

PLACA FOTOVOLTAICA DE DIODOS EMISSORES DE LUZ

GIOVANA PEREIRA DOS SANTOS LIMA^{1*}; MARCO ANTONIO FERREIRA FINOCCHIO²; JEFERSON GONÇALVES FERREIRA³; WAGNER FONTES GODOY⁴

¹ Acadêmica de Engenharia Elétrica, UTFPR, Cornélio Procópio-PR, giovanalima@alunos.utfpr.edu.br

² MSc. em Engenharia Elétrica, UTFPR, Cornélio Procópio-PR, mafinocchio@utfpr.edu.br

³ Esp. em Segurança do Trabalho, UTFPR, Cornélio Procópio-PR, goncalves_jeferson@outlook.com

⁴ Dr. em Engenharia Elétrica, UTFPR, Cornélio Procópio-PR, wagnergodoy@utfpr.edu.br

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto a de 2018 – Maceió, Brasil.

RESUMO: O aumento do consumo de energia no planeta, a preocupação ambiental com as energias alternativas são necessidades imperiosas para desenvolvimento da humanidade. Deste modo, a energia solar é uma extraordinária alternativa de geração limpa. As células solares são confeccionadas de materiais semicondutores, que tem a capacidade transformar os fótons de energia diretamente em corrente elétrica contínua. Estas células por serem feitas de semicondutores apresentam um custo considerável, podendo ser um fator decisivo para sua utilização.

Vários autores discorrem sobre a utilização das células fotovoltaicas. Falhando em relatar o seu funcionamento, bem como, em fornecer sugestões alternativas de aplicações simples, didáticas e práticas. O que pode servir de meio motivador aos discentes. Por esta razão, foi abordado de forma clara o funcionamento desse dispositivo. Fornecendo uma fundamentação teórica para o entendimento da conversão de energia solar em elétrica.

PALAVRAS-CHAVE: Energia fotovoltaica, Fontes alternativas, Led's.

PHOTOVOLTAIC PLATE OF LIGHT-EMITTING DIODES

ABSTRACT: Increasing energy consumption on the planet, environmental concern with alternative energies are imperative needs for the development of humanity. In this way, solar energy is an extraordinary alternative of clean generation. The solar cells are made of semiconductor materials, which has the ability to transform the photons of energy directly into continuous electric current. These cells are made of semiconductors at considerable cost and can be a decisive factor for their use. Several authors discuss the use of photovoltaic cells. Failing to report its operation, as well as providing alternative suggestions for simple, didactic and practical applications. This can serve as a motivating medium for students. For this reason, the operation of this device was clearly addressed. Providing a theoretical basis for understanding the conversion of solar energy into electricity.

KEYWORDS: Photovoltaic power plants, Alternative sources, Led's.

INTRODUÇÃO

O Sol é a fonte fundamental de energia do planeta Terra. A cada segundo, trilhões átomos de hidrogênio se transformam em hélio. Nestas reações ocorre uma redução da massa dos reagentes com elevada liberação de energia, em todo o ambiente ao seu redor. Uma porção desta energia atinge a Terra, colaborando para o desenvolvimento da vida.

A grande preocupação em atenuar a deterioração da Terra e o crescimento da demanda energética. O Sol apresenta uma grande relevância como fonte alternativa de energia.

Há décadas que os profissionais de Engenharia se preocupam com edificações que evidenciam o aproveitamento da iluminação natural. Existem edificações que utilizam este tipo de energia para o aquecimento de água, através de painéis solares. Em menor escala no País a energia solar é convertida em eletricidade, nos painéis fotovoltaicos.

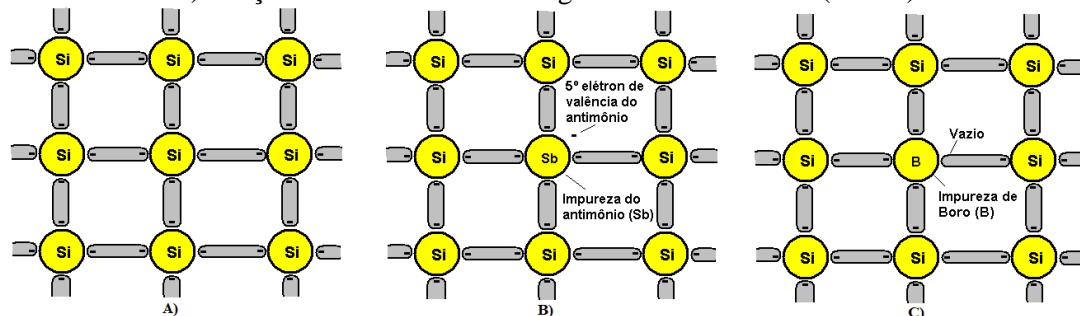
As células fotovoltaicas são fabricadas de semicondutores dopados, com alto custo inicial. Porém, existem pesquisas com o objetivo de reduzir o valor de produção e tornar as células mais eficazes no processo de conversão desta energia.

Neste artigo será abordado o funcionamento da célula fotovoltaica. Com a finalidade didática e prática de demonstrar, a conversão da energia solar em elétrica. Isto será feito tomando como carga uma calculadora digital alimentada por uma placa fotovoltaica construída a partir de diodos emissores de luz (*Light Emitting Diode - LED's*).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os semicondutores são a base da moderna eletrônica. Sua relevância está em poder modificar suas características elétricas de maneira simples. São chamados semicondutores por estarem num patamar intermediário entre os materiais isolantes e os condutores de eletricidade. Contudo, se forem acrescidos átomos diferentes ao material, este terá suas propriedades elétricas modificadas. O silício (Si) é o semicondutor mais usado na eletrônica. Quando um átomo de Antimônio (Sb) é implantado no cristal de Si, surgirá um elétron a mais na rede cristalina. Este elétron pode-se movimentar pelo material, por não estar intimamente unido ao átomo. O novo cristal vai apresentar elétrons em excesso denominando-se semicondutor tipo N. O contrário acontecerá se um átomo de Boro (B) for implantado no cristal de Si. Faltando um elétron esta “lacuna” assumirá comportamento de uma carga positiva, que vai se movimentar no material, fazendo com que um elétron do átomo vizinho ocupe este vazio. O semicondutor com falta de elétrons é o tipo P. A Figura 1 mostra a metodologia de inclusão de impurezas alheias na rede cristalina, chamada de dopagem (Valdares, Chaves, Alves, 2005). Na Figura 1 um elétron do átomo vizinho ocupará esta lacuna, se portando como uma carga positiva deslocando se pelo cristal.

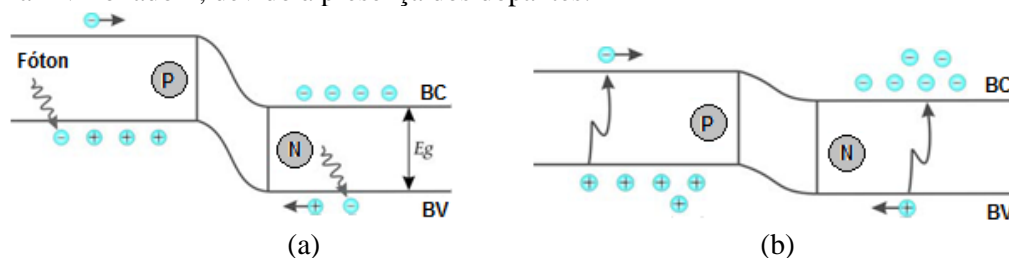
Figura 1. A) Cristal de Si puro. B) A adição de Sb à rede ocorre à disponibilidade de elétron, para se deslocar no cristal. C) Adição do átomo de B à rede gera a falta do elétron (lacuna).



O LED é uma junção (PN) de dois materiais semicondutores diferentes. Esta junção vai apresentar características extremamente peculiares e de grande importância no setor eletrônico, possuindo diversas aplicações (Boylestad, Nashelsky, 2013).

As Figuras 2 (a) e (b) representam o funcionamento da junção PN quando iluminada (Da Silva, Chiquito, De Souza, Macedo, 2004).

Figura 2. (a) A energia E dos fótons atinge a junção. Se esta energia for da ordem do $gap E_g$, um elétron da banda de valência (BV) pode absorver a energia do fóton. (b) Na absorção da energia do fóton, o elétron atinge a banda de condução (BC). Os elétrons na BC se concentram no lado N e as lacunas na BV no lado P, devido à presença dos dopantes.



A luz é composta por fótons de energia Equação 1:

$$E = h.v \quad (1)$$

h : constante de Planck

v : frequência da luz

Os fótons ao incidirem na junção, entram no material sendo absorvidos pelos elétrons na BV. Se a energia do fóton for da mesma grandeza que a diferença de energia das bandas, E_g na Figura 2. O elétron irá alcançar a BC, estando livre para se deslocar. A saída do elétron da BV cria uma lacuna na mesma. Com uma iluminação constante, haverá um elevado número de pares elétrons - lacunas gerados pela absorção de fótons. Devido aos átomos dopantes, os elétrons da BC se deslocam para a região N e as lacunas da BV se deslocam para a região P.

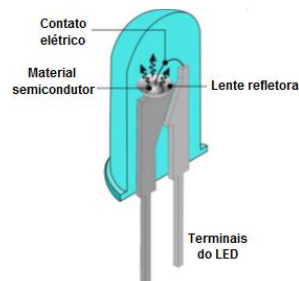
A conexão do lado P com o lado N, estabelece uma corrente eletrônica se deslocando da região de maior concentração de elétrons para a de menor concentração.

EXPERIMENTO E DISCUSSÃO

As placas fotovoltaicas tradicionais ainda são caras no comércio. Como protótipo de célula fotovoltaica propõe-se o uso de LED's, por questões de acessibilidade e custo. Existem diversos tipos de LED's. Mas neste artigo será considerado apenas os efeitos dos LED's brancos de 3mm.

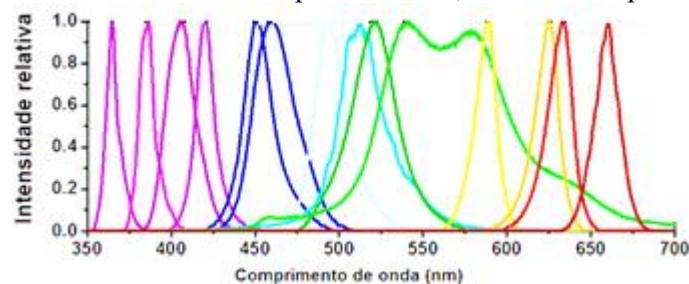
O LED é formado pela junção PN (Cavalcante, Haag, 2005). Na Figura 3 é mostrado o dispositivo com suas partes constituintes. A junção N é conectada a um contato metálico, que atua como espelho refletor para direcionar a luz. Na pastilha P há um fio que faz a ligação elétrica entre o semicondutor e o outro terminal do LED, para que grande parte do semicondutor seja exibida. Esta constituição é imprescindível, porque a luz sai diretamente de onde houve uma combinação entre o elétron e uma lacuna. Um elétron que venha da BC para ocupar uma lacuna na BV perder energia. A energia liberada são fótons, correspondendo ao gap E_g .

Figura 3. Partes internas do LED.



Assim, se forem projetados LED's com distintos valores de gap (E_g). Isto é obtido por diferentes tipos de dopantes, podendo ter diferentes cores para a luz dos LED's. Porque, o valor do gap determina a energia dos fótons emitidos, o espectro de emissão do LED apresenta um pico muito pronunciado próximo ao comprimento de onda (λ) característico, da cor. Salienta-se que são fontes de luz monocromáticas. Quando percorridos por uma corrente elétrica emitem luz em uma faixa muito estreita do espectro, conforme Figura 4.

Figura 4. Espectros de emissão de diferentes tipos de LED's, cada curva representa um tipo de LED.



Os LED's foram idealizados para emitir luz, mas podem atuar como receptores e fotosensores de luz (Nieves, Spavieri, Fernades, Guevara, 1997) e (Cavalcante, Haag, 2005).

Como a emissão é muito acentuada próxima da frequência característica, a recepção ocorre numa faixa de frequências cuja energia esta próxima da energia do *gap*. Esta conduta ressonante dos LED's permite seu emprego em sensores para faixas específicas do espectro. Os fótons com energias muito diferentes do *gap* não são efetivamente absorvidos pelos elétrons e não haverá a geração de pares elétrons - lacuna nestas situações. O LED que emite luz verde será um excelente receptor para luz verde, porém não para as demais cores do espectro. Por esta razão utilizam-se como fontes de luz, na prática o Sol ou uma lâmpada. Isto porque, são fontes com um espectro permanente de radiação, apresentando todos os comprimentos de onda da luz.

As alterações nas cores dos LED's são possíveis devido a combinações entre os materiais utilizados na construção. Essas combinações fazem com que os LED's exibam uma banda adequada para a emissão da cor de luz desejada (Sebbe, 2007). Na Tabela 1 são apresentadas algumas destas associações, a cor resultante e seu λ (Finocchio, 2017). Os LED's podem operar com tensões entre 1 e 4V, possuindo elevada vida útil, de aproximadamente 50000 horas (Martins, 2006).

Tabela 1. Cores associadas a alguns semicondutores usados atualmente.

Semicondutor	Cor da luz	λ [nm]
Arsenieto de gálio e alumínio	Infravermelha	880
Arsenieto de gálio e alumínio	Vermelha	645
Fosfato de alumínio, índio e gálio	Amarela	595
Fosfato de gálio	Verde	565
Nitreto de gálio	Azul	430

Na Tabela 2, são apresentadas as faixas típicas de tensão dos LED's (Finocchio, 2008).

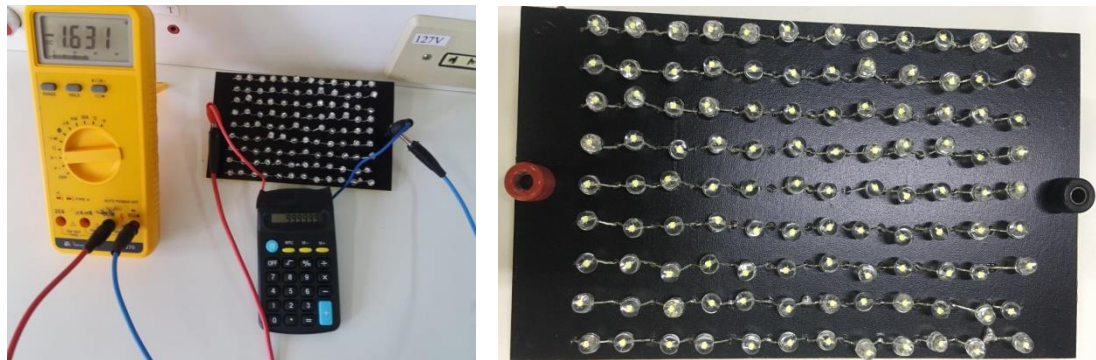
Tabela 2. Tensão dos LED's segundo a cor de encapsulamento.

Cor	Tensão[V]
Infravermelho	1,50 a 1,80
Amarelo	1,90 a 1,92
Verde	1,92 a 1,94
Vermelho	1,96 a 1,98
Azul	2,76 a 2,78
Branco	2,76 a 2,78
Rosa	2,84 a 2,90
Ultravioleta	3,10 a 3,16

Para verificar a tensão contínua na placa dos LED's iluminados, composta de uma matriz de 9 linhas por 12 colunas (108 LED's). Ligam-se os terminais do multímetro em tensão CC, medindo tensões na faixa de 2V iluminando-se a placa com uma luz forte. A tensão pode atingir até 1,631V para alimentar a placa de LED's. Já para uma exposição direta do Sol às 15h30min a placa pode atingir uma tensão de pico de 16,28V. Mesmo que a tensão seja elevada, a corrente não ultrapassará alguns μ A. Esse evento pode ser compreendido analisando o tamanho do semicondutor do LED (1mm^2). Uma placa fotovoltaica tradicional tem uma grande área de material semicondutor exposta à luz, para poder absorver uma grande quantidade de fótons. Portanto, é preciso compatibilizar a carga para trabalhar com uma corrente tão baixa. Por isto, a escolha de uma calculadora digital.

A carga utilizada foi uma calculadora comum com alimentação de 1,5V. Retirar-se a pilha da calculadora e conectando a placa de LED's aos terminais do compartimento da mesma. Na Figura 5 observar-se o funcionamento da placa. A calculadora pode ser acionada por uma lâmpada elétrica. Isto para demonstrar o efeito em dias abrumados. Para está situação são necessários nove linhas de LED's em paralelo. Com cada linha contendo 12 LED's em série, para obter maior tensão.

Figura 5. Placa fotovoltaica funcionando com LED's.



CONCLUSÃO

Existem distintas aplicações para células fotovoltaicas, porém são incompletas com respeito ao seu funcionamento. Não apontando sugestões alternativas sólidas para utilização efetiva na prática.

No texto procurou-se abordar de maneira objetiva o funcionamento das células fotovoltaicas. Para prover uma base teórica mais didática referente à conversão de energia solar em elétrica. O contato com técnicas alternativas de investigação favorece e motiva a criatividade dos alunos.

Esta aplicação não pode se restringir aos estudantes de nível médio. Onde o docente utiliza como uma sequência para explicar as conversões de energia. Deve também ser uma ferramenta, de motivação aos acadêmicos de graduação. Porque, despertará o interesse, a curiosidade e observação do funcionamento da energia produzida por uma simples placa de LED's. Demonstrando assim, a importância do estudo de semicondutores.

REFERÊNCIAS

- Boylestad, Robert; Nashelsky, Louis. Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos. 11ª ed. Pearson Prentice Hall. Rio de Janeiro, 2013.
- Cavalcante, Marisa A.; Haag, Rafael. Revista Brasileira de Ensino de Física 27, 343. 2005.
- Da Silva, Reginaldo; Chiquito, Adenilson J.; De Souza, Marcelo G.; Macedo, Rodrigo P.. Revista Brasileira de Ensino de Física 26, 379 (2004).
- Finocchio, Marco A. F.; Tempesta, Jhonatan S.; Ferreira, Jeferson. G.. Proposta de um protótipo de iluminação fototerápica para o tratamento de icterícia. Revista Técnico Científica do Crea-Pr, v. 6. Curitiba, 2017.
- Finocchio, Marco Antonio Ferreira. Apostila: Materiais e Equipamentos Elétricos – parte B. Curso de Engenharia Elétrica. Publicação Interna, UTFPR-CP, Cornélio Procópio, 2008.
- Martins, B. M. R. Avaliação da eficácia terapêutica de uma nova modalidade de fototerapia utilizando led. 2006. 84 f. Dissertação (Mestrado). Fundação Oswaldo Cruz, Instituto Fernandes Figueira. Rio de Janeiro, 2006.
- Nieves, L.; Spavieri, G.; Fernades, B.; Guevara, R. A.. The Physics Teacher 35, 108. 1997.
- Sebbe, P. F. Estudo da eficácia do led-terapia vs fototerapia convencional fluorescentes no tratamento de hiperbilirrubinemia em ratos wistar. 2007. 61 f. Dissertação (Mestrado). Instituto de pesquisa e desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, SP, 2007.
- Valadares, Eduardo de Campos; Chaves, Alaor S.; Alves, Esdras G.. Aplicações da Física Quântica: do Transistor à Nanotecnologia. 1ª ed. Livraria da Física. São Paulo, 2005.