colagem do papel laminado no interior do forno solar, deve-se cobrir, internamente, o fundo do forno solar com papel preto.

Figura 32: PAPEL PRETO COLADO NO FUNDO INTERNO DO FORNO SOLAR

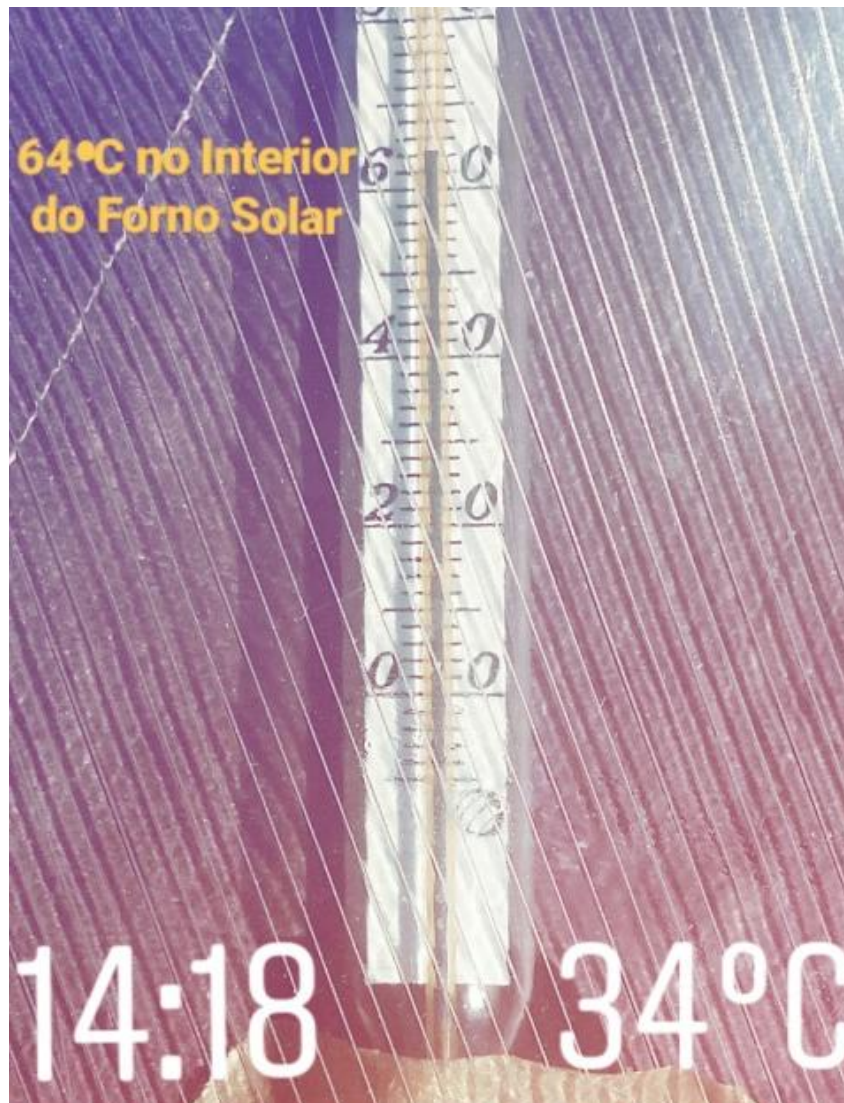


Fonte: Arquivo do Pesquisador

Passo 9.

Em um forno semelhante ao que você acabou de montar, a temperatura máxima registrada foi de 64°C (Figura 33).

Figura 33 – TEMPERATURA MÁXIMA ENCONTRADA NO FORNO SOLAR



Fonte: Arquivo do Pesquisador

O forno solar está pronto. Agora vamos trabalhar em algumas atividades.

4.5 EXERCÍCIOS

1. O termômetro utilizado na fotografia da capa deste livro está graduado em $^{\circ}\text{C}$. Qual a temperatura está indicando? Qual o valor desta mesma temperatura em Kelvin?
2. Utilizando um termômetro, verifique a temperatura ambiente, a hora do dia e deixe o termômetro no interior do forno solar, por 10 minutos. Qual a variação de temperatura encontrada? Qual seria essa variação nas escalas Celsius e Fahrenheit?
3. Com essa variação de temperatura (ver figura 33), qual a quantidade de calor seria necessária para aquecer uma massa de 50 gramas de água? (calor específico da água $1,0 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$).

4. Qual a importância da utilização do papel alumínio no forno solar?

.....
.....
.....
.....
.....

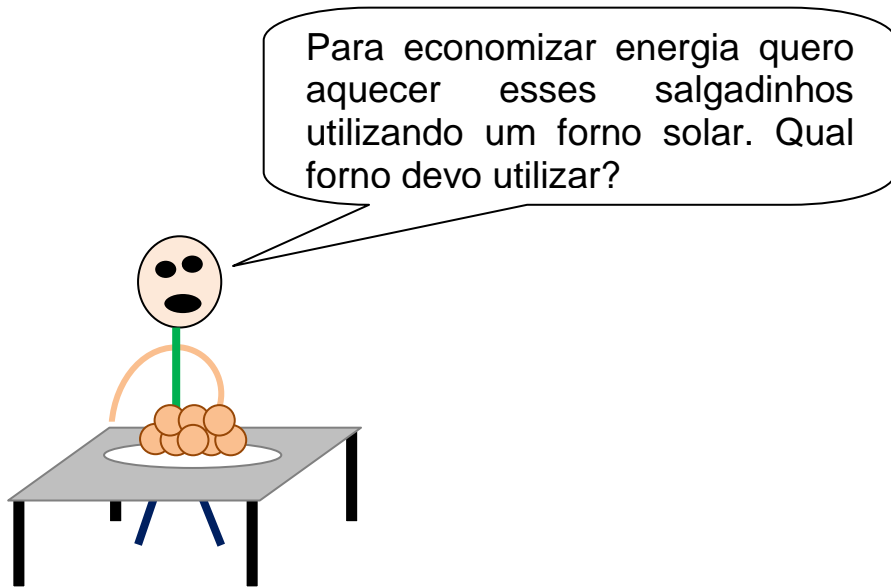
5. Que relações podem ser estabelecidas entre o forno solar e o efeito estufa?

.....
.....
.....
.....
.....

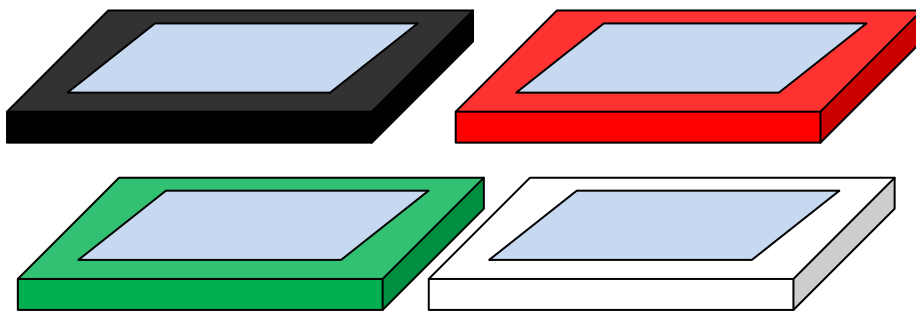
6. Qual a importância da utilização do papel preto? Teria alguma diferença, se o papel utilizado fosse branco? Justifique.

.....
.....
.....
.....

7. Observe a tirinha abaixo:



Diante do questionamento do personagem, circule abaixo qual forno solar é o mais indicado para aquecer os salgados.



Justificativa

.....

.....

.....

.....

8. Que outro tipo de atividade você pode realizar utilizando o forno solar?

.....

.....

.....

.....

5. Secador solar.

Dentre os processos de propagação do calor citados anteriormente, em um secador solar, como mostrado na figura 34, a convecção térmica é bem explícita, devido às aberturas na parte superior e inferior da caixa de isopor. Essas aberturas facilitam a evaporação da água contida no alimento a ser desidratado.

Figura 34 – DESIDRATADOR SOLAR



Fonte: <https://i.pinimg.com/originals/5b/99/d9/5b99d934b9792ce3e97412a1d38564b7.jpg>.

Evangelista (2005), em seu livro Alimentos – um estudo abrangente conceitua esses alimentos da seguinte maneira:

Os alimentos dessecados se distinguem por sua perda de água e concentração de nutrientes; essa redução de água eleva a pressão osmótica do produto, impedindo a multiplicação dos microorganismos possuidores de grande atividade aquosa.

Estes alimentos recebem tratamento de secagem por processos natural e artificial.

A secagem natural é feita ao sol e a artificial (desidratação) se realiza em equipamentos por meio de calor, umidade relativa e velocidade de ar controlada.

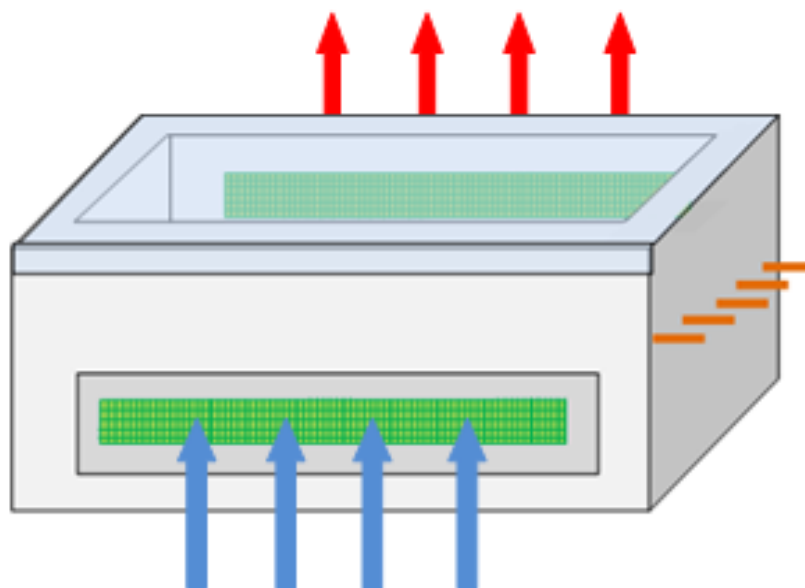
Os produtos dessecados ao sol, manipulados em nosso meio, se constituem de frutas (pêssego, ameixa, uva), pescados (peixes, camarões) e carne bovina (charque, carne de sol) e animais de caça. Destes alimentos, somente o charque é produzido em nosso país em escala comercial. (EVANGELISTA, JOSÉ 2005, p. 88).

Como citado por Evangelista, muitos alimentos podem ser dessecados. Para a atividade proposta serão utilizados tomates e maçãs, pela facilidade de acesso a esses alimentos.

Segundo Celestino (2010) o uso de antioxidantes do tipo, ácido ascórbico (vitamina C) e cítrico prolongam a vida útil dos produtos desidratados, e o alimento com tendência ao escurecimento deve ser imerso por 2 minutos em uma mistura desses oxidantes para o alimento se manter com aspecto claro.

No esquema mostrado na figura 35, é mostrada a movimentação da entrada e saída de ar no secador caseiro.

Figura 35 – ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DE UM SECADOR SOLAR



Fonte: Arquivo do pesquisador

As setas em azul indicam a entrada do ar mais frio pela abertura inferior do secador, e as setas em vermelho indicam a saída do ar mais quente. Essas correntes de convecção irão facilitar que a água contida no alimento evapore, deixando o desidratado.

Segundo Feiden et al, (2015) a técnica de conservação de frutas através da retirada de água ocorre por meio do calor, que pode ter como origem a radiação solar ou ser produzido artificialmente.

6. Construindo um secador Solar com materiais alternativos

Quando as condições de temperatura, umidade e de corrente de ar durante a secagem são controladas isso proporciona uma maior, qualidade do produto final. O controle desses parâmetros é o que diferencia um desidratador solar de um secador solar. Como não termos o controle dos parâmetros citados anteriormente, utilizamos o termo secador solar.

6.1 Objetivo

Construir um secador solar utilizando materiais de fácil aquisição e relacionando os materiais utilizados com os princípios físicos associados.

a. Justificativa

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino médio (PCNEM, 2000, p. 22), o ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. A prática experimental apresenta um grande potencial na construção do conhecimento, articulação de ideias e prática da pesquisa científica.

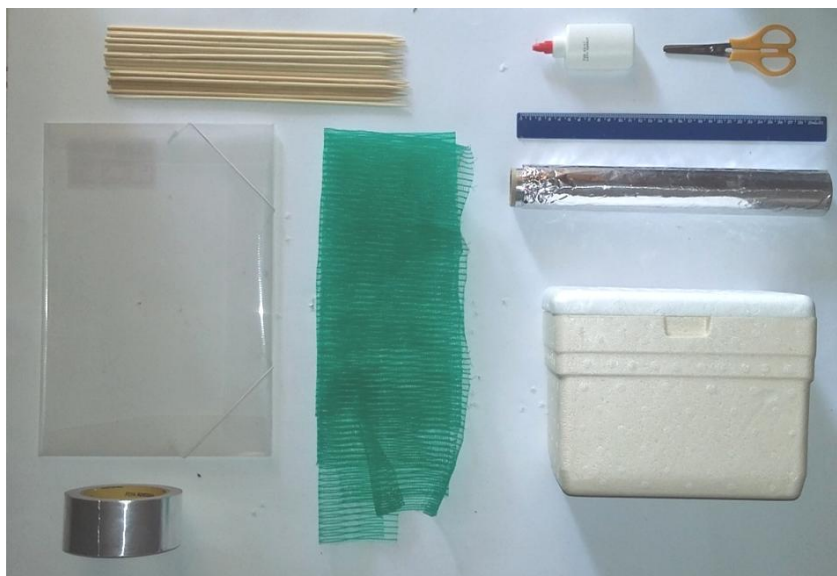
A montagem do secador solar poderá ser realizada em grupos (a quantidade a critério do professor). Durante a realização da atividade o professor pode realizar alguns questionamentos:

b. Materiais

- Caixa de Isopor
- Silver Tape
- Papel Alumínio
- Palito de Madeira usado para churrasco
- Cola Branca
- Tela
- Tesoura
- Pasta Escolar transparente

Os materiais descritos são mostrados na figura 36.

Figura 36 - MATERIAIS UTILIZADOS PARA A MONTAGEM DO SECADOR SOLAR.



Fonte: Arquivo do Pesquisador

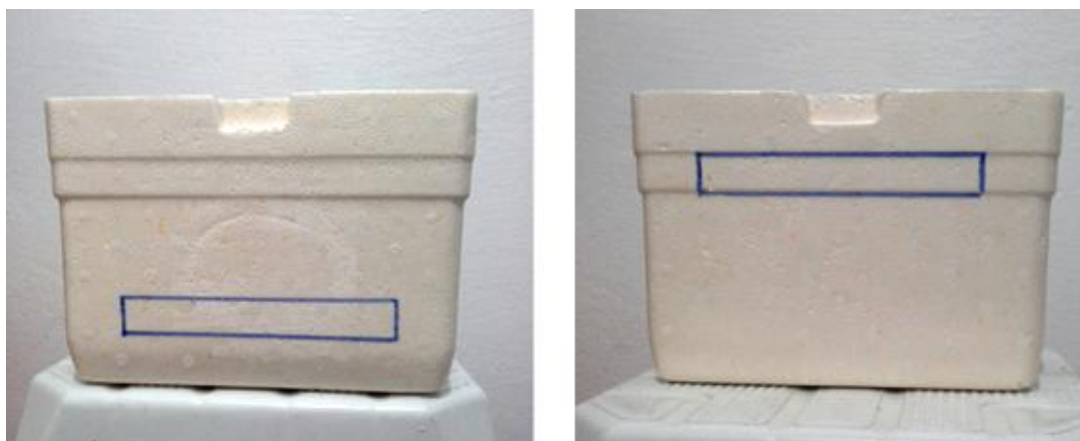
6.4 Montagem

A montagem do secador solar, foi dividida em 5 etapas, que incluem desde as marcações na caixa de isopor, até o uso do alimento a ser desidratado.

Passo 1:

Marcar na caixa de isopor dois retângulos com 15 centímetros de base e 2 centímetros de altura. Os retângulos devem ser marcados em lados opostos da caixa de isopor, sendo um deles na parte inferior, e outra marcação na parte superior, como mostrado na figura 37.

Figura 37 – CAIXA DE ISOPOR COM AS MARCAÇÕES QUE SERVIRÃO COMO ENTRADA E SAÍDA DE AR



Fonte: Arquivo do Pesquisador

Passo 2:

Após as marcações mostradas na figura 37, deve se realizar o corte e cobrir toda a caixa de isopor internamente, utilizando papel alumínio, ver figura 38.

Figura 38 – CAIXA DE ISOPOR COM OS CORTES REALIZADOS E COM O PAPEL ALUMÍNIO COLADO NO INTERIOR DA CAIXA.



Fonte: Arquivo do Pesquisador

Passo 3

Com o papel alumínio colado, pegue os palitos utilizados para churrasco e fure a caixa de isopor (utilizando os próprios palitos de madeira). Fixe-os de maneira que os palitos fiquem localizados entre as duas aberturas (ver figura 39).

Figura 39 – CAIXA DE ISOPOR COM OS PALITOS FIXADOS

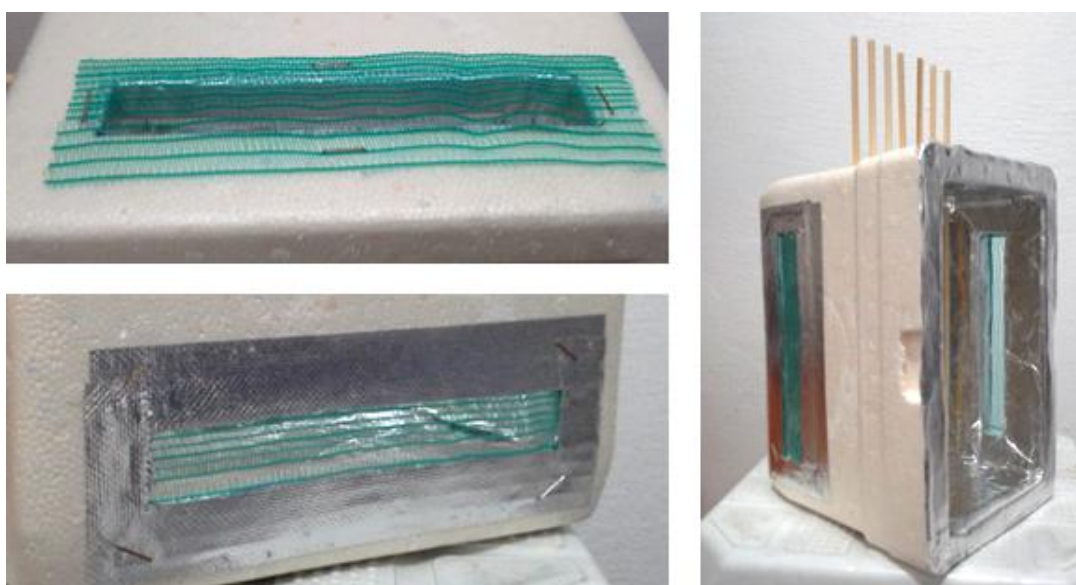


Fonte: Arquivo do Pesquisador

Passo 4.

Depois de fixados os palitos, chegou o momento de colar a tela nas aberturas que foram feitas no isopor (ver figura 40). Essa tela é utilizada para evitar que insetos entrem na caixa e venham a contaminar o alimento que está sendo desidratado. Utilize a silver tape e grampos (não utilizados) para colar a tela com mais eficácia

Figura 40 – TELAS COLADAS NAS ABERTURAS



Fonte: Arquivo do Pesquisador

Passo 5.

Para finalizar a montagem do forno solar, faça um corte na pasta escolar com um tamanho maior que a tampa do isopor. Esta pasta deve ser colada como mostrado na figura 41. Utilize a silver tape para manter a tampa fechada após colocar o alimento.

Figura 41 - TAMPA DE PASTA ESCOLAR, COLADA NO SECADOR.



Fonte: Arquivo do Pesquisador

Para esse modelo que você acabou de montar, usaram-se fatias de tomate cortadas em pequenas espessuras para serem desidratados (figura 42).

Figura 42 – TOMATES A SEREM DESIDRATADOS PELO SECADOR SOLAR.



Fonte: Arquivo do Pesquisador

Após 5 horas de exposição, os tomates foram desidratados, como mostrados na figura 43.

Figura 43 – FATIAS DE TOMATE ANTES E APÓS O PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO



Fonte: Arquivo do Pesquisador

Na figura 43 foram mostradas duas fatias de tomate, antes e após o processo de secagem. A água retirada pode ser determinada pela diferença de massa entre as fatias antes e após a secagem.

6.5 EXERCÍCIOS

1. Pesquise sobre a diferença entre a Evaporação, Ebulição e Calefação.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Por que as aberturas do secador são feitas em alturas diferentes? A qual processo de propagação de calor está relacionada essa diferença de alturas?

.....

.....

.....

.....

.....

3. Se os palitos fossem fixados muito próximos, isso dificultaria o funcionamento do secador? Justifique sua resposta.

.....

.....

.....

.....

.....

4. Vamos ajudar nossa amiga, no questionamento a seguir:



Qual a fatia deve ser utilizada para que a secagem ocorra de maneira mais uniforme? Não esqueça de justificar a resposta.

.....

.....

.....

.....

.....

Referências

ANACLETO, A. M. C., Temperatura e sua medição, Dep. De Física, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2007.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio) (PCNEM): Parte III: Ciências da Natureza: Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2000.

CARVALHO, A. M. P. et. al, Calor e Temperatura: um ensino por investigação. Ana Maria Pessoa de Carvalho, organizadora - São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

CELESTINO, SÔNIA MARIA COSTA. Princípios de Secagem de Alimentos. - Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA A ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO (CRESESB). Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CEPEL, 1999.

ENEL.: Enel inicia construção no Brasil da maior usina de energia solar da América Latina. Disponível em: < <https://www.enel.com.br/pr/midia/press/d201703-enel-inicia-construo-no-brasil-da-maior-usina-de-energia-solar-da-amrica-latina.html> > acesso em 02 de novembro de 2017.

EVANGELISTA, José.; Alimentos: um estudo abrangente: nutrição, utilização, alimentos especiais e irradiados, coadjuvantes, contaminação, interações. São Paulo: Editora Atheneu, 2005.

FEIDEN, Adriana; FEIDEN, Alberto; GALVANI, Fábio; CAMPOLIN, Aldalgiza; Desidratação de Frutas Utilizando Secador Solar. Disponível em
<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139108/1/COT98.pdf>> acesso em 19 de março de 2018.

LIRA, Marcos Antonio Tavares. Sistemas híbridos para o fornecimento de energia elétrica na comunidade Roça de Baixo, Paulistana (PI) / Marcos Antonio Tavares Lira. – Teresina: 2015.

HALLIDAY, RESNICK, WALKER. Fundamentos de Física. Vol. 2. 9 ed. – Rio de Janeiro: Editora LTC, 2009

HINRICHS, Roger A.; KLEINBACH, Merlin; DOS REIS, Lineu Belico. Energia e Meio Ambiente. Tradução técnica: Lineu Belico dos Reis, Flávio Maron Vichi, Leonardo Freire Mello. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

MANUAL DO MUNDO; Como construir um forno solar com caixa de pizza. Disponível em

<<http://www.manualdomundo.com.br/2014/09/como-fazer-forno-solar-com-caixa-de-pizza/>> acesso em 12 de abril de 2017.

MARQUES, Nelson L. R., ARAÚJO, Ives S. Física térmica Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2009.

MOREIRA, Marco Antônio. Teorias de aprendizagem. 2 ed. São Paulo: E.P.U., 2015.

PIRES, D. P. L.; Afonso, J. C.; Chaves, F. A. B.; Do termoscópio ao termômetro digital: quatro séculos de termometria, Quím. Nova, 29 (6), 2006.

PITTON, Sandra Elisa Contri.: Prejuízos ambientais do consumo sob a perspectiva geográfica. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/n9brm/pdf/ortigoza-9788579830075-05.pdf>> Acesso em: 15 de outubro de 2017.

TEIXEIRA, Michael Hermann Garcia. O FOGÃO/FORNO SOLAR NO ENSINO FUNDAMENTAL: a física enculturada e contextualizada. Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar – RECEI. Mossoró, v.3, n.9, 2017.