

CONVERSOR PIEZOELÉTRICO COMO FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA ELÉTRICA

Grasiele Pereira de Souza¹; Daniel Inô Rodrigues Monteiro²; Davia Flávia Gonçalves dos Anjos³; Felipe Couto de Souza⁴; Marcos Flávio de Oliveira Silva⁵.

1 Bolsista (IFMG), Engenharia Elétrica, IFMG, Ipatinga– MG; grasielepereira12@gmail.com

2 Engenharia Elétrica, IFMG, Ipatinga– MG

3 Engenharia Elétrica, IFMG, Ipatinga– MG

4 Engenharia Elétrica, IFMG, Ipatinga– MG

5 Orientador: Pesquisador do IFMG, Campus Ipatinga; marcos.oliveira@ifmg.edu.br

RESUMO

Atualmente muitos pesquisadores andam investigando alternativas para a geração de energia de maneira a utilizar uma fonte limpa e com baixo impacto social e ambiental durante a sua instalação. No Brasil, a intensidade energética, que é a razão entre o consumo interno de energia e o Produto Interno Bruto (PIB) do país, é alta conforme estudo da Energy Information Administration (IEA, 2019), porém, ainda existe uma preocupação já que uma parte considerável das fontes utilizadas para geração de energia elétrica é proveniente de fontes não renováveis (IEA, 2019). Neste contexto, o uso de materiais piezoelétricos vem ganhando espaço por atender aos requisitos e contar com uma fonte de energia abundante no nosso cotidiano: a vibração. O trabalho busca desenvolver um sistema capaz de absorver as vibrações oriundas do movimento de pessoas, equipamentos e/ou veículos que se propagam pelo chão e convertê-las em energia elétrica. O sistema proposto terá como objetivo ser utilizado para alimentar, principalmente, sistemas de iluminação, podendo se tornar uma alternativa útil para grandes indústrias e estabelecimentos comerciais reduzirem gastos, além de contribuir com o desenvolvimento de novas tecnologias. A metodologia utilizada baseia-se na utilização de laboratório de experimentos para a criação de protótipos que possam captar uma entrada vibracional pequena e converter em energia elétrica e análise de eficiência e qualidade do sinal de saída. O projeto atualmente está em fase de testes de um primeiro protótipo no qual se usa um motor movimentando uma superfície para simular uma fonte de vibração como as já citadas. Os próximos passos terão como objetivo a análise e tratamento do sinal de saída e conexão do sistema gerador com um sistema de iluminação com leds de forma a ilustrar e testar a viabilidade do protótipo. Em seguida, o grupo irá testar uma modificação do protótipo de forma a captar vibrações presentes no ambiente, de forma a substituir a fonte de vibrações atualmente utilizada. A pesquisa está focada em uma das maiores ambições na atualidade: geração de energia a partir de uma fonte limpa e com grande disponibilidade. A utilização da piezoelectricidade como essa fonte de energia torna-se cada vez mais real e tangível dado os inúmeros estudos e pesquisas no âmbito.

INTRODUÇÃO

Mundialmente, a produção de energia elétrica é proveniente, majoritariamente, de fontes não renováveis, como mostra a figura 1, o que levanta dois problemas: 1) o eventual e inexorável esgotamento da fonte; 2) a liberação de gases poluentes, com destaque para o dióxido de carbono, grande vilão para o aumento do efeito estufa na atmosfera (FREITAS & DATHEIN, 2013).

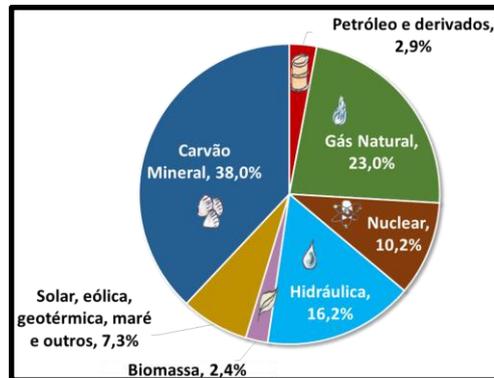


Figura 1: Matriz elétrica mundial (IEA 2020)

Dentro do panorama nacional, de acordo com o relatório apresentado ao Ministério de Minas e Energia (MME) em 2020 tendo como ano base 2019 pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) no Balanço Energético Nacional (BEN) em 2020, o Brasil possui 83% de energia renovável em sua matriz elétrica, como mostra a figura 2. Apesar do alto índice de utilização de fontes renováveis para geração de energia elétrica, fica evidente pela figura a dependência do país de fontes hidrelétricas que, apesar de serem fontes renováveis, possuem alto impacto ambiental (MENDES, 2005), além de serem fortemente influenciadas por condições climáticas (MARENGO, *et.al* 2015). Por este motivo, há uma necessidade de se explorar outras fontes de energia renováveis e limpas, como a energia solar, eólica e piezoelétrica. Dentre estas opções a geração piezoelétrica vem ganhando destaque nos últimos anos para suprir demandas específicas de energia (NAHM, *et al* 2020 e FERREIRA 2017).

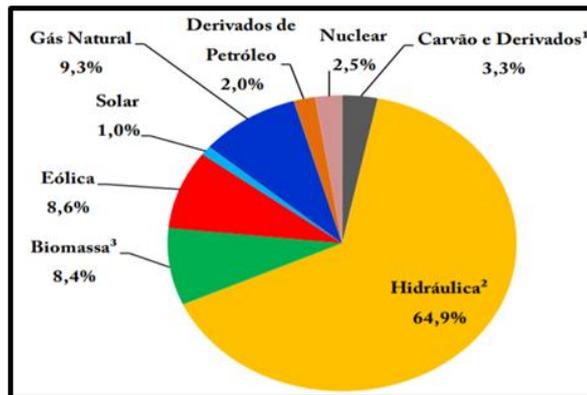


Figura 2: Matriz elétrica do Brasil. (BEN, 2020).

A piezoelectricidade é uma propriedade que consiste na indução de uma polarização em um material em resposta à aplicação de uma força externa, podendo ser de tração ou compressão, valendo destacar que o contrário também ocorre (SOUZA, 2006), como ilustra a figura 3. A palavra piezoelectricidade vem do grego e significa "energia elétrica por pressão". Este nome foi proposto por Hankel em 1881 para nomear o fenômeno descoberto um ano antes pelos irmãos Pierre e Jacques Curie que observaram que uma corrente elétrica surgia em certos cristais quando submetidos a pressões externas. Também verificaram que as faces desses cristais vibram ao serem submetidas brevemente a uma diferença de potencial, ou seja, o inverso do efeito também era verdade.

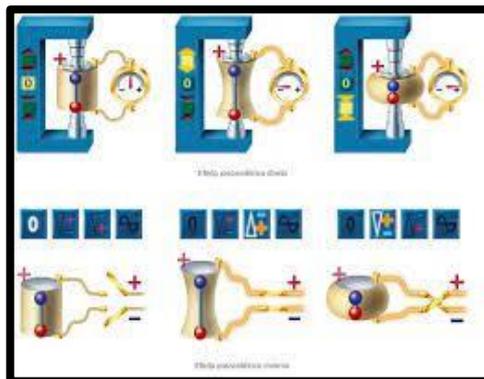


Figura 3 - Demonstração do efeito piezoelétrico na **a)** ausência de tensão mecânica, o que não gera tensão elétrica; **b)** compressão mecânica do material, gerando tensão com determinada polaridade e **c)** alongamento do material, gerando tensão elétrica com polaridade invertida em relação à compressão. Fonte: CERAMTEC, 2013 (RODRIGUES, 2017).

Elementos piezoelétricos podem, portanto, gerar energia elétrica através de deformações mecânicas periódicas, como vibrações. Diversas aplicações já foram propostas

e estudadas e algumas, inclusive, já se tornaram produtos, a exemplo de LEDs de uma marca de tênis que são alimentados pelo impacto das pisadas (YI et.al, 2016) e a alimentação de postes de energia através da vibração de movimento dos carros (DA SILVA, et.al 2019). Sahn Nahm *et al* (NAHM, 2020) reportaram uma extensa revisão sobre o tema, expondo um comparativo entre diversas geometrias já utilizadas para os geradores piezoelétricos, assim como a influência de circuitos periféricos que visam ao aumento da eficiência dos mesmos, demonstrando o grande potencial que estes materiais possuem para suprir demandas locais de energia elétrica.

METODOLOGIA

Foram adquiridas pastilhas piezoelétricas com frequência ressonante de 4,6 kHz, impedância ressonante de 300 Ω , capacitância de 20 nF na frequência de 1kHz e com diâmetro de 20 mm aproximadamente para a construção do protótipo. Como fonte de vibração, o grupo utilizou um motor de frequência entre 8 e 13 Hz acoplado a uma placa de MDF que será usada para deformar as pastilhas piezoelétricas fixadas em uma haste de MDF. O protótipo do experimento está ilustrado na figura 4.



Figura 4 – Protótipo evidenciando a posição da pastilha, fixada por uma extremidade em uma haste, sendo deformada pela movimentação do motor. Fonte: autores (2022).

Ao oscilar para cima e para baixo, a pastilha apresenta uma tensão mecânica ao longo do comprimento da pastilha, gerando, como descrito anteriormente, uma polarização no material e, por conseguinte, uma tensão entre os terminais já soldados a cabos de conexão no elemento piezoelétrico. Na figura 5, mostramos um resultado preliminar com tensão de 0,7 V medida em voltímetro no modo tensão alternada. Novos testes preliminares foram

realizados conectando em série duas pastilhas piezoelétricas de forma a elevar o valor da tensão de saída, conforme ilustrado na figura 6.

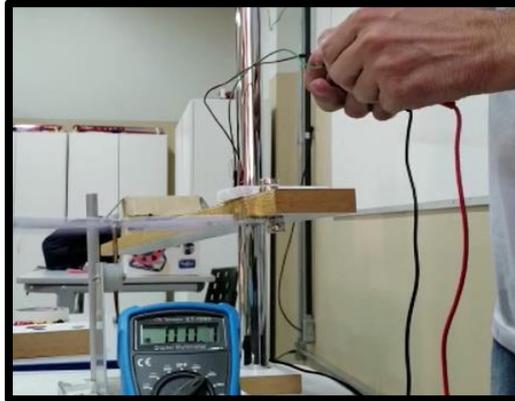


Figura 5 – Teste preliminar mostrando um sinal de 0,7 V na saída da pastilha piezoelétrica.

Fonte: Autores

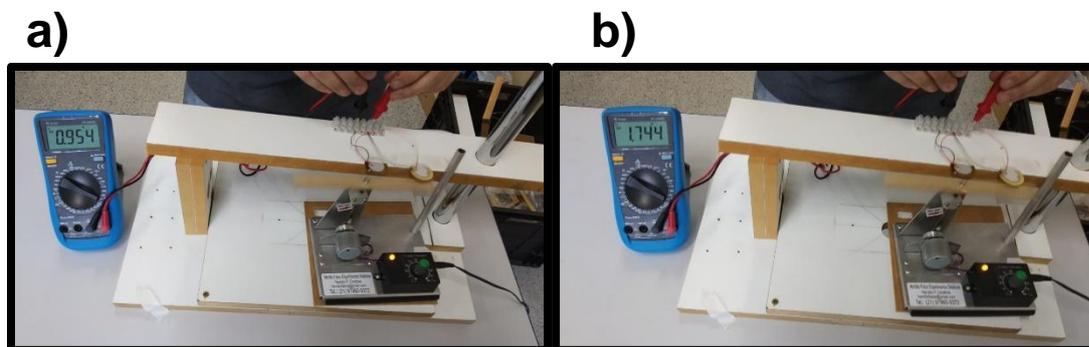


Figura 6 – Segundo teste preliminar com duas pastilhas conectadas em série. Em **a)** medindo a tensão saída de apenas uma pastilha e em **b)** mostrando a tensão de saída das duas pastilhas em série. Fonte: autores (2022).

Os cabos de saída do piezoelétrico são muito finos o que está prejudicando o estabelecimento do contato no conector, logo será necessário soldar o cabo de conexão da pastilha a um cabo mais grosso para ser usado para realizar o contato elétrico. O grupo está trabalhando no próximo passo, que consiste em conectar a tensão de saída a um osciloscópio para realizar análise do sinal como obter o perfil do sinal de saída, frequência, amplitude e ruído. Em seguida, o grupo irá conectar uma carga e montar circuitos periféricos como circuitos retificadores e amplificadores de acordo com a necessidade observada. Em um último passo, será acoplado um sistema de armazenamento ao protótipo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Após uma série de testes foi possível obter uma tensão de saída medida em voltímetro de 0.7V, enquanto que o protótipo com duas pastilhas em série atingiu tensões de quase 2,0 V. Vale ressaltar a importância de se caracterizar a própria fonte de vibração, uma vez que a mesma possui um potenciômetro capaz de variar a sua frequência e amplitude de oscilação o que foi verificado, durante a realização dos testes preliminares, que afetou os valores de saída do piezoelétrico. Assim como foram conectadas duas pastilhas em série, o protótipo tem potencial para se associar um maior número de pastilhas de forma a elevar a tensão de saída. Uma vez conectado ao osciloscópio e implementado o sistema de caracterização da fonte de vibração, o sistema estará mais adequado para análises de eficiência de geração, a sua dependência com a frequência de excitação e o grupo poderá iniciar o desenvolvimento de circuitos para tratamento do sinal, como retificação e amplificação de tensão, além de conectar ao protótipo uma carga resistiva como um LED.

CONCLUSÃO

Esta pesquisa tem como objetivo o desenvolvimento de um protótipo capaz de absorver as vibrações e convertê-las em energia elétrica de maneira satisfatória para reprodução em maior escala e aplicação em iluminação. Até o presente momento o grupo obteve resultados preliminares relacionados a testes do protótipo desenvolvido. A partir destes testes, o grupo irá caracterizar o sinal de saída de forma a obter parâmetros que auxiliem no aprimoramento do protótipo e no aumento da eficiência do gerador. O grupo também está trabalhando em um processo de caracterização do sinal de entrada representado pela oscilação gerada pelo motor, que será importante para se ter uma estimativa melhor do potencial do protótipo para ser utilizado em uma situação real. O grupo também irá realizar novos testes e configurações do gerador, além da inclusão de circuitos periféricos para o tratamento do sinal (como amplificadores de tensão e retificadores) de maneira a converter de maneira mais eficiente a energia vibracional.

REFERÊNCIAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/01/aneel-ultrapassa-meta-de-expansao-da-geracao-de-energia-em-2020>> Acesso em 6 de Abril de 2022

BEN - Balanço Nacional Energético. Disponível em <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional->

[2020#:~:text=Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%202020.base%20o%20ano%20de%202019%20.>](#) Acesso em 8 de Abril de 2022

CANCIO, L.; GHISSONI, S. **Piezoelétricidade: a Geração de Energia Limpa e Suas Aplicações**. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 5, n. 1, 14 fev. 2020.

DA SILVA, M. G. F.; DE OLIVEIRA, J. M. L.; OLIVEIRA, L. S. **Gerando energia elétrica sustentável através dos efeitos piezoelétricos**. Semana Acadêmica, v. 1, p10, 2019.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Anuário Estatístico de Energia Elétrica - Ano base 2018. Disponível em https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio_2019_WEB_alterado.pdf > Acesso em 02 de abril de 2021.

FERREIRA, Luiz Fernando Suzarte Silva. **Sistema de geração de energia via sensores piezoelétricos**. Trabalho de conclusão de curso do curso de Engenharia Elétrica da Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas do Centro Universitário de Brasília UniCEUB, 2017.

FREITAS, G.C.; DATHEIN, R. **As energias renováveis no Brasil: uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental**. Revista Nexos Econômicos, v. 7, n. 1, p. 71-94, 2013.

MARENGO, J. A., NOBRE, C. . A., SELUCHI, M. E., CUARTAS, A., ALVES, L. M., MENIDIONDO, E. M., OBREGÓN, G., & SAMPAIO, G. **A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo**. Revista USP, v. 106, 31-44, 2015.

MENDES, Noeli Aparecida Serafim. **As usinas hidrelétricas e seus impactos: os aspectos socioambientais e econômicos do reassentamento rural de Rosana-Euclides da Cunha Paulista**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2005. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/96258> Acesso em 02 de abril de 2021.

MORAES, B. M.; LIME, J. de D.; DE SIQUEIRA, I, C. dos S.; VALENTIM, V. L. B.; DE CARVALHO, V. L. C. G. **Materiais piezoelétricos: uma análise de seu potencial com energy harvesting**. Artigo do 18º CONIC SEMESP, Universidade Santa Cecília, 2018.

RODRIGUES, Tatiane Lucio, **Gerador de energia piezoelétrico**, Monografia submetida ao curso de graduação em engenharia eletrônica da Universidade de Brasília, 2017.

SONG, HC; KIM, SW; KIM, H. S.; LEE, DG; KANG, CY; NAHM, S; **Piezoelectricity Energy Harvesting Design Principles for Materials and Structures: Material Figure-of-Merit and Self-Resonance Tuning**. Advanced Materials, vol 32, p.1-34, 2020.

YI Xin, XIANG Li, HONGYING Tian, CHAO Guo, CHENGUI Qian, SHUHONG Wang & CHENG Wang, **Shoes-equipped piezoelectric transducer for energy harvesting: A brief review**, Ferroelectrics, 493:1, 12-24, 2016.