



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM
ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Micro Usina Solar e o Efeito Fotovoltaico para Alunos do Terceiro Ano do Ensino Médio.

Derbiano Alves Soares

Prof^a. Dr^a. Vanessa Carvalho de Andrade

BRASÍLIA – DF
2018

Sumário

APÊNDICE. A	3
APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	3
PROPOSTA PARA A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	4
ENCONTRO 1	4
ENCONTRO 2	7
ENCONTRO 3	8
ENCONTRO 4	11
ENCONTRO 5	12
ENCONTRO 6	13
APÊNDICE. B - PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE	15
APÊNDICE. C - ROTEIRO EXPERIMENTAL 1.....	16
APÊNDICE. D - ROTEIRO EXPERIMENTAL 2.....	18
APÊNDICE. E- TEXTO DE APOIO. SEMICONDUTORES E A ENERGIA FOTOVOLTAICA	20
APÊNDICE. F- TEXTO DE APOIO FÍSICA SOLAR E O CLIMA.....	31
APÊNDICE. G – VÍDEOS E REPORTAGENS SOBRE ENERGIA SOLAR.....	39

APÊNDICE. A

APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Será apresentado a sequência didática e os passos necessários e importantes no direcionamento das aulas à luz dos referenciais teóricos de Ausubel e Paulo Freire.

Na proposta para a sequência didática é uma sugestão de ações durante as aulas que podem ser modificadas, mudadas de ordem de aplicação ou serem aplicadas parcialmente em projetos semelhantes. Nesta sequência existem sugestões para problematização inicial das aulas e perguntas para construção de debates dirigidos durante as aulas, assim como atividades de simulação computacional e atividades experimentais.

O Apêndice B é apresentado as questões utilizadas para a confecção do pré-teste e pós-teste.

Nos Apêndices C e D são apresentados os roteiros experimentais para utilização da micro usina solar.

No Apêndice E possui um texto de autoria do autor deste trabalho que explica todo o processo da micro usina solar, desde semicondutores, condutores, isolantes, processo de dopagem do silício, junção PN, efeito fotovoltaico e explica como é a transformação de energia solar em elétrica pelas células fotovoltaicas e os tipos de micro usinas solares existentes.

O apêndice F é composto por um texto autoral sobre Física Solar e o Clima, onde é abordado a relação entre o Sol, o Clima e a produção de energia, o texto ainda faz importantes referências a atmosfera solar e ao espectro solar.

O apêndice G segue uma série de links de vídeos e reportagens interessantes que podem ser utilizadas em sala de aula, assim como portais com materiais de apoio ao estudante e ao professor.

PROPOSTA PARA A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

ENCONTRO 1

A) Apresentação do projeto aos alunos e realizar a problematização inicial – Duração: 15 minutos.

Apresentar o tema energia solar como tema gerador (colocar o conteúdo num contexto) e neste momento criar uma problematização, importância do tema no contexto social e ambiental. (FREIRE,1985).

Problematização: Qual a necessidade de se produzir energia elétrica de fontes renováveis? Como está a produção e o consumo de energia elétrica no país?

B) Realização do Pré-Teste – Duração: 30 minutos.

A utilização do Pré-teste artifício muito importante para conhecer os subsunçores que os alunos possuem sobre energia solar e assim avaliar se nas próximas aulas existe a necessidade de organização e de complementar o conteúdo com o objetivo de ser um material potencialmente significativo. O objetivo deste momento é identificar se o material da sequência didática possui relação entre os subsunçores e o novo conhecimento, caso contrário, o material deverá sofrer modificações para que se torne potencialmente significativo. (AUSUBEL, 2003)

C) Montagem do aparato experimental com os alunos – Duração: 45 minutos.

Montagem do aparato experimental em parceria com os alunos, este momento é importante para a explicação de como é o funcionamento da micro usina solar, neste momento também será explicado cada elemento que compõe a micro usina solar.

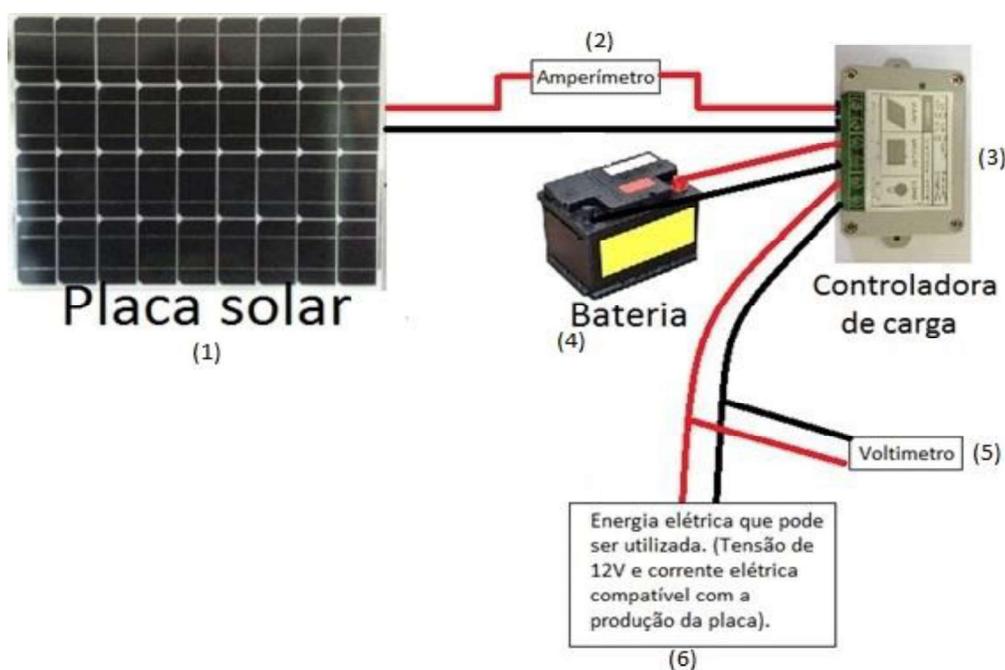


Figura 1. Esquema da micro usina solar.

Elementos da Micro Usina Solar.

1. **Placa solar:** Células fotovoltaicas que convertem energia luminosa em energia elétrica. Dados da placa:

- a) Marca e modelo: KINGSUN SOLAR 50
- b) Potência Máxima: 50 Watts.
- c) Tensão Máxima: 17,99 Volts, em circuito aberto: 21,59 Volts.

Placa constituída de 36 células de silício mono cristalina. (Informações presentes na própria placa).

2. **Amperímetro:** Aparelho utilizado para medir a corrente elétrica produzida pelas placas fotovoltaicas.

3. **Controlador de carga:** Equipamento responsável por controlar a tensão e corrente elétrica que é distribuída na bateria ou por um sistema conectado a micro usina, ele evita sobre carga na bateria ou que a mesma

tenha a sua carga esgotada, o que poderia danificar a mesma. (informações presentes no manual do usuário).

4. **Bateria:** Um acumulador de carga, responsável por armazenar a energia produzida pela micro usina solar, energia esta, que pode ser utilizada em momentos que a produção dos módulos fotovoltaicos são insuficientes.

5. **Voltímetro:** Aparelho utilizado para medir a tensão elétrica gerada pela micro usina solar.

6. **Energia elétrica** que pode ser utilizada por sistemas com tensão e corrente elétrica compatível com a produzida.

Tutorial para montagem da micro usina solar.

1) Na parte de trás da placa solar, conectar os cabos elétricos nos terminais positivos e negativos.

2) Os cabos conectados na placa solar, positivo e negativo, ligar no controlador de carga no conector referente à placa solar.

3) No controlador de carga, nos conectores correspondentes a bateria, ligar os cabos positivo e negativo do controlador para a bateria.

4) Entre a placa solar e o controlador de carga, ligar o amperímetro.

5) Após o controlador de carga, ligar o voltímetro em qualquer terminal.

ENCONTRO 2

A) Atividade Experimental dirigida pelos roteiros apresentados nos apêndices C e D – Duração: 45 minutos cada experimento.

Neste segundo encontro será realizada uma proposta experimental utilizando a micro usina solar para verificação da tensão elétrica e da corrente elétrica fornecidas em diversas situações como:

- a) **Influência da variação da intensidade da radiação solar no comportamento da tensão e da corrente elétrica fornecida pelas células fotovoltaicas.**
- b) **Verificar o comportamento das associações de resistores e geradores.**
- c) **Analisar se os elementos do circuito do chuveiro elétrico se estão associados em série ou em paralelo, assim como seus comportamentos em relação à tensão, corrente elétrica, resistência e potência quando conectados à micro usina solar.**

Observações: As aulas teóricas sobre tensão, corrente elétrica, potência, Energia elétrica consumida, resistência (Leis de Ohm), associação de resistores e de geradores já foram ministradas previamente na sequência dos conteúdos antes de se iniciar o projeto, este momento será aproveitado para realização de experimentos relacionados com as aulas teóricas.

Sugestões: Antes da aplicação da proposta experimental, alguns alunos serão convidados para comparecerem em turno contrário para orientação de como proceder na atividade experimental e servirem como monitores na orientação dos procedimentos para coletas de dados.

É esperado que o aluno perceba a relação entre a intensidade da radiação solar sobre as placas e a potência por ela gerada, observando as mudanças na corrente elétrica e a intensidade luminosa das lâmpadas.

ENCONTRO 3

Duração 30 minutos.

A) Coletores solares térmicos para aquecimento da água.

Neste momento é importante explicar como funciona o aquecimento de água por energia solar que são utilizados para aquecer a água do chuveiro e de piscinas, evitando assim utilizar energia elétrica para esta finalidade, visto que, é necessária uma quantidade muito grande de energia elétrica para esta finalidade, um dos aparelhos elétricos de maior consumo de energia.

Conteúdo que será revisado:

- Processos de transmissão de calor (Condução, convecção e irradiação) e troca de calor.

Será realizada uma revisão de física térmica envolvida no processo de aquecimento da água pelas placas coletoras, será realizada uma estimativa do custo da instalação de coletores solares e a economia de energia elétrica envolvida para aquecer a água, será discutido em quanto tempo o investimento será recuperado e os benefícios socioambientais.

Provavelmente os alunos já possuem conhecimentos prévios sobre os coletores térmicos, então esta abordagem faz-se necessária, pois sistemas de coletores solares para aquecimento de água são muito utilizados e difundidos na nossa sociedade e confundidos muitas vezes com as placas fotovoltaicas.

Duração 60 minutos.

B) Simulação da Construção de Uma Micro Usina Solar.

- **Sugestões ao professor para realizar contextualizações.**

- 1) Gerar uma discussão sobre o consumo de energia elétrica nas residências dos alunos, traçar uma estratégia de como eles poderiam economizar e como poderiam inserir sistemas de aproveitamento da energia solar em suas residências.
- 2) Explicação e discussão. Como e porque existe o horário de verão em algumas partes do Brasil, traçar um paralelo da sazonalidade do horário de verão e a energia produzida pelas usinas solares sem a necessidade de longas redes de transmissão, traçar um comparativo do consumo de energia elétrica no verão e a produção nesta época do ano pelas usinas solares.

- **Passos para realizar a Simulação da Construção de Uma Micro Usina Solar.**

Utilizando dados que os alunos coletarão na conta de energia elétrica de sua residência, será utilizado o site: <http://www.portalsolar.com.br/calculo-solar> que disponibiliza uma simulação do que é necessário para construir uma usina solar a partir dos dados do consumo de energia elétrica mensal em KWh e a sua localização geográfica, sendo assim, possível obter dados como:

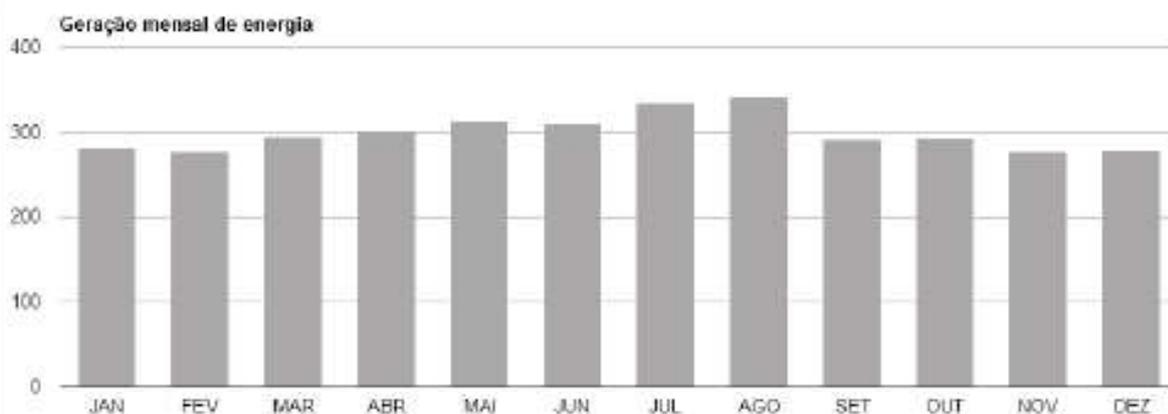
- Potência instalada.
- Custo médio para a instalação de uma micro usina solar.
- Quantidades de placas de 260W recomendado para o consumo.
- Produção anual de energia em KWh.
- Área mínima necessária para a instalação.
- Peso médio, Kg/m².
- Geração média mensal em KWh.
- Disponibiliza um gráfico da produção mensal desta micro usina solar, levando em consideração a incidência de radiação solar local.

Segue exemplo para um consumo de 300 KWh mensais em Brasília.



FICHA TÉCNICA DO SEU SISTEMA GERADOR

Para atender a sua demanda de eletricidade, o seu sistema gerador de energia solar fotovoltaica precisa ter uma potência de:	2,37	kWp. (ou potência instalada)
O preço médio de um gerador fotovoltaico deste tamanho varia no mercado de:	R\$ 14.457,00	até R\$ 17.775,00
Quantidade de placas fotovoltaicas:	9	de 260 Watts
Produção anual de energia	3600	kWh/ano aproximadamente
Área mínima ocupada pelo sistema:	18,98	metros quadrados aprox.
Peso médio por metro quadrado:	15	kilograma / metro quadrado
Geração mensal de energia:	300	kWh/mes aproximadamente



ATENÇÃO: os valores aqui citados vão variar, para mais ou menos, de acordo com a complexidade da sua instalação. (por exemplo: altura do telhado, distância, rede local, etc). O cálculo de produção de energia baseia-se na radiação solar da região selecionada. Diversos fatores como inclinação dos painéis fotovoltaicos, sombras ou outro tipo de interferência podem influenciar na produção de energia do seu sistema.

ENCONTRO 4

A) Aula expositiva com duração de 60 minutos.

- Conteúdos abordados:
 - 1) Condutores, semicondutores e isolantes.
 - 2) Processo de dopagem do silício.
 - 3) Explicar a junção P-N.
 - 4) Efeito fotovoltaico e como a irradiação solar é absorvida pelas placas fotovoltaicas e transformada em energia elétrica.

Como material de apoio aos alunos utilizar artigos disponíveis nos apêndices E e F.

O material tem o objetivo de estimular a utilização de artigos produzidos em sala de aula, tais artigos que foram sugeridos são de autoria do autor deste trabalho buscando uma linguagem acessível aos alunos de ensino médio.

Apêndice E: Semicondutores e a Energia Fotovoltaica

Apêndice F: Física solar e o clima

Sugestões ao professor:

- ✓ Os artigos devem ser entregues previamente aos alunos e discutidos em sala de aula.
- ✓ Vídeo para consulta do professor sobre: Microeletrônica – Aula 01 - Física dos semicondutores, disponibilizado pela UNIVESP ministrada pelo professor Fernando Josepetti Fonseca.

https://www.youtube.com/watch?v=1hGdS1us_9k

ENCONTRO 5

Debate dirigido com duração de 60 minutos.

- Realização de uma discussão ambiental e um tempo para tirar possíveis dúvidas, logo abaixo apresento sugestões para o debate.
- Na aula anterior deve ser pedido aos alunos que realizassem uma pesquisa buscando informações sobre os impactos da produção e do consumo de energia na sociedade.

Neste caso é facultada a aplicação do pós-teste, ele pode ser substituída por um bate papo com os alunos, por um debate dirigido com temas já definidos previamente, o importante é dar a oportunidade para que o aluno possa expressar o que aprendeu e o professor possa avaliar a aprendizagem, momento importante como previsto na teoria de aprendizagem de Ausubel. Neste momento as sugestões de temas podem substituir a aplicação do pós-teste igual ao pré-teste, além de satisfazer o defendido nesta dissertação, abordar o tema de forma contextualizada.

Sugestões de temas para as discussões:

- 1) A energia solar pode ser considerada uma energia limpa, sem agentes poluidores?
- 2) Qual a relação entre tensão, corrente elétrica, potência e intensidade da luminosidade do Sol?
- 3) A energia solar pode ser uma alternativa para substituir outras fontes de produção de energia?
- 4) O investimento financeiro em sistemas de aproveitamento da energia solar é vantajoso ou desvantajoso, seria caro ou barato?
- 5) Caso você seja uma pessoa interessada em ter uma micro usina solar em sua residência ou local de trabalho, para a contratação de uma empresa especializada, quais conceitos seriam importantes você saber sobre o tema?
- 6) Imagine a seguinte situação hipotética: *Uma usina solar será construída na região em que você reside.* Construa um texto simples e objetivo no qual você deverá fazer uma análise que possa justificar o seu posicionamento contrário ou a favor desta construção.

ENCONTRO 6

Apresentação de Seminários.

Como atividade para os alunos, é importante que os mesmos se organizem para apresentar um trabalho, o importante é tentar ao máximo ser um pouco diferente dos seminários tradicionais

Vale lembrar que os alunos precisam ficar livres para realizar este trabalho, o professor somente orientará os mesmos na sua organização. Destacar para os alunos usarem a criatividade e serem inovadores, realize isso como um desafio.

- **Sugestões de regras para apresentação dos seminários:**

- 1) Utilizar o tema, Energia Solar. Poderiam associar a energia solar com outras fontes de energia.
- 2) A turma será dividida em grupos de mesma quantidade de alunos.
- 3) Cada grupo teria 30 minutos (*a cargo do professor regente*) para apresentação.
- 4) Deveriam utilizar dados reais do cotidiano deles.
- 5) Deve ter um apelo social ou ambiental.
- 6) Incluir um elemento criativo, novo que possa surpreender a apresentação. (Como um desafio lançado aos alunos).
- 7) A utilização de simulações computacionais, experimentos, objetos para ilustrar as explicações serão bem vindas.

- **Sugestões de temas que os alunos podem utilizar.**

- 1) Comparar a energia solar com outros meios de produção e indicar onde a energia solar está sendo utilizada no Brasil.
- 2) A duas frentes da energia solar: i) para o aquecimento de água como de chuveiros e piscinas e ii) para produzir energia elétrica em sistemas isolados ou conectados a rede. Diferencia e explicar os dois.
- 3) Energia solar X Energia Nuclear. Destaco este tema, pois sempre é um tema muito disputado.
- 4) Os 7 incríveis projetos de energia solar no mundo.

- 5) Em Brasília existe uma estação do metrô autossuficiente, fica na cidade satélite de Ceilândia. É a primeira estação do metrô autossuficiente da América Latina.
- 6) Energia solar como fonte para os seres humanos: Podem falar sobre a Vitamina D, absorção de Cálcio, podem realizar uma pesquisa na escola sobre quem tem vitamina D abaixo do normal e etc.
- 7) Condomínios inteligentes que podem utilizar a energia solar para suprir necessidades internas do condomínio.
- 8) Bicicletas compartilhadas: Podem ser bicicletas híbridas, que funcione pedalando e com um motor elétrico e carregado nas estações de compartilhamento com energia solar.
- 9) Expansão da energia eólica e solar no Brasil. Onde, quando, quanto e como será o futuro?
- 10) Construir pequenas traquitanas que funcionem com a energia solar. (Este é uma boa sugestão, os alunos são muito criativos e podem nos surpreender).
- 11) Infelizmente. Corrupção, desvios de dinheiro público nas construções dos Parques Eólicos, das Usinas Solares e das usinas Nucleares Angra dos Reis.

APÊNDICE. B- PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE.

	Nome da sua escola		
	Física	Data:	Nº
Professor:	Disciplina: Física		
Aluno (a):	Ano/Turma:		

Energia solar, micro usina solar e o efeito fotovoltaico.

- 1) Construa um esboço (desenho ou esquema) de uma micro usina solar e explique cada um dos elementos que ela possui.
- 2) Explique como é o processo de transformação de energia solar em energia elétrica pelas placas fotovoltaicas. (Efeito Fotovoltaico).
- 3) Como poderíamos transformar energia solar em térmica? Principalmente para aquecimento da água.
- 4) Como poderíamos utilizar a energia solar no período da noite?
- 5) Para a construção de placas fotovoltaicas são utilizados quais tipos de materiais?
- 6) Explique o que é junção P-N e o processo de dopagem do semicondutor silício.

APÊNDICE. C- ROTEIRO EXPERIMENTAL 1.

	Nome da sua escola		
	Física	Data:	Nº
Professor:	Disciplina: Física		
Aluno (a):	Ano/Turma:		

Objetivos: Verificar a tensão e a corrente elétrica fornecida pela micro usina solar levando em consideração a Influência da variação da intensidade da radiação solar no comportamento da tensão e da corrente elétrica fornecida pelas células fotovoltaicas.

- Materiais:
- Micro usina solar.
- Multímetro.
- Fios para ligações.
- Lâmpadas.

Procedimentos: Criar situações de sombreamento e diferentes inclinações nas placas solares com o objetivo de modificar a incidência da radiação solar sobre as placas.

1) Registre na tabela seguinte os valores de corrente elétrica e tensão para os seguintes casos:

- a) Com a placa alinhada diretamente para o Sol.
- b) Com a placa alinhada paralela ao solo.
- c) Com uma folha de papel A4 cobrindo uma área da placa solar.
- d) Com uma tela do tipo mosquiteiro sobre toda a área da placa solar.

e) Simular alguma situação de sombra sobre as placas solares.
Explique como fez o sombreamento.

Situações.	Tensão (V).	Corrente Elétrica (A)
a)		
b)		
c)		
d)		
e)		

Tabela: Tensão e Corrente elétrica.

2) Discussão dos resultados encontrados. Compare o valor da tensão e corrente elétrica com o brilho apresentado pelas lâmpadas.

3) Construa o Gráfico Tensão x Corrente elétrica. Comente o resultado obtido.

4) Determine a potência para cada situação.

APÊNDICE. D- ROTEIRO EXPERIMENTAL 2.

	Nome da sua escola		
	Física	Data:	Nº
Professor:	Disciplina: Física		
Aluno (a):	Ano/Turma:		

Objetivos:

Analisar se os elementos do circuito do chuveiro se estão associados em série ou em paralelo, assim como seus comportamentos em relação à tensão, corrente elétrica, resistência e potência quando conectados a micro usina solar.

Materiais:

- Micro usina solar.
- Fios para conexão.
- Multímetro.
- Lâmpadas incandescentes e de LED.
- Pequenos motores (carrinhos).
- Resistência de chuveiro.

Procedimentos: Analisar associações em série e em paralelo para o circuito do chuveiro abaixo quando conectados à micro usina solar.

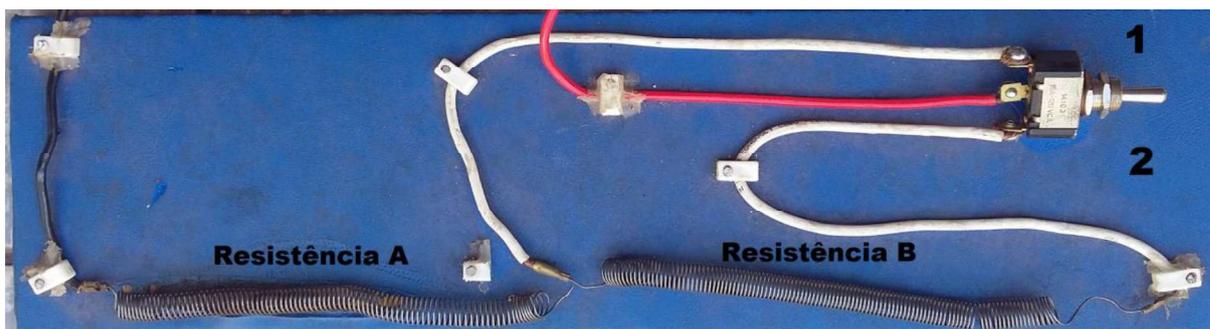


Figura 1: Resistência do chuveiro

Conecte os fios positivo e negativo na placa solar e ligue a chave na posição 1 e depois na posição 2 e verifique o aquecimento da resistência. Discuta o que foi observado com seu grupo e indique qual a posição verão e qual a posição inverno.

- 1) Determinar o valor da corrente elétrica para a resistência do chuveiro ligado na posição 1 e 2.
- 2) Com os dados da questão anterior, relacione a posição 1 e a posição 2 com a posição verão e a posição inverno do chuveiro.
- 3) Determine a tensão elétrica usada neste experimento e calcule a potência desta ligação para as posições, verão e inverno.

Faça uma discussão dos resultados obtidos e construa uma conclusão sobre o aquecimento da resistência do chuveiro na posição verão e inverno, comente se o resultado foi o esperado.

APÊNDICE. E- TEXTO DE APOIO. SEMICONDUTORES E A ENERGIA FOTOVOLTAICA

Semicondutores e a Energia Fotovoltaica

TEXTO AUTORAL:

Derbiano Alves Soares, MNPEF- Polo 1

Instituto de Física

Universidade de Brasília

Semicondutores e a Energia Fotovoltaica

A energia elétrica tem papel vital atualmente para o mundo globalizado, tudo gira em torno dela: banho quente, comida aquecida, uma bebida gelada, a televisão, o celular, o computador, ou seja, a maioria das atividades do dia a dia de todas as pessoas em qualquer lugar do mundo gira em torno da energia (DOS REIS,2003).

A energia mais utilizada para realizar todas essas atividades relacionadas é a elétrica, que pode ser obtidas através de duas fontes, não renováveis e renováveis. As fontes não renováveis são aquelas possíveis de se esgotarem com passar do tempo, devido ao uso ser mais rápido do que o tempo de sua renovação. Nessa categoria encontram-se os derivados do petróleo, os combustíveis radioativos, energia geotérmica e o gás natural (CASTRO,2011).

De acordo com REIS e CUNHA, (2006) as fontes renováveis são aquelas disponíveis em grande quantidade e que podem ser renovadas pela natureza mais rápido do que o tempo do seu consumo, entre elas estão usinas hidrelétricas, as eólicas (ventos), solar (fotovoltaica), biomassa (resíduo de animais, plantações e etc).

As fontes não renováveis de combustíveis fósseis são as mais utilizadas correspondendo a cerca de 80% da energia utilizada no mundo, porém as queimas desses combustíveis contribuem para a poluição do ar, produzindo Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido nítrico (NO₂) e outros, esses elementos citados correspondem juntos a mais de 95% de contribuição para o efeito estufa e conseqüentemente para o aquecimento global (REIS e CUNHA, 2006).

Tendo em vista o estoque limitado de reservas desses combustíveis não renováveis em todo o mundo, o crescimento populacional com conseqüente aumento de demanda energética para o desenvolvimento tecnológico e industrial, além das constantes exigências na redução de emissão de poluentes. Há muitos anos existe entre os estudiosos uma preocupação na formulação de fontes alternativa de energia (SANTOS; 2015).

Dentre essas, destaca-se a energia solar fotovoltaica, por possibilitar a geração de forma limpa e descentralizada, não necessitando de extensas linhas de transmissão e distribuição, sua produção é silenciosa e pode ser utilizada tanto no meio rural quanto no meio urbano. O Brasil tem a vantagem de estar localizado na

zona inter-tropical, registrando altos índices de irradiação solar durante todo o ano, principalmente em comparação com outros países que já fazem uso desta tecnologia (SANTOS,2015).

Segundo JUNIOR e BAGNARA, (2016) a energia fotovoltaica é o resultado da conversão da luz solar em corrente elétrica, através de módulos ou placas construídos com fotocélulas produzidas a partir de um material semicondutor, como *silício cristalino, silício amorfo hidrogenado, arsenieto de gálio, telureto de cádmio e células CIGS (Cobre-Índio-Gálio-Selênio)*.

FUNCIONAMENTO DE UMA CÉDULA FOTOVOLTAICA

A palavra, “fotovoltaico”, possui a origem do grego, “fos, fotós”, e significa “luz”, estando assim associado ao Sol, enquanto a palavra “voltaico”, está ligada ao físico italiano Alessandro Volta (físico italiano, conhecido especialmente pela invenção da pilha elétrica.), referindo-se então a corrente elétrica e à eletricidade desenvolvida por processos químicos (CASTRO,2011) .

Logo, o efeito fotovoltaico está na conversão direta da energia solar em energia elétrica. A radiação solar emite fótons, que são como “unidades de energia” sem massa e sem carga elétrica. A incidência solar numa célula fotovoltaica constituída por um material semicondutor como o silício, por exemplo, permite a conversão da energia eletromagnética radiada pelo Sol em energia elétrica. A absorção de um fóton por um átomo de silício provoca, a libertação de um elétron de valência para a banda de condução, ficando então esse elétron livre (efeito fotoelétrico) (JUNIOR e BAGNARA, 2016).

A reposição do espaço instalado na banda de valência do átomo de silício provoca o efeito fotovoltaico. Em outras palavras, uma célula solar, através do processo dopagem do silício (adição de impurezas químicas a um elemento semicondutor para transformá-lo num elemento com maior potencial de condução, entretanto, de forma controlada.), é constituída por duas camadas desse material semicondutor, uma do tipo N (silício dopado com fósforo) e outra do tipo P (silício dopado com boro), com cargas negativas e positivas, respectivamente, e sendo a

junção de ambas um díodo, onde a circulação da corrente elétrica é feita apenas num sentido, da camada P para a N (ZANIRATO, et.al.; 2012) .

Quando um fóton é absorvido nessa célula, desloca-se um elétron de P para N, provocando um déficit de elétron em P e um excesso de elétron em N. Para repor o número de elétrons, ocorre a movimentação dos elétrons em excesso da camada N de modo a preencher a lacuna da camada P. Esta movimentação é realizada através de um condutor externo, um filamento de uma lâmpada, por exemplo, que conduz a eletricidade para a carga pretendida ou para a rede elétrica. Os elétrons atravessam esse filamento e produzem deste modo energia para a iluminação da lâmpada (JUNIOR e BAGNARA, 2016).

A RVq, (2015) relata que as células fotovoltaicas disponíveis atualmente no mercado são, em sua maioria, células de silício, existem três tipos: de silício cristalino, que se subdividem em monocristalino e policristalino, ou podem ser de silício amorfo. O silício monocristalino é o de maior efetividade de absorção, com eficiência de até 25 a 30%.

O sistema fotovoltaico é composto por um ou mais painéis fotovoltaicos, um controlador de carga e baterias. De acordo com suas aplicações pode ser necessário o uso de um inversor, também se faz necessário o uso de um inversor. Para uma residência a figura 01 mostra o funcionamento destas placas (ZANIRATO, et.al.; 2012).

De acordo Motta, (2011) os módulos fotovoltaicos são a unidade principal de um sistema fotovoltaico. São eles que realizaram a conversão da luz solar em corrente elétrica contínua, chegando comercialmente a potências de 5 até 300 W. Sendo necessário a presença de um controlador de carga e descarga de energia.



Figura 1 Sistema fotovoltaico.

(<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>)

De acordo com CASTRO, (2011) os sistemas fotovoltaicos são constituídos pelos seguintes elementos essenciais:

- Painéis de módulos fotovoltaicos de células semicondutoras.
- Baterias, responsáveis para armazenar a energia produzida (nos sistemas fotovoltaicos autônomos).
- Regulador de carga, responsável por evitar uma sobrecarga das baterias (nos sistemas fotovoltaicos autônomos).
- Inversores de corrente, que têm como finalidade a transformação de corrente contínua em corrente alternada, de modo a adaptar as características da corrente gerada às necessidades dos aparelhos eletrodomésticos ou qualquer outro fim que for utilizada.

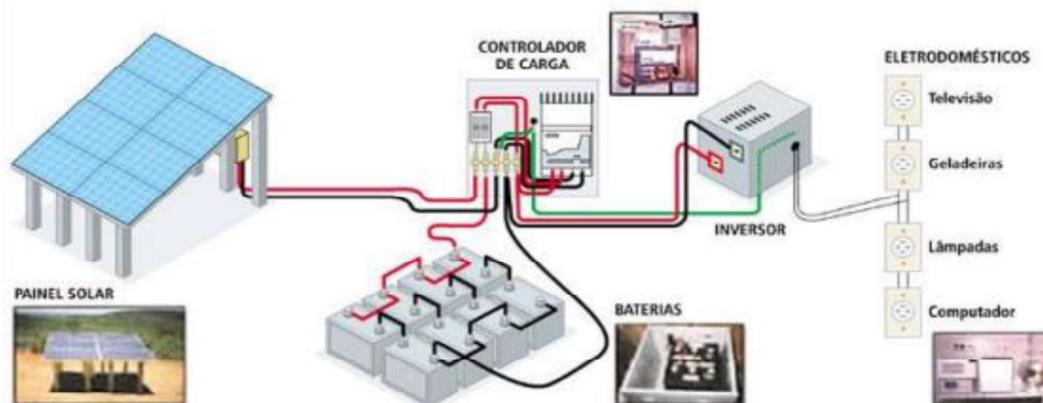


Figura 2 Figura 02: Etapas do aproveitamento da energia solar. Fonte: CRESESB (2006).

VANTAGENS DO SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

A energia solar e o sistema fotovoltaico não poluem durante sua operação, seja em nível atmosférico, ou em nível sonoro, uma vez que não liberam gases poluentes para o ambiente e os seus equipamentos de captação da energia são silenciosos. Os materiais do sistema ao final da sua utilização são reutilizáveis. Os equipamentos de recepção de energia solar, bem como as suas infraestruturas são resistentes a condições climáticas extremas, não sendo necessário grande demanda de manutenção e incluindo uma longa duração de funcionamento (TORRES, 2012).

Os painéis solares permitem ao utilizador controlar a sua captação energética ao possibilitarem o acréscimo de mais células fotovoltaicas, aumentando a potência já instalada. Os países tropicais são os que mais se beneficiam deste recurso energético, devido à sua localização geográfica, sendo a incidência solar grande e durante boa parte do ano (CABELLO et. al., 2013).

Sendo essa energia renovável, de fácil acesso e gratuito, podendo por isso ser o melhor recurso energético para locais sem acesso a outras fontes de energia e para famílias que pretendem reduzir os seus custos energéticos, já que a sua produção energética supera os custos da instalação ao longo do tempo (SOUSA, 2013).

Além de todas essas vantagens atualmente os custos para instalação tem reduzido com as novas tecnologias, sendo inclusive hoje dispensável a instalação de

coletores térmicos. Esses fatores são essenciais para ressaltar as vantagens desse sistema de energia, principalmente no nosso país, que possui uma das maiores incidências de raios solares do mundo (BAIMA ; 2005).

DESVANTAGENS DO SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Basicamente as desvantagens desse sistema estão ligadas as condições climáticas e ao armazenamento. Alguns países possuem baixa incidência de raios solares, sendo assim, esse sistema teria um custo-benefício inferior a um país tropical que possuem grande incidência (SOUZA ; 2016).

As formas de armazenamento da energia solar captada são pouco eficientes quando comparadas com as dos combustíveis fósseis e da energia hidroelétrica, por exemplo. As baterias de armazenamento de energia são grandes e pesadas, ocupando muito espaço e necessitando de ser substituídas frequentemente. E para alguns países e ou lares o investimento inicial pode ser elevado (SOUZA ; 2016).

BATERIAS NO SISTEMA FOTOVOLTAICO

São utilizadas bateria ou bancos de bateria conectadas em série e ou em paralelo quando se tem a necessidade de utilizar a energia em momentos de não insolação, quando necessita estabilizar a tensão e quando existe a necessidade de correntes grandes, como por exemplo para funcionamento inicial de motores. É mais comum ser utilizados bancos de baterias em sistemas fotovoltaicos isolados da rede elétrica.

Segundo o material Blue-Sol, os tipos de bateria mais utilizados em sistemas fotovoltaicos são as baterias de chumbo-ácido ou de níquel-cádmio, sendo as baterias de níquel-cádmio serem mais difíceis de serem usadas por possuírem um custo muito elevado. As baterias de Íons de Lítio possuem custo elevado e por isso ainda não são utilizados em sistemas fotovoltaicos por não ter uma relação custo benefício favorável.

Em sistemas fotovoltaicos são utilizados baterias estacionárias de chumbo-ácido que possuem tempo de vida de até 10 anos, na atualidade é o tipo de bateria mais comum em utilização, pois seus custos e benefícios são favoráveis ao sistema.

ENERGIA SOLAR NO BRASIL

Apesar das diferentes características climáticas observadas no Brasil, a média anual de irradiação global apresenta boa uniformidade, sendo as mesmas relativamente altas em todo país. Conforme afirma FARIAS (2011), o local no Brasil onde ocorre a menor radiação solar global se dá no estado de Santa Catarina (4,25 kWh/m²), valor aproximadamente quatro vezes maior ao apresentado na Alemanha, país líder aproveitamento de energia solar.

É notório então o baixo potencial de aproveitamento da energia solar no Brasil, sendo necessário investimentos e financiamentos por parte do governo, principalmente, para difundir essa fonte de energia.

O Instituto IDEAL - Instituto para Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina, lançou projeto América do Sol, o maior programa de disseminação do conhecimento em energia solar fotovoltaica do país, criado em 2010, com o propósito de transformar a América Latina no continente da energia solar. Desde sua criação, o programa é executado com o apoio da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável, por meio da *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ), do banco de fomento alemão, e do Grupo Fotovoltaica da Universidade Federal de Santa Catarina (IDEAL;2016).

O Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América latina - IDEAL (2016) é uma organização privada sem fins lucrativos, com sede em Florianópolis (SC), que atua na promoção de energias renováveis e de políticas de integração energética na América Latina. São duas atualmente as principais áreas de trabalho do IDEAL: o Seminário Energia + Limpa e o programa América do Sol.

Todos englobam uma série de iniciativas gratuitas. Ao promover eventos e incentivar pesquisas e ações voltadas para as energias renováveis, o Instituto se fortalece como um elo entre meio acadêmico e empresarial, além de ser referência no

setor energético. A busca por uma matriz energética diversificada e integrada em todo o território latino-americano tem iluminado nossos caminhos (IDEAL;2016).

MARCOS HISTÓRICOS DO EFEITO FOTOVOLTAICO.

- 1839 – Becquerel descobre o efeito fotovoltaico.
- 1876 – Adams descobre o efeito fotovoltaico num semicondutor.
- 1880 – Construção da primeira célula fotovoltaica.
- 1906 – Efeito Fotoelétrico de Albert Einstein.
- 1930 – Shottky estabelece a teoria do efeito fotovoltaico.
- 1950 – Ampliações para uso na prática de células fotovoltaicas (Silício).
- 1954 – Primeira célula fotovoltaica utilizada (Silício).
- 1958 – Primeiras células fotovoltaicas para alimentar um satélite (Vanguard I)
- Década de 1960 – Desenvolvimento de aplicações espaciais.
- Década de 1970 – Desenvolvimento de aplicações terrestres.
- Década de 1980 – Centrais fotovoltaicas são construídas como projetos pilotos.
- Década de 1990 – Início da utilização da tecnologia para meios rurais.
- Após 1990 a utilização se desenvolveu para complementar a produção de energia elétrica mundial.
- Resolução 482/2012 da ENEEL que estabelece as condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.

REFERÊNCIAS:

BAIMA, M. C. Segredo da Casa Auto-Suficiente: Arquitetura e Construção. Brasília: Editora Abril,2005

CABELLO, Andrea Felipe; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. Energia fotovoltaica ligada à rede elétrica: atratividade para o consumidor final e possíveis impactos no sistema elétrico. 2013.

CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 2012.

CASTRO, Rui. Uma introdução às energias renováveis: eólica, fotovoltaica e mini-hídrica. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2011.

DOS REIS, Lineu Belico. Geração de Energia Elétrica. 3 ed. Barueri, 2003.

FARIAS, L. M.; Sellitto, M. A.. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. Revista Liberato (Novo Hamburgo), v. 12, p. 7/21788820-16, 2011.

JÚNIOR, Rudinei Moraes, and Mônica BAGNARA. "OS PRINCÍPIOS QUÍMICOS E FÍSICOS ENVOLVIDOS NO FUNCIONAMENTO DAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS." Salão do Conhecimento 2.2 2016.

MOTTA, Rodolfo Rafael B. Técnicas de energia elétrica sustentável aplicadas em edificações. Guaratinguetá: UNESP. 2011.

REIS, Lineu Belico dos, CUNHA, Eldis Camargo Neves. Energia Elétrica e Sustentabilidade. Aspectos Tecnológicos, socioambientais e legais. Barueri, SP. Manole, 2006.

SANTOS, Renata Cristina Oliveira, et al. "AUTOMATIZAÇÃO RESIDENCIAL E UTILIZAÇÃO DE FONTES DE ENERGIA LIMPA PARA DIMINUIÇÃO DO CONSUMO NAS REDES ELÉTRICAS." Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista 11.3 2015.

SOUSA, Armando et al. Energia Solar. 2013.

SOUZA, Arthur Costa de et al. Análise dos impactos da geração distribuída por fonte solar fotovoltaica na qualidade da energia elétrica. 2016.

TORRES, Regina Célia. Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ZANIRATO, Leandro Diniz; MOURA, Leandro César de; CORDEIRO, Thiago Roberto Nunes. Técnicas de bombeamento de fluídos aplicando energia solar fotovoltaica. 2012.

APÊNDICE. F- TEXTO DE APOIO FÍSICA SOLAR E O CLIMA

Física Solar e o Clima

TEXTO AUTORAL:

Derbiano Alves Soares, MNPEF- Polo 1

Instituto de Física

Universidade de Brasília

Física Solar e o Clima

Há uma relação muito próxima entre o clima e a vegetação, isso se evidencia pelas zonas climática e biomas. A variação de temperatura e até mesmo de clima e um espaço geográfico se dá pela quantidade de intensidade dos raios solares. Essa radiação afeta o equilíbrio das superfícies que por sua vez modificam as condições de temperatura, movimento do ar, disponibilidade hídrica e etc. (CECATTO; 2006).

Além de ser determinante no clima, a luz solar é utilizada diretamente pelas plantas na fotossíntese (síntese de compostos orgânicos), ainda é única fonte de energia para alguns ecossistemas, estimula processos de diferenciações de tecidos e órgãos e está intimamente ligado ao processo de formação dos solos, como intemperismo da rocha matriz e transporte de partículas e nutrientes são em grande parte determinados pelo clima (CECATTO; 2006).

O Sol está estrategicamente localizado no centro geométrico e gravitacional do sistema solar, a uma distância média aproximada de 150 milhões de quilômetros da Terra, distância que a luz solar leva aproximadamente 8 minutos para percorrer, e em torno dele orbitam todos os outros corpos do sistema solar, como planetas, asteroides e cometas (DA SILVEIRA; 2006).

As estrelas são gigantescas massas de gás (predominantemente hidrogênio) que se mantém coesas pela própria força gravitacional. Por isso, tanto a pressão quanto a temperatura do gás são elevadíssimas no núcleo das estrelas. A temperatura é da ordem de dezenas a centenas de milhões de graus (em torno de 15 milhões de graus no exemplo do Sol). Nestas condições de temperatura e pressão, o gás está no estado ionizado (plasma) formando um ambiente propício para a ocorrência de reações nucleares de fusão dos elementos leves dando origem aos elementos mais pesados (DA SILVEIRA; 2006).

De acordo com CECATTO, (2006) o processo de produção de energia nas estrelas ocorre pela fusão nuclear de elementos leves, principalmente Hidrogênio (H) e seus isótopos (Deutério e Trítio) em Hélio (He4) e outros elementos mais pesados. A sequência mais importante de reações nucleares que ocorrem nas estrelas é a conversão de núcleos de H em núcleos de He4. Isto pode ocorrer de várias formas.

No exemplo do Sol, há 2 pares de núcleos de H, onde os 2 núcleos de cada par irão se fundir originando 2 núcleos de Deutério (D), que irá liberar 2 pósitrons e 2 neutrinos. Na sequência cada núcleo de D se funde com outro núcleo de H, originando 2 núcleos de He3 e 2 raios-gama. Por fim, os 2 núcleos formados fundem-se originando um núcleo de He4 e mais 2 núcleos de H. Logo, os raios-gama produzidos nesse ciclo são em grande parte os responsáveis pela radiação eletromagnética observada do Sol (CECATTO; 2006).

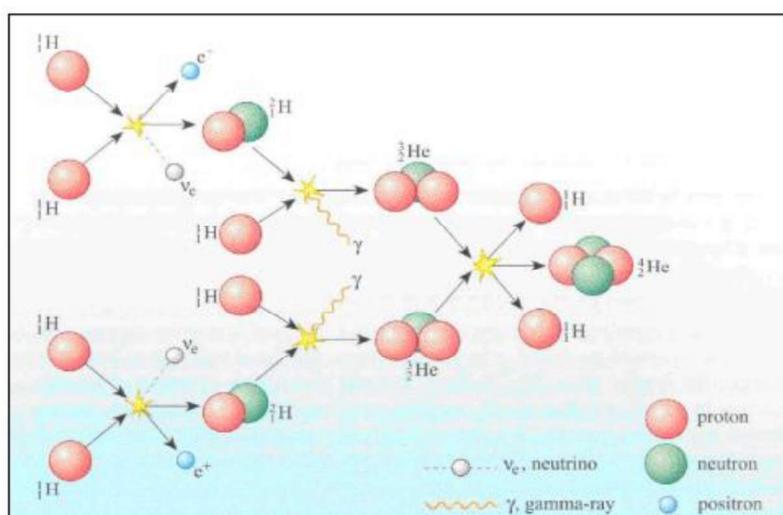


Figura 01: – SEQUÊNCIA DE REAÇÕES DA CADEIA PPI RESPONSÁVEL PELA PRODUÇÃO DE ENERGIA NO NÚCLEO DO SOL. (FONTE: GREEN E JONES, 2004).

ATMOSFERA SOLAR

Essencialmente a atmosfera solar é composta por 3 camadas: fotosfera camada visível a olho nu, cromosfera localiza-se acima da fotosfera e coroa solar, a camada mais externa e tênue. Ainda, existe a chamada região de transição entre a cromosfera e a coroa (DIAS; 2007).

Fotosfera é formada por uma fina camada de cerca de 500 km de espessura, o que equivale a aproximadamente meio milésimo do raio solar. É dessa camada a maior parte da luz visível, tanto a cromosfera quanto a coroa que estão acima são praticamente transparentes na luz visível. O gás desta camada não é totalmente transparente, dado a sua característica opaca o interior solar não pode ser visto

(HIRATSUKA, 1995). E por fim, sua extensão e temperatura são tão elevadas que a tornam uma potente fonte térmica de radiação.

A cromosfera se estende até cerca de 10 mil km acima da fotosfera esta camada apresenta temperatura de dezenas a centenas de milhares de graus. A densidade é relativamente menor do que na fotosfera. Tal camada pode ser vista olhando-se o Sol com um filtro especial na luz vermelha, conhecido como H- α . Utilizando-se este filtro é possível distinguir as várias estruturas cromosféricas: proeminências, "praias" brilhantes, filamentos, fáculas, "plages" e espículos. A separação cromosfera-coroa é conhecida como região de transição, uma fina camada de poucas centenas de quilômetros na qual a temperatura aumenta em relação aos valores cromosféricos (DIAS; 2007).

Por fim a coroa é a parte mais externa da atmosfera solar e prolonga-se por milhões de quilômetros a partir do Sol. É melhor observada durante os eclipses totais do Sol, pois apesar de ter um brilho equivalente ao da Lua cheia, ela fica obscura quando a fotosfera é visível. Assim, durante o eclipse, como o disco solar é ocultado pela Lua, é possível observar e estudar a coroa (HIRATSUKA, 1995).

O ESPECTRO SOLAR

Espectro visível (ou espectro ótico) é a parte do espectro eletromagnético onde a radiação é composta por fótons que apresentam capacidade de serem visualizados por um olho humano normal. Podendo então identificar a faixa de radiação por luz visível, ou puramente luz.

A faixa denominada de radiação infravermelha é delimitada pelas mais baixas frequências estimulantes aos olhos, percebida como vermelha. Já a mais alta frequência perceptível é a violeta, denominada de radiação ultravioleta. Para cada comprimento de onda nessa faixa de luz visível estará associada a uma percepção de cor.

O espectro ótico divide-se em subfaixas variando de acordo com sua cor, a subfaixa vermelha compõem-se de comprimentos longos de onda, a subfaixa verde ao centro e a violeta compõem-se de comprimentos curto de onda. Os comprimentos

de onda nessa faixa estão envolvidos entre 370nm (violeta) e 750 nm (vermelho). Já a frequência encontra-se visível entre 400 THz e 790 THz.

O espectro visível pode variar de espécie para espécie, cachorros e gatos por exemplo, percebem somente subfaixa azul ao amarelo, as cobras percebem o infravermelho e as abelhas o ultravioleta, duas faixas não visíveis aos olhos humanos. Nas pessoas pode haver diferenças entre percepções, a maioria dos humanos percebem uma variação de faixa que vai do vermelho ao violeta, passando pelo amarelo, azul e verde, porém outros apresentam dificuldade em visualizar algumas faixas, como os daltônicos que normalmente não conseguem distinguir a faixa verde da faixa vermelha.

A energia emitida pelo Sol encontra-se na forma de ondas eletromagnéticas, quase a totalidade na faixa de 290 a 3000 nanômetros (nm). A atmosfera terrestre reduz a radiação solar por meio do espalhamento causado por cristais, impurezas e moléculas de gases; absorção específica por constituintes atmosféricos, sendo ozônio (O₂ e O₃) responsável por absorver grande parte da radiação ultravioleta (comprimentos de onda < 380 nm), e vapor d'água e Dioxido de Carbono (CO₂) demonstram várias faixas de absorção no infravermelho (> 780 nm); além de parte sofre reflexão e absorção pelas nuvens (MEC–MCT ; 2010).

A intensidade da radiação solar que atinge a superfície terrestre é variável de acordo com as condições atmosféricas, mas cerca de metade da radiação está na região espectral de 380 a 780 nm que os seres humanos percebem como luz visível. Já as plantas verdes evoluíram passando a utilizar essa fonte abundante de energia através de pigmentos (clorofila, carotenoides, etc., principalmente na faixa de 380 a 710 nm) e os animais percebem através dos olhos. Outros organismos, como as bactérias purpúreas autotróficas absorvem energia na faixa do vermelho-longo (PILLAR; 1995).

No espectro da luz visível (Fig 02), para os olhos humanos normais a faixa de 380-435 nm é violeta, de 435-490 é azul, de 490-574 é verde, de 574-595 é amarelo, de 595-626 é laranja e de 626-780 nm é vermelho (OKUNO; 2010) .

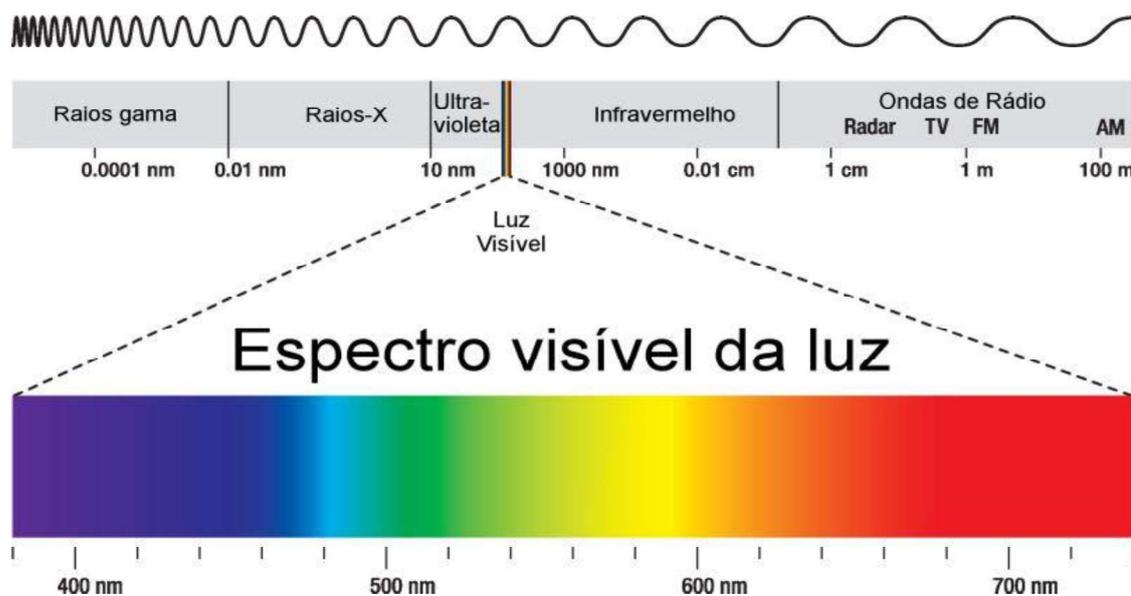


Figura 02: Espectro de luz visível. (Fonte: Peter Hermes Furian / Shutterstock.com)

A radiação ultravioleta (comprimentos de onda < 380 nm), representa 2% da radiação que atinge a superfície terrestre. Com a redução da camada de ozônio essa proporção aumenta. As plantas não necessitam de radiação nessa faixa para crescer, mas plantas inferiores podem ser afetadas negativamente. A radiação solar absorvida pelos corpos (geo e biosfera) é remediada na forma de radiação de onda longa (> 3000 nm), sendo esta a que produz o aquecimento do ambiente (OKUNO; 2010).

SOL E CLIMA

A intensidade da radiação recebida no cume da atmosfera de um determinado local vai depender da declinação do Sol, logo é uma característica do dia, hora e latitude do local. O clima do planeta também tem apresentado variações de ciclos há milhares de anos (períodos glaciais e inter-glaciais), resultando nas modificações dos parâmetros da órbita (SILVEIRA; 2001).

A radiação do sol com incidência direta e difusa que atinge a superfície do solo e da vegetação é refletida ou absorvida. A parte absorvida vai determinar o aquecimento dos corpos dos quais passam a emitir radiação de onda longa. A atmosfera (CO_2 , água) absorve a radiação de onda longa e a irradia em direção à superfície. O saldo dessas radiações é a diferença entre o total de radiação incidente

e a soma da radiação refletida e irradiada, que representa o total de radiação que é absorvido pelo solo e vegetação (SILVA; 2006).

Segundo XAVIER, (2007) durante o período diurno o balanço de radiação é positivo e incide o aquecimento do solo e vegetação. O calor é espalhado por emissão de radiação de onda longa, o aquecimento ocorre devido a condução da camada de ar próxima às superfícies e transferência de calor, o fluxo de calor para camadas mais profundas do solo e o fluxo de calor latente através da evaporação e evapotranspiração (evaporar aproximadamente 1 mm de água a 20°C por hora).

A energia sorvida pelas plantas pelo processo de fotossíntese é normalmente insignificante (cerca de 1%) se comparada ao total da radiação incidente. Durante o período da noite o balanço de radiação é negativo; a emissão de radiação de onda longa pelas superfícies é maior do que a contra radiação de origem atmosférica. A perda de calor para o espaço é mais elevada em noites com céu descoberto do que em noites nubladas. As superfícies do solo e vegetação se esfriam, retirando calor da camada de ar em contato, ocorrendo a inversão da temperatura do ar (SILVA;2006).

No solo, o fluxo de calor sobe das camadas mais profundas para as mais superficiais. O balanço de radiação determina flutuações na temperatura do solo, da vegetação e do ar, originando os fenômenos meteorológicos (movimentação do ar, evapotranspiração, precipitação, geadas, etc.). Há expectativa que o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, que resulta da queima de reservas de carvão, petróleo, gás e de florestas, afetará o balanço de radiação, cause uma grande elevação da temperatura no planeta (PILLAR; 1995).

A análise de bolhas de ar em geleiras observou que a partir de 1800 a concentração de CO₂ na atmosfera aumentou de 280 ppm para 330 ppm. Na atualidade prevê-se de que no ano 2060 teremos elevação de 2.5°C na temperatura média global comparada a temperatura de hoje, baseado na incidência de emissão de concentração equivalente de CO₂ de "gases do efeito estufa" (CO₂, metano, óxido nitroso, ozônio e clorofluorcarbonos) continue aumentando e dobre até o ano 2060 em relação aos níveis atuais (MEC–MCT; 2010).

Referências Bibliográficas

CECATTO, José Roberto. O SOL. **Curso de Introdução à Astronomia e Astrofísica**, v. 9, 2006.

DA SILVEIRA, Fernando L.; DE QUADRO PEDUZZI, Luiz Orlando. Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 27-55, 2006.

DIAS, Wilton S.; PIASSI, Luis Paulo. Por que a variação da distância Terra-Sol não explica as estações do ano. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 325-329, 2007.

GREEN, S. F.; Jones, M.H. **An Introduction to the Sun and Stars**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

HIRATSUKA, Renato Satoshi; SANTILLI, Celso Valentim; PULCINELLI, Sandra Helena. O processo sol-gel: uma visão físico-química. **Química nova**, p. 171-180, 1995.

MEC–MCT, Projeto Condigital et al. A física e o cotidiano: Física e Meio Ambiente Parte II. 2010.

PILLAR, V. D. Clima e vegetação. **Clima. UFRGS, Departamento de Botânica. Disponível em: <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>**, 1995.

OKUNO, Emico; YOSHIMURA, Elisabeth Mateus. Física das radiações. 2010.

SILVA, Adriana VR. **Nossa Estrela O Sol**. Editora Livraria da Física, 2006.

SILVEIRA, Fernando Lang da; AXT, Rolando. O que vemos quando projetamos a luz do sol com um espelho plano: manchas liminosas ou imagens?. **Caderno catarinense de ensino de física. Florianópolis. Vol. 18, n. 3 (dez. 2001), p. 364-375**, 2001.

XAVIER, Allan Moreira et al. Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 83, 2007.

APÊNDICE. G – VÍDEOS E REPORTAGENS SOBRE ENERGIA SOLAR

Vídeos e Reportagens interessantes para consulta e uso em sala de aula:

- Matéria do Fantástico.
<https://www.youtube.com/watch?v=iDseQ-BI9Yc&t=147s>
- Manual do Mundo. Projeto de Instalação de energia solar na comunidade de Santa Marta - RJ.
<https://www.youtube.com/watch?v=A11YlvyJhDc&t=6s>
- Canal no YouTube da Blue Sol.
<https://www.youtube.com/user/bluesolenergy>
- Reportagem do Metrô Metrô-DF onde lança primeira estação com captação de energia solar da América Latina
<http://www.metro.df.gov.br/?p=35796>
- Reportagem da TV Brasil sobre: Em Brasília, uma estação de metrô vai funcionar somente com energia solar.
https://www.youtube.com/watch?v=xhbsRS_OHhQ
- Reportagem da TV Brasil Energia solar foi à solução encontrada por morador de Brasília para reduzir em até 70% custos em casa.
<https://www.youtube.com/watch?v=z2UQFMPGjGI>
- Canal Justiça Eleitoral. O Tribunal Superior Eleitoral em Brasília inaugurou uma usina de energia fotovoltaica para transformar a luz solar em energia elétrica.
https://www.youtube.com/watch?v=aK_z4UhgeJc
- Energia Solar em Brasília. Sistema Fotovoltaico de Energia Nova no Lago Sul de Brasília. Coluna Sustentável apresentando no Jornal da Globo.

<https://www.youtube.com/watch?v=aOWQD6Wnq0A>

Portais com materiais de consulta sobre o conteúdo a ser ministrado nas aulas.

- Portal da Blue Sol:

<http://bluesol.com.br/>

- Blog da Blue Sol:

<http://blog.bluesol.com.br/>

Quem é a Blue Sol?

A Blue Sol Energia Solar é uma das maiores protagonistas no setor de energia solar. Somos constantemente procurados pelos grandes canais de mídia para reportagens e opiniões. Também temos a marca mais reconhecida do setor solar brasileiro. Nossa visão é compartilhar para multiplicar, e dividir os resultados e benefícios dessa maravilhosa fonte com o maior número de brasileiros.

A energia solar fotovoltaica consiste na geração de energia elétrica através da luz do Sol, utilizando como princípio o efeito fotovoltaico.

- **Material em PDF disponibilizado para Download em ser portal.**

São instalados módulos fotovoltaicos (popularmente conhecidas por placas solares), normalmente no telhado, que se encarregam de receber a luz do Sol durante o dia e convertê-la em energia elétrica através de suas células fotovoltaicas.

É muito importante diferenciar esta tecnologia daquela do aquecimento solar, que já é muito difundida no Brasil e que consiste em utilizar o calor do Sol para aquecer fluídos, como a água.

- **Conheça tudo sobre a Energia Solar Fotovoltaica. Faça download da Apostila de Energia Solar em PDF.**

http://programaintegradoronline.com.br/livro/?utm_source=site-bluesol&utm_medium=livro-solar&utm_campaign=leads-iscas

- **Sociedade do Sol.**

Portal com muito material explicativo, tutoriais voltado à utilização a energia solar no processo térmico de aquecimento da água.

<http://www.sociedadedosol.org.br/>

Quem é a sociedade do Sol?

Desde quando foi criada em novembro de 2001, a Sociedade do Sol, uma instituição sem fins lucrativos, se dedica ao desenvolvimento de tecnologias sociais nas áreas de energia solar e renovável e programas de educação ambiental. Sua atuação é dedicada ao desenvolvimento de soluções de baixo impacto ambiental e custos reduzidos para a geração de energia junto à comunidades e organizações.

Sediada no Centro de Inovação, Empreendedorismo e Tecnologia – [CIETEC](#), a SoSol dissemina, faz formação e monitora a implantação de um Sistema de Aquecimento Solar – o SAS, por meio da solução tecnológica conhecida como Aquecimento Solar de Baixo Custo, o ASBC.

O projeto ASBC da Sociedade do Sol está certificado pelo Banco de Tecnologias Sociais da FBB – Fundação Banco do Brasil e referenciado no Banco de Tecnologias da Fundação Getúlio Vargas – FGV/SP e no Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina (<http://www.cds.unb.br/obmts/>), além da RTS – Rede de Tecnologias Sociais/Governo Federal.

A atual equipe da Sociedade do Sol é formada por profissionais que desde 2000 se somaram aos pesquisadores originais. A SoSol também Integra redes e fóruns do movimento sócioambiental brasileiro como a Rede das Agendas 21 de São Paulo, Fórum Brasileiro de ONGs e Movimentos Sociais pelo Meio Ambiente e

Desenvolvimento, Fórum Marco Regulatório das OSCs e RENOVE (<http://www.renove.org.br>), além da Rede de Meio Ambiente do Cietec, Rede ASHOKA, Rede Permacultura Social Brasileira, Movimento Nossa São Paulo e Fórum Nacional das ONGs.

As atividades da Sociedade do Sol também se realizam por meio de parcerias com outras entidades, governos, mestres populares, pesquisadores científicos e profissionais técnicos em projetos com foco na sustentabilidade social, econômica e ambiental.

