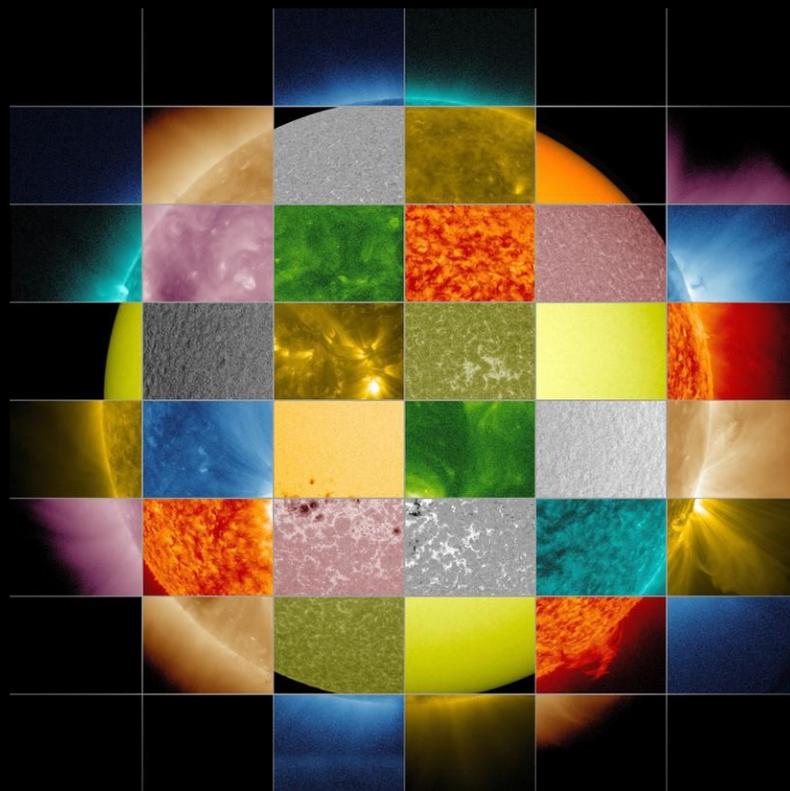


SANTIAGO MAIA GIL
GERMANO PINTO GUEDES
MARILDO GERALDÊTE PEREIRA

ENERGIA SOLAR

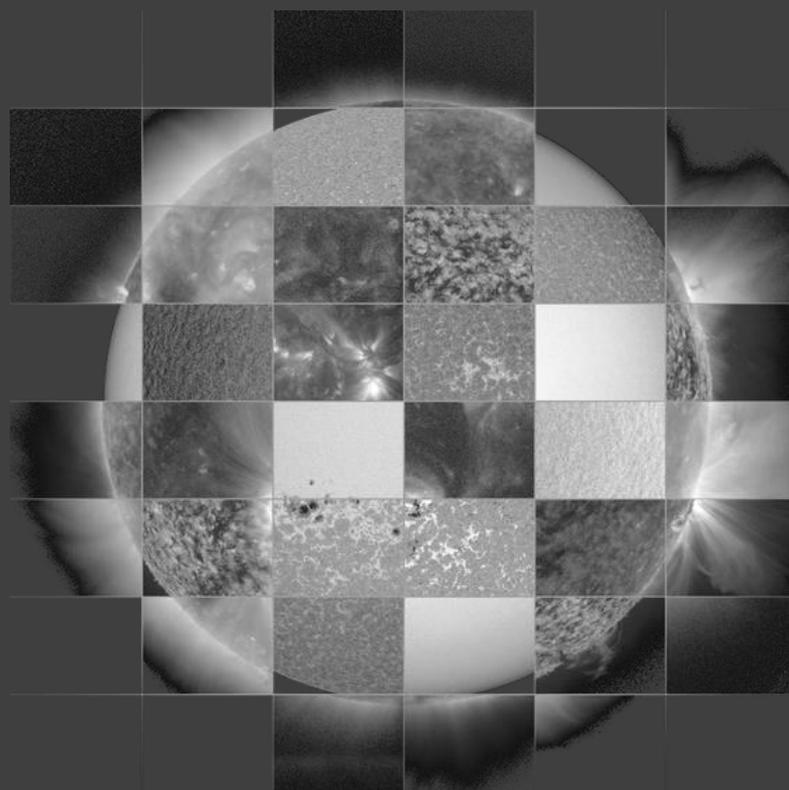
MANUAL DE CONSTRUÇÃO DE KITS DIDÁTICOS PARA O ENSINO
MÉDIO



SANTIAGO MAIA GIL
GERMANO PINTO GUEDES
MARILDO GERALDÊTE PEREIRA

ENERGIA SOLAR

MANUAL DE CONSTRUÇÃO DE KITS DIDÁTICOS PARA O ENSINO
MÉDIO



Sobre a imagem da capa:

O mosaico de imagens do Sol é proveniente do *Solar Dynamics Observatory* (SDO) da NASA, e apresenta observações do Sol em diferentes comprimentos de onda. Isso ajuda a evidenciar diferentes aspectos da superfície e da atmosfera solar. (A colagem também inclui imagens de outros instrumentos do SDO).

Ficha Catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

G392c Gil, Santiago Maia

Energia solar: manual de construção de kits didáticos para o ensino Médio / Santiago Maia Gil, Germano Pinto Guedes, Marildo Geraldete Pereira. – 2023.
82 f.: il.

Produto educacional apresentado ao Mestrado Profissional em Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana, 2023.

1. Ensino de Física. 2. Energia solar – fotovoltaica e fototérmica.
3. Educação tecnológica. 4. Ensino Médio. I. Título. II. Guedes, Germano Pinto. III. Pereira, Marildo Geraldete.

CDU 53:37.02

AUTORES

SANTIAGO MAIA GIL

DR. GERMANO PINTO GUEDES

DR. MARILDO GERALDÊTE PEREIRA

DIAGRAMADOR

SANTIAGO MAIA GIL

ILUSTRADOR

SANTIAGO MAIA GIL

SOBRE OS AUTORES

SANTIAGO MAIA GIL

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (2016);
Especialista em Gerenciamento de Obras pela Faculdade de Guanambi (2017);
Mestrando em Astronomia pela Universidade Estadual de Feira de Santana (2023);
Professor efetivo do Instituto Federal da Bahia (IFBA);

GERMANO PINTO GUEDES

Bacharel em Física pela Universidade Federal da Bahia (1991);
Mestre em Física Aplicada à Medicina e Biologia pela Universidade de São Paulo (1997);
Doutor em Engenharia Nuclear pela COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro (2003);
Pós-Doutorado no Instituto Weizmann de Ciência, Israel (2005);
Professor Pleno da Universidade Estadual de Feira de Santana;

MARILDO GERALDÊTE PEREIRA

Bacharel em Física pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UFRJ, 1990);
Mestre em Astrofísica pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 1994);
Doutorado em Astrofísica pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (1998);
Pós-Doutorado no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2000);
Professor Titular da Universidade Estadual de Feira de Santana.

APRESENTAÇÃO

Utilizar a energia proveniente do Sol é uma das alternativas mais promissoras para enfrentarmos os desafios do novo milênio: o esgotamento dos combustíveis fósseis e a agressão do meio ambiente. Essa preocupação é inevitável já que estamos percebendo as mudanças climáticas causadas pela ação humana. O Sol é uma fonte radiante de energia, renovável e está disponível em abundância na maior parte do planeta.

A energia solar pode ser aplicada em diferentes escalas, desde sistemas de geração de energia para residências até grandes usinas centralizadas. Além disso, pode ser usada para aquecer água, alimentar sistemas de iluminação pública, refrigerar ambientes, dessalinizar água e produzir energia elétrica para satélites em órbita da Terra. Pesquisas também têm sido investidas no desenvolvimento de novos materiais e dispositivos. Em resumo, a energia solar é uma alternativa viável e necessária para a transição para uma matriz energética mais sustentável.

Este documento é um produto educacional resultante da pesquisa intitulada "Conceitos e Aplicações da Energia Solar para o Ensino Médio", desenvolvida no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Com ele, promoveremos a disseminação das novas tecnologias nos ambientes educacionais, como uma proposta de educação tecnológica dentro do Ensino Médio, focada em temas atuais relacionados à energia solar. Portanto, este material é especialmente direcionado a professores que atuam neste nível de ensino.

Este livro é estruturado em duas partes: a primeira é uma introdução teórica, concebida para proporcionar embasamento sobre o tema; a segunda é um manual dedicado à construção de kits didáticos. Boa leitura e agradecemos pelo seu interesse e nos sentimos gratos pela oportunidade de contribuir para o avanço da educação científica e tecnológica.

Os autores.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1.1 O SOL	12
Viagem ao interior do Sol	13
Produção de energia do Sol	13
A Natureza da radiação solar	16
Decifrando Elementos Químicos com a Espectroscopia	17
1.2 A IRRADIÂNCIA SOLAR NA SUPERFÍCIE DA TERRA	21
Atividade Solar	21
Distância entre o Sol e a Terra	22
Movimentos Relativos do Sistema Sol-Terra	23
A Atmosfera Terrestre e a Radiação Solar	27
Condições climáticas	29
1.3 O POTENCIAL DA ENERGIA NO BRASIL	33
1.4 O EFEITO FOTOVOLTAICO	35
1.5 O EFEITO FOTOTÉRMICO	39
Absorção de Radiação	39
Emissão de Radiação	39
1.6 BÔNUS PARA O PROFESSOR	42
2. MANUAL DE CONSTRUÇÃO	43
2.1 MINI CONCENTRADOR PARABÓLICO DIDÁTICO	44
Contextualização	44
A Física do Mini concentrador parabólico	45

Objetivos.....	46
Estratégias.....	46
Conceitos Físicos envolvidos.....	46
Materiais	46
Procedimentos.....	47
Sugestões para o professor.....	48
Perguntas	49
Experiências	50
2.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO – PAINEL DIDÁTICO.....	51
Contextualização	51
A física do aparato	51
Objetivos.....	54
Estratégias.....	55
Conceitos Físicos envolvidos.....	55
Materiais	55
Procedimentos.....	56
Sugestões para o professor.....	56
Perguntas	57
Experiências	58
2.3 MINISSISTEMA DE BOMBEAMENTO SOLAR	59
Contextualização	59
Objetivos.....	59
Estratégias.....	59
Conceitos Físicos envolvidos.....	59
Materiais	60
Procedimentos.....	61
Sugestões para o professor.....	61

	A Física do Aparato.....	62
	Perguntas	63
	Experiências	65
3.	KITS DIDÁTICOS COMERCIAIS	66
3.1	RADIÔMETRO DE CROOKES.....	67
	Contextualização	67
	Objetivos.....	67
	Estratégias.....	67
	Conceitos Físicos envolvidos.....	68
	Materiais	68
	Procedimentos.....	68
	A física do aparato	68
	Perguntas	69
	Experiências	71
3.2	ESPECTROSCÓPIO PORTÁTIL.....	72
	Contextualização	72
	Objetivos.....	72
	Estratégias.....	72
	Conceitos Físicos envolvidos.....	72
	Materiais	73
	Procedimentos.....	73
	A física do aparato	74
	Perguntas	76
	Experiências	77
3.3	MINICARRO SOLAR	78
	Contextualização	78
	Objetivos.....	78

Estratégias.....	78
Conceitos Físicos envolvidos.....	78
Materiais	79
Procedimentos e sugestões para o professor.....	79
A Física do Aparato.....	80
Experiências	80
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

INTRODUÇÃO

CONCEITOS BÁSICOS SOBRE A ENERGIA SOLAR PARA O ENSINO MÉDIO

Nesta seção, apresentamos uma introdução à energia solar. Esperamos que sirva como base para que você possa se aprofundar no conteúdo.

Conteúdos:

- O Sol
- Irradiância Solar
- Potencial da Energia Solar no Brasil
- Efeito Fotovoltaico e Fototérmico



1.1 O Sol

Ao amanhecer, podemos contemplar o surgimento do Sol no horizonte. A partir desse momento, recebemos luz e calor, marcando o início de mais um dia em nossas vidas. Com o passar das horas, a posição do Sol se aproxima cada vez mais do meio-dia local¹, momento em que atinge sua máxima potência radiante. Logo após, começa a declinar, fenômeno que conhecemos como ocaso ou pôr do sol.

Figura 1 - Os primeiros raios do Sol no horizonte.



Fonte: Canva educação (www.canva.com).

Compreender esse movimento aparente do Sol é fundamental para estudar o potencial da energia solar. Porém, antes de prosseguirmos, é necessário introduzir algumas grandezas físicas que permeiam este tema, consulte a Quadro 1.

Quadro 1 - Principais grandezas solarimétricas utilizadas na avaliação do recurso solar.

Grandeza Física	Símbolo	Unidade (SI)	Conceito
Irradiância	G	W/m ²	Fluxo incidente de energia ou potência radiante por unidade de área.
Irradiação	H ou I	J/m ²	Integração da irradiância ao longo do intervalo de tempo (H usado para valores diários e I para valores horários).

Fonte: Martins e Pereira (2019).

Nos próximos tópicos, apresentamos a anatomia do Sol e como a energia é produzida em seu núcleo.

¹ Meio-dia local é o momento em que o Sol atinge o ponto mais alto em seu trajeto aparente no céu de um lugar, ou seja, quando passa pelo meridiano do observador.

Viagem ao interior do Sol

O Sol, uma esfera incandescente de gás, possui uma estrutura interna composta por várias camadas, cada uma com suas próprias temperaturas e pressões. Além disso, cada uma dessas camadas distingue-se pela forma específica pela qual a energia é transferida, processo esse que envolve a transferência de massa e calor de um local para outro. Os detalhes estão apresentados na Caixa de Ferramenta 2-1, localizada no final desta seção.

As camadas do Sol incluem o Núcleo, a Zona Radiativa, a Zona Convectiva, a Fotosfera, a Cromosfera e a Coroa. A Figura 2 mostra a anatomia básica do Sol. Embora o brilho do Sol pareça constante e inalterado do nosso ponto de vista na Terra, ele, na verdade, possui um sistema dinâmico de campos magnéticos que se retorcem e causam eventos solares de poder quase inimaginável.

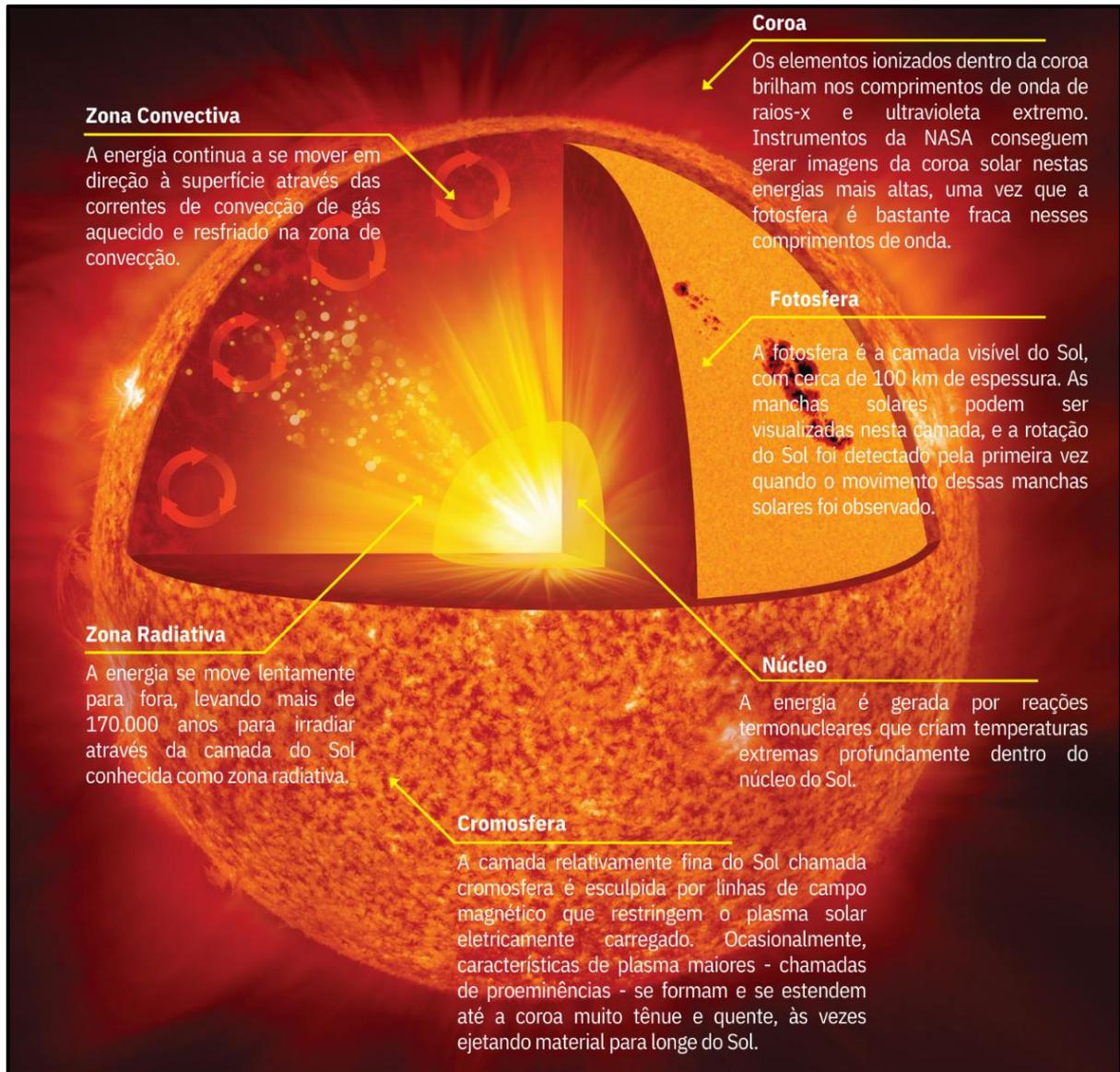
No interior do Sol, a parte da Zona Convectiva mais próxima à superfície gira mais rapidamente no equador e mais lentamente nos polos. Em contrapartida, a parte mais interna dessa zona, localizada logo acima da Zona Radiativa, gira mais lentamente no equador e mais rapidamente próximo aos polos. Essa diferença na taxa de rotação é considerada responsável pela formação dos campos magnéticos que desencadeiam uma dinâmica complexa, a qual ainda não foi totalmente compreendida.

Produção de energia do Sol

O mecanismo de produção para a energia radiante do Sol está em sua massa e é fruto da compressão dos núcleos de hidrogênio que leva à fusão nuclear com uma liberação de energia que promove uma expansão que por atração gravitacional repete o ciclo até a queima do combustível nuclear.

1.1 O Sol

Figura 2 - Anatomia do Sol.



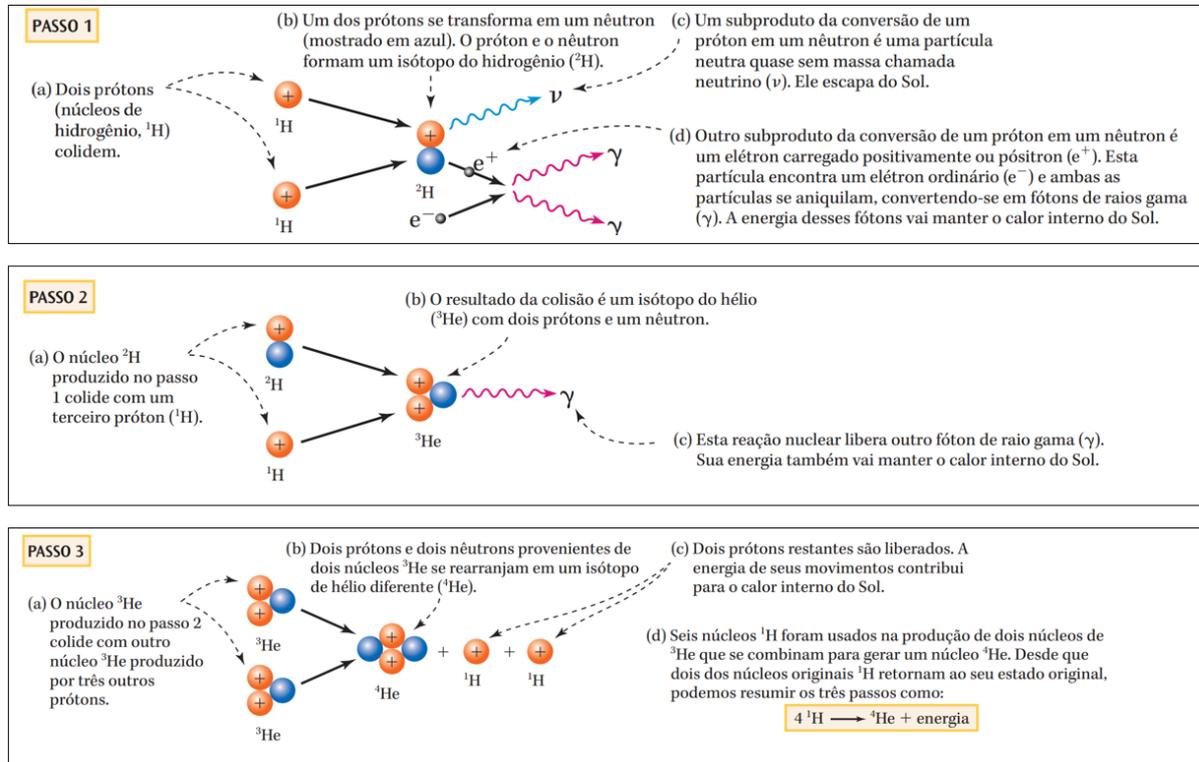
Fonte: Adaptado da NASA/Jenny Mottar², 2013.

A fusão de prótons de hidrogênio no interior do Sol normalmente ocorre por meio de uma sequência de etapas conhecida como cadeia próton-próton, veja a Figura 3. Cada uma dessas etapas libera energia que contribui para o aquecimento do Sol e confere a ele sua característica luminosidade.

² Disponível em: <https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/science/solar-anatomy.html>. Acesso em: 18 de junho de 2023.

1.1 O Sol

Figura 3 - Caminho mais comum para a fusão do hidrogênio no Sol. Esta sequência é chamada de cadeia próton-próton, ou cadeia PP.



Fonte: Comins e Kaufmann III, 2010.

Ao calcular a energia liberada durante a reação da cadeia próton-próton (PP), percebe-se que uma pequena fração (0,7%) da massa do hidrogênio não se integra à massa do isótopo de hélio. Essa massa é convertida em energia, conforme expresso na equação 1.1, proposta por Albert Einstein. Embora essa fração de massa seja pequena, a quantidade de energia liberada ao considerar todas as reações torna-se imensa. Estima-se que essa produção de energia continuará por pelo menos mais 5 bilhões de anos.

$$E = mc^2$$

Energia Massa

Velocidade da luz
(Constante)

Equação
1.1

Os fótons de raios gama produzidos no núcleo do Sol contrabalanceiam a força da gravidade exercida pela massa do Sol, resultando em um equilíbrio hidrostático. No entanto, a longa jornada da radiação até a superfície solar está repleta de obstáculos, resultando no alongamento de seu comprimento de onda. Por essa razão, o Sol emite radiação em todos os comprimentos de onda, embora predominantemente nas faixas do infravermelho, visível e ultravioleta do espectro eletromagnético. Para mais detalhes, consulte a Caixa de Ferramenta 2-2 no final desta seção.

A Natureza da radiação solar

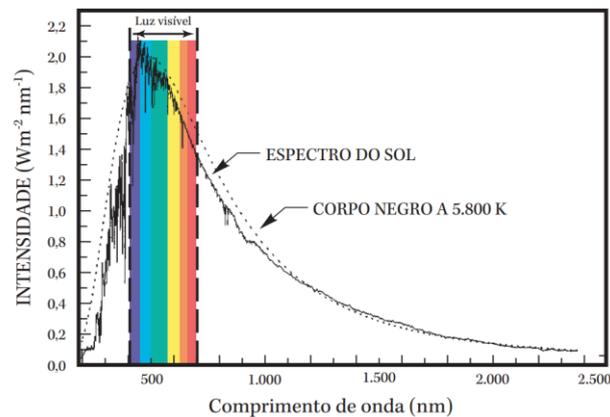
O Sol, como um corpo aquecido, emite radiação eletromagnética em todos os comprimentos de onda, mas com intensidades variáveis. Ao medir essas intensidades para cada comprimento de onda, obtemos o espectro de radiação solar, que mostra as regiões onde a radiação é mais intensa, conforme a Figura 4. Este gráfico pode ser modelado matematicamente como um Corpo Negro³ a uma temperatura de 5.800 K, o que sugere que essa seja a temperatura média da superfície do Sol.

O espectro de radiação do Sol não se alinha perfeitamente nem apresenta a mesma suavidade que a curva de emissão de radiação de um corpo negro. Essas discrepâncias podem ser atribuídas a vários fatores, incluindo a composição química do Sol e de sua atmosfera, além de outras complexidades inerentes à física solar.

³ A Radiação de Corpo Negro refere-se a um modelo teórico ou idealizado de um objeto que absorve e emite toda a radiação que incide sobre ele. Quando aquecido, esse objeto emite radiação cujas características dependem de sua temperatura. Esse conceito serve como base para a teoria da radiação térmica.

1.1 O Sol

Figura 4 – Comparação entre o espectro do Sol e o espectro de um Corpo Negro a 5.800 K. O espectro solar foi obtido no topo da atmosfera para minimizar os efeitos atmosféricos.



Fonte: Comins e Kaufmann III, 2010.

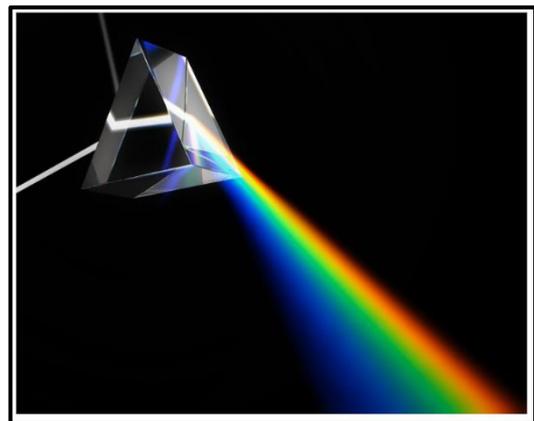
Decifrando Elementos Químicos com a Espectroscopia

Quando um feixe de luz branca passa através de um prisma de vidro ou uma rede de difração, a luz é separada em uma banda colorida como o arco-íris, formando o espectro visível da radiação.

Conforme elucidado por Comins e Kaufmann III (2010), o físico alemão Joseph von Fraunhofer, em 1814, realizou um estudo do espectro visível do Sol. Ele notou a presença de inúmeras linhas escuras finas, posteriormente denominadas linhas de absorção.

Essas linhas surgem quando determinados raios de luz, correspondentes a cores específicas, são absorvidos por gases situados entre o Sol e o observador.

Figura 5 - Decomposição da luz branca pelo prisma

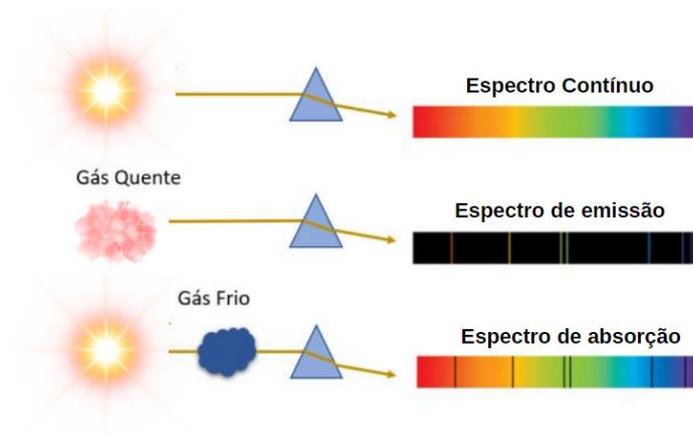


Fonte: Canva educação (www.canva.com).

1.1 O Sol

Os espectros de radiação podem ser classificados em duas categorias principais: discreto e contínuo. Além disso, eles podem ser de emissão ou de absorção. O espectro contínuo é emitido por corpos incandescentes, como uma lâmpada de filamento de tungstênio ou o Sol, que irradiam em todas as frequências. Em contraste, o espectro discreto é caracterizado por linhas de emissão ou absorção em frequências específicas, associadas às transições energéticas dos elétrons dentro dos átomos. O espectro de emissão ocorre quando os elétrons de um átomo se deslocam de um estado de energia maior para um menor, emitindo energia em comprimentos de onda específicos. Por último, o espectro de absorção ocorre quando os elétrons de um átomo absorvem energia e se movem para estados de energia mais elevados, causando linhas escuras no espectro contínuo nas frequências correspondentes. Cada elemento possui um padrão único dessas linhas de absorção, permitindo que sua presença seja identificada. Estes conceitos estão ilustrados na Figura 6.

Figura 6 – As três classificações do espectro visível da radiação.



Fonte: Saraiva et al. (2010).

O espectro solar, como vimos, fornece informações não apenas sobre sua temperatura, mas também sobre a composição química de sua atmosfera. Além disso, o que há entre o Sol e o observador na Terra influencia a radiação incidente. No próximo tópico, exploraremos os principais fatores que afetam a irradiância solar que alcança a superfície da Terra.

Caixa de Ferramenta 2-1

TRANSFERÊNCIA DE CALOR E DE MASSA

A **CONDUÇÃO** é um processo de transferência de calor que ocorre em sólidos ou entre partículas em contato direto. Nesse processo, as partículas mais energéticas e quentes transferem energia diretamente para as partículas vizinhas menos energéticas por meio de colisões e interações. A condução não envolve movimento de massa, mas sim a propagação de energia térmica. A taxa de condução de calor depende do material e de sua condutividade térmica.

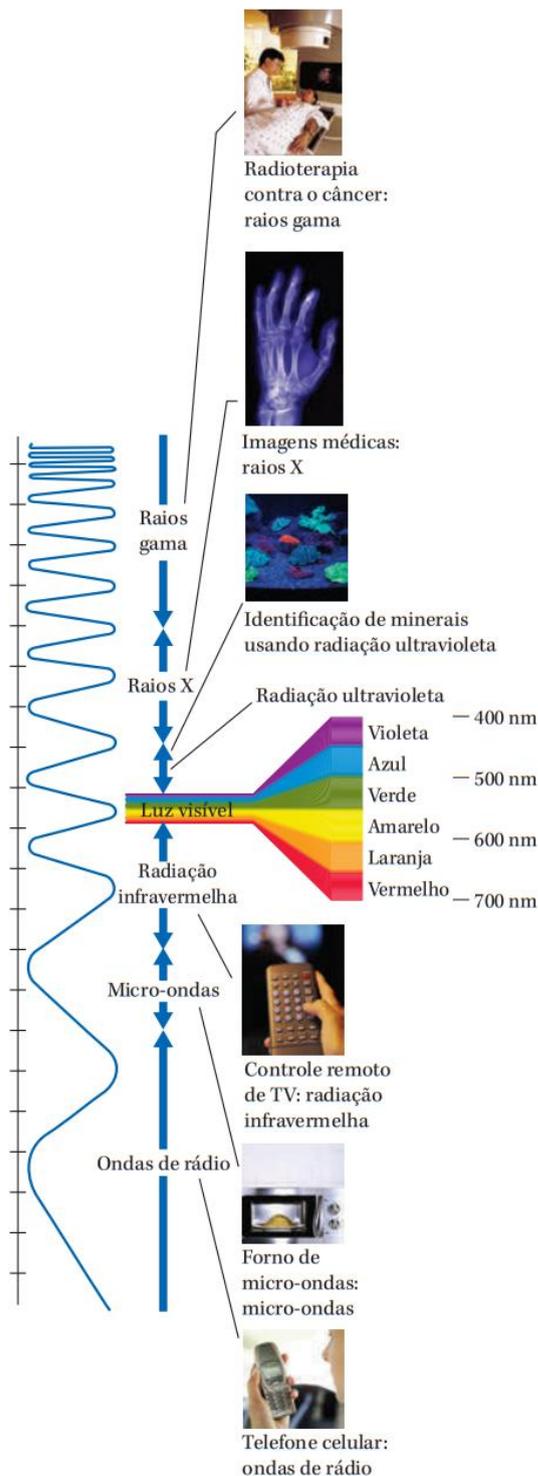
A **CONVECÇÃO** é um processo de transferência de calor em fluidos (líquidos e gases) que ocorre quando uma região mais quente do fluido se torna menos densa e sobe, enquanto a região mais fria e densa desce. Esse movimento contínuo cria correntes de convecção que redistribuem o calor no fluido. A convecção desempenha um papel importante em fenômenos naturais, como a circulação atmosférica e a transferência de calor no interior de estrelas, incluindo o Sol.

A **RADIAÇÃO** é um processo de transferência de calor que ocorre através de ondas eletromagnéticas, como a luz. Diferente da condução e da convecção, a radiação não requer um meio material para se propagar e pode ocorrer no vácuo. Todos os objetos com temperatura acima do zero absoluto emitem radiação térmica, sendo que o espectro de radiação depende da temperatura e das propriedades do objeto. Um exemplo comum de radiação é o calor do Sol que chega à Terra através do espaço, aquecendo a superfície do nosso planeta.

1.1 O Sol

Caixa de Ferramenta 2-2

ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO



A lista completa de todos os tipos de radiação eletromagnética é chamada espectro eletromagnético. Ele se estende desde o mais longo comprimento de onda das ondas de rádio até o mais curto comprimento de onda dos raios gama. A luz visível representa apenas uma pequena porção do espectro eletromagnético. Note que 1 μm (micrômetro) é 10^{-6} m e 1 nm (nanômetro) é 10^{-9} m. As figuras suplementares mostram como estamos usando hoje todas as partes do espectro eletromagnético aqui na Terra.

Fonte: Adaptado de Comins e Kaufmann III, 2010.

Diversos fatores influenciam na irradiância solar que chega até a superfície terrestre. Entre os principais estão a atividade solar, a distância e os movimentos relativos entre a Terra e o Sol, além da composição e condições da atmosfera terrestre. Discutiremos esses fatores em detalhes a seguir.

Atividade Solar

Segundo Echer et al. (2003), as manchas solares⁴ constituem um dos fenômenos mais interessantes para o estudo da atividade solar. Elas surgem devido ao intenso campo magnético do Sol e apesar de várias teorias buscarem explicar a origem dessas manchas, o modelo mais aceito atualmente propõe a existência de um dínamo solar⁵.

O Sol apresenta períodos em que a quantidade de manchas solares é mínima, chegando até mesmo a passar vários dias sem manchas visíveis. Em contrapartida, há momentos em que o número delas atinge seu máximo, para depois retornar ao mínimo, caracterizando assim um ciclo que se repete a cada 11 anos, conhecido como ciclo solar. Em geral, essas manchas solares estão concentradas em um cinturão equatorial que se estende entre as latitudes 35° Sul e 35° Norte.

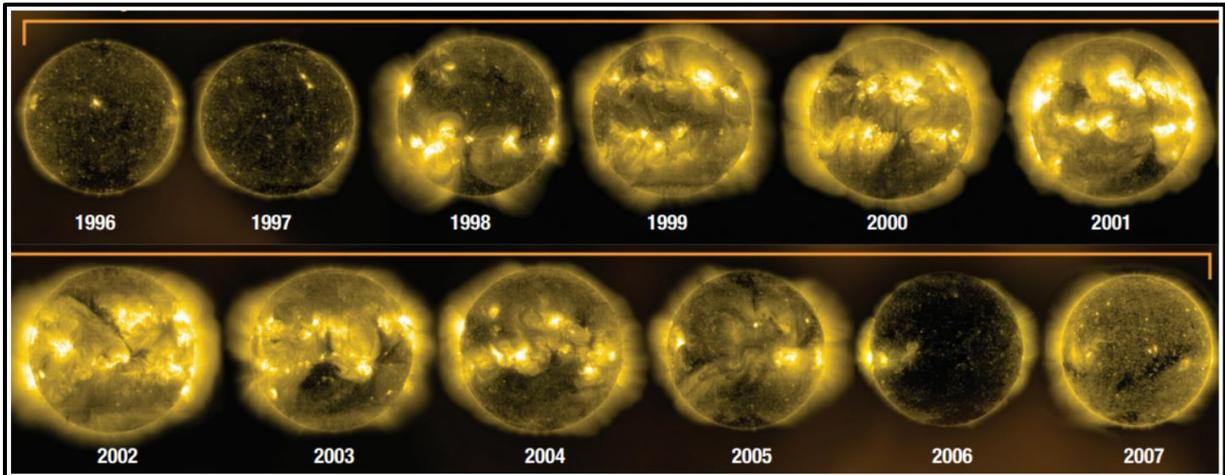
A espaçonave Observatório Solar e Heliosférico (SOHO) da NASA obteve uma quantidade de imagens do Sol que permitiu a visualização de um ciclo solar completo, tal como pode ser apreciado na Figura 7. As alterações na atmosfera solar, evidentes nas imagens, estão correlacionadas com o número de manchas solares visíveis, indicando a flutuação intrínseca da atividade solar ao longo do ciclo.

⁴ Manchas solares são áreas na superfície do Sol que possuem fortes campos magnéticos emergentes. Esses campos fazem com que a área esfrie ligeiramente, resultando em uma região mais escura em contraste com a fotosfera intensamente brilhante.

⁵ Dínamo Solar é o processo teórico pelo qual o campo magnético do Sol é gerado. De acordo com essa teoria, o movimento do plasma, carregado eletricamente, no interior do Sol cria e mantém o seu campo magnético.

1.2 A Irradiância Solar

Figura 7 - Imagens com detalhes da coroa inferior revelam um ciclo solar inteiro.



Fonte: Adaptado da NASA/Jenny Mottar , 2013.

No entanto, estudos como o realizado por Echer et al. (2003) indicam que, embora a atividade solar influencie a irradiância solar que chega à Terra e possa afetar o clima do planeta, este fator torna-se praticamente desprezível ao projetar sistemas que se beneficiam da energia solar.

Distância entre o Sol e a Terra

Imagine uma fonte de luz pontual que irradia de maneira isotrópica⁶. À medida que a distância desta fonte aumenta, o fluxo luminoso diminui. Esse comportamento pode ser descrito matematicamente pela Lei do Inverso do Quadrado, aplicada à luminosidade.

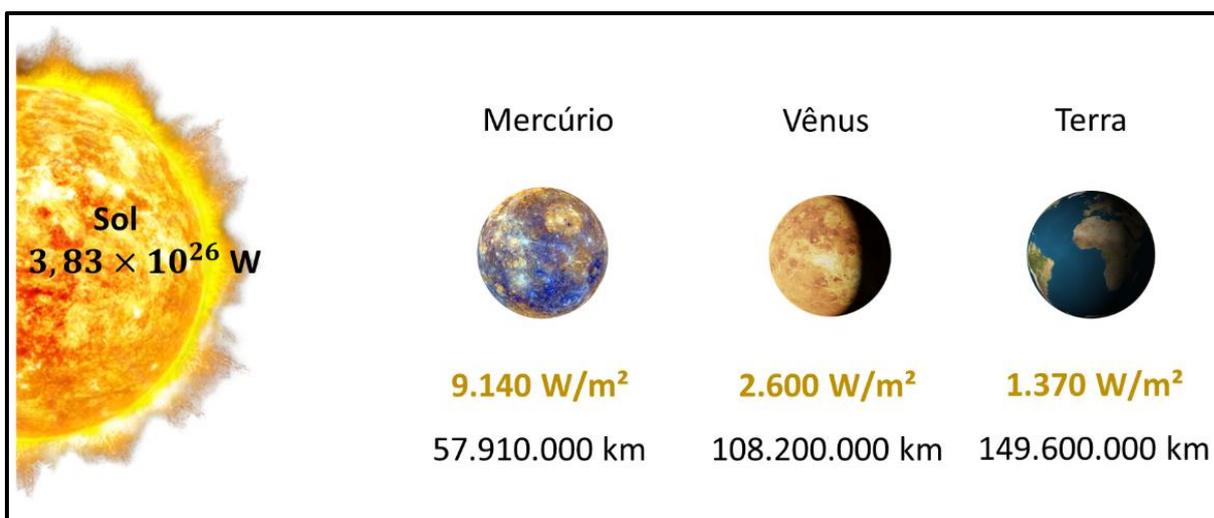
Por meio dessa lei podemos calcular a quantidade de energia que atinge a Terra, um valor conhecido como constante solar, que é aproximadamente $1.370,0 \text{ W/m}^2$. Esse valor experimenta variações devido à órbita elíptica da Terra - uma discussão que não

⁶ Fonte de luz isotrópica, em física, ocorre quando emite radiação com as mesmas propriedades em todas as direções.

1.2 A Irradiância Solar

abordaremos aqui - bem como devido à atividade solar. A Figura 8, apresenta a potência de irradiação do Sol e a irradiância nos planetas mais próximos.

Figura 8 - A irradiância solar nos planetas mais próximos do Sol. Observe que a potência de irradiação do Sol se dispersa sobre uma área cada vez maior à medida que a luz viaja pelo espaço.



Fonte: Os autores, Comins e Kaufmann III, 2010.

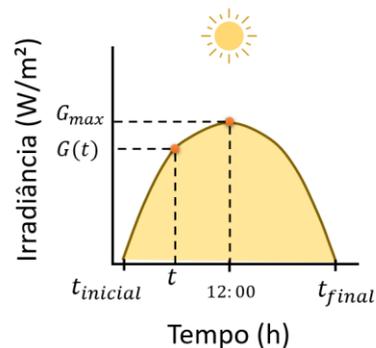
Embora a constante solar seja definida em relação à distância entre a Terra e o Sol, quando buscamos analisar um ponto específico na superfície da Terra, é necessário considerar como o movimento aparente do Sol no céu influencia a irradiância solar ao longo do dia ou do ano.

Movimentos Relativos do Sistema Sol-Terra

No amanhecer, notamos que o Sol sempre surge no lado leste e se põe no lado oeste. Esse movimento aparente do Sol ocorre devido à rotação da Terra em torno de seu próprio eixo. A Figura 9 mostra o perfil da irradiância solar ao longo de um dia. A área sob a curva, delimitada pelo eixo das abscissas, representa a irradiação solar total ao final de um dia ensolarado.

1.2 A Irradiância Solar

Figura 9 – Variação da irradiância solar durante um dia ensolarado. Observe que a marca de 12 horas corresponde ao meio-dia solar, momento em que o Sol cruza o meridiano local.



Fonte: Adaptado de Macena *et al.* 2016.

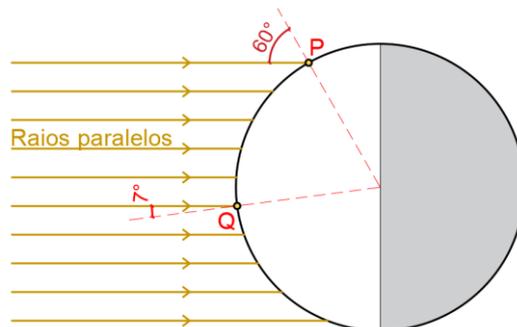
Com base no exposto, observa-se que a irradiância solar varia diariamente devido à rotação da Terra. No entanto, a configuração física do nosso planeta também influencia esse fator, ocasionando uma variação geográfica na energia solar incidente em diferentes locais da superfície terrestre.

A Terra possui um formato esférico, embora sua forma mais precisa seja a de um geoide⁷. Podemos considerar que os raios solares, quando chegam à Terra, são paralelos entre si, como ilustrado na Figura 10. Assim, cada latitude, em um dado momento, apresentará diferentes ângulos de incidência da radiação solar.

⁷ Geoide é a superfície física equipotencial do campo gravitacional da Terra que melhor se ajusta, em um sentido global, ao nível médio do mar não perturbado por marés e outras variações temporais.

1.2 A Irradiância Solar

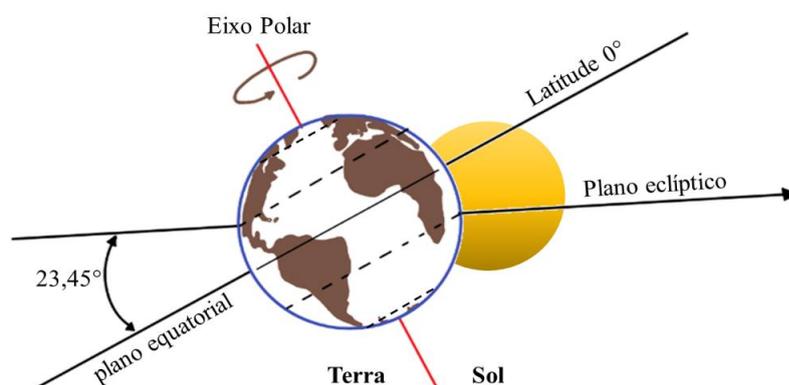
Figura 10 - Representação dos raios de luz solar paralelos incidindo sobre a superfície curva da Terra. Note que a incidência solar é mais intensa no ponto Q do que no ponto P, em virtude do menor ângulo em relação à vertical do local.



Fonte: Os autores.

Outro aspecto a ser levado em consideração é a inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao plano de sua órbita, como ilustrado na Figura 11. Esta inclinação, associada ao movimento de revolução da Terra ao redor do Sol, origina as mudanças das estações do ano e, conseqüentemente, influencia a variabilidade anual do recurso solar.

Figura 11 - Ilustração, fora de escala, da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao plano da órbita terrestre (Plano Eclíptico).

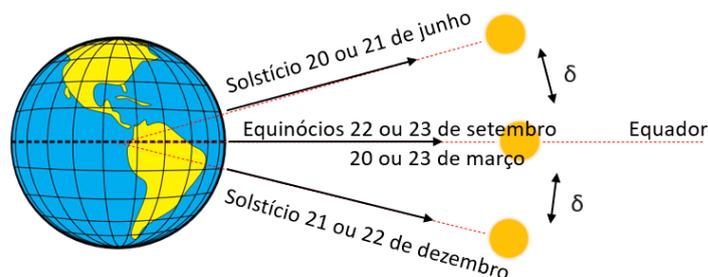


Fonte: Os autores.

1.2 A Irradiância Solar

Devido à inclinação do eixo de rotação terrestre, o movimento aparente do Sol é limitado por ângulos de declinação (δ)⁸ máximos e mínimos. Assim, o percurso solar é observado de maneira distinta em várias latitudes do globo terrestre. Este conceito é ilustrado na Figura 12. Para uma compreensão prática, o Quadro 2 apresenta uma simulação do percurso solar anual em diferentes latitudes.

Figura 12 - – Ilustração, fora de escala, da Terra mostrando a variação de δ ao longo do ano. A linha que une o centro da Terra ao Sol intercepta diferentes paralelos ao longo do ano, variando de $+23^{\circ}26'$ a $-23^{\circ}26'$ em relação ao equador. Isto é um fator determinante para a quantidade de luz solar que atinge diferentes partes da Terra em diferentes épocas do ano.



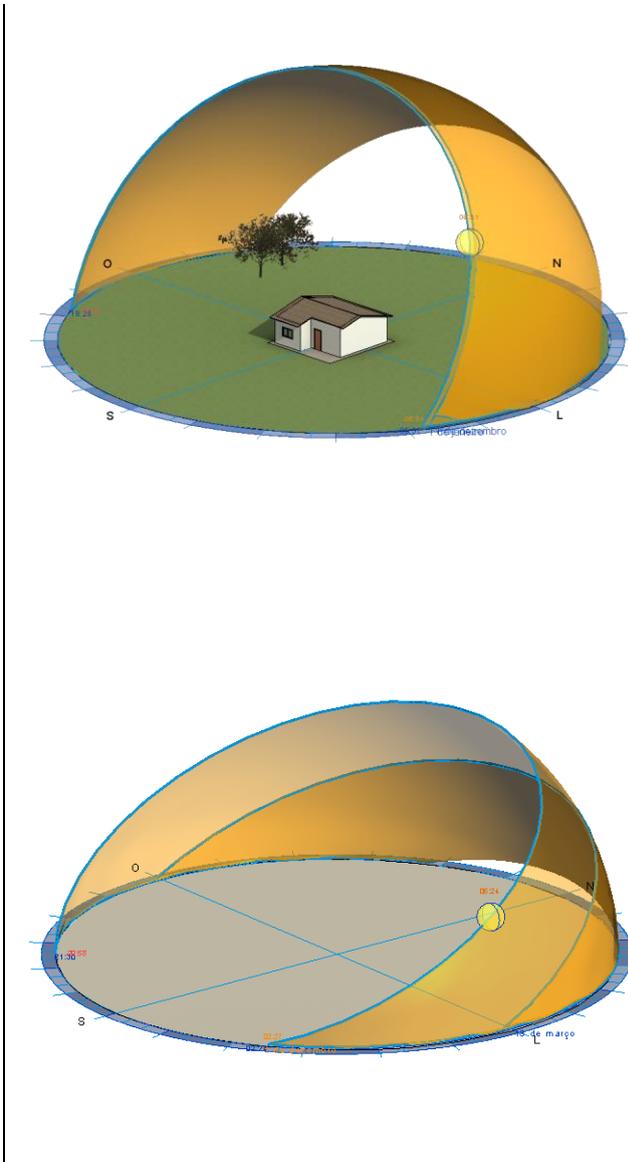
Fonte: Os autores.

Quadro 2 - Simulação do percurso solar em diferentes latitudes ao longo de um ano.

	<p><u>Macapá/AP (Latitude 0°)</u></p> <p>Na linha do Equador, ou próxima a ela, o percurso solar é marcado pela quantidade de energia solar recebida, que é bastante elevada e apresenta pouca variação sazonal. Essas características tornam essa região ideal para a energia solar.</p>
--	---

⁸ Declinação do Sol (δ) é a distância angular, medida a partir da linha do equador terrestre, até o paralelo interceptado pela linha que une o centro da Terra ao Sol. Ela varia ao longo do ano entre $+23^{\circ} 26'$ e $-23^{\circ} 26'$. Essa medida é fundamental para o cálculo da posição do Sol em relação a qualquer ponto na Terra em um determinado momento.

1.2 A Irradiância Solar



Porto Alegre/RS (Latitude -30°)

A variação sazonal da energia solar recebida é mais acentuada em comparação à região equatorial. No verão, o Sol atinge maiores alturas, proporcionando uma quantidade significativa de energia solar. No entanto, no inverno, o Sol alcança menores alturas, resultando em menor irradiância solar. Ainda assim, a região é bastante viável para a energia solar.

Estação Antártica Comandante

Ferraz/Antártica (Latitude -62°)

O percurso solar varia drasticamente ao longo do ano. Durante o inverno, o Sol mal aparece acima do horizonte, levando a períodos de escuridão quase total. No verão, o Sol circula o céu por quase 24 horas. Esta variação extrema na quantidade de energia solar recebida torna esta localização desafiadora para o aproveitamento do recurso solar.

Fonte: Os autores.

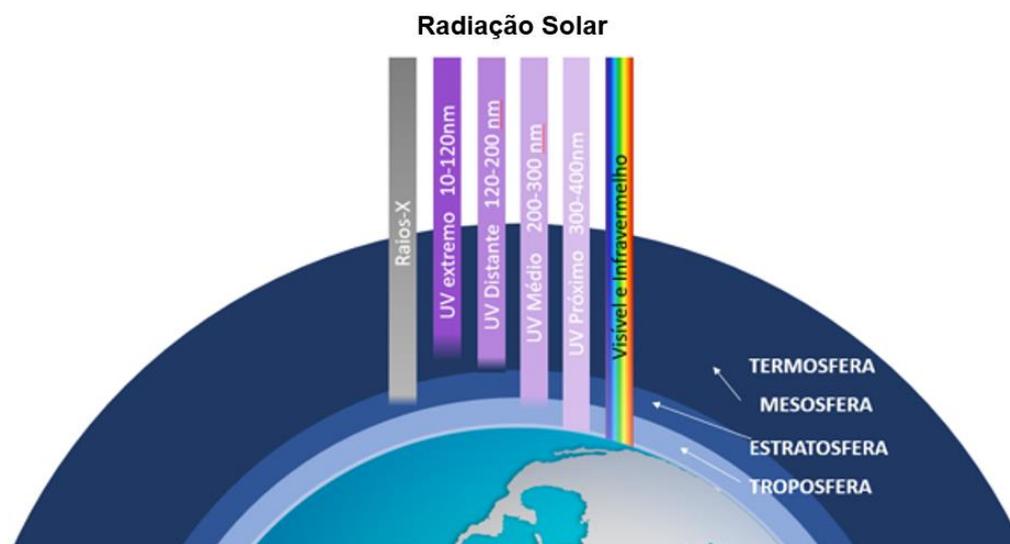
Estes conceitos de astronomia destacam a necessidade de estudos individuais para cada localidade quando se trata de aproveitamento da energia solar. Além disso, devemos considerar outro fator crucial: a interação da radiação solar com a atmosfera terrestre, que resulta na atenuação dela.

A Atmosfera Terrestre e a Radiação Solar

1.2 A Irradiância Solar

A atmosfera terrestre, por meio de suas diversas camadas, interage com a radiação solar, provocando o fenômeno conhecido como atenuação do espectro solar. A Figura 13 ilustra esse processo, mostrando em quais camadas cada faixa do espectro se torna opaca ou transparente. Isso é de grande importância, pois os comprimentos de onda mais curtos, que são nocivos à saúde dos seres vivos, são absorvidos antes de alcançar a superfície terrestre.

Figura 13 - Representação da interação da luz solar com as diversas camadas da atmosfera



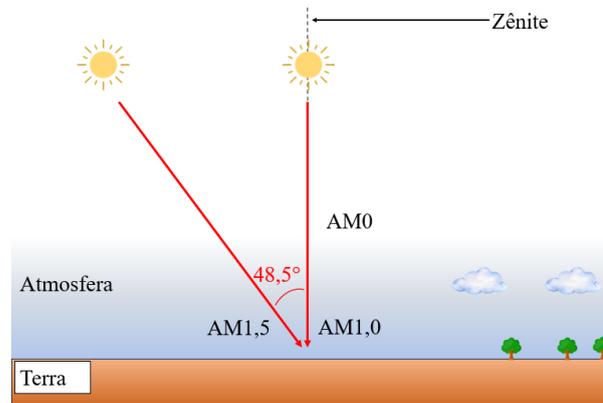
Fonte: Os autores, adaptado de John Emmert/Naval Research Lab e Villalva (2015).

Diante do exposto, a composição química da atmosfera terrestre contribui para a atenuação da radiação que incide sobre a superfície. Além disso, o ângulo formado entre a radiação e a vertical do local tem relevância, pois um ângulo maior resultará em um trajeto mais longo através da atmosfera, levando a uma maior absorção e dispersão. Para uma melhor compreensão deste fenômeno, consulte a Figura 14 que ilustra como a massa de ar (AM, do inglês Air Mass) depende da posição aparente do Sol no céu.

1.2

A Irradiância Solar

Figura 14 - A Massa de Ar (AM) e sua relação com o ângulo zenital do Sol. O trajeto AM1,5 é maior que o AM1,0, que corresponde a uma atmosfera ao nível do mar. A ilustração não está em escala.



Fonte: Os autores.

Portanto, tanto a composição da atmosfera quanto a posição do Sol no céu influenciam na radiação que atinge a Terra. Adicionalmente, as atividades humanas têm alterado a proporção de alguns componentes da atmosfera, por meio de ações poluentes. Um exemplo é a emissão de gases de efeito estufa, que intensificam a absorção de radiação, convertendo-a em maior quantidade de calor. Isso, por sua vez, pode provocar sérios problemas para o clima terrestre, os ecossistemas e para a nossa saúde.

Além dos fatores mencionados anteriormente, as condições climáticas também desempenham um papel crucial na energia solar que chega à superfície terrestre. Essas condições, que são altamente variáveis, podem resultar em uma redução significativa da radiação incidente disponível, devido a fenômenos como a formação de nuvens e chuvas.

Condições climáticas

Quando a radiação solar atinge o topo da atmosfera, ela se divide em componentes com direções e intensidades diferentes à medida que atravessam as camadas da atmosfera e encontram obstáculos. Fatores como nuvens, a composição química da

1.2

A Irradiância Solar

atmosfera e a poluição contribuem para a dispersão da radiação, tornando-a difusa. O Quadro 3 mostra os componentes da radiação solar, enquanto a Figura 15 ilustra sua representação. Este fenômeno pode afetar a eficiência dos sistemas que utilizam a energia solar, porque são mais eficazes quando estão posicionados de maneira a capturar a maior quantidade possível de radiação direta.

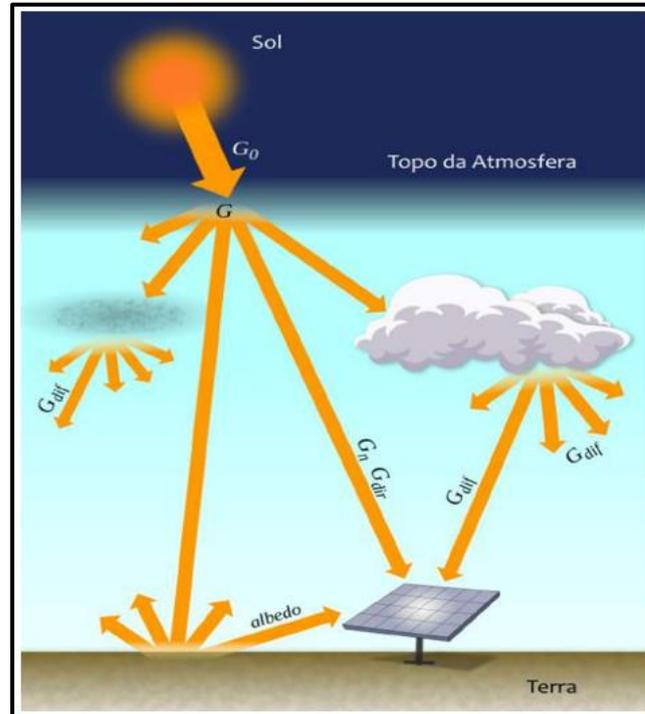
Quadro 3 - Principais componentes da Radiação solar.

Componente	Símbolo	Conceito
Irradiância extraterrestre	G_0	Incidente em um plano imaginário situado no topo da atmosfera;
Irradiância difusa	G_{dif}	Incidente sobre uma superfície horizontal, decorrente do espalhamento do feixe solar direto pelos constituintes atmosféricos (moléculas, partículas, nuvens etc.);
Irradiância direta normal	G_n	Incidência direta do Sol, na direção normal à superfície, sem sofrer nenhum espalhamento durante o percurso na atmosfera;
Irradiância direta	G_{dir}	É a parcela de G_n e determinada pelo produto dessa com o cosseno do ângulo zenital (θ_z).
Irradiância no plano inclinado	θ_i	Incidência solar sobre um plano inclinado em relação à superfície terrestre.

Fonte: Adaptado de Martins e Pereira (2019).

1.2 A Irradiância Solar

Figura 15 - Componentes da irradiância solar.



Fonte: Pereira et al. (2017).

Como mencionado anteriormente, o projeto de sistemas que se aproveitam da energia solar deve ser orientado para captar a máxima irradiância direta normal (G_n). Quando se utilizam painéis solares fixos, seja para produção de eletricidade ou aquecimento, estes devem ser direcionados para o Norte Geográfico no caso de estar no hemisfério Sul. Além disso, a inclinação destes painéis em relação ao plano horizontal deve ser escolhida de acordo com a latitude do local. Para recomendações da literatura, consulte o Quadro 4. Essa estratégia visa garantir uma boa produção média de energia ao longo do ano.

1.2

A Irradiância Solar

Quadro 4 - Escolha do ângulo de inclinação das placas.

Latitude geográfica do local	Ângulo de inclinação recomendado
0° a 10°	$\alpha = 10^\circ$
11° a 20°	$\alpha = \text{latitude}$
21° a 30°	$\alpha = \text{latitude} + 5^\circ$
31° a 40°	$\alpha = \text{latitude} + 10^\circ$
41° ou mais	$\alpha = \text{latitude} + 15^\circ$

Fonte: Villalva, 2015.

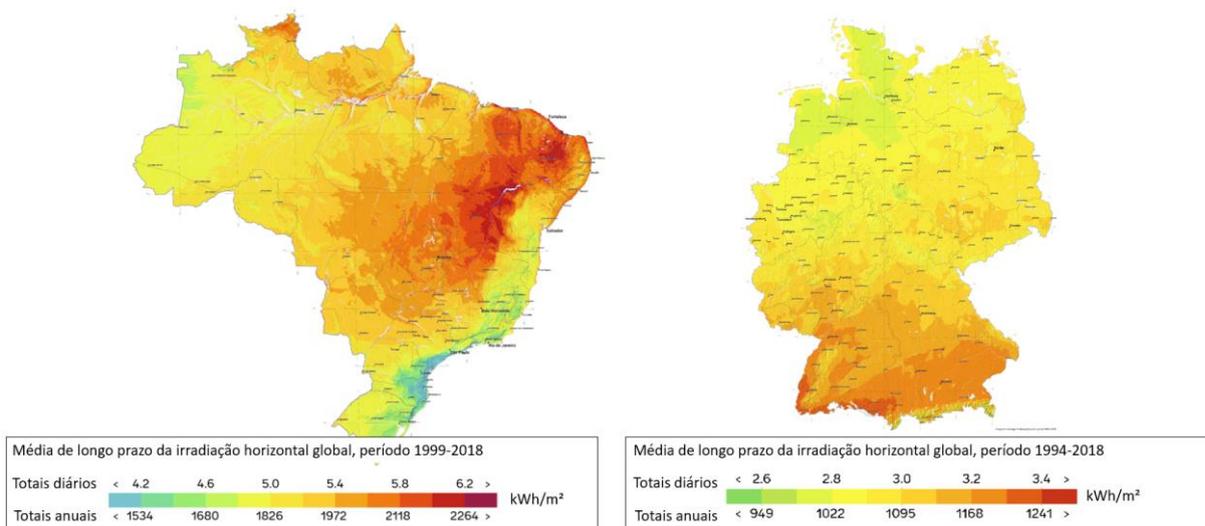
As diversas regiões do mundo apresentam diferentes potenciais para o aproveitamento da energia solar, com algumas exibindo vantagens significativas em relação a outras. Um exemplo é o Brasil, cuja posição geográfica e clima propiciam excelentes níveis de irradiância solar ao longo de todo o ano.

1.3

Potencial da Energia no Brasil

A avaliação do potencial da energia solar pode ser realizada por meio de mapas temáticos que apresentam dados interpolados de várias estações de medição. Tais mapas são obtidos por meio de modelos matemáticos computacionais que calculam as médias de irradiação solar em todo o globo. A plataforma *online* SolarGis⁹ é um exemplo disto. Para fins comparativos, a Figura 16 exibe os mapas da irradiação solar média tanto do Brasil quanto da Alemanha.

Figura 16 - Mapa de Recursos Solares – Irradiação Normal Global (ING). Comparação entre os mapas do Brasil (esquerda) e da Alemanha (Direita). A escala de cores indica a intensidade da irradiação em cada região.



Fonte: Adaptado do SolarGis, 2019.

Embora o Brasil apresente uma média anual de potencial solar consideravelmente alta em comparação à Alemanha - onde as maiores médias não ultrapassam as menores do Brasil - o país europeu tem demonstrado um maior aproveitamento dessa fonte de energia. A Alemanha tem investido em tecnologias avançadas, tornando-se um exemplo bem-sucedido no desenvolvimento e expansão da energia solar.

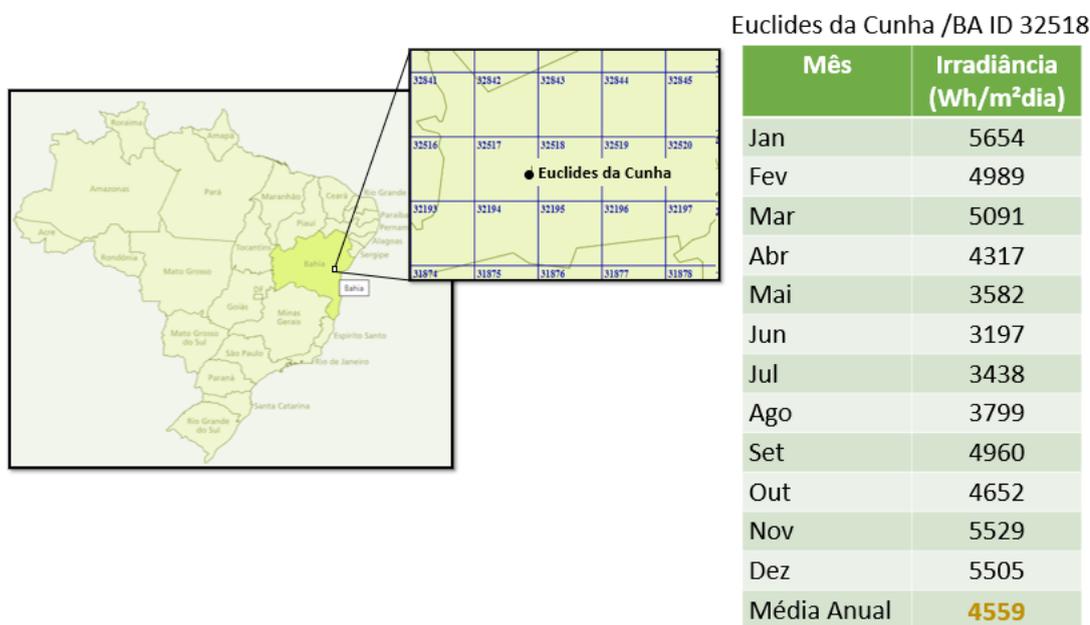
⁹ SolarGis é uma plataforma online que oferece mapas de alta qualidade sobre a irradiação solar e o clima para suporte a projetos de Energia Solar. Disponível em: <<https://solargis.com/maps-and-gis-data/download>>. Acesso em: 17 de junho de 2023.

1.3

Potencial da Energia no Brasil

Outra maneira de obter dados sobre a irradiação solar no Brasil é através da plataforma LABREN¹⁰. A Figura 17, por exemplo, exibe a obtenção desses dados para a cidade de Euclides da Cunha, na Bahia.

Figura 17 - Representação gráfica da Irradiação Direta Normal para o município de Euclides da Cunha, na Bahia, com uma média anual de 4559 Wh/m² por dia. Observe que, nos meses mais frios, próximos a junho, a irradiação solar tende a ser menor, enquanto nos meses mais quentes, como novembro, dezembro e janeiro, a irradiação se intensifica.



Fonte: LABREN, 2017.

Até o momento, introduzimos os conceitos fundamentais da energia solar e seu potencial de aproveitamento. É possível converter essa energia em outras formas, como eletricidade, por meio do efeito fotovoltaico, ou calor, através do efeito fototérmico, tópicos que serão abordados nas próximas seções.

¹⁰ LABREN é o Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia que construiu o Atlas Brasileiro de Energia Solar. Consultar em: http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html. Acesso em: 17 de junho de 2023.

1.4

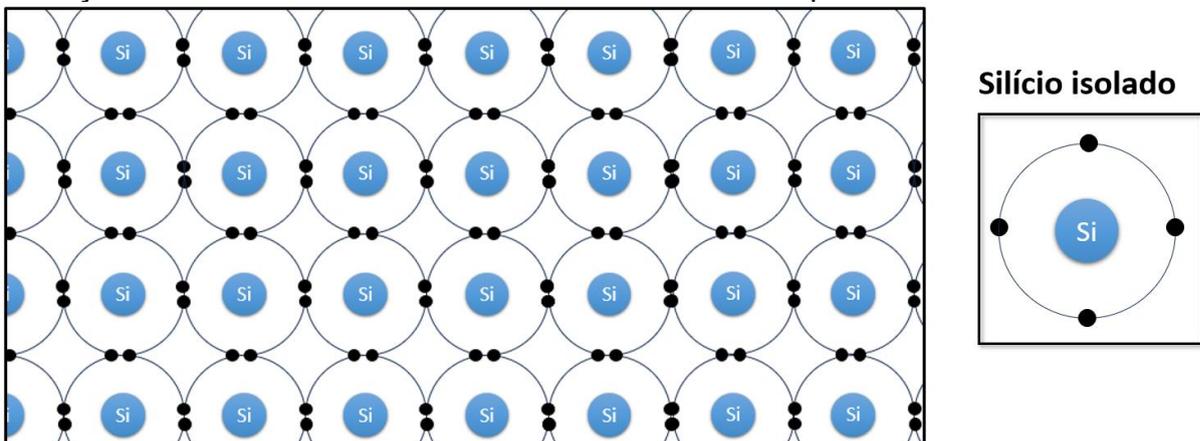
EFEITO FOTOVOLTAICO

A transformação de luz em eletricidade é denominada efeito fotovoltaico. Nesse processo, os fótons da luz energizam os elétrons de um semicondutor dopado¹¹, elevando-os a um estado de energia mais alto. Isso causa um movimento de elétrons dentro do material, surgindo uma diferença de potencial.



O silício, material amplamente utilizado na fabricação de células fotovoltaicas, é um elemento tetravalente. Isso significa que possui quatro elétrons em sua camada de valência, aptos para formar ligações covalentes. Quando puro, o silício é considerado um semicondutor intrínseco¹², representado na Figura 18. Entretanto, para modificar suas propriedades elétricas e viabilizar sua aplicação em células fotovoltaicas, impurezas são introduzidas na sua estrutura por meio de um processo conhecido como dopagem.

Figura 18 – Representação das ligações de um cristal de Silício puro. Nestas condições o material é um isolante com pouca utilidade elétrica.



Fonte: Os autores.

Quando dopamos o silício com um átomo de um elemento da família IIIA da tabela periódica, como o alumínio ou o boro, que possuem três elétrons na camada de

¹¹ Semicondutor dopado é um tipo de material que teve impurezas (átomos de outro elemento) intencionalmente adicionadas em pequenas quantidades para alterar suas propriedades elétricas.

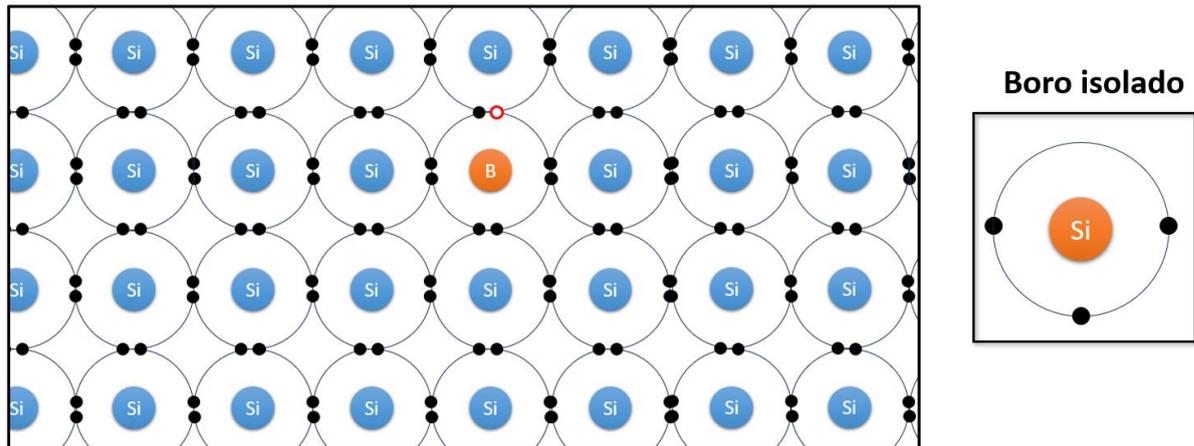
¹² Semicondutor intrínseco é um material puro que possui propriedades semicondutoras devido à sua própria estrutura cristalina e composição química e não há a adição de impurezas.

1.4

EFEITO FOTOVOLTAICO

valência, surgirá uma lacuna na rede cristalina, devido à falta de um elétron. Isso resulta em uma dopagem positiva (tipo-P). A Figura 19 ilustra esse processo.

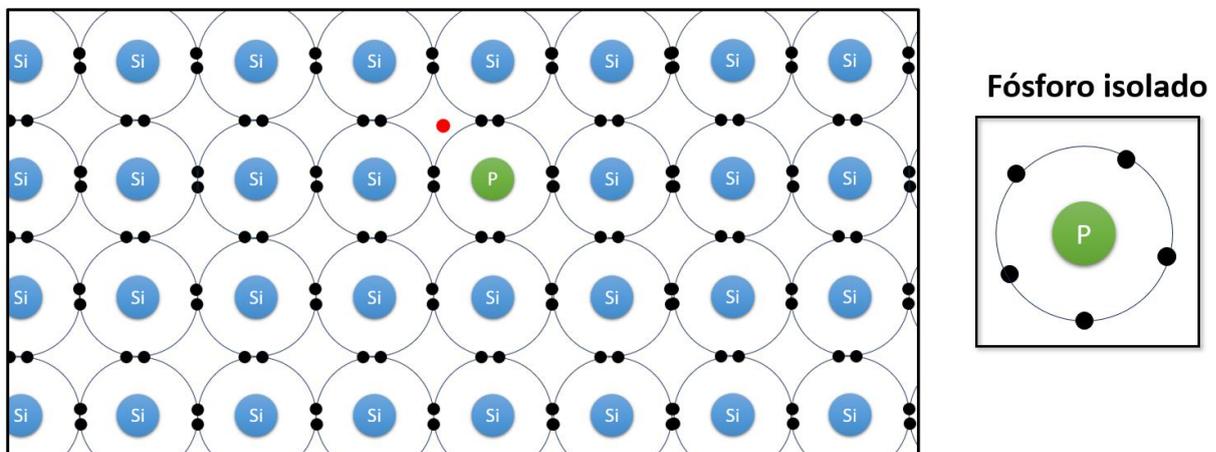
Figura 19 - Representação das ligações em um cristal de Silício dopado tipo-P. Nessas condições, surge um buraco ou lacuna com propriedades elétricas positivas.



Fonte: Os autores.

Se doparmos o silício com um elemento da família VA da tabela periódica, que possui cinco elétrons na camada de valência, como por exemplo o fósforo, haverá sobra de elétrons. Isso resulta em um material com características negativas, gerando uma dopagem do tipo-N. Veja a ilustração deste processo na Figura 20.

Figura 20 - Representação das ligações em um cristal de Silício dopado tipo-N. Nessas condições, surge um elétron livre (em destaque).



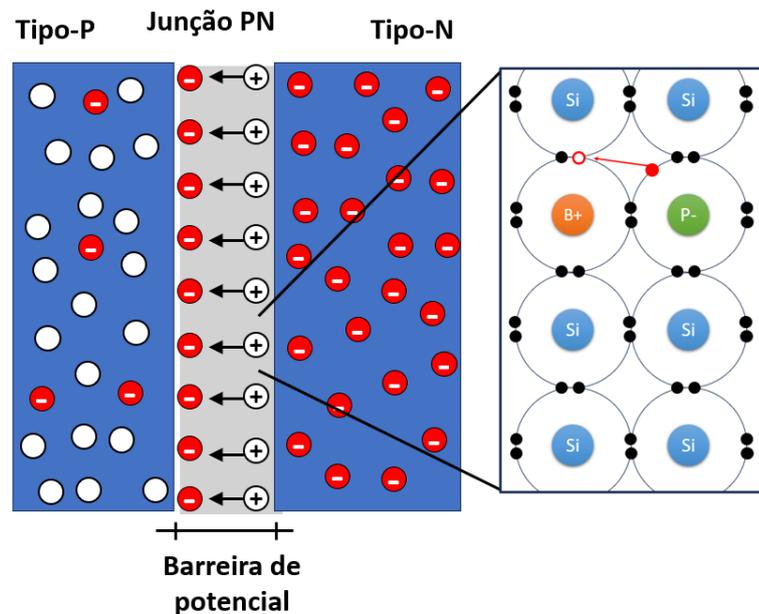
Fonte: Os autores.

1.4

EFEITO FOTOVOLTAICO

Uma aplicação desses materiais dopados, ocorre quando juntamos eles formando uma junção do tipo PN (diodo). Quando isso acontece, os elétrons sobrando no material tipo-N tendem a migrar para o material com lacunas, tipo-P, de modo que forma uma região entre o contato entre eles, estável. Utilize a Figura 21 para compreender de forma visual isso.

Figura 21 – Junção PN. Os elétrons excedentes dos átomos de fósforo preencherão as lacunas existentes no lado de boro. Neste momento, é estabelecida uma barreira de potencial. Contudo, como o fósforo perdeu um elétron e o boro o ganhou, eles passam a formar um ânion e um cátion, respectivamente. Nesse momento, um campo elétrico é formado na junção.



Fonte: Os autores.

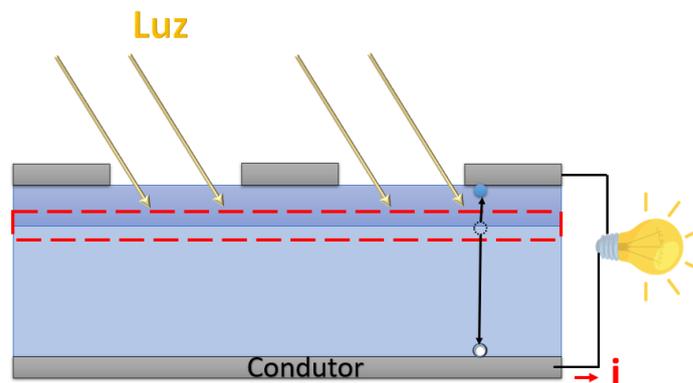
Durante a formação da região estável, a barreira de potencial impede a migração de mais elétrons, se tornando isolante elétrico. Para transformar este material em condutor, algumas técnicas podem ser aplicadas. Uma delas envolve a conexão do material a uma fonte de tensão, como uma bateria, num processo conhecido como polarização do diodo. Esta técnica é comumente utilizada em dispositivos como lâmpadas ou fitas de LED, mas não será discutida em profundidade neste contexto.

1.4

EFEITO FOTOVOLTAICO

Outra aplicação da junção PN ocorre nas células fotovoltaicas. No entanto, diferente da polarização do diodo, a energia solar, associada a um circuito para aproveitar a migração dos elétrons, é que irá romper a barreira de potencial para a conversão de energia, veja a Figura 22. A incidência da luz possui energia suficiente para excitar os elétrons da junção PN, eles tendem a se acumular na região tipo-N devido à diferença de potencial formada, tornando esta região ainda mais negativa. O movimento dos elétrons abandona lacunas que vão se acumular no material tipo-P, impulsionadas pelo mesmo campo elétrico. É a diferença de potencial entre as duas extremidades que podemos aproveitar para fechar o circuito e gerar corrente elétrica.

Figura 22 – O Efeito Fotovoltaico. A luz incide na placa, interage com os elétrons da zona de depleção e o campo elétrico impulsiona-o para cima e a lacuna para baixo, nesses extremos existem coletores de cargas, ou seja, condutores. Se o circuito for fechado então haverá uma corrente elétrica.



Fonte: Os autores.

A conversão de luz em calor é chamada de efeito fototérmico. Antes de explicarmos como ocorre o aquecimento de corpos através deste processo, é importante entendermos a absorção e a emissão de fótons pelos átomos.

Absorção de Radiação

Ernest Rutherford, um físico e químico neozelandês, propôs em 1911 o modelo de átomo semelhante a um minissistema solar, formado por um núcleo central com carga positiva e circundado por uma nuvem de elétrons. Quando uma radiação eletromagnética interage com um elétron, faz com que oscile, adquirindo energia. Consequentemente, a radiação incidente perde energia. Este fenômeno ocorre, por exemplo, quando a luz solar atravessa a sua própria atmosfera, provocando linhas escuras ou de absorção no espectro solar contínuo. Cada tipo de átomo possui diferentes níveis de energias, portanto só absorve frequências bem definidas.

Emissão de Radiação

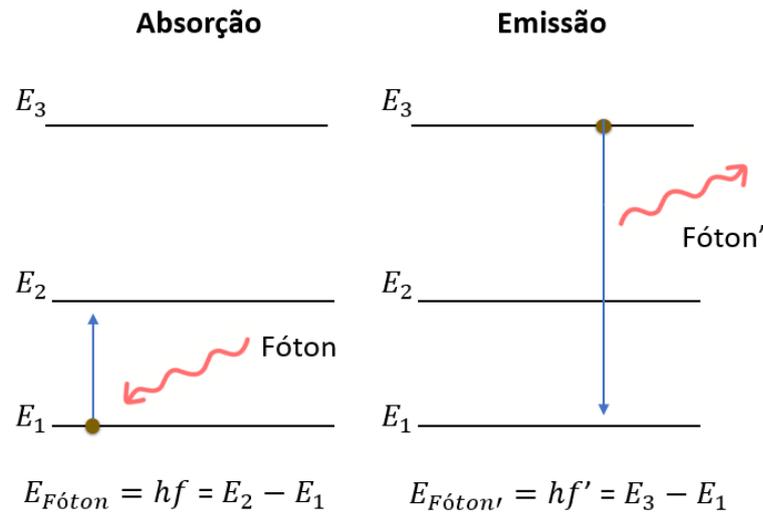
Quando um elétron é estimulado para um nível mais alto de energia, porque absorveu um fóton, este entra em um estado de oscilação. Segundo o princípio do eletromagnetismo clássico, definido por Maxwell, um elétron acelerado emitirá radiação. No entanto, essa explicação foi insuficiente para justificar porque a emissão de radiação ocorre apenas em determinadas frequências e não em todas.

A solução para essa questão veio com a física moderna, que considera a luz como pacotes discretos de energia, chamados de fótons. Portanto, o processo de absorver ou emitir luz está relacionado à perda ou ganho de energia de maneira discreta, que deve estar em conformidade com os níveis de energia dos elétrons de um átomo. A Figura 23 ilustra esses conceitos explicados.

1.5

EFEITO FOTOTÉRMICO

Figura 23 – Diagrama de Níveis de Energia. Quando um fóton com energia correspondente à diferença entre dois níveis energéticos e colide com um elétron, este é absorvido e o elétron é elevado para o próximo nível de energia. Entretanto, caso um elétron esteja em um nível de energia mais alto, em algum momento ele perderá essa energia para o meio, emitindo um fóton.



Fonte: Os autores.

A emissão de fótons apenas ocorrerá se o nível de energia do elétron for superior ao nível mínimo. Isso ocorre porque a emissão envolve a transição de um elétron de um estado de energia superior para um inferior, liberando a diferença de energia.

Todos os corpos sólidos emitem radiação térmica que depende da sua temperatura. Quando um objeto está aquecido, as vibrações de sua rede cristalina aumentam e é transmitida a todo o conjunto de átomos.

Considere, por exemplo, os átomos na superfície de um objeto. A vibração desses átomos é parcialmente transferida para a sua nuvem de elétrons, criando um dipolo oscilante, com o núcleo positivo e os elétrons negativos. Essa oscilação dipolar resulta na emissão de radiação térmica.

Podemos aproveitar esse fenômeno para aquecer corpos utilizando a radiação solar. As superfícies de cor preta são capazes de absorver uma grande quantidade de energia, que é convertida em calor. Este calor, por sua vez, pode ser utilizado para

1.5 EFEITO FOTOTÉRMICO

aquecer a água para uso doméstico ou para a geração de energia elétrica, por exemplo.

Caro professor, gostaríamos de informá-lo que, ao apontar a câmera do seu celular para o *QR Code* abaixo, você será direcionado para um site com alguns bônus. Lá, encontrará uma apresentação de slides que compila todo o conteúdo que discutimos aqui, bem como a versão digital deste livro. Esperamos que sirva como material complementar para suas aulas.



Ou acesse o Link: <https://santiagomaia.wixsite.com/energiasolar>.

2

MANUAL DE CONSTRUÇÃO

KITS DIDÁTICOS PARA O ENSINO MÉDIO

Nesta seção, disponibilizamos uma série de roteiros dedicados à construção e utilização de kits didáticos, focados nas aplicações da energia solar.

✓ Apresentamos o passo a passo para a construção:

- Mini concentrador parabólico didático
- Sistema fotovoltaico - Painel didático
- Minissistema de bombeamento Solar



2.1

Mini concentrador parabólico didático



Contextualização

Os concentradores solares são dispositivos projetados para coletar e concentrar a luz solar em um ponto focal, aumentando sua intensidade e, conseqüentemente, a energia incidente.

Podem ser utilizados espelhos ou lentes em combinação com um absorvedor. Dessa forma, contribuem como fonte de energia alternativa e limpa.

Eles são comumente empregados em usinas solares de grande porte, mas também podem ser encontrados em projetos menores, como utilizados para cozinhar alimentos, conhecidos como fornos solares. A Figura 24 mostra alguns exemplos desses concentradores.

Figura 24 - Tecnologias de concentração solar: Da esquerda para a direita, temos o forno solar, o sistema de torre central e o concentrador cilíndrico parabólico para aquecimento de fluidos.



Fonte: Canva educação (www.canva.com).

2.1

Mini concentrador parabólico didático

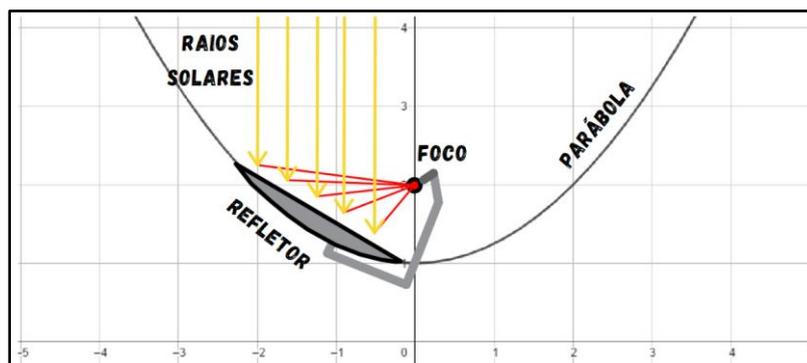
A Física do Mini concentrador parabólico

As antenas parabólicas são caracterizadas por uma superfície refletora que adota a forma de um parabolóide. Quaisquer raios que chegam paralelos ao eixo de simetria são refletidos em direção a um único ponto, conhecido como o foco. Isso possibilita que elas sejam empregadas tanto para captar sinais de comunicação — como transmissões de rádio ou televisão — quanto para concentrar a luz solar, aumentando a eficiência do aproveitamento dessa fonte de energia.

A precisão geométrica do refletor parabólico é essencial para a qualidade da recepção do sinal, porque qualquer deformação pode influenciar significativamente a direção dos sinais refletidos, comprometendo assim a recepção.

Os refletores offset, comumente usados em antenas comerciais por sua eficiência na recepção de sinais, empregam uma técnica que desloca o ponto focal para fora do caminho direto dos sinais incidentes. Isso evita a interferência do receptor com a formação de sombra para a radiação, proporcionando um melhor aproveitamento do sinal. Consulte a ilustração da Figura 25 para compreender visualmente esse deslocamento.

Figura 25 - Representação de um refletor offset em um plano. Observe o deslocamento em relação ao eixo da parábola, o que evita a formação de sombra pelo receptor.



Fonte: Os Autores.

2.1

Mini concentrador parabólico didático

Objetivos

- ✚ Entender os princípios de funcionamento dos concentradores solares do tipo disco parabólico, que possuem um único ponto focal.
- ✚ Analisar a relevância dos concentradores solares e suas aplicações práticas.

Estratégias

Utilizar de materiais de fácil obtenção para construção de um concentrador solar didático. Para isso, uma antena de TV a cabo sem o receptor (LNBF) com a superfície parabólica revestida com adesivos espelhada, criando assim um concentrador solar eficiente e de baixo custo.

Conceitos Físicos envolvidos

- ✚ Óptica geométrica;
- ✚ Espelhos curvos;
- ✚ Aquecimento dos corpos.

Materiais

- ✚ Antena parabólica tipo *Offset* (sem LNBF);
- ✚ Espelhos autoadesivos;
- ✚ Lixa grossa;
- ✚ Cola branca PVA;

2.1

Mini concentrador parabólico didático

- ✚ Base de madeira
- ✚ Folhas de papeis ou pedaços de madeira.

Procedimentos

Primeiro, é importante lixar a superfície do prato da antena para melhorar a aderência. Em seguida, deve-se aplicar cola branca PVA nos adesivos dos espelhos, para garantir uma fixação mais segura na superfície do prato. Os espelhos autoadesivos devem ser colados em toda a chapa da antena.

Depois da colagem dos espelhos, é preciso construir um suporte para a antena ficar de pé. Para isso, pode-se criar uma base de madeira com dimensões de 30 x 30 x 8 cm e preenchê-la com areia seca, aumentando o peso e proporcionando estabilidade para evitar tombamento ou utilizar uma base larga.

Com o aparato apontado para o Sol, utilize folhas de papel ou pedaços de madeira para encontrar o foco. Veja-o construído na Figura 26.

Figura 26 - Concentrador solar construído



Fonte: Os Autores.

2.1

Mini concentrador parabólico didático

Sugestões para o professor

É importante promover uma discussão sobre esse tipo de sistema no aproveitamento da energia solar. Segue uma sugestão de estratégia de ensino que pode ser adaptada pelo professor:

Introdução: Comece explicando aos estudantes o que é um concentrador solar parabólico e como ele funciona;

Demonstração: Apresente aos estudantes o concentrador solar parabólico construído e converse sobre a construção e funcionamento do aparato;

Experimentação: Leve-os para um local com incidência direta da luz solar e demonstre como encontrar o ponto focal do concentrador usando uma folha de papel. Em seguida, mostre como é possível utilizar o concentrador para aquecer outros materiais, como madeira, por exemplo;

Discussão: Encerre a atividade promovendo uma discussão sobre a experiência. É importante também debater como podemos utilizar a energia solar em nosso dia a dia para reduzir a dependência das fontes fósseis.

Atenção!

Tenha cuidado ao manusear o concentrador solar, porque a luz intensa pode ser prejudicial aos olhos. Use óculos de proteção e evite olhar diretamente para o ponto focal. Priorize sempre a segurança.



2.1

Mini concentrador parabólico didático



Perguntas

1

Como o tamanho do refletor afeta a capacidade de concentração da luz?

Quanto maior o tamanho do refletor, maior será a área de captação da luz solar, o que pode resultar em uma maior quantidade de energia coletada.

2

Como a reflexão da superfície do refletor afeta a capacidade de concentração da luz?

Quanto mais reflexiva for a superfície, maior será a capacidade de concentração da luz, enquanto uma baixa reflexividade resulta em perdas de energia. Portanto, é importante utilizar materiais e técnicas de revestimento adequadas para obter um concentrador eficiente e minimizar as perdas de energia.

3

Como a direção do concentrador solar em relação ao sol afeta a quantidade de energia que pode ser coletada?

A direção do concentrador em relação ao Sol afeta a quantidade de energia coletada, porque determina a incidência dos raios solares. O indicado é que receba a maior quantidade de radiação direta, para isso, deve estar o máximo de tempo voltado para o Sol.

4

Como o movimento aparente do sol ao longo do dia e ao longo do ano pode afetar a eficiência de um concentrador solar?

Essas mudanças podem reduzir a quantidade de energia incidente, exigindo ajustes periódicos ou sistemas de rastreamento automatizado para otimizar a captação.

2.1 Mini concentrador parabólico didático

Experiências

Figura 27 - Experiência realizada no Instituto Federal da Bahia - IFBA/Euclides da Cunha. Os estudantes procuravam o ponto focal.



Fonte: Os Autores.

2.2

Sistema Fotovoltaico – Painel Didático



Contextualização

Painéis didáticos são recursos visuais utilizados para apresentar informações de maneira clara e acessível. É importante considerar a escolha do tema, o público-alvo, a clareza das informações, o apelo visual, a durabilidade do material e o espaço disponível para a instalação. Assim, esse recurso didático pode ser usado para apresentar componentes e características de um sistema fotovoltaico, por exemplo.

A física do aparato

Painel Solar

Os painéis solares são compostos por células fotovoltaicas que convertem a luz solar diretamente em eletricidade. Quando a luz incide nas células, cria-se uma tensão elétrica entre duas finas camadas de semicondutores de silício, dopados com outros elementos para possuírem cargas opostas. Se o circuito estiver fechado, haverá uma corrente elétrica. A tensão e corrente máximas, e consequentemente a potência máxima do painel solar, dependem da intensidade da luz incidente e do rendimento do painel. Essa corrente elétrica é utilizada para alimentar dispositivos eletrônicos.



Controlador de Carga

O controlador de carga em um sistema fotovoltaico é utilizado para regular a quantidade de energia enviada à bateria do sistema. Ele também protege a bateria contra sobrecargas e descargas



2.2

Sistema Fotovoltaico – Painel Didático

profundas, além de ajustar o fluxo de corrente direcionado à bateria, a fim de otimizar a eficiência do sistema.

Bateria

A bateria é um componente para os sistemas fotovoltaicos isolados, porque armazena a energia gerada pelo sistema, mantendo-a disponível para uso quando o sol não está disponível. Além disso, ela contribui para a estabilidade do sistema, fornecendo energia de maneira constante.



Inversor

Um inversor é um dispositivo que converte a energia elétrica dos painéis fotovoltaicos, em corrente contínua (CC), em corrente alternada (CA), a qual é compatível com a maioria dos aparelhos elétricos residenciais e comerciais. Existem dois tipos: inversores para sistemas isolados e para sistemas conectados à rede.



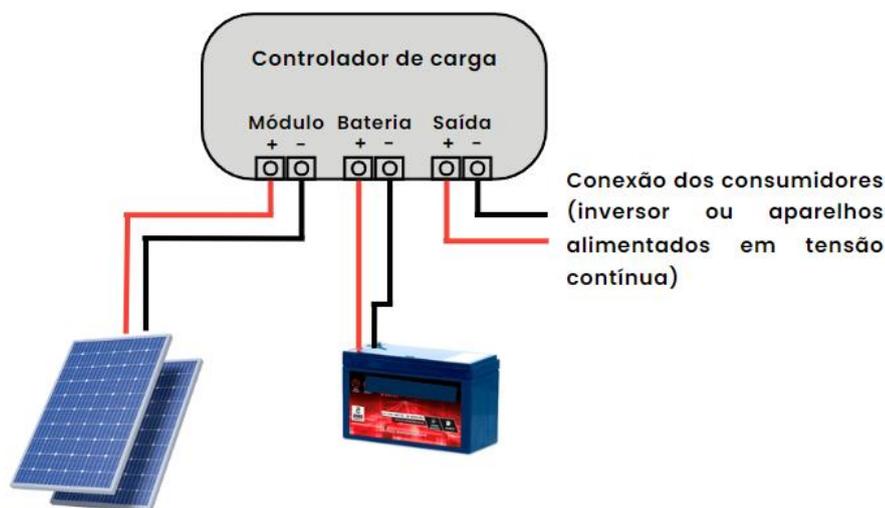
Formas de ligação

Para os sistemas isolados os componentes estão representados na Figura 28. Normalmente precisa-se de placa(s) fotovoltaica(s), controlador de carga, bateria(s), cabos de ligação e eventuais dispositivos de segurança.

2.2

Sistema Fotovoltaico – Painel Didático

Figura 28 - Modo de ligação de um sistema autônomo com um controlador de carga.



Fonte: Os Autores.

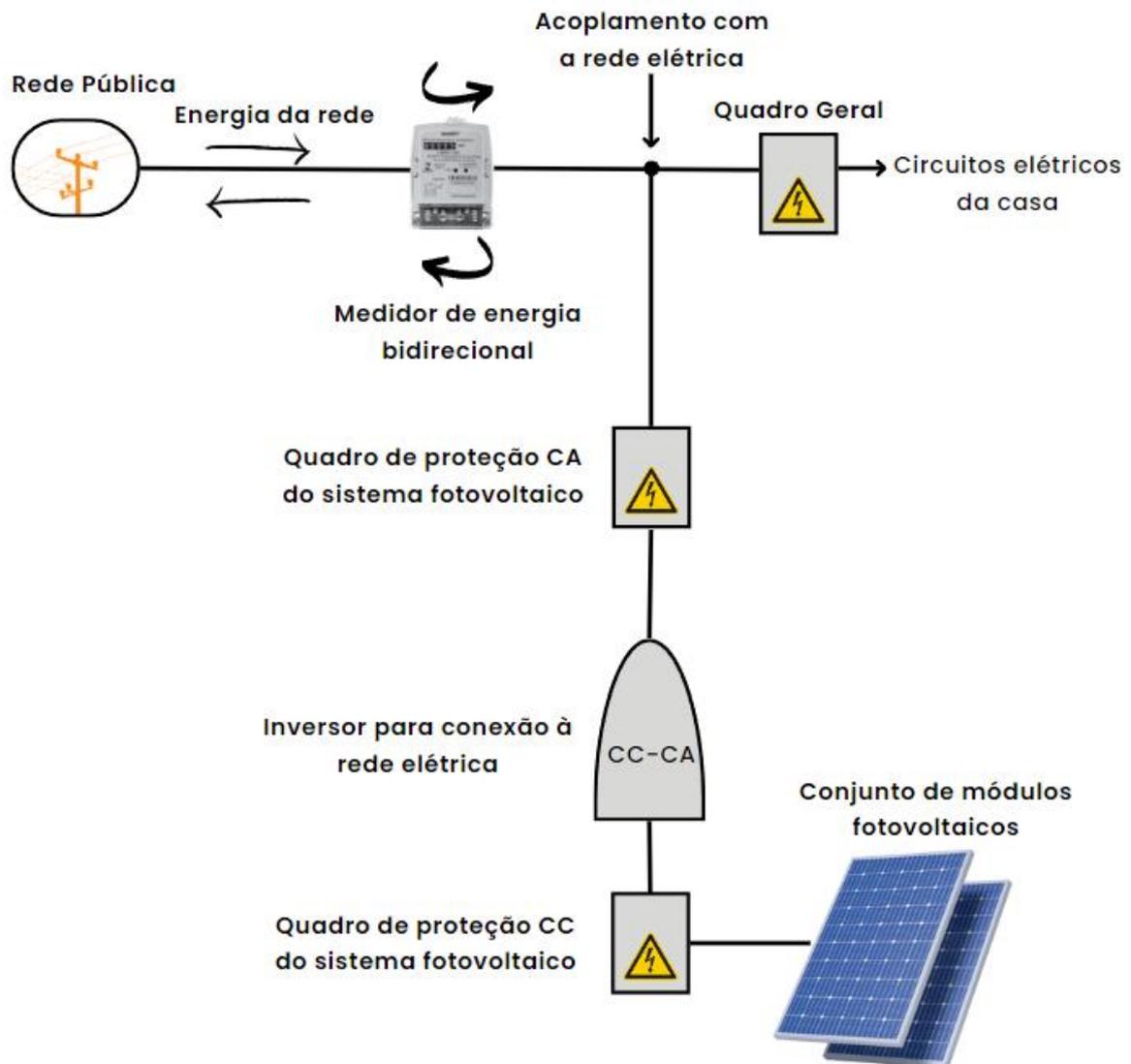
Para os sistemas fotovoltaicos conectados à rede, a energia gerada pelos painéis pode ser diretamente injetada na rede elétrica da concessionária. Isso evita a necessidade de armazenamento de energia em baterias e permite que o excedente seja compartilhado entre diferentes locais. Proprietários desses sistemas podem receber créditos na conta de luz pelo excedente. Isso é ótima opção para quem deseja gerar sua própria energia elétrica sem se preocupar com os custos do armazenamento de energia.

A instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, mostrado na Figura 29, exige inversores especiais que convertam a tensão contínua em tensão alternada e sincronizem a frequência com a rede elétrica, além de mecanismos de proteção contra falhas na rede elétrica para garantir a segurança e eficiência do sistema, conhecidos como anti-ilhamento. Também é preciso de um medidor de energia especial, que faça a leitura da energia injetada para os cálculos de compensação.

2.2

Sistema Fotovoltaico – Painel Didático

Figura 29 - Sistema fotovoltaico residencial conectado à rede elétrica.



Fonte: Os Autores.

Objetivos

- ✚ Apresentar os principais componentes de um sistema fotovoltaico, suas características e funcionamento.

2.2

Sistema Fotovoltaico – Painel Didático

Estratégias

Utilizar um painel de fácil construção para apresentar os principais componentes de um sistema fotovoltaico e suas características.

Conceitos Físicos envolvidos

- ✚ Componentes e circuitos elétricos;
- ✚ Efeito Fotovoltaico.

Materiais

- ✚ 01 Painel em mdf (70 cm x 90 cm x 0,3 cm);
- ✚ 01 Inversor Solar;
- ✚ 01 Controlador de Carga;
- ✚ 01 Bateria estacionária;
- ✚ Papeis adesivos (para impressão dos textos);
- ✚ 01 Painel Solar;
- ✚ Parafusos.

Atenção!

As características de cada componente não foram estabelecidas, pelo fato de serem apenas expositivas.



2.2

Sistema Fotovoltaico – Painel Didático

Procedimentos

Corte o painel de MDF do tamanho indicado para acomodar os dispositivos e as informações. Use o modelo da Figura 30 como referência para a impressão. Fixe os elementos usando parafusos. As informações podem ser impressas em papel adesivo e coladas no painel posteriormente.

Figura 30 - Esquema do painel didático



Fonte: Os Autores.

Sugestões para o professor

Introdução: Inicie a abordagem com uma introdução geral sobre energia fotovoltaica e sua importância como fonte de energia renovável e limpa;

2.2

Sistema Fotovoltaico – Painel Didático

Demonstração: Apresente o painel didático e explique os principais componentes do sistema fotovoltaico, como painéis solares, controladores de carga, baterias e inversores, destacando suas funções e importância.

Discussão: Incentive os estudantes a fazerem perguntas e a discutir os conceitos apresentados;

O painel solar deve ser instalado em uma área segura e de fácil acesso, de modo que seja autoexplicativo para os estudantes, dispensando a presença constante do professor.



Perguntas

①

Quais as diferenças entre associar placas solares em série ou em paralelo?

Associar placas solares em série aumenta a tensão do sistema, enquanto associá-las em paralelo aumenta a corrente. É comum utilizar o sistema misto para atingir uma tensão e corrente máxima do projeto.

②

Qual seria a melhor orientação geográfica das placas solares, para o máximo aproveitamento da Energia Solar ao longo do ano, localizadas no Hemisfério Sul do planeta?

A orientação ideal para as placas solares no Hemisfério Sul é voltada para o Norte, com uma inclinação igual à latitude local, para maximizar o aproveitamento da Energia Solar ao longo do ano.

③

Por que uma placa solar instalada, para maior aproveitamento da Energia Solar ao longo do ano, em São Paulo deve ter um ângulo, em

2.2

Sistema Fotovoltaico – Painel Didático

relação à vertical do lugar, menor que a mesma se fosse instalada na Bahia?

Porque São Paulo está localizada em uma latitude maior do que a Bahia. Quanto maior a latitude, menor é o fluxo luminoso em uma superfície horizontal, então as placas solares em latitudes maiores precisam estar mais inclinadas para compensar esse fato e capturar mais energia direta ao longo do ano.

④ Quais comprimentos de ondas da radiação solar que as placas fotovoltaicas são mais eficientes?

As placas fotovoltaicas são mais eficientes na absorção de luz solar com comprimentos de onda entre 300 e 1100 nanômetros, principalmente nas faixas de luz visível e infravermelha próxima.

Experiências

Figura 31 - Experiência realizada no Instituto Federal da Bahia - IFBA/Euclides da Cunha. Minicursos sobre energia solar.



Fonte: Os Autores.

2.3

Minissistema de bombeamento Solar



Contextualização

A energia solar pode ser utilizada para bombear água em áreas remotas ou sem acesso à energia elétrica convencional. Os painéis fotovoltaicos são capazes de fornecer a eletricidade que cria a força motriz necessária para as bombas hidráulicas.

Objetivos

- ✚ Apresentar aos estudantes, de forma prática, como a energia solar pode ser utilizada para bombear água;
- ✚ Estimular a reflexão sobre soluções sustentáveis e desenvolver habilidades práticas e experimentais sobre energias renováveis.

Estratégias

Construir um minissistema de bombeamento movido a energia solar. Utilizando apenas de uma minibomba, placa solar, balde, água e mangueira.

Conceitos Físicos envolvidos

- ✚ Efeito Fotovoltaico;
- ✚ Grandezas elétricas (principalmente corrente elétrica e potência elétrica);
- ✚ Conversões da energia;

2.3

Minissistema de bombeamento Solar

✚ Flúidos.

Materiais

- ✚ 01 Minibomba de Água Submersível 12v e 17W;
- ✚ 01 Placa fotovoltaica 12V e 20W;
- ✚ 01 Balde com água;
- ✚ 01 Mangueira (pode ser daquelas usadas em chuveirinhos).
- ✚ 01 Multímetro digital

Atenção!

É possível conectar a minibomba diretamente ao painel solar, sem a necessidade de controlador de carga e bateria. No entanto, é importante destacar que essa conexão direta pode não ser a melhor opção, já que a tensão e corrente geradas pelo painel solar podem variar de acordo com a incidência da luz solar, o que pode danificar o equipamento ou afetar sua potência. Portanto, é fundamental escolher um painel solar com especificações compatíveis com as características da bomba, como a tensão e corrente nominal, para garantir um funcionamento adequado e seguro.



2.3

Minissistema de bombeamento Solar

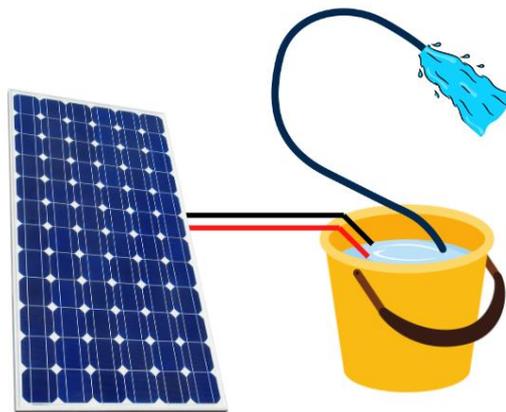
Procedimentos

Para construir esse kit didático pode-se seguir os seguintes procedimentos:

- 1 Posicionar o painel solar em um local com exposição solar adequada;
- 2 Conectar a mangueira à saída da minibomba de água;
- 3 Submergir a minibomba de água no balde cheio de água, cuidado em deixar para fora do balde o cabeamento que já vem junto com a minibomba;
- 4 Ligar o painel solar à minibomba de água e verificar se está funcionando corretamente.

Veja a Figura 32 para compreender o esquema de construção desse kit didático.

Figura 32 - Esquema do kit didático formado pela minibomba de água com painel solar.



Fonte: Os Autores.

Sugestões para o professor

Realize experimentos para investigar como a quantidade de luz solar que incide sobre o painel solar influencia o desempenho do sistema de bombeamento de água. Os

estudantes podem medir a corrente e a tensão do painel solar em diferentes condições de iluminação e analisar os resultados. Para isso faça sombra nos painéis para demonstrar a perda de potência da bomba em situações de baixa luminosidade;

A Física do Aparato

O funcionamento do kit é baseado em três princípios físicos:

Efeito Fotovoltaico

Esse efeito ocorre quando a luz incide em uma célula fotovoltaica, formada por duas camadas finas de um semicondutor, como o silício, contendo impurezas que geram cargas opostas em cada uma. Na junção desses materiais dopados, surge um campo elétrico, provocado pela movimentação de cargas durante a fabricação das células. Então, com a luz solar, elétrons são arrancados dessa região e levados para o extremo superior da placa, o mesmo ocorre com as cargas positivas, no extremo inferior. Caso seja fechado o circuito entre as duas faces, então surgirá uma corrente elétrica proporcional à intensidade da luz incidente e à eficiência da célula.

Motor elétrico

A minibomba é um tipo de motor elétrico que converte energia elétrica em energia mecânica. O motor é composto por um rotor e um estator. O rotor é uma parte móvel que gira em torno de um eixo central, e o estator é uma parte fixa que contém um conjunto de bobinas de fio de cobre. Quando uma corrente elétrica é aplicada às bobinas, é gerado um campo magnético que faz o rotor girar.

2.3

Minissistema de bombeamento Solar

Princípio de Pascal

A pressão em um fluido é transmitida de forma uniforme em todas as direções e em todos os pontos do fluido. No contexto da minibomba submersa em um balde cheio de água, a pressão gerada pela bomba empurra a água para fora do balde e direciona-a para a sua saída.



Perguntas



- 1 Quais as características mínimas do painel solar devem ter para alimentar uma bomba hidráulica?

As características mínimas do painel solar para alimentar uma minibomba de kit didático dependem da potência e tensão da bomba.

- 2 Como a intensidade da luz solar afeta a performance do sistema de bombeamento de água composto pela minibomba e painel solar?

Quanto maior a intensidade da luz solar, maior será a energia gerada pelo painel, resultando em melhor desempenho da bomba e maior fluxo de água. Em condições de baixa intensidade solar, o sistema terá desempenho reduzido ou até mesmo paralisado.

- 3 Como a inclinação do painel solar afeta a produção de energia para a minibomba?

Uma inclinação adequada maximiza a exposição à luz solar direta, resultando em maior produção de energia para alimentar a minibomba. Se

a inclinação for inadequada, a eficiência na captação de energia diminui, o que pode comprometer o desempenho da minibomba.

4 Como o sombreamento parcial do painel solar afeta potência da minibomba?

O sombreamento parcial do painel solar reduz a quantidade de luz incidente, diminuindo a geração de energia elétrica. Isso acontece porque os painéis são formados por células fotovoltaicas ligadas em série e paralelo, então, se uma dessas células reduzir a produção de energia elétrica, prejudicará as demais.

5 Quais as aplicações possíveis desse tipo de sistema?

Irrigação de pequena escala, abastecimento de água potável em áreas remotas, fontes ornamentais, aquaponia¹³ e sistemas de circulação de água em aquários.

¹³ Aquaponia é um sistema integrado de cultivo de plantas e criação de peixes, onde a água dos tanques dos peixes, rica em nutrientes, é utilizada para irrigar e fertilizar as plantas. As plantas, por sua vez, purificam a água, que é devolvida aos tanques dos peixes. Essa abordagem sustentável permite o cultivo de plantas e a criação de peixes em um ambiente com economia de água e sem a necessidade de fertilizantes químicos.

2.3 Minissistema de bombeamento Solar

Experiências

Figura 33 - Experiência realizada no Instituto Federal da Bahia - IFBA/Euclides da Cunha. Intervenção pedagógica em uma turma de edificações.



Fonte: Os Autores.

3

KITS DIDÁTICOS COMERCIAIS

PARA O ENSINO MÉDIO

Nesta seção, disponibilizamos uma série de roteiros dedicados a utilização de kits didáticos que podem ser encontrados facilmente do comércio *online*.

✓ Objetos didáticos encontrados aqui:

- Radiômetro de Crookes
- Espectroscópio Portátil
- Minicarro solar



3.1

Radiômetro de Crookes



Contextualização

O radiômetro de Crookes é um instrumento científico inventado pelo físico inglês William Crookes em 1879. Este dispositivo consiste em uma câmara fechada contendo um vácuo parcial e abriga uma série de lâminas com faces escuras e claras.

Quando a radiação incide sobre as lâminas, parte dessa energia é absorvida, gerando calor. A diferença de calor entre as faces claras e escuras das lâminas cria variações na pressão do ar, resultando em turbilhões. Esses turbilhões fazem com que as lâminas girem, convertendo em energia mecânica.

Objetivos

- ✚ Compreender a conversão de energia eletromagnética em movimento.
- ✚ Verificar como a distância influencia na intensidade da luz incidente em uma superfície.

Estratégias

Utilizar do radiômetro de Crookes para ensinar conceitos relacionados à energia solar.

3.1

Radiômetro de Crookes

Conceitos Físicos envolvidos

- ✚ Radiação Solar;
- ✚ Aquecimento dos corpos;
- ✚ Pressão de gás.

Materiais

- ✚ 01 Radiômetro de Crookes;
- ✚ 01 Conjunto de lâmpada e acessórios (do tipo Halógena ou Incandescente).

Procedimentos

Este experimento pode ser realizado tanto dentro quanto fora da sala de aula. O professor pode apresentar os conceitos básicos, como radiação de corpo negro, radiação solar e pressão de gás aquecido.

Em sala de aula, posicione o radiômetro sobre uma mesa e ligue uma lâmpada quente. Aproxime e afaste a lâmpada para demonstrar como a velocidade de rotação das pás muda com a distância. Em seguida, leve o aparato para a luz solar para complementar a discussão.

A física do aparato

O radiômetro é composto por uma câmara de vidro com vácuo parcial, pás com faces escuras e claras fixadas em um eixo móvel de rotação com baixo atrito. A radiação luminosa aquece mais as faces escuras das pás do que as claras, assim como o ar rarefeito próximo a elas. Como o ar quente possui maior pressão que o ar frio, ocorre

3.1

Radiômetro de Crookes

uma diferença de pressão que gera a força necessária para impulsionar as pás, fazendo-as girar no sentido das faces escuras para as claras. É importante destacar que o movimento é causado pelo ar e não pela pressão da luz, como se acreditava anteriormente. Se removermos energia do sistema, por exemplo, aproximando o radiômetro de uma fonte mais fria, a rotação se inverterá. A Figura 34 resume o que foi exposto.

Figura 34 - Sentido de Rotação do radiômetro com a mudança de uma fonte quente para uma fria.



Fonte: Os Autores.



Perguntas



1

Como funciona o Radiômetro de Crookes e quais são os fatores que afetam a rotação das pás?

O funcionamento do Radiômetro se baseia no aquecimento diferencial das faces claras e escuras das pás, localizadas dentro de uma câmara de vidro com vácuo parcial. A radiação luminosa incide e aquece mais intensamente as faces escuras, criando diferenças de pressão no ar rarefeito, o que

3.1

Radiômetro de Crookes

consequentemente impulsiona a rotação das pás. Fatores que influenciam essa rotação incluem a intensidade da luz, a distância da fonte de luz e a temperatura ambiente. No entanto, é importante ressaltar que não apenas a luz, mas também uma fonte de calor, pode gerar movimento no radiômetro.

2 Como o vácuo parcial na ampola do radiômetro de Crookes afeta a rotação das paletas?

O vácuo parcial é essencial para permitir a rotação das paletas. A presença de ar rarefeito no interior da ampola possibilita as diferenças de pressão que impulsionam a rotação. Se o vácuo fosse total, não haveria pressão suficientes para as paletas girar.

3 Além da luz, que outras formas de radiação eletromagnética podem afetar a rotação das paletas do radiômetro de Crookes?

Toda a radiação térmica pode provocar a rotação do radiômetro.

4 Por que quando aproximamos uma lâmpada halógena do radiômetro de Crookes a sua rotação aumenta de velocidade?

A rotação aumenta de velocidade porque a intensidade da radiação eletromagnética (térmica) recebida pelas paletas é maior. Essa maior incidência aquece mais as faces escuras das paletas, intensificando as diferenças de pressão no ar rarefeito e, consequentemente, acelerando a rotação das paletas.

3.1

Radiômetro de Crookes

Experiências

Figura 35 - Experiência realizada no Instituto Federal da Bahia - IFBA/Euclides da Cunha. Intervenção pedagógica na turma de edificações.



Fonte: Os Autores.

3.2

Espectroscópio Portátil



Contextualização

O espectroscópio é um instrumento que nos permite analisar a luz e suas diversas frequências ou comprimentos de onda - em outras palavras, as cores - dentro da faixa visível do espectro eletromagnético. A análise espectral, realizada com o auxílio de espectroscópios, é uma técnica amplamente utilizada na astronomia e astrofísica. Por meio dela, é possível determinar a composição química de corpos celestes distantes, como estrelas e galáxias, e até mesmo de corpos mais próximos, como o Sol.

Objetivos

- ✚ Compreender a composição da luz do Sol e de outras fontes luminosas, dentro da faixa do visível.

Estratégias

Empregar um espectroscópio portátil para analisar a luz emitida por diferentes fontes.

Conceitos Físicos envolvidos

- ✚ Espectro eletromagnético;
- ✚ Espectroscopia.

Materiais

- ✚ 01 Espectroscópio portátil;
- ✚ Lâmpadas de diferentes tipos (Halógena, fluorescente, incandescente etc.).

Observação: Optou-se pelo uso de uma lâmpada de vapor de mercúrio, visto que suas linhas de emissão aparecem de maneira bem definida no espectroscópio.

Procedimentos

Segue algumas sugestões:

- 1 Introdução teórica: explicar aos estudantes o espectro eletromagnético, o que é um espectroscópio e seu funcionamento;
- 2 Demonstração: realizar uma demonstração do uso do espectroscópio portátil para os estudantes, mostrando como ele pode ser utilizado para analisar diferentes fontes de luz, artificiais e a luz do sol;
- 3 Análise do espectro solar: conduzir uma atividade prática em que os estudantes utilizem o espectroscópio portátil para analisar a luz de uma lâmpada de vapor de sódio e a luz solar e identificar as diferentes frequências (cores) presentes no espectro observado;
- 4 Discussão: incentivar um debate entre os estudantes acerca do experimento.

3.2

Espectroscópio Portátil

Atenção!

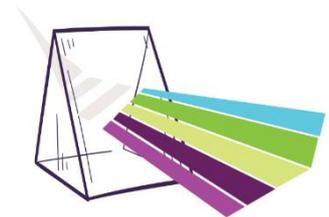
É importante ressaltar a importância da segurança durante o manuseio do espectroscópio e a supervisão de um professor ou responsável durante todas as atividades.

Nunca aponte o espectroscópio diretamente para o Sol. Para isso, aponte para uma nuvem ou objeto branco.



A física do aparato

A espectroscopia se refere ao estudo das interações entre a luz e a matéria. Chamamos de espectro a intensidade da luz em distintos comprimentos de onda. Para visualizar um espectro, é necessário difratar a luz, processo que pode ser realizado utilizando um prisma de vidro ou uma rede de difração.



Em um espectroscópio portátil, o prisma é posicionado no lado oposto à pequena entrada de luz. A luz é direcionada através do prisma e desviada em ângulos distintos, o que resulta na separação em suas diferentes frequências ou comprimentos de onda. A Figura 36 apresenta o espectroscópio utilizado.

3.2

Espectroscópio Portátil

Figura 36 - Espectroscópio portátil utilizado.



Fonte: Os Autores.

**Perguntas****① Como a luz dispersa pelo prisma do espectroscópio?**

A luz se dispersa no prisma do espectroscópio devido à refração, que ocorre quando a luz passa de um meio para outro com diferentes índices de refração. Isso faz com que cada comprimento de onda seja desviado em ângulos distintos, separando a luz em suas cores componentes.

② Como a análise espectral pode ser usada para determinar a composição química de um objeto?

Observando as linhas espectrais específicas - linhas de absorção ou emissão - que correspondem a transições eletrônicas nos átomos ou moléculas do objeto. Cada elemento possui um padrão único de linhas espectrais, funcionando como uma "impressão digital" que permite identificar sua presença e quantidade na fonte de luz analisada.

③ Qual é a diferença entre a emissão e a absorção espectral?

A emissão espectral ocorre quando elétrons emitem energia na forma de luz ao passarem de um estado excitado para um estado de menor energia. Já a absorção espectral acontece quando os elétrons absorvem energia na forma de luz e passam de um estado de menor energia para um estado excitado.

3.2

Espectroscópio Portátil

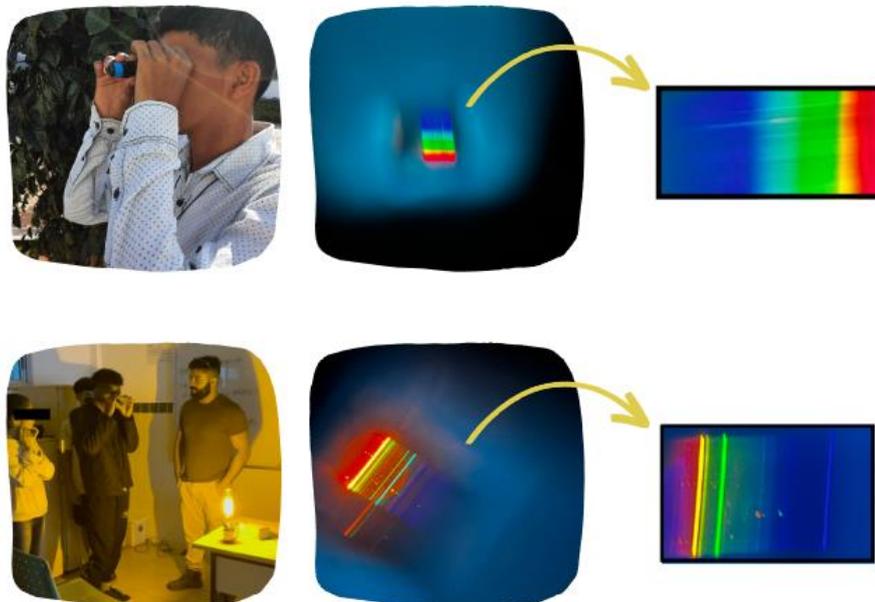
4

Por que alguns espectros possuem forma de linhas, enquanto outros são espectros contínuos?

Um espectro de linhas ocorre quando um gás ou plasma emite luz em frequências específicas. Cada linha corresponde a um salto de energia específico de um elétron dentro do átomo, o que gera luz de um comprimento de onda particular. Por outro lado, um espectro contínuo é produzido quando um objeto sólido ou líquido incandescente emite luz. Nesse caso, a radiação é emitida em todos os comprimentos de onda visíveis, resultando num espectro contínuo.

Experiências

Figura 37 - Experiência realizada no Instituto Federal da Bahia - IFBA/Euclides da Cunha. intervenção pedagógica na turma de edificações.



Fonte: Os Autores.

3.3

Minicarro solar



Contextualização

Carros movidos à energia solar funcionam captando a luz do sol e convertendo-a diretamente em energia elétrica, que é usada para alimentar o motor do carro. Isso permite que o veículo se movimente sem o uso de combustível convencional, ou ainda, auxilie no caso dos carros híbridos, que ainda utilizam combustíveis convencionais.

Os carros elétricos podem ter painéis fotovoltaicos integrados, mas também existe a possibilidade de os painéis serem externos. Nesse último caso, eles requerem pontos fixos de abastecimento.

Objetivos

- ✚ Entender como a energia solar pode ser convertida em energia elétrica e, em seguida, usada para movimentar veículos;

Estratégias

Utilizar de minicarros movidos a energia solar.

Conceitos Físicos envolvidos

- ✚ Efeito Fotovoltaico;

3.3

Minicarro solar

- ✚ Conversão de energia;
- ✚ Força e movimento

Materiais

- ✚ Minicarros movidos à energia solar

Observação: a quantidade deve ser proporcional ao número de estudantes na turma. Não é necessário um carro por estudante, basta ter uma quantidade suficiente para permitir a manipulação por todos.

Procedimentos e sugestões para o professor

- 1 Testes de desempenho: proponha aos estudantes que realizem testes de desempenho nos minicarros solares em diferentes condições de luminosidade, diretamente ao sol, sombreados ou sob luz artificial;
- 2 Análise do funcionamento do carrinho: peça aos alunos que observem os minicarros solares e identifiquem as partes que compõem o sistema. Eles podem analisar como as células solares são conectadas aos motores e como o carrinho consegue se mover;
- 3 Discussão sobre a tecnologia dos carros elétricos: aproveite a atividade com os minicarros solares para discutir como os carros elétricos funcionam, desde os híbridos até os totalmente elétricos.

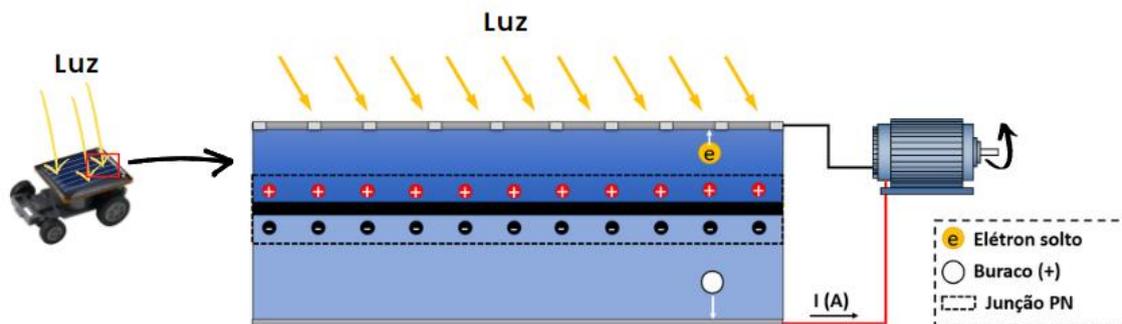
3.3

Minicarro solar

A Física do Aparato

Os minicarros solares são equipados com células fotovoltaicas, que transformam a energia luminosa em eletricidade através do Efeito Fotovoltaico. Embora esse fenômeno tenha sido abordado na introdução, o esquema de funcionamento desses carrinhos é ilustrado na Figura 38.

Figura 38 - Ilustração que demonstra a ocorrência do efeito fotovoltaico em uma célula fotovoltaica incorporada ao minicarro. Quando a luz incide sobre a placa, fornece energia para os elétrons, que são impulsionados para a parte superior, enquanto as lacunas, ou cargas positivas, se acumulam no lado oposto, gerando uma tensão elétrica. Ao fechar o circuito com o motor, a corrente começa a fluir.



Fonte: Os Autores.

Experiências

Figura 39 - Experiência realizada no Instituto Federal da Bahia - IFBA/Euclides da Cunha. intervenção pedagógica na turma de edificações.



Fonte: Os Autores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



COMINS, N. F.; KAUFMANN III, W. J. **Descobrimdo o Universo**. 8. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ECHER, Ezequiel *et al.* **O número de manchas solares, índice da atividade do sol**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, n. 2, p. 157-163, 2003.

MACENA, Walter; GUIRAU, Bruno; MARCATO, Filipe. **Circuito microinversor aplicado a sistemas fotovoltaicos autônomos**. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/295091898_CIRCUITO_MICROINVERSOR_APLICADO_A_SISTEMAS_FOTOVOLTAICOS_AUTONOMOS. Acesso em: 16 jul. 2023.

MARTINS, Fernando Ramos; PEREIRA, Enio Bueno. **Energia Solar: estimativa e previsão de potencial solar**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2019. 139 p. ISBN 978-85-473-2708-8.

NASA. **Solar Anatomy**. Disponível em: https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/science/solar-anatomy.html. Acesso em: 10 jul. 2023.

SARAIVA, Maria de F. O.; FILHO, Kepler de S. O.; MÜLLER, Alexei M. Aula 17: Espectroscopia. 2010. **Notas de Aula**. Instituto de Física (IF) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Solargis. **Maps and GIS data**. Disponível em: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download>. Acesso em: 15 jul. 2023.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar fotovoltaica**: conceitos e aplicações. 2. ed. Bela Vista: Érica, 2015. ISBN 978-85-365-1489-5.



TERMO DE VALIDAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Atestamos para os devidos fins que o produto educacional intitulado ENERGIA SOLAR - MANUAL DE CONSTRUÇÃO DE KITS DIDÁTICOS PARA O ENSINO MÉDIO foi aplicado com 82 estudantes, no Instituto Federal da Bahia - IFBA campus Euclides da Cunha, em turmas do 1º ano do Ensino Médio e turmas do curso de nível técnico – na modalidade subsequente (módulos II e IV).

Feira de Santana, 17 de agosto de 2023

Presidente da Banca de Avaliação:
Prof. Dr. Germano Pinto Guedes (DFIS-UEFS)

Membro Interno do Mestrado Profissional em Astronomia:
Prof. Dr. Carlos Alberto de Lima Ribeiro (DFIS-UEFS)

Membro Externo – Convidado:
Prof. Dr. Manassés Almeida Gomes (UFRB)