
Análise de materiais utilizados na produção de diodos emissores de luz para possíveis aplicações em painéis solares fotovoltaicos

| **Cochiran Pereira dos Santos**
UFS

| **Adriana de Jesus Santos**
UFS

| **Orlando Pedreschi Neto**
Centro Universitário Estácio de Sergipe

| **Silvio Leonardo Valença**
UFS

RESUMO

Energia é a capacidade que um corpo, uma substância ou um sistema físico têm de realizar trabalho. Apresenta-se em três tipos diferentes: térmica, elétrica e química. Devido a efeitos indesejáveis na produção de diversas formas de energia, como gases que geram o efeito estufa, a tendência global é estimular a produção de energias renováveis, destacando-se principalmente, a energia eólica e solar. Dentro desse contexto, a energia solar fotovoltaica vem ganhando cada vez mais espaço, e os materiais utilizados para converter a energia solar em energia elétrica de maneira mais eficiente são o ponto central de investigação. Esse trabalho busca estudar a interação intrínseca de alguns materiais, como o arsenieto de gálio, o fosfato de gálio e o nitreto de gálio, empregados na construção de diodos emissores de luz com a radiação solar, evidenciando seu rendimento através de medidas de tensão e corrente elétrica para a determinação da potência fornecida, caracterizando-os para possíveis aplicações na produção de energia elétrica. Os resultados foram comparados aos do silício, por ser o material mais empregado atualmente na produção desses painéis. Destaca-se o arsenieto de gálio, que apresentou a maior corrente elétrica dentre todos. A corrente elétrica é o fator decisivo para que os painéis solares fotovoltaicos possam alimentar cargas. Um protótipo foi construído com apenas dois leds infravermelhos em série para alimentar como carga um dispositivo eletrônico que necessita de valores relativamente baixos de corrente elétrica, demonstrando a viabilidade da construção de painéis solares de led para converter energia luminosa em elétrica.

Palavras-chave: Painel Solar Fotovoltaico, Diodo Emissor de luz, Geração de Energia Elétrica, Caracterização de Materiais.

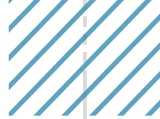
■ INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda mundial por produção de energia elétrica e a preocupação em minimizar a degradação do planeta, o Sol vem ocupando lugar de destaque como uma grande e importante fonte de energia alternativa, sendo em construções que privilegiem a iluminação natural, na utilização da energia solar para o aquecimento da água por meio de coletores solares, ou ainda em uma escala muito pequena, na geração de energia elétrica a partir da energia solar. As células fotovoltaicas são os dispositivos responsáveis por esta transformação. Elas são feitas com materiais semicondutores, principalmente o silício, mas seu alto custo é um fator limitante para uso em larga escala (ATKINS, 2012; CETEM, 2020; ANEEL, 2021).

Muitas pesquisas têm sido feitas no sentido de tornar estas células mais eficientes, de modo a reduzir o custo da energia convertida por célula, e os materiais semicondutores merecem atenção especial. Eles são a base da indústria eletrônica e sua importância está na possibilidade de alteração de suas características elétricas de forma relativamente simples pela adição de átomos diferentes a estes materiais. O silício é um exemplo de semicondutor muito utilizado na indústria, e se um átomo de fósforo for inserido em um cristal de silício, haverá um elétron a mais na rede cristalina. Este elétron poderá se mover pelo material, pois não está fortemente ligado ao átomo. O novo material possuirá elétrons em excesso e é denominado semicondutor tipo *n*. O oposto ocorrerá se um átomo de gálio for inserido na rede cristalina de silício, um elétron estará faltando e este “buraco” se comportará como uma carga positiva que também pode mover-se pelo material, sendo denominado semicondutor tipo *p* (Sears & Zemansky, 2016).

O diodo emissor de luz (led) é constituído de materiais semicondutores, sendo um transdutor, convertendo um tipo de energia em outra, e geralmente é utilizado para transformar energia elétrica em luminosa. Entretanto, nesse projeto ele foi usado como fotorreceptor, transformando energia de modo reverso, ou seja, de luminosa para elétrica. A luz é composta por fótons que possuem energia e quando essa luz incide nos materiais semicondutores presentes dentro dos leds é originado um fluxo de elétrons, dando origem a corrente elétrica. A energia do fóton depende de duas variáveis: a constante de Planck e a frequência da luz, e a luz solar é portadora de todas as frequências de luz visível, além de uma quantidade significativa de infravermelho e ultravioleta (RESNICK, 1979; LLEWELLYN, 2014).

Nesse trabalho, objetivou-se a caracterização de diferentes diodos emissores de luz que utilizam materiais semicondutores em sua constituição, visando possíveis aplicações em painéis solares fotovoltaicos de baixo custo, bem como propor uma atividade experimental que contribua para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem de estudantes e docentes de graduação e de pós-graduação em ciência e engenharia de materiais.



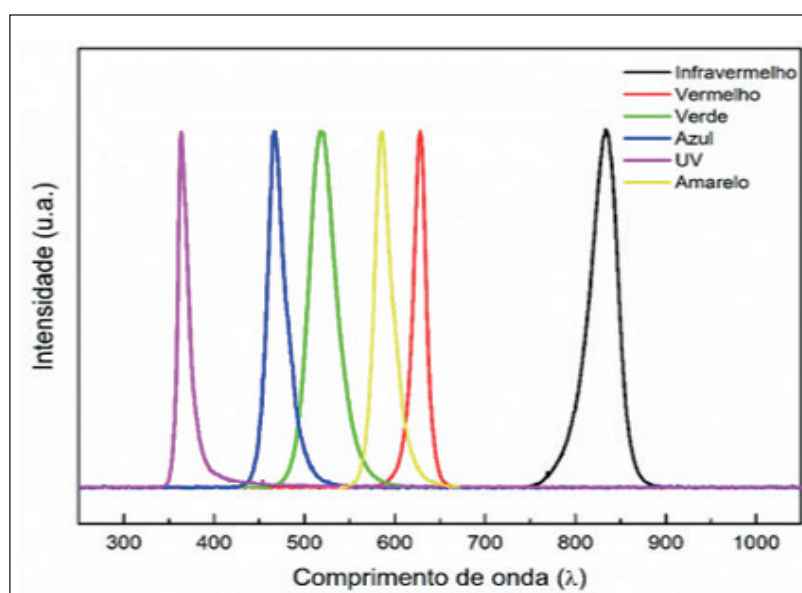
■ MÉTODO

A metodologia empregada consistiu no estudo do rendimento de vários materiais semicondutores utilizados na fabricação de diodos emissores de luz, como o arsenieto de gálio, o fosfato de gálio e o nitreto de gálio, visando a possível aplicação na produção de painéis fotovoltaicos, caracterizando-os através de medidas de corrente, tensão e potência, diretamente com a incidência de luz solar, em triplicata, no horário de meio-dia, por apresentar maior intensidade (Alves, 2008).

As medidas de tensão e corrente dos leds foram realizadas com o auxílio de um multímetro digital da marca Icel Md-1500 em diodos emissores de luz encontrados comercialmente em lojas especializadas, com os respectivos comprimentos de onda e elementos constituintes: infravermelho (GaAs), vermelho (GaAsAl), amarelo (GaAsP), verde (GaP), azul (GaN) e violeta (AlInGaP) (GROSS, 2005), além do silício proveniente de um transistor 2N3055 sem cápsula (GREEN, 1995). Posteriormente, determinou-se a potência elétrica de cada um através da fórmula $P = V \cdot I$.

Na Figura 1 podemos observar os comprimentos de onda dos seis diodos emissores de luz utilizados no trabalho, em que observa-se o comportamento monocromático da luz emitida. Isso significa que o led só vai aproveitar o espectro da luz incidente no comprimento de onda que ele emite (Möllmann, 2007). As medidas foram realizadas com um espectrômetro modular Ocean Optics com fibra óptica padrão conectados a um computador com *software* de análise integrado.

Figura 1. Espectro de emissão dos leds utilizados no trabalho realizado com um espectrômetro modular com fibra óptica padrão.



Fonte: (O autor, 2021).





Através da análise do espectro de emissão dos leds da Figura 1, podemos construir a Tabela 1, em que temos a faixa espectral com a relativa intensidade máxima, fundamental para o estudo de emissão e absorção de radiações eletromagnéticas com a matéria.

Tabela 1. Leds utilizados com suas relativas faixas espectrais e intensidades máximas.

Led	Faixa espectral (nm)	Intensidade máxima (nm)
Infravermelho	765 - 875	835
Vermelho	590 - 650	630
Amarelo	570 - 625	585
Verde	480 - 580	520
Azul	440 - 520	465
Violeta	350 - 410	363

Fonte: (O autor, 2021).

■ RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 encontram-se os resultados referentes às medidas de tensão, corrente e potência elétrica de cada componente estudado, bem como o material constituinte de cada um. Os resultados foram comparados com o silício, por esse ser atualmente o material mais utilizado para a fabricação de painéis solares fotovoltaicos.

Tabela 2. Resultados de tensão, corrente e potência para os componentes estudados.

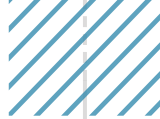
Componente	Material constituinte	Tensão (V)	Corrente (A)	Potência (W)
Led infravermelho	GaAs	$(0,88 \pm 0,02)$	$(59,0 \pm 0,3) \cdot 10^{-6}$	$(5,2 \cdot 10^{-5})$
Led Vermelho	GaAsAl	$(1,40 \pm 0,03)$	$(2,5 \pm 0,1) \cdot 10^{-6}$	$(3,5 \cdot 10^{-6})$
Led amarelo	GaAsP	$(1,30 \pm 0,02)$	$(1,3 \pm 0,1) \cdot 10^{-6}$	$(1,7 \cdot 10^{-6})$
Led verde	GaP	$(0,22 \pm 0,02)$	$(0,1 \pm 0,0) \cdot 10^{-6}$	$(2,2 \cdot 10^{-8})$
Led azul	GaN	$(0,11 \pm 0,01)$	$(0,1 \pm 0,0) \cdot 10^{-6}$	$(1,1 \cdot 10^{-8})$
Led violeta	AlInGaP	$(0,00 \pm 0,00)$	$(0,0 \pm 0,0)$	$(0,0)$
Transistor	Si	$(0,50 \pm 0,01)$	$(2,1 \pm 0,1) \cdot 10^{-3}$	$(1,1 \cdot 10^{-3})$

Fonte: (O autor, 2021).

Através da análise dos dados obtidos, destacam-se os maiores valores de tensão elétrica nos componentes constituídos de arsenieto de gálio-alumínio (led vermelho) e arsenieto de gálio-fósforo (led amarelo), assim como a ausência de diferença de potencial e corrente elétrica no componente constituído de fosfato de alumínio e gálio-índio (led violeta), esse último demonstrando não ter utilização alguma na geração de energia elétrica em painéis fotovoltaicos. Os componentes constituídos de fosfato de gálio (led verde) e nitreto de gálio (led azul) também demonstraram baixa eficiência para a utilização em estudo.

Destacam-se ainda os valores de tensão obtidos com o led infravermelho (arsenieto de gálio), que também apresentou o maior valor de corrente elétrica $(59,0 \pm 0,3) \mu\text{A}$ dentre



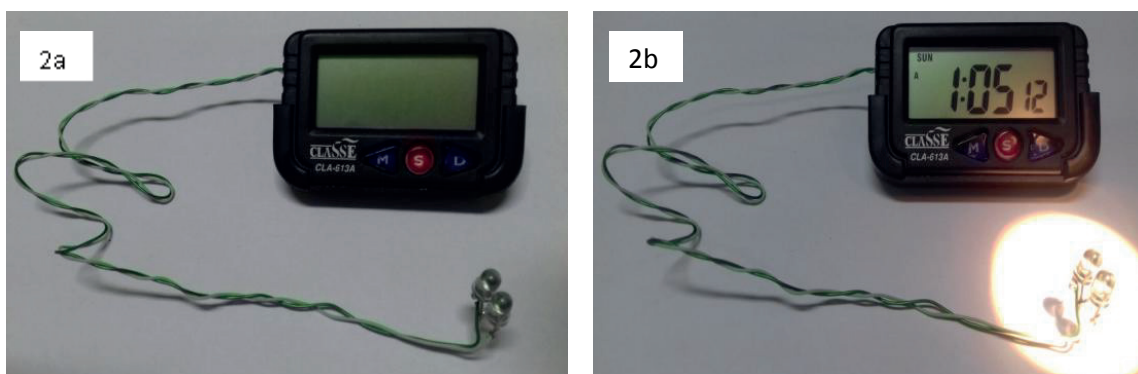


os seis leds estudados. A corrente elétrica é o fator decisivo para que os painéis solares fotovoltaicos possam alimentar cargas, como dispositivos eletrônicos, lâmpadas, eletrodomésticos etc. Quanto maior o valor de corrente elétrica gerada, maior a eficiência do sistema, como nos mostra a potência elétrica calculada através do produto da tensão pela corrente.

Para termos uma comparação com o silício, o material mais utilizado na produção de painéis solares, utilizou-se a junção base-coletor de um transistor 2N3055, que foi exposta ao sol e apresentou um valor intermediário de tensão elétrica ($0,50 \pm 0,01$) V, porém, o valor de corrente elétrica ($2,1 \pm 0,1$) mA foi quase trinta e seis vezes maior que o melhor resultado obtido dentre os materiais estudados anteriormente, o arsenieto de gálio (led infravermelho).

Em seguida, foi construído um protótipo de gerador de energia solar fotovoltaica utilizando apenas dois leds infravermelhos ligados em série para alimentar como carga um relógio/cronômetro digital, demonstrando que dispositivos que necessitam de valores relativamente baixos de corrente elétrica podem se beneficiar dessa forma limpa e sustentável de geração de energia. As figuras abaixo mostram os dois leds conectados em série que funcionam como célula fotovoltaica, sem incidência luminosa (Figura 2a: relógio desligado) e com incidência luminosa (Figura 2b: relógio ligado).

Figura 2. Célula fotovoltaica sem incidência luminosa (relógio desligado) e com incidência luminosa (relógio ligado).



Fonte: (O autor, 2021).

Vale ressaltar que tanto a tensão quanto a corrente podem ser otimizadas para uso, basta fazer associações em série (aumenta-se a tensão resultante) ou paralelo (aumenta-se a corrente resultante), com isso, pode-se aumentar a capacidade de fornecer energia a sistemas (MICHA, 2017). Com o desenvolvimento desse trabalho, espera-se que se fortaleça a pesquisa sobre o desenvolvimento de dispositivos fotovoltaicos solares mais eficientes através da integração de materiais semicondutores.





■ CONCLUSÕES

Foram estudados seis diodos emissores de luz com diferentes comprimentos de onda de emissão e um elemento de silício visando analisar a eficiência de seus materiais constituintes quanto à geração de energia elétrica. Notou-se que há uma grande dependência entre o material de que é constituído o componente e sua capacidade de gerar energia elétrica como célula fotovoltaica.

Destacaram-se os valores de tensão obtidos com o arsenieto de gálio, empregado na fabricação de led infravermelho, que também apresentou o maior valor de corrente dentre todos os materiais estudados. Quanto maior o valor de corrente elétrica gerada, maior a eficiência do sistema. Contudo, em termos de comparação com o silício, o material mais utilizado na produção de painéis solares atualmente, o valor de tensão gerado pelo silício ficou abaixo de três componentes, porém, o valor de sua corrente elétrica foi quase trinta e seis vezes maior que o melhor resultado obtido dentre os materiais estudados anteriormente.

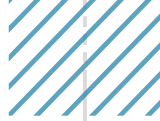
O protótipo se mostrou eficiente para uso em equipamentos que consomem pequenos valores de corrente elétrica e pode ser facilmente implementado a um baixo custo, além de despertar o interesse pela forma de geração de energia utilizada.

A referida atividade experimental se mostrou de grande valia para educadores e estudantes poderem explorar de forma dinâmica essa parte do ensino que envolve física de semicondutores e ciência e engenharia de materiais, instigando os discentes com tecnologias potencialmente transformadoras, sensibilizando-os quanto à necessidade de uma busca de soluções conscientes para nosso planeta.

■ REFERÊNCIAS

1. ATKINS, P. W.; JONES, L. Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5. ed. Porto Alegre. Ed. Bookman, 2012.
2. CETEM. Energia solar e eólica. Disponível em: www.cetem.gov.br/.../Energia_solar/Energia_Eolica_e_Solar-Fontes_de_Energia.pdf. Acesso em 12 mai. 2021.
3. ANEEL. Produção de energia solar fotovoltaica no Brasil. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/INDUSTRIA-E-COMERCIO/537475-PRODUCAODEENERGIA-SOLAR-FOTOVOLTAICA-NO-BRASIL-AINDA-PRECISA-EVOLUIR,-DIZ-REPRESENTANTE-DA-ANEEL.html>. Acesso em 11 mai. 2021.
4. Young, H. D. Física IV: Sears e Zemansky: ótica e física moderna / Hugh D. Young, Roger A Freedman; colaborador A. Lewis Ford; tradução Daniel Vieira; revisão técnica Adir Moysés Luiz. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.
5. RESNICK, R.; EISBERG, R. Física quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas. São Paulo: Campus, 1979.





6. LLEWELLYN, R. A.; TIPLER, P. A. Física moderna, 2014.
7. Alves, E. G.; Silva, A. F. da. Usando um led como fonte de energia. A Física na Escola, p.26, vol. 9 nº 1, 2008.
8. Gross, N. A.; Hersek, M.; Bansil, A. Visualizing infrared phenomena with a webcam. American Journal of Physics 73, 986, 2005. <https://doi.org/10.1119/1.1900105>
9. Möllmann, K. P.; Vollmer, M. Infrared thermal imaging as a tool in university physics education. European Journal of Physics, 28, S37, 2007. 10.1088/0143-0807/28/3/S04
10. Green, M.; Keevers, M. J. Optical Properties of Intrinsic Silicon at 300 K, Progress in Photovoltaics Research and Applications 3(3): 189 - 192, 1995. DOI:10.1002/pip.4670030303
11. Micha, D. N.; Costa, E. W. da; Pires, M. P. Simulation of InGaAs/InGaP multiple quantum well systems for multijunction solar cell. Conference: 32nd Symposium on Microelectronics Technology and Devices (SBMicro), 2017. DOI:10.1109/SBMicro.2017.8112996

