

UTILIZAÇÃO DE UMA PLATAFORMA DIDÁTICA PARA ESTUDOS DA PIEZOELETRICIDADE COMO UMA FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA

Matheus Wesley Pereira da Silva – matheuswesley1208@gmail.com

Igor de Azevedo Montalvão – igormontalvao92@gmail.com

Mateus Antunes da Silva – mateussossego09@gmail.com

José Wesley de Oliveira Costa – wesleymonitorfmn@gmail.com

Camila Pires Gouveia Guedes – camilapgguedes@gmail.com

Faculdade Maurício de Nassau

Vereador Manoel Uchôa – 237, Palmeira

58401-115 – Campina Grande – PB

Resumo: A eletricidade se tornou a principal fonte de luz, calor e força utilizada no mundo moderno. Entretanto, as fontes convencionais de geração de energia elétrica não contribuem para a construção de um mundo mais sustentável. Para modificar esta realidade, deve-se buscar por fontes alternativas de energia que causem o mínimo de impactos ambientais possíveis. O presente trabalho apresenta um estudo sobre a utilização dos materiais piezoelétricos como forma alternativa e sustentável para obtenção de energia elétrica. E, de modo a tornar a compreensão deste processo de conversão mais didático, será apresentada uma plataforma contendo um circuito elétrico com diversos dispositivos que permitirão que o estudante compreenda, de forma simples e interativa, o processo de conversão de energia mecânica em energia elétrica utilizando o material piezoelétrico de quartzo. Optou-se pelo uso deste cristal por dois motivos: pelo fato dele ser o segundo mineral mais abundante na Terra, já que se busca uma fonte de energia sustentável; e por ser um material amplamente utilizado, tais como em sensores airbag, cabecotes de solda ultrassônica, microfones, ultrassonografia, etc.

Palavras-chave: Material piezoelétrico. Sustentabilidade. Energia elétrica. Processo de aprendizagem.

1 INTRODUÇÃO

A eletricidade se tornou a principal fonte de luz, calor e força utilizada no mundo moderno. O consumo da eletricidade de um país pode, inclusive, ser considerado como um dos principais indicadores de seu desenvolvimento. No Brasil, a maior parte da energia elétrica gerada é proveniente das usinas hidrelétricas (EPE, 2016). As hidrelétricas convertem a energia potencial e cinética presente nas águas dos rios em energia elétrica. Entretanto, a água pode ser tratada como um recurso natural limitado, pois seu consumo mundial tem crescido sem que as fontes de água potável tenham tido tempo de se restabelecerem (CLARKE e KING, 2005). Para agravar ainda mais a situação, as recentes crises hídricas que atingiram parte do Brasil contribuíram para o acionamento das usinas termelétricas que, de modo geral, causam maior impacto ambiental do que as hidrelétricas. Assim, com o intuito de

contribuir para o desenvolvimento econômico e material do país sem agredir o meio ambiente, deve-se buscar por fontes alternativas de geração de energia.

A geração de energia elétrica pode ser considerada limpa quando não libera, durante seu processo de produção ou consumo, resíduos ou gases poluentes geradores do efeito estufa e do aquecimento global (PACHECO, 2006). Algumas fontes alternativas de geração de energia limpa, renovável e com menor agressão ao meio ambiente têm sido estudadas, desenvolvidas e, inclusive, aplicadas, tais como a geração de energia eólica, de energia solar e, mais recentemente, a geração utilizando os materiais piezoelétricos.

Os materiais piezoelétricos possuem propriedades que lhes permitem converter energia mecânica em elétrica através de sua deformação. Para tanto, são considerados dois efeitos principais: o efeito piezoelétrico direto e o efeito piezoelétrico inverso. O efeito direto corresponde à conversão de energia elétrica como consequência da aplicação de uma força mecânica, também denominada de estado de tensão. Já o efeito inverso corresponde a uma alteração mecânica sempre que o material é submetido a uma carga elétrica (GONÇALVES, 2011).

As propriedades do piezoelétrico são característica de materiais que possuem estruturas cristalinas complexas e com baixo grau de simetria. É natureza de sua estrutura cristalina que possibilita a obtenção de energia. O quartzo, o óxido de zinco, o titanato de bário, o titanato de chumbo, o zirconato de chumbo, o titanato zirconato de chumbo (PZT), dentre outros, são exemplos de materiais piezoelétricos (CALLISTER, 2012). Optou-se por utilizar, neste trabalho, o cristal de quartzo, pois é o segundo mineral mais abundante da Terra e o objetivo é apresentar uma geração alternativa sustentável.

Os materiais piezoelétricos demonstram ser eficazes na conversão de energia, principalmente por necessitar apenas de energia cinética vibracional, tornando-se uma linha de pesquisa viável para obtenção de energia limpa. A utilização da energia mecânica fornecida por pessoas ao caminhar nas ruas, *shoppings*, universidades, academias e outros lugares, é uma energia que pode ser convertida em energia elétrica de forma limpa e sustentável por meio dos cristais piezoelétricos.

2 OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é apresentar, de forma didática, o uso da piezoelectricidade como fonte sustentável de conversão de energia. Para tanto, será apresentada uma plataforma composta por um circuito elétrico que permitirá que o estudante compreenda, de forma simples e interativa, os processos mecânicos e elétricos que envolvem a conversão de energia utilizando material piezoelétrico. Assim, a plataforma servirá de ferramenta para tornar esse processo mais didático, pois trata-se de uma forma de conversão de energia não tão usual, mas que é sustentável e tem futuro promissor.

3 PIEZOELETRICIDADE

A piezoelectricidade foi descoberta pelos físicos franceses, e irmãos, Pierre e Jacques Curie, em 1880. Eles constataram que uma corrente elétrica surgia em certos cristais quando os mesmos eram submetidos a pressão. A este fenômeno foi atribuído o nome de piezoelectricidade (eletricidade por pressão). Seu efeito inverso foi descoberto um ano depois, em 1881, por Gabriel Lippmann. Gabriel deduziu, matematicamente, através dos princípios fundamentais da termodinâmica, que certos materiais apresentam deformação mecânica ao serem eletricamente polarizados (PEREIRA, 2010).

Em seguida, os irmãos Curie verificaram, de forma empírica, que quando os materiais eram submetidos a uma diferença de potencial (ddp) ocorria uma pressão elétrica nos átomos em seu interior. Os átomos se moviam para voltar ao balanço, ocasionando uma deformação. A este fenômeno foi atribuído o nome de piezoelectricidade (eletricidade por pressão). A descoberta deste efeito permitiu o emprego dele em microfones e toca-discos, por exemplo. Com o passar dos anos, outros cientistas aventuraram-se no tema e descobriram materiais não cristalinos que possuem essa propriedade (ANTUNES, *et. al.*, 2014).

Foram encontrados diversos estudos referentes ao material piezoelétrico, desde as suas aplicações iniciais na primeira guerra mundial até os dias atuais. Entretanto os critérios de inclusão dos estudos encontrados foram a forma de abordagem referente ao tema proposto. A partir de 2004 surgiram estudos aprofundados com o material piezoelétrico na conversão de energia, porém seu uso como fonte alternativa de energia é pouco comum e de difícil aplicabilidade.

A propriedade da piezoelectricidade pode ser encontrada na natureza, através dos cristais de quartzo, por ser o segundo mineral mais abundante, contemplando aproximadamente 12% do volume da Terra, o que o torna altamente sustentável. Além de possuir a característica de vibração quando exposto a uma excitação elétrica o material possui características que fazem o inverso ser válido, onde quando exposto a uma vibração mecânica ocorre a geração de energia elétrica.

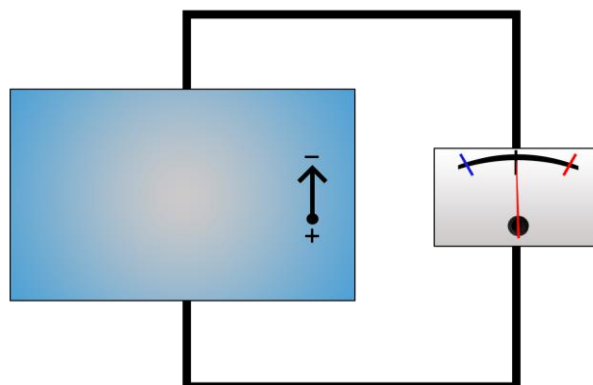
Atualmente, o efeito piezoelétrico já possui diversas aplicações, tais como: uso na medicina, através de aparelhos de ultrassom e eletroterapia; uso em amplificadores sonoros; em balanças; uso em elementos sensores e/ou atuadores em aplicações tecnológicas; uso em equipamentos transformadores de potência; uso em detonadores de impacto e em diversas outras aplicações (ARMENDANI, *et. al.*, 2016).

A piezoelectricidade baseia-se na habilidade que alguns cristais têm de gerar carga elétrica quando carregada mecanicamente com pressão ou tensão, o que é denominado como o efeito piezoelétrico direto. Porém, também exibem o efeito inverso, no qual há geração interna de uma tensão mecânica resultante de um campo elétrico aplicado. Por exemplo, os cristais de titanato zirconato de chumbo irão gerar uma diferença de potencial mensurável quando a sua estrutura estática é deformada (ARMENDANI, *et. al.*, 2016).

O material piezoelétrico quando submetido a uma tensão mecânica, apresenta uma polarização elétrica, gerando, assim, uma ddp entre seus terminais. Isto é possível devido a uma separação dos centros gravitacionais de cargas positivas e negativas das moléculas, de modo que acaba-se por gerar pequenos dipolos. Assim, as cargas internas do polo são mutualmente canceladas e as distribuições das cargas ligadas aparecem na superfície do material, ou seja, o material está polarizado. Essa polarização gera um campo elétrico e pode ser usada para converter a energia mecânica em energia elétrica.

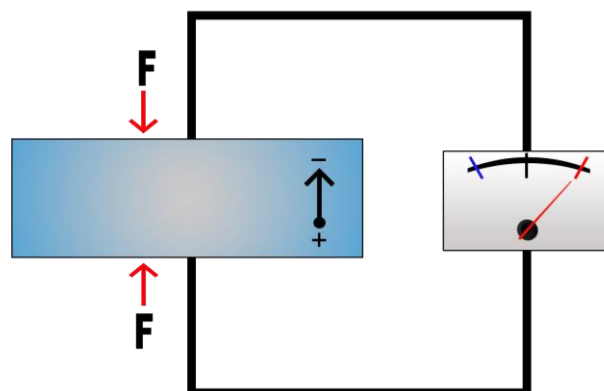
Na Figura 1 é ilustrado um material piezoelétrico conectado a um instrumento de medição de diferença de potencial. O material não é submetido a aplicação de forças externas e constata-se, neste caso, que a ddp medida é 0 V. Na segunda configuração, conforme a Figura 2, o material piezoelétrico novamente é conectado a um instrumento de medição de ddp. Porém, neste caso, aplica-se ao material uma força externa, F , que causa-lhe uma deformação por compressão e faz surgir uma diferença de potencial entre suas extremidades. Já na terceira configuração, conforme a Figura 3, aplica-se uma força externa, F , ao material, que lhe ocasiona uma deformação por tração, fazendo surgir, novamente, uma ddp entre suas extremidades. Esta ddp, porém, terá sentido oposto ao indicado na deformação por compressão.

Figura 1 – Material piezoelétrico sem a presença de forças externas.



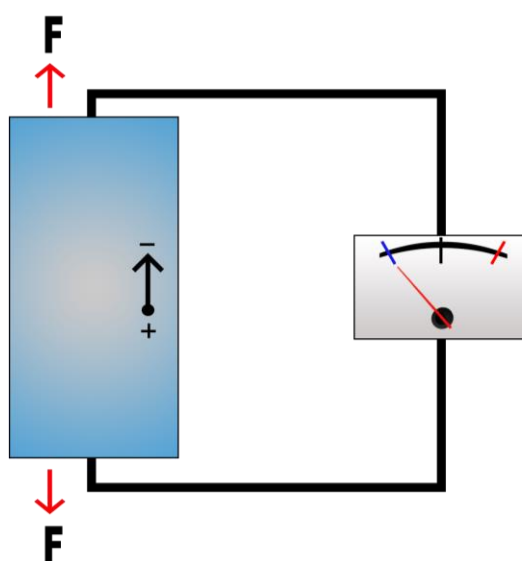
Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 2 – Efeito piezoelétrico direto por compressão.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 3 – Efeito piezoelétrico direto por tração.



Fonte: Elaborada pelos autores.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

- 1 *protoboard*;
- 1 piezoelétrico de quartzo;
- 1 capacitor eletrolítico de 22 μF ;
- 1 resistor de 220 Ω ;
- 1 diodo semicondutor 1N4007;
- 1 botão interruptor de pressão;
- 1 diodo emissor de luz (LED).

4.2 Métodos

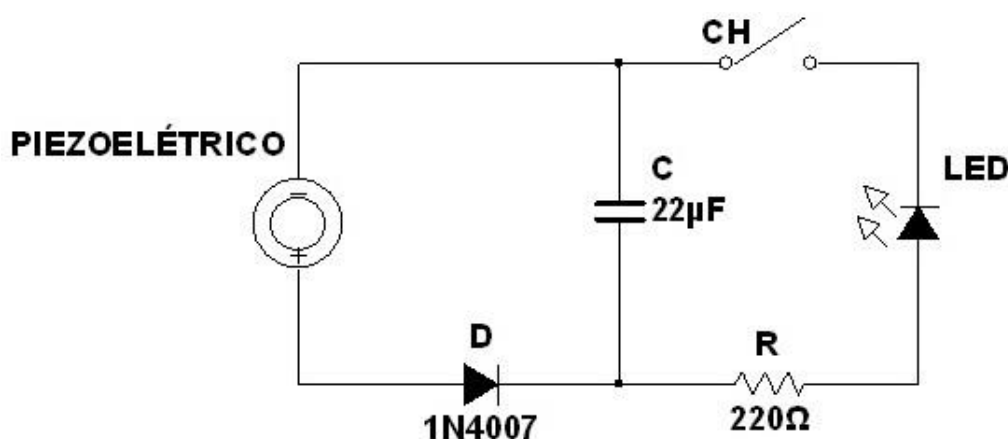
O método utilizado neste trabalho consiste na montagem de um circuito elétrico que sirva como ferramenta didática, especialmente para os estudantes, para auxiliar na compreensão dos fenômenos mecânicos e elétricos que envolvem a piezoeletricidade.

O *protoboard* foi responsável pela conexão e interligação entre os componentes utilizados no circuito elétrico. Além disso, pode ser considerado como a base da plataforma a ser apresentada aos estudantes. Um circuito elétrico foi montado conforme o esquema elétrico apresentado na Figura 4.

O circuito elétrico montado é composto por diversos componentes, dentre eles está o piezoelétrico de quartzo. A função do piezoelétrico é realizar a conversão de energia mecânica, obtida em seu processo de deformação, em energia elétrica, conforme discutido na seção anterior. A energia mecânica pode ser obtida pressionando ou comprimindo o material piezoelétrico.

De modo a armazenar esta energia gerada pela deformação, um capacitor eletrolítico também foi inserido ao circuito. Outro dispositivo necessário ao adequado funcionamento da configuração montada é o resistor, pois ele tem a finalidade de limitar a corrente elétrica do circuito. Já com o intuito de possibilitar a circulação de corrente somente em um sentido no circuito elétrico, um diodo semicondutor também foi utilizado. E, por fim, foram instalados um LED, com a função de ser a carga consumidora de energia do circuito, e um botão interruptor de pressão, sendo este o dispositivo responsável por fazer a descarga da energia contida no capacitor para o LED.

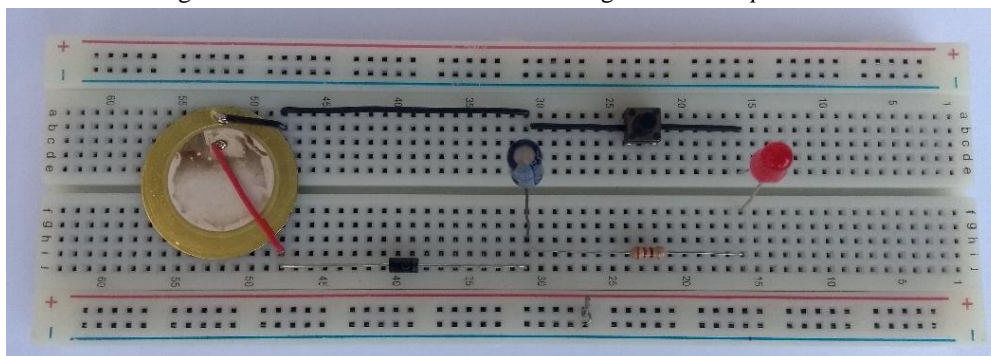
Figura 4 – Esquema elétrico do circuito.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A plataforma didática pode ser observada na Figura 5.

Figura 5 – Circuito elétrico em sua montagem física no *protoboard*.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

5 RESULTADO E DISCUSSÕES

A plataforma didática foi montada conforme o esquema elétrico apresentado na Figura 4.

Ficou evidenciado que o piezoelétrico gera um pico de tensão muito baixo e que há a necessidade de uso do capacitor para armazenar a energia que está sendo produzida para utilizá-la na alimentação de uma carga. Até o momento em que o botão interruptor não é pressionado, o estudante compreende que a energia se encontra armazenada somente no capacitor (circuito se encontra aberto). Após apertar o botão, é possível compreender que o circuito será fechado e que a energia armazenada no capacitor será descarregada na carga consumidora: o LED.

A escolha do LED como carga consumidora do circuito tornou a plataforma ainda mais didática, melhorando o processo de aprendizagem, pois permitiu aos estudantes a percepção da transformação de energia elétrica em energia luminosa.

Constatou-se, ainda, que o uso do diodo semiconductor no circuito é imprescindível, pois a tensão gerada pelo material piezoelétrico é alternada, de modo que há a inversão de polaridade periodicamente.

Assim, ficou evidenciado o dinamismo e a didática imposta pelo uso da plataforma demonstrativa no processo de compreensão dos fenômenos mecânicos e elétricos que envolvem a conversão de energia dos materiais piezoelétricos em energia elétrica.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os materiais piezoelétricos demonstram ser eficazes na conversão de energia, principalmente por necessitar apenas de energia cinética vibracional, tornando-se uma linha de pesquisa viável para obtenção de energia limpa.

A utilização da energia mecânica fornecida por pessoas ao caminhar nas ruas, *shoppings*, universidades e outros lugares, é uma energia que pode ser convertida em energia elétrica de forma limpa e sustentável por meio dos materiais piezoelétricos.

A montagem de um circuito elétrico simples facilita o aprendizado dos estudantes em relação a aplicação dessa fonte de energia alternativa pouco conhecida, mas de grande potencial, já que a matéria-prima para fabricação desse tipo de material é bastante abundante,

criando assim expectativas para um futuro em que as fontes de energia convencionais vêm se tornando cada vez mais escassas.

Considerando que a energia a ser convertida é um avanço em termos de sustentabilidade e favorável ao meio ambiente, as fontes convencionais consultadas concordam que é possível pensar em diversas formas de se obter energia por meio destes materiais. Com estudos e avanços tecnológicos, poderá se alcançar, no futuro, melhores formas de obter energia limpa para o planeta.

Mesmo sendo observados resultados significativos com a utilização dos materiais piezoelétricos para a obtenção de energia elétrica limpa, ainda é necessário a realização de estudos mais detalhados sobre a determinação de parâmetros como: forma geométrica do material, resistência mecânica, técnica a ser utilizada para a conversão de energia, métodos voltados ao aumento da eficiência do circuito, análises detalhadas sobre a quantidade de materiais piezoelétricos a serem utilizados e a capacidade de armazenamento do capacitor, onde com maiores níveis de energia armazenada torna-se possível o acionamento de cargas mais complexas.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, G.; SCHERTEL, M. N. C.; SOUSA, M. M. Piso que transforma energia mecânica em eletricidade, **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Rio Grande do Sul, 2014.

ARMENDANI, W. *et. al.* Conhecendo a Piezoeletricidade, uma nova forma de geração de energia elétrica. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v.9, p. 314-320, 2016.

CALLISTER, William. **Fundamentos da ciência e engenharia dos materiais**. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CASIMIRO, F.; GASPAR, P.; GONÇALVES, L. Aplicação do princípio piezoelétrico no desenvolvimento de pavimentos para aproveitamento energético. **III Conferência Nacional em Mecânica de Fluidos, Termodinâmica e Energia, MEFTE**, Bragança, 2009.

CLARK, Robin; KING, Jannet. **O atlas da água**. São Paulo: Publifolha. 2005.

EPE: Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes>. Acesso em: 10 abr. 2018.

GONÇALVES, Tito. **Colheita Piezoelétrica de Energia**. 2011. Tese (Mestrado) - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

JULIÃO, A. **Energia limpa sob nossos pés: O Brasil entra na briga pela criação de pisos que podem transformar a energia dos passos em eletricidade**. Disponível em: http://www.istoe.com.br/reportagens/73214_ENERGIA+LIMPA+SOB+NOSSOS+PES

Acesso em: 07 fev. 2018.

KAMAT, Prashant; **Harvesting photons with carbono nanotubes**. *Nano Today*. 2006.

LUO C.; HOFMANN H.; Wideband Energy Harvesting for Resonant Piezoelectric Devices, **Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)**, Atlanta, 2010.

NATAL, Guilherme. **Nanoposicionamento de precisão por controle adaptativo binário de atuadores piezoelétricos**. 2008. Tese (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

PACHECO, F. **Energias Renováveis: breves conceitos, conjuntura e planejamento**. Disponível em: http://www.ieham.org/html/docs/Conceitos_Energias_renovaveis.pdf. Acesso em: 06 dez. 2017.

PERREIRA, A. Cerâmicas Piezoelétricas: Funcionamento e Propriedades. ATPC Engenharia Física São Carlos, São Carlos, 2010.

RANGEL, Renato Franklin. **Caracterização de uma Célula Tubular Piezoelétrica para Geração de Energia Elétrica**. 2014. Tese (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

TABESH, A.; FRÉCHETTE, L. G. A Low-Power Stand-Alone Adaptive Circuit for Harvesting Energy From a Piezoelectric Micropower Generator. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, Sherbrooke, v.57, n.3, 2010.

USE OF A DIDACTIC PLATFORM FOR PIEZO-ELECTRICITY STUDIES AS AN ALTERNATIVE SOURCE OF ENERGY

Abstract: *Electricity has become the main source of light, heat and force used in the modern world. However, conventional sources of electricity generation do not contribute to building a more sustainable world. To change this reality, one must look for alternative sources of energy that cause the least possible environmental impacts. The present work presents a study on the use of piezoelectric materials as an alternative and sustainable way to obtain electric energy. And, in order to make the understanding of this conversion process more didactic, a platform will be presented containing an electric circuit with several devices that will allow the student to understand, in a simple and interactive way, the process of converting mechanical energy to electric energy using or quartz piezoelectric material. The use of this crystal was chosen for two reasons: because it is the second most abundant mineral on Earth, since it seeks a sustainable energy source; and because it is a widely used material, such as in airbag sensors, ultrasonic welding heads, microphones, ultrasound, etc.*

Key-words: *piezoelectric material, sustainability, electricity, learning process.*