



KIMBERLY VITÓRIA DOS SANTOS

MARIA ELIZABETE CAPELANI

NICOLAS HENRIQUE ALVES

PABLO RUAN MENDONÇA RODRIGUES

PEDRO DE SOUZA RIBEIRO

**GERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DA
PIEZOELÉTRICIDADE**

Matão, SP

2023

KIMBERLY VITÓRIA DOS SANTOS

MARIA ELIZABETE CAPELANI

NICOLAS HENRIQUE ALVES

PABLO RUAN MENDONÇA RODRIGUES

PEDRO DE SOUZA RIBEIRO

**GERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DA
PIEZOELETRICIDADE**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado à Escola Técnica Estadual Sylvio de Mattos Carvalho, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Técnico em Mecatrônica.

Orientador: Prof. Rogério Varavallo

BANCA EXAMINADORA:

1. Presidente e Orientador:
Prof. Rogério Varavallo
2. Prof. Samael Rabelo Pereira
3. Prof. Vanessa Almeida Ribeiro

RESUMO

A piezoelectricidade é a capacidade no qual certos materiais (como cristais) geram uma carga elétrica quando são submetidos a tensão mecânica, como compressão ou torção. Esses materiais têm a capacidade de converter energia mecânica em energia elétrica e vice-versa. Com base nisso, realizamos diversos estudos acerca da possibilidade da piezoelectricidade ser utilizada como uma fonte alternativa de geração de energia, haja vista que essa obtenção pode ser realizada de forma limpa e renovável, sem causar prejuízos ao meio ambiente. Com base nisso, escolhemos esse meio de geração de energia para efetuarmos pesquisas e confeccionarmos um projeto que é capaz de demonstrar a produção de energia e sustentar um circuito de iluminação.

Palavras-chave: Piezoelectricidade, Geração de energia, Sustentabilidade, Eletricidade.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. OBJETIVOS	6
2.1 OBJETIVO GERAL	6
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	6
3. METODOLOGIA.....	7
3.1 MATERIAIS UTILIZADOS	7
3.2 DESENVOLVIMENTO.....	11
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. INTRODUÇÃO

As formas como trabalhamos e lidamos com o mundo vêm recorrentemente evoluindo, de modo que novas tecnologias estão sendo desenvolvidas em prol do conforto e inovação. Com isso, temos uma crescente necessidade do uso de energia para a realização de tais projetos, a qual vem sendo gerada a partir de diferentes matrizes energéticas, tais como: combustíveis fósseis, hidrelétricas, gás, biomassa, entre outros, que representam 29,5%, 2,7%, 23,7% e 9,8% (EPE, 2020) das fontes energéticas, respectivamente, assim como mostra a figura 1.

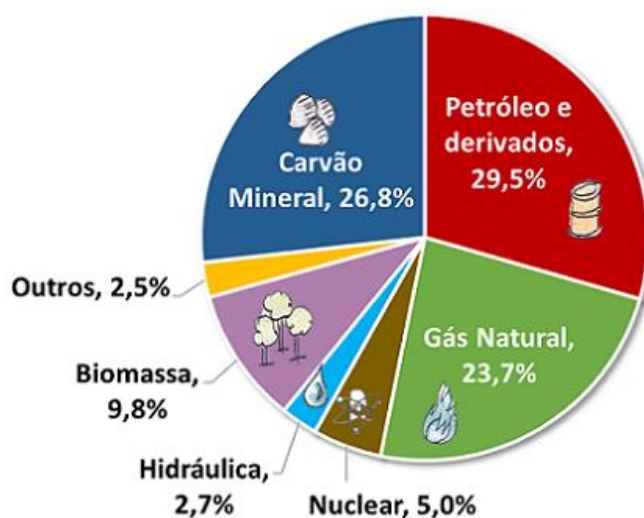


Figura 1 – Matrizes Energéticas

Fonte: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em 12/05/2023.

Devido a queima de gasolina por automóveis, provocarem grande desgaste e poluição ambiental, é de suma importância a conscientização sobre os impactos provenientes da geração de energia, para que assim possam ser desenvolvidas pesquisas acerca do assunto visando a sustentabilidade.

De acordo com o veículo Estadão: “A emissão de gás carbônico ou dióxido de carbono (CO₂) é responsável por cerca de 60% do aquecimento global. A queima de combustíveis fósseis como gasolina e diesel para o transporte urbano é uma das principais fontes de geração do CO₂ que vai para a atmosfera.”

Nos últimos anos, houve um crescimento na pesquisa e uso de matrizes renováveis, como a eólica e solar, para suprir as necessidades da sociedade moderna e ainda preservar a natureza e suas extensões. Nesse cenário, como alternativa aos meios de produção energética poluentes, a piezoelectricidade apresenta o conceito de se utilizar da energia cinética provinda da nossa habitual movimentação, como andar, correr, se movimentar, para a geração e colheita (harvesting) da energia.

“Na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma.”
Antoine Lavoisier (1743-1794)

Além disso, em meio ao grande consumo de energia elétrica, fica cada vez mais evidente que se deve buscar novos meios de obter energia limpa, sustentável e de baixo custo, já que as formas de geração de energia atuais estão causando grandes impactos ambientais. Com isso, o conceito de sustentabilidade busca soluções para resolver ou minimizar os impactos ambientais.

Segundo a Conferência das Nações Unidas sobre o Homem e o Meio Ambiente (1972), há necessidade de buscar por critérios e princípios comuns que ofereça aos povos inspirações para preservar e melhorar o ambiente em que vive. Ademais, uma das soluções é a busca por novas formas de obter energias renováveis e sustentáveis, tendo a utilização da piezoelectricidade como uma alternativa.

Tendo isso em vista, desejamos apoiar pesquisas na área ao desenvolver um tapete que gera energia por meio da piezoelectricidade, se apoiando em seu possível potencial energético provindo de seus fenômenos físicos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Confeccionar um tapete que gere energia através da piezoelectricidade e armazene-a.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Gerar energia limpa e sustentável por meio da piezoelectricidade, aproveitando-se do baixo custo que a mesma possui;
- Armazenar e assim tornar possível o controle de quando a energia será utilizada;
- Demonstrar o funcionamento e eficiência da energia gerada por meio da piezoelectricidade na prática ao ser utilizada para iluminação;
- Estudar e analisar a possibilidade da utilização da piezoelectricidade em diferentes contextos, como o uso em pisos, tapetes, pavimentos e em diferentes ambientes.

3. METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS

3.1.1 Transdutor piezoelétrico de 35mm

Espécie de “disco”, utilizado para medir pressão, tensão ou força e posteriormente, converte-os em uma carga elétrica. O utilizamos como gerador de tensão contínua, além de ser o principal do projeto, o modelo pode ser observado na figura 2.

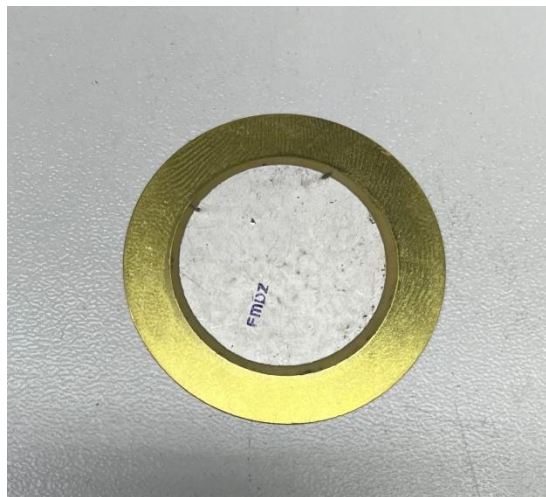


Figura 2 - Transdutor piezoelétrico de 35mm

Fonte: Autoral

3.1.2 Diodo 1N4007

Componente semiconductor de silício que permite o fluxo de corrente em uma direção (anodo para catodo), conforme mostrado na figura 3, utilizamos ele para designar o sentido a ser seguido pela corrente.



Figura 3 – Diodo 1N4007

Fonte: Autoral

3.1.3 Resistores 820 5% (1.000k e +/- 5% de tolerância)

Utilizados para limitar e regular a corrente elétrica em um circuito, além de transformar energia elétrica em energia térmica, exemplo na figura 4.



Figura 4 – Resistor 1.000k e +/- 5% de tolerância
Fonte: Autoral

3.1.4 Protoboard

Placa de contatos, conforme a figura 5, a utilizamos para montar os circuitos e testá-los.

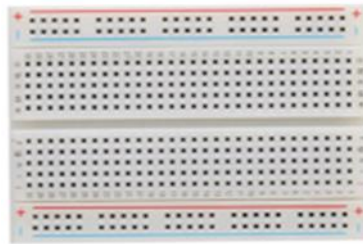


Figura 5 – Protoboard

Fonte: https://www.lojamekanus.com.br/MLB-939184513-protoboard-830-pontos-furos-arduino-projeto-eletronica-pic-_JM, acessado em 15/11/23.

3.1.5 Leds

Utilizamos as leds, expostas na figura 6, para a comprovação da energia produzida (pelo uso) e para o cálculo da média do tempo de funcionamento do circuito por meio de testes.



Figura 6 – Led
Fonte: Autoral

3.1.6 Madeira compensado

Utilizamos como estrutura base para todo o projeto, pode ser vista na figura 7.



Figura 7 – Madeira compensado
Fonte: Autoral

3.1.7 Parafuso sextavado rosca parcial 5/8 7,5cm

Utilizado para unir e servir de sustentação para as duas chapas de madeira (provindas do corte da madeira compensado listada acima) e molas – número 1 na figura 8.

3.1.8 Porca nylon 5/8

Utilizamos a porca – número 2 na figura 8 - para deixar fixa a altura necessária para o parafuso sextavado rosca parcial.

3.1.9 Molas 20mm (diâmetro) e 1,5cm (altura)

Utilizamos as molas – número 3 na figura 8 - para proporcionar o retorno mecânico da chapa de madeira superior.



Figura 8 – Parafuso sextavado (1), rosca nylon (2) e molas (3)
Fonte: Autoral

3.1.10 E.V.A 1cm

Foi colado junto aos discos piezoelétricos, pode ser visto na figura 9.



Figura 9 – E.V.A utilizado

Fonte: https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQwIGF2x-zE1c_pdkw4zzhy9WzPnKcMkniyK6tS08FqMCDBoUZC. Acesso em 07/12/2023

3.1.11 Tapete

Foi utilizado para encapar as chapas de madeira, conforme apresentado na figura 10.



Figura 10 – Tapete preto

Fonte: Autoral

3.2 DESENVOLVIMENTO

O método utilizado para a realização do trabalho consiste primeiramente na pesquisa de diferentes fontes sobre o tema, como trabalhos e teses, além de estudo e reportagens que relatam práticas já executadas com o uso dos discos e/ou pastilhas piezoelétricas.

Após a verificação das práticas realizadas na área, utilizamos os conhecimentos prévios e os adquiridos ao longo das pesquisas para a idealização do protótipo que desenvolveremos.

Teste com 4 discos ligados em paralelo (27mm)

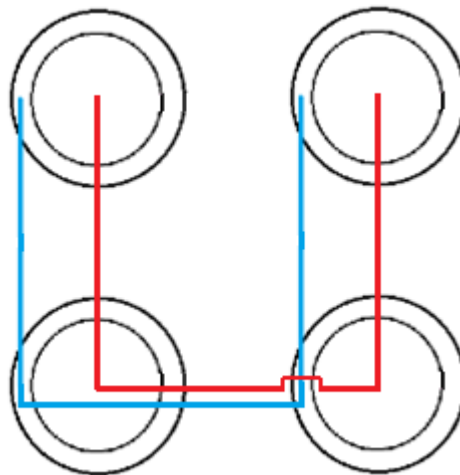


Figura 11 – Diagrama discos em paralelo 1 (vermelho: positivo; azul: negativo)

Fonte: Autoral

Foi montado o circuito exemplificado na figura 11 e apresentado na figura 12, utilizamos 4 discos (27mm) ligados em paralelo e constatamos que eles geraram 1,5v em média apertando-os simultaneamente.



Figura 12 – Prática diagrama discos em paralelo 1 (figura)

Fonte: Autoral

Como observado na medição do multímetro os valores de tensão variavam, em um intervalo entre 0 – 2v.

X	Piezos de 27mm	Piezos de 35mm
Ligação em série	nenhuma quantia significativa	nenhuma quantia significativa
Ligação em paralelo	1,5 - 2v	2 - 8v

Figura 13 – Tabela de resultados

Fonte: Autoral

A tabela da figura demonstra os resultados obtidos a partir de testes com diferentes tipos de discos (tamanhos diferentes) e ligações.

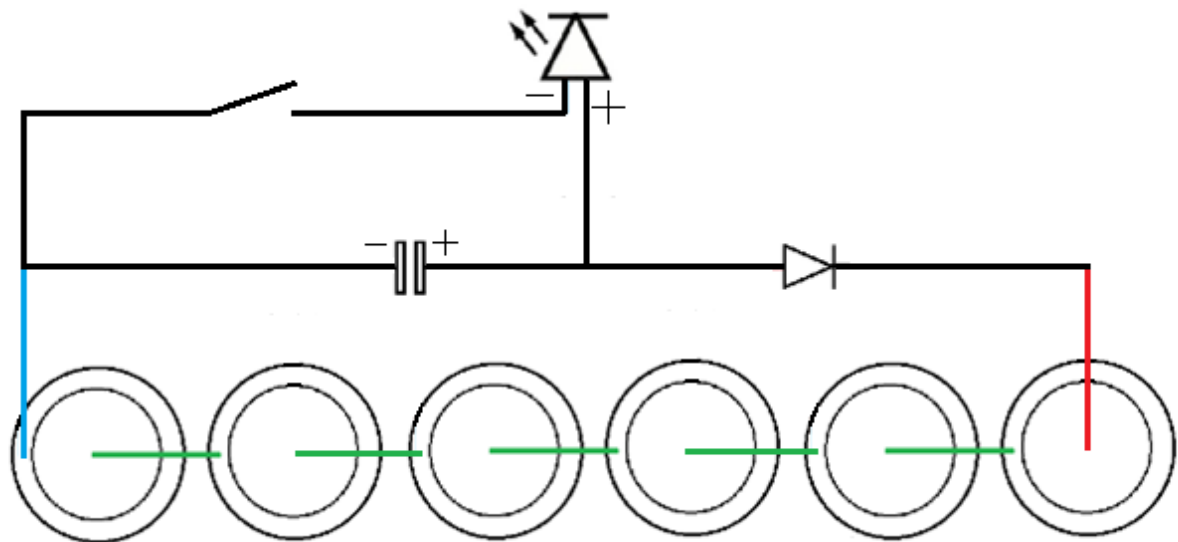


Figura 14 – Diagrama discos em série

Fonte: Autoral

Em seguida, montamos o circuito com 6 discos ligados em série, conforme pode ser visto na figura 14 e observamos na medição com o multímetro, que não foi gerado nenhuma quantia significativa de energia em volts.



Figura 15 – Disco piezoelétrico danificado devido à alta temperatura
Fonte: Autoral

Notamos que os discos são frágeis a altas temperaturas, de forma que ao soldá-los alguns derreteram seus cristais com o calor do ferro de solda, e ficaram assim como ilustrado na figura 15. Nas áreas onde o cristal foi derretido os discos deixaram de produzir e conduzir energia, mas foi observado que em outras áreas a produção continuou a ocorrer e não houve perdas.



Figura 16 – Pasta para solda

Fonte: https://casadosoldador.com.br/files/products_images/24365/pasta-para-solda-estanho-110g-cobix-casa-do-soldador-02.webp. Acesso em: 07/12/2023

Passamos a pasta de solda no cristal dos discos para deixar a solda mais resistente e de fácil aderência, assim evitando dela soltar e danificar os discos piezoelétricos, visto que o material da parte central dos discos não é próprio para a solda.

Desenhamos o circuito apresentado no diagrama da figura 17 e o montamos na prática, visualizável nas figuras 18 e 19.

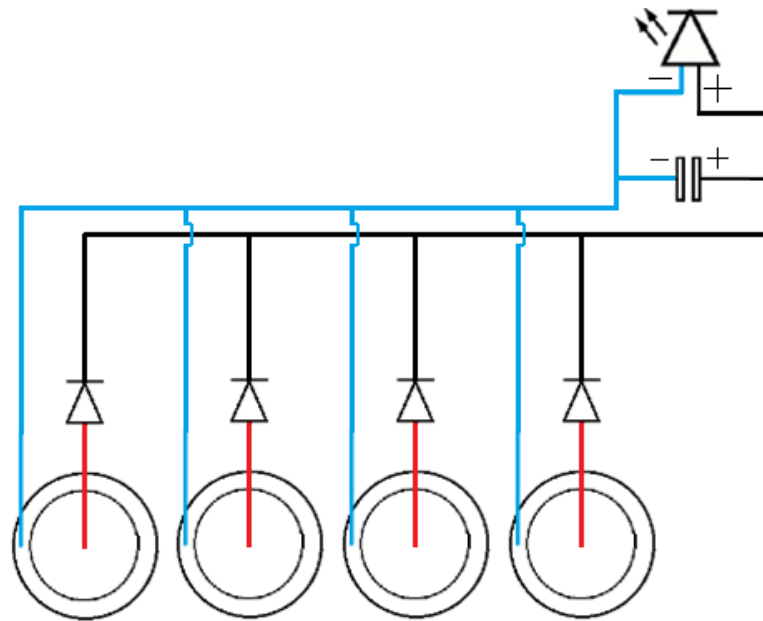


Figura 17 – Diagrama discos em paralelo 2 (teste com diodos em ponto em comum)
Fonte: Autoral

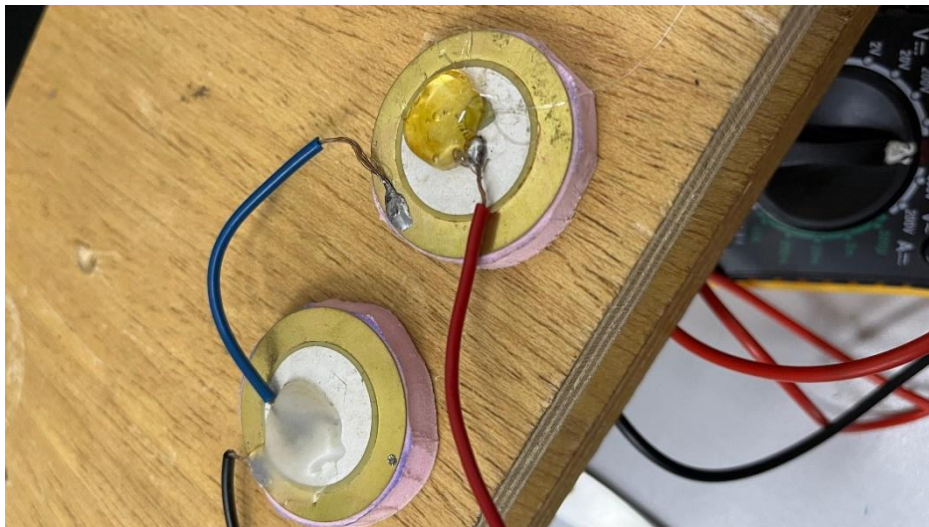


Figura 18 – Discos colados no EVA com ligações em série
Fonte: Autoral



Figura 19 – Discos em paralelo diagrama 2
Fonte: Autoral

Para melhorar a eficácia, utilizamos uma roda para simular o movimento cinético e auxiliar a carregar o capacitor, obtivemos os seguintes resultados: ao carregar o capacitor por um minuto, foi possível ativar a led durante aproximadamente um segundo.

Em função da maximização da geração energética, foram montados circuitos de multiplicadores de tensão, diagrama apresentado na figura 20 e prática na figura 21, para comprovar a possibilidade de sua utilização para melhorar o rendimento dos discos.

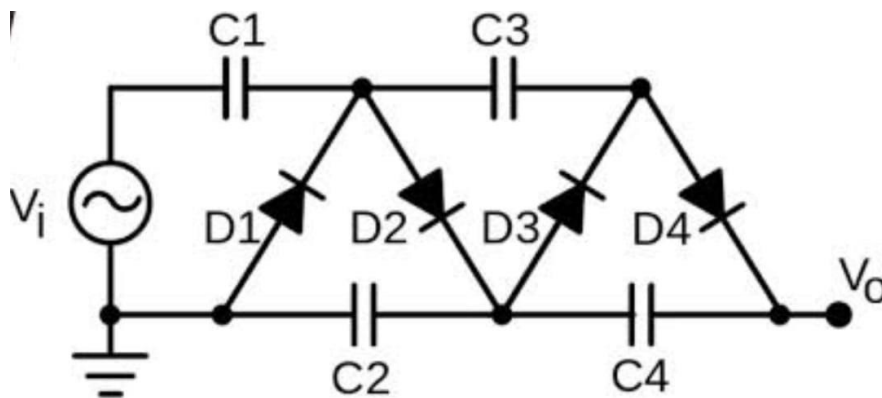


Figura 20 – Diagrama multiplicador de tensão 1
Fonte: https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Cockcroft_Walton_voltage_multiplier_circuit.svg.
Acesso em: 12/2023

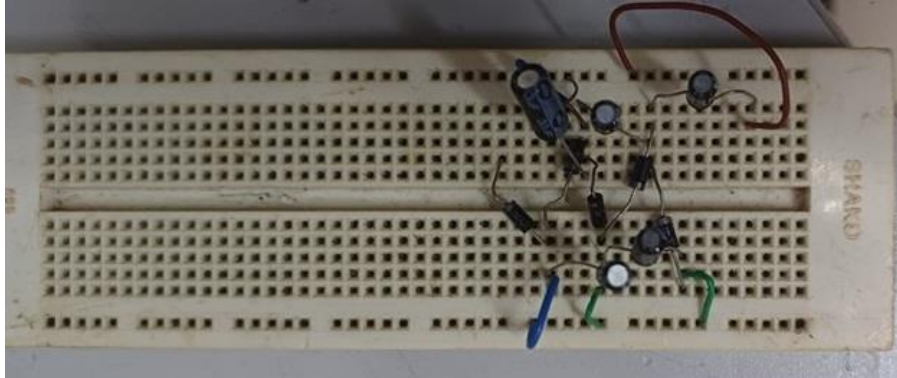


Figura 21 – Prática diagrama multiplicador de tensão 1
Fonte: Autoral

Ao realizar a prática, notamos que o circuito não mostrou a eficiência necessária, por isso essa montagem foi descontinuada.

Foi montado o circuito multiplicador de tensão, apresentado na figura 22 e 23, para testar se ele aumentaria a tensão gerada pelos piezos na tentativa de melhorar a sua eficiência, porém o circuito não mostrou a eficiência esperada, pois o aumento de tensão não ocorreu. Foi checado se o problema era o CI, porém ao trocá-lo a problemática persistiu. Ademais, foi utilizado o circuito ligado a uma fonte de 5V, para a confirmação do bom funcionamento do circuito, o qual foi capaz de elevar a tensão de 5V para 7V.

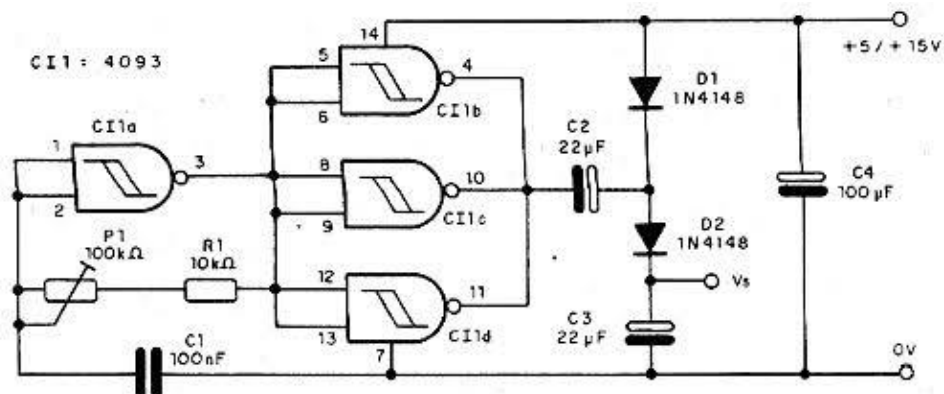


Figura 22 – Diagrama multiplicador de tensão com o CI 4093
Fonte: <https://www.newtoncbraga.com.br/projetos/3066-art420.html>. Acesso em: 05/12/2023

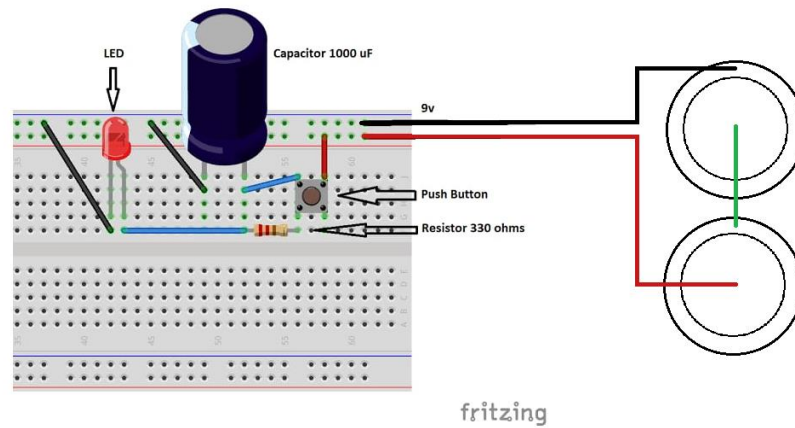


Figura 23 – Circuito na protoboard

Fonte: <https://images.app.goo.gl/AkmzoG5sc6g34ANw5>. Acesso em: 05/12/2023

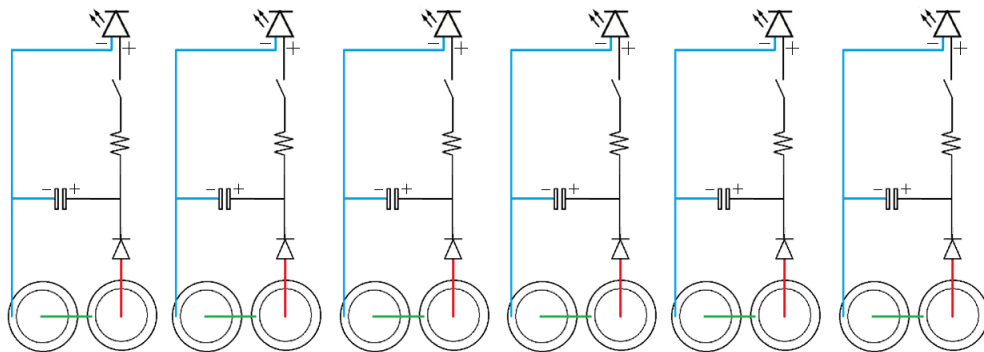


Figura 24 – Diagrama discos em série, capacitor em paralelo

Fonte: Autoral

Posteriormente, idealizamos o diagrama apresentado na figura 24 foi montado na prática, conforme a figura 25.

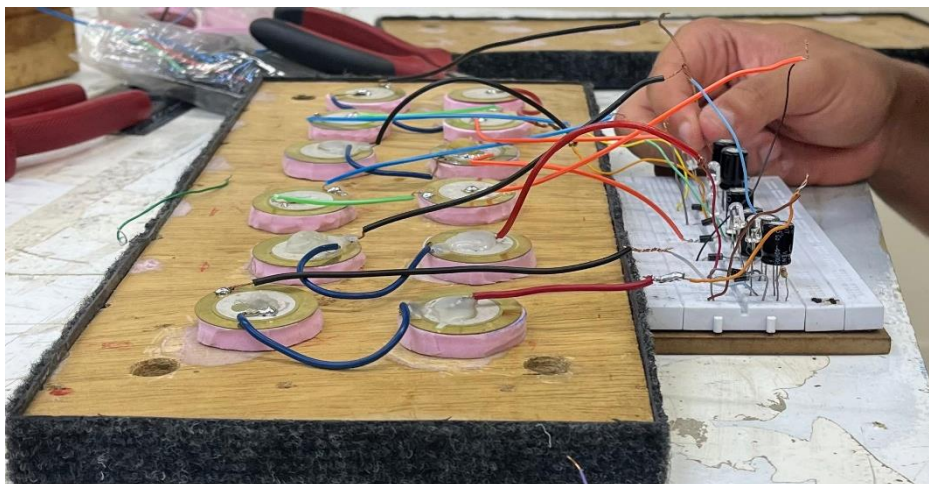


Figura 25 – Prática do circuito descrito na figura

Fonte: Autoral

Com o uso desse circuito nos aproximamos da ideia final do projeto de alimentar LEDs para demonstrar por meio da iluminação o funcionamento da piezeletricidade.

Por fim chegamos no circuito final, o qual foi melhorado por retirar redundâncias, pois dessa vez o circuito todo utilizou somente um resistor e foi diminuído a quantidade de capacitores em frente as necessidades.

Cortamos a madeira compensado até adquirir um tamanho próximo a 33cm de comprimento e 16,5cm de largura, conforme as figuras 26 e 27. Posteriormente, foram lixadas as bordas das madeiras, exibida na figura 27, e feitas marcações na mesma para posteriormente colar os pedaços de E.V.A.



Figura 26 – Corte da madeira compensado

Fonte: Autoral



Figura 27 – Lixa da madeira compensado
Fonte: Autoral

Após isso, cortamos o E.V.A no tamanho dos discos e os colamos na madeira com o uso das marcações como referência, demonstrada na figura 28.



Figura 28 – E.V.A's colados na madeira
Fonte: Autoral

Os discos de E.V.A desempenham papel importante na eficiência do conjunto, pois permitem que os discos piezoelétricos possam se deformar com maior facilidade e assim garantir maior produção energética dado a criação de acentuada assimetria nos modelos.

As chapas de madeira foram furadas nas extremidades, como ilustrada na figura 29, para a passagem dos parafusos e assim ser possível unir as duas chapas por meio deles. Dessa forma, o protótipo foi melhorado, pois com o uso de molas, inseridas nos parafusos, foi possível proporcionar um retorno mecânico da chapa superior para a geração de energia. Com isso, o processo de harvesting foi acentuado.



Figura 29 – Madeira cortada
Fonte: Autoral

Observamos nas figuras 30 e 31 a estrutura base já montada e finalizada, com o tamanho de 33cm de largura e 16,5cm de largura, sendo comparada com uma caneta de 15cm na figura 30.

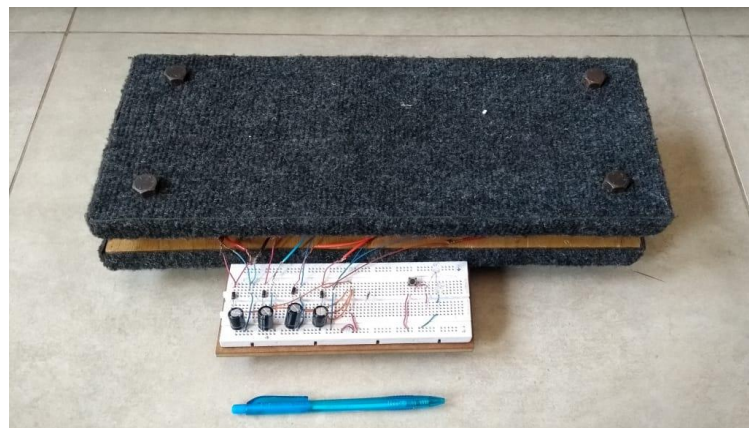


Figura 30 – Estrutura base (chapas unidas pelos parafusos)
Fonte: Autoral



Figura 31 – Estrutura base (união das chapas por meio do conjunto de parafusos e molas)
Fonte: Autoral

Por último, utilizamos o tapete que foi colado nas faces exteriores das chapas de madeira e conferiram mais aderência ao piso piezoelétrico, visualizável nas figuras 32 e 33.



Figura 32 – Tapete com carpete colado
Fonte: Autoral

Na figura 33, observa-se o projeto já concluído com a estrutura finalizada e instalação do circuito.

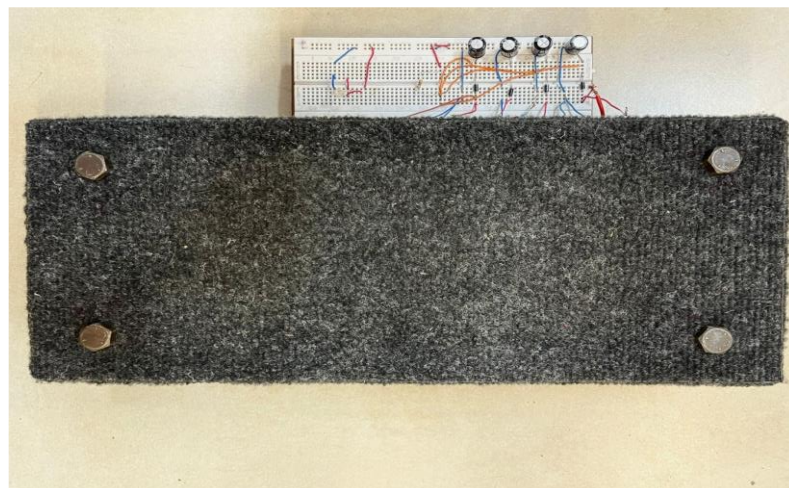


Figura 33 – Projeto finalizado
Fonte: Autoral

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar das dificuldades e dos problemas enfrentados, conseguimos alcançar o objetivo de comprovar a eficiência da piezoelectricidade, além de gerar energia e utilizá-la para acender leds ou alimentar um circuito de alimentação.

Dessa forma, o trabalho em equipe foi crucial e de suma importância para a conclusão do trabalho. Com isso, conseguimos efetuar o protótipo e realizar a criação de um tapete que gera energia através da piezoelectricidade.

Por fim, analisamos que nosso propósito principal de efetuar a geração de energia por meio da piezoelectricidade e armazená-la para que pudesse ser utilizada em um momento oportuno em prol da iluminação foi concretizado. Ademais, todos nossos objetivos e expectativas foram atingidos, exceto a ideia de carregar uma bateria, que durante o processo de montagem foi alterada para um capacitor, haja vista o seu potencial mais baixo de carregamento.

Além disso, comprovamos que a piezoelectricidade possui uma alta capacidade elétrica e é capaz de acender leds ou lâmpadas. Ainda que a tensão gerada não seja alta, existem maneiras de aumentar essa geração e extrair ainda mais dela. Para fins de demonstração, será possível visualizar um número de leds sendo acesas com a energia gerada através do tapete.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Estadão - O que é gás carbônico e qual é o impacto do transporte urbano nas emissões? Disponível em <https://summitmobilidade.estadao.com.br/sustentabilidade/o-que-e-gas-carbonico-e-qual-e-o-impacto-do-transporte-urbano-nas-emissoes/>. Acesso em 05/2023.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética) - Matriz Energética e Elétrica. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em 05/2023

TERRA. "Nada se cria, tudo se transforma: há 219 anos, Lavoisier era guilhotinado". Disponível em: <https://www.terra.com.br/byte/ciencia/pesquisa/nada-se-cria-tudo-se-transforma-ha-219-anos-lavoisier-era-guilhotinado,0ebb069f8618e310VgnVCM4000009bcceb0aRCRD.html>. Acesso em: 05/2023.

VIEIRA, R. F. CONHECENDO A PIEZOELETRICIDADE UMA NOVA FORMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/geracao-de-energia-eletrica>. Acesso em 05/2023.