

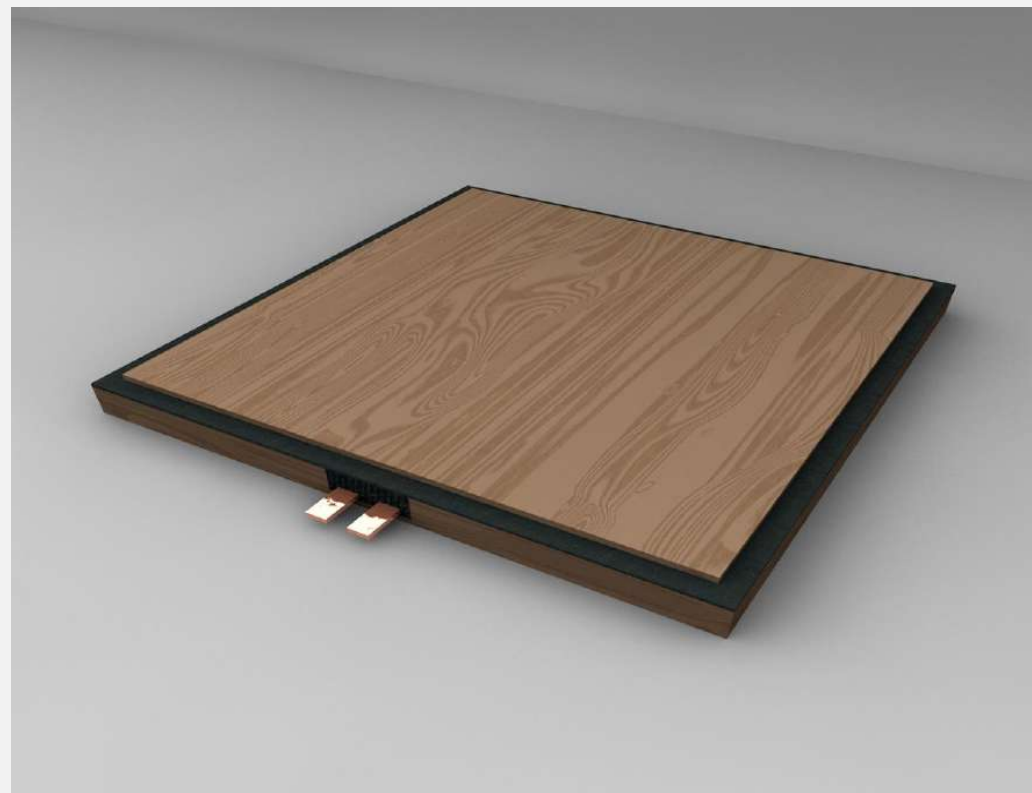


INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE



**I Seminário Virtual de  
Pesquisa e Extensão do IFRN**  
*campus São Paulo do Potengi*

12 e 13 de abril de 2021



Desenvolvimento de uma tecnologia com propriedades piezoelétricas como forma de geração de energia limpa.

**Autores:** José Manoel Freitas da Silva e Maria Luiza de Carvalho Silva

# Meios de Produção de energia Limpa.



**Figura 1 – Usina eólica e solar.**

Com a finalidade de reduzir os impactos ao ecossistema, surgiram as fontes de energia limpa, onde desempenham um papel de extrema importância para a proteção do meio ambiente e da manutenção da qualidade de vida.

A energia limpa também é um importante fator para se garantir o desenvolvimento sustentável do planeta, onde vale ressaltar que cerca de 24% da energia produzida e consumida no mundo já são provenientes de fontes limpas (SANTANA, 2019).

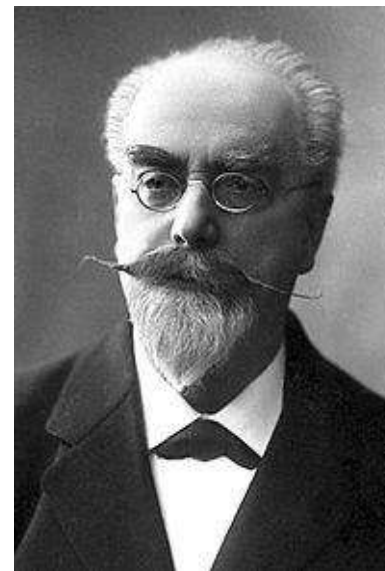
Deste modo, a piezoelectricidade, como fonte de energia alternativa, possui diversas aplicações, estando presentes em aparelhos eletrônicos, radares e na produção de energia elétrica de maneira sustentável.

# Quando o efeito piezoelétrico foi descoberto.

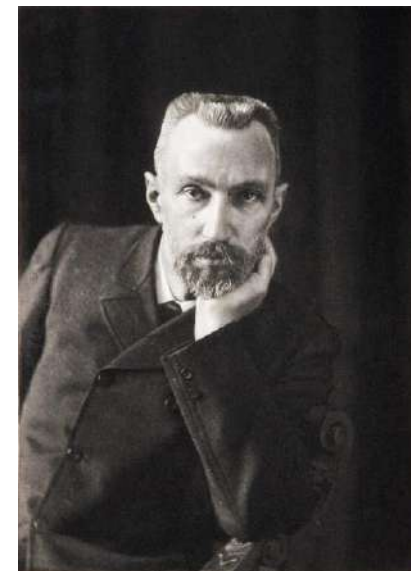
O efeito piezoelétrico foi descoberto em 1880 pelos irmãos Pierre e Jacques Curie, na França, onde teve sua primeira apresentação em trabalho científico por volta de 1880, porém seu efeito inverso só veio a ser descoberto através de uma dedução matemática dos princípios fundamentais da termodinâmica, em 1881, por Gabriel Lippmann, sendo mais tarde provado pelos irmãos Curie, confirmando a reversibilidade completa das deformações nos cristais piezoelétricos.



**Figura 2 – Jacques Curie.**

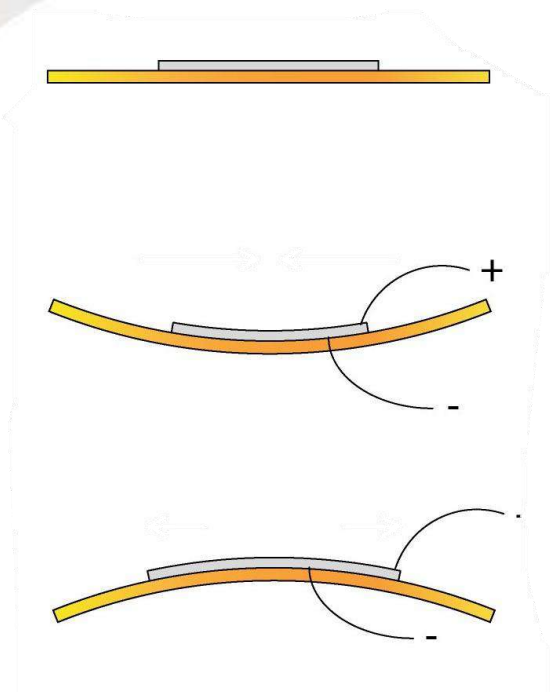


**Figura 3 – Gabriel Lippmann.**



**Figura 4 – Pierre Curie.**

# O que é o efeito piezoelétrico.



**Figura 5 – Funcionamento do efeito piezoelétrico.**

O efeito piezoelétrico baseia-se na indução de um dipolo elétrico. Deste modo, uma vez que um campo elétrico é aplicado, o material apresenta uma deformação mecânica, por outro lado, quando o material sofre uma carga mecânica um potencial elétrico é gerado.

Esses dois comportamentos são nomeados como efeito piezoelétrico direto e efeito piezoelétrico indireto, onde o efeito direto consiste na aplicação de uma tensão mecânica que é convertida em uma corrente elétrica através da indução de um dipolo elétrico em sua estrutura. Já o efeito inverso produz uma deformação na estrutura do dispositivo que possui essas propriedades quando submetido à um campo elétrico.



# O que é o efeito piezoelétrico.

Em nosso projeto iremos utilizar apenas do efeito piezoelétrico direto, onde a produção de energia por aplicação de uma tensão mecânica ocorre em quatro estágios. No primeiro estágio a peça ainda se encontra em repouso, onde as cargas se encontram balanceadas (a). A partir do segundo estágio temos uma carga mecânica sendo aplicada na superfície do cristal, produzindo uma diferença de potencial elétrico, onde surge o primeiro pico de tensão (b).

Já no terceiro estágio temos um rearranjo da estrutura do cristal, onde as cargas voltam a se balancear (c). O quarto estágio tem seu início a partir do momento em que temos a retirada da carga mecânica que estava sendo aplicada ao cristal piezoelétrico, onde temos novamente a formação de uma corrente elétrica, porém de polaridade inversa (d).

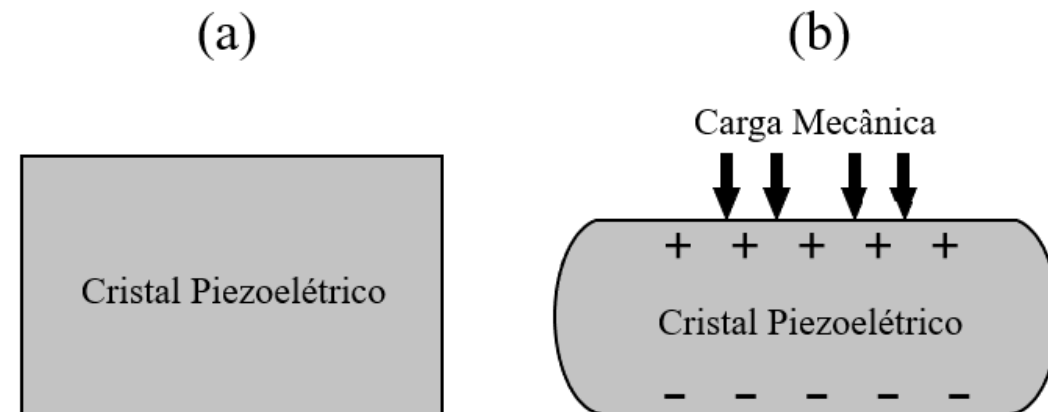


Figura 6 – Estados A e B.

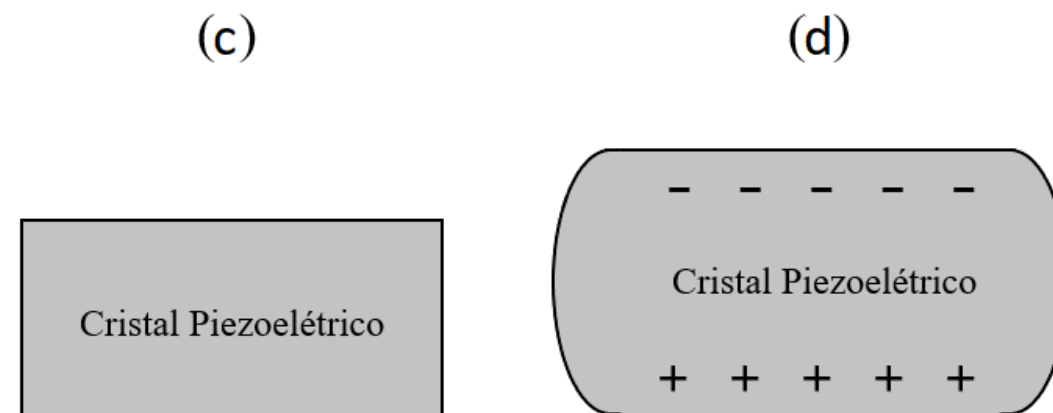
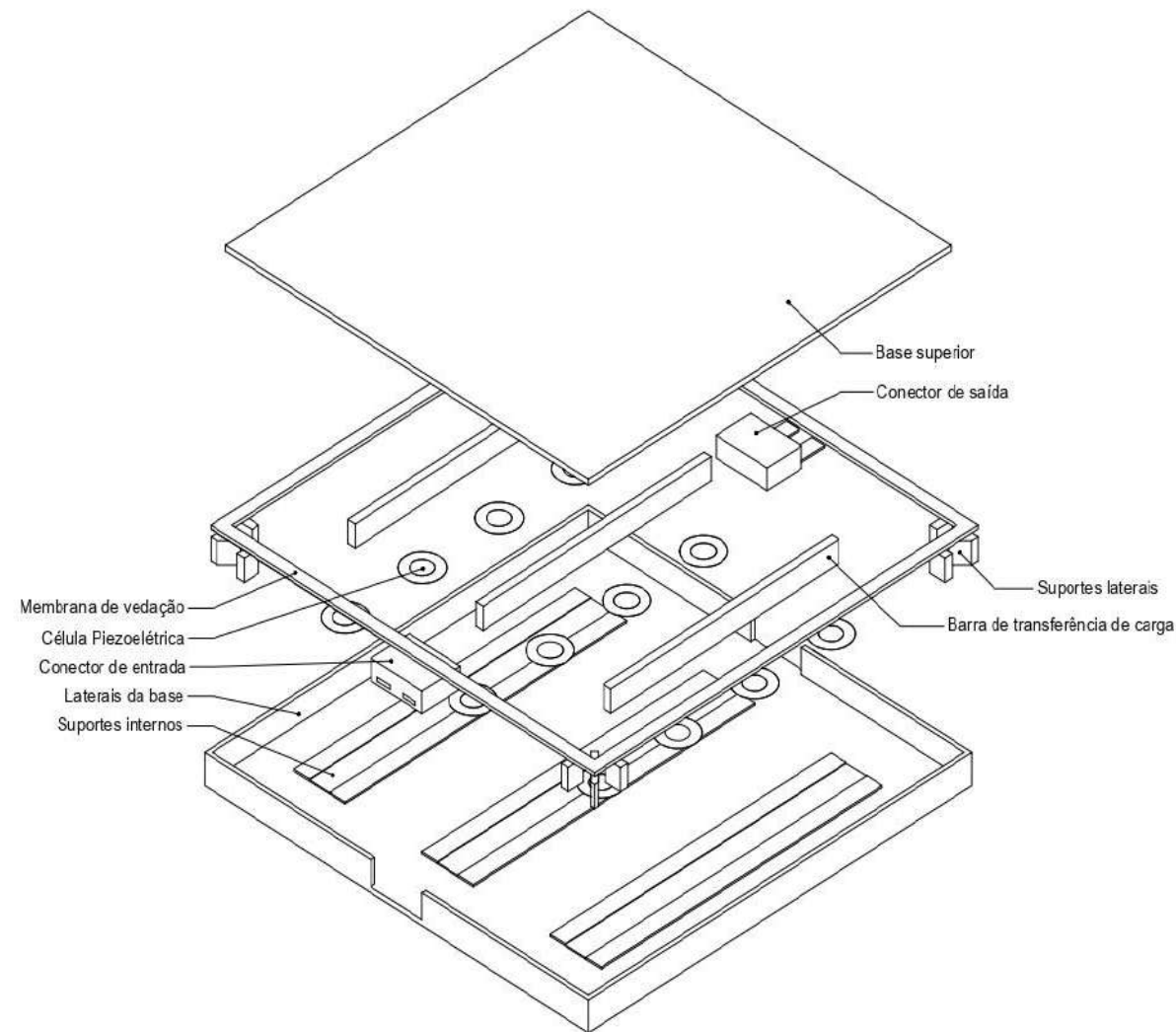


Figura 7 – Estados C e D.

# O Piso Piezoelétrico.

O piso piezoelétrico foi desenvolvido de modo a possui semelhanças com as placas de piso cerâmico presente atualmente no mercado, tendo 30cm x 30cm x 2,4cm. Internamente o protótipo é composto por uma malha piezoelétrica interna formada de pastilhas piezo de PZT (Titanato zirconato de chumbo), um material sintético comumente utilizado no mercado atual, estando presente em produtos como cornetas, buzzers e captadores sonoros.

O piezo comercialmente pode ser encontrado em diâmetros que variam entre 15mm a 35mm, sendo escolhidos para este projeto as células piezoelétricas de 27mm, devido à baixa taxa de ocupação interna e menor preço.



**Figura 8 – Piso Piezoelétrico: Composição**

# O Piso Piezoelétrico: Protótipos.

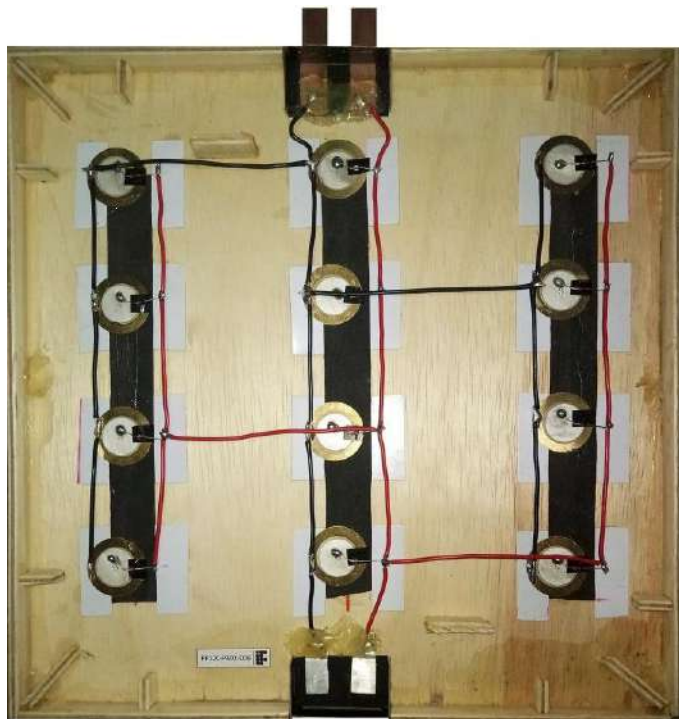


Figura 9 – Interior.



Figura 10 – Vista superior.



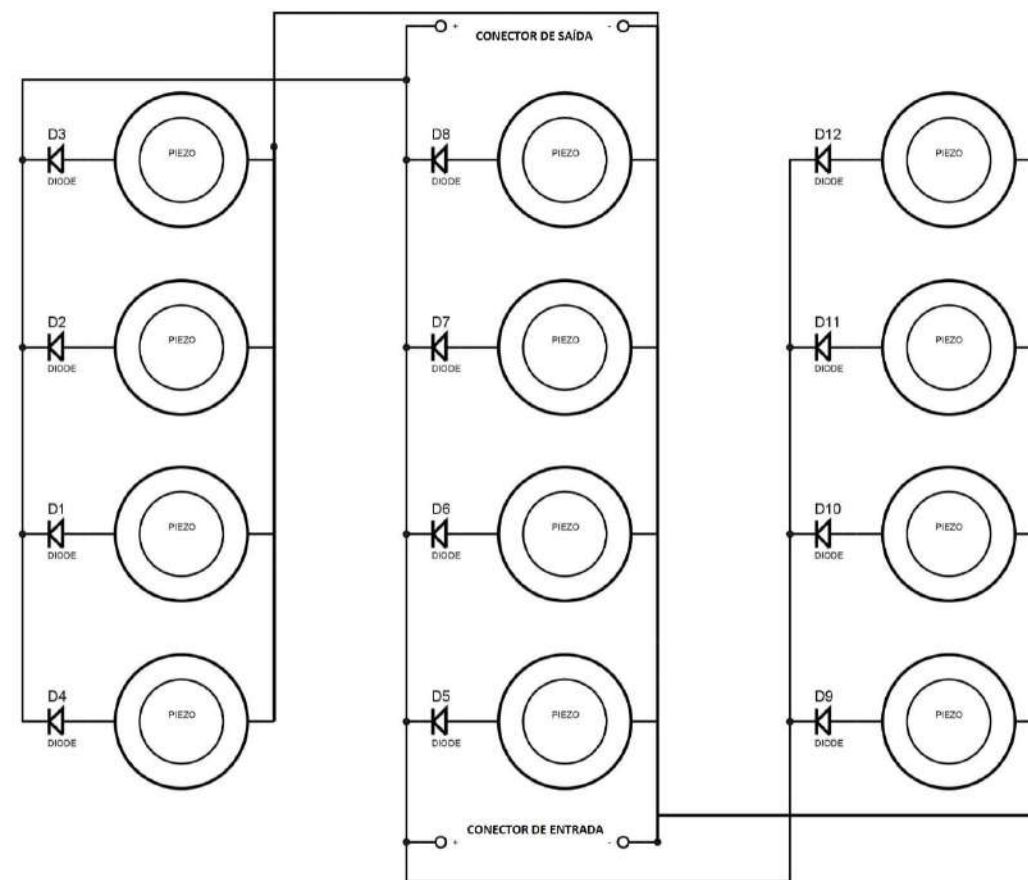
Figura 11 – Vista inferior.



# O Piso Piezoelétrico: Configuração interna.

A malha piezoelétrica interna também é formada por cerca de 12 diodos, que por sua vez estão em série com cada cápsula piezoelétrica, onde são interligadas em paralelo. Deste modo, ocorre uma somatória das correntes elétricas produzidas por cada célula.

Os diodos utilizados na malha possuem de impedir que a carga elétrica produzida por uma célula atue nas outras cápsulas piezoelétricas da malha, permitindo o fluxo de elétrons em somente uma direção.

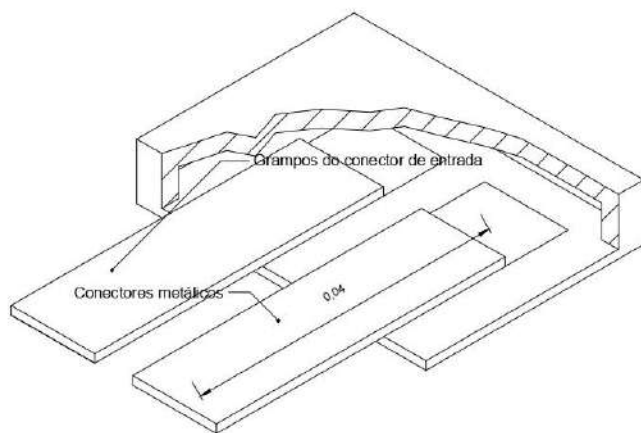


**Figura 12 – Piso Piezoelétrico: Esquemático elétrico.**



# O Piso Piezoelétrico: Configuração interna.

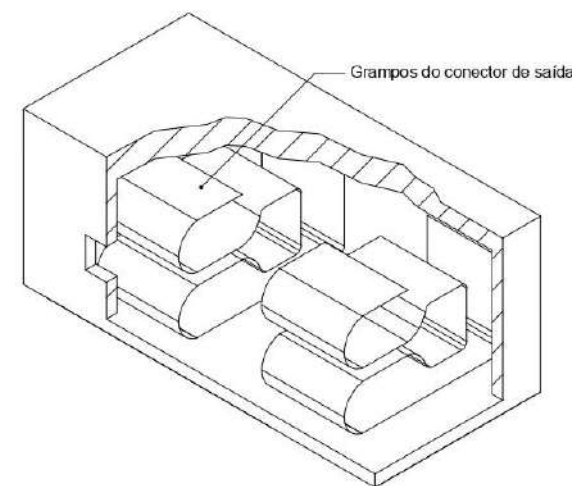
Para realizar a conexão entre os dispositivos, o piso dispõe de um par de conectores de entrada e saída de energia, que permitem interligar vários dispositivos para que assim o piso possa atuar em grandes áreas.



**Figura 13 – Conector de saída.**

Já o conector de entrada é composto por dois grampos fabricados em chapas zinco, tendo um formato abaulado nas extremidades, possibilitando que o acoplamento dos dispositivos possa acontecer com um certo grau de inclinação.

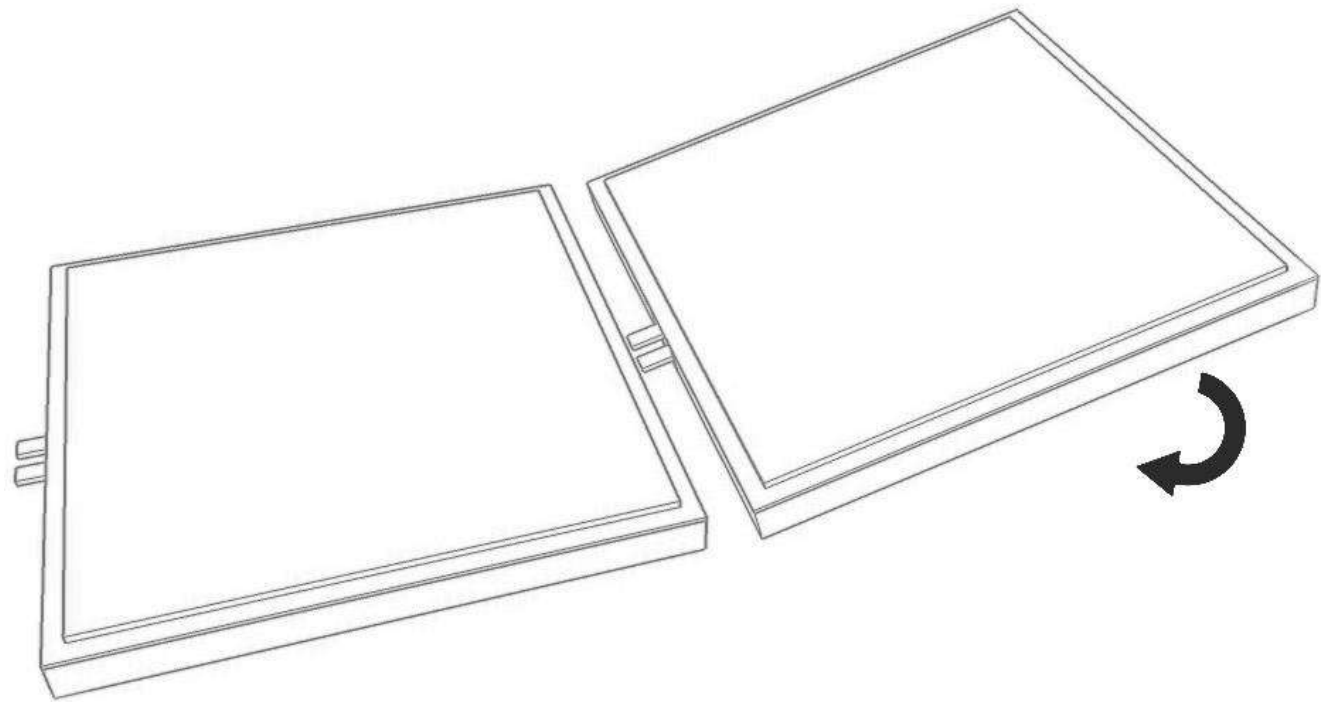
O conector de saída é constituído de duas barras fabricadas em placas de fenolite cobreado, apresentando 4cm de comprimento com cerca de 1cm de largura, interligadas por cabos internos as células piezoelétricas.



**Figura 14 – Conector de entrada.**

# Instalação do Piso Piezoelétrico.

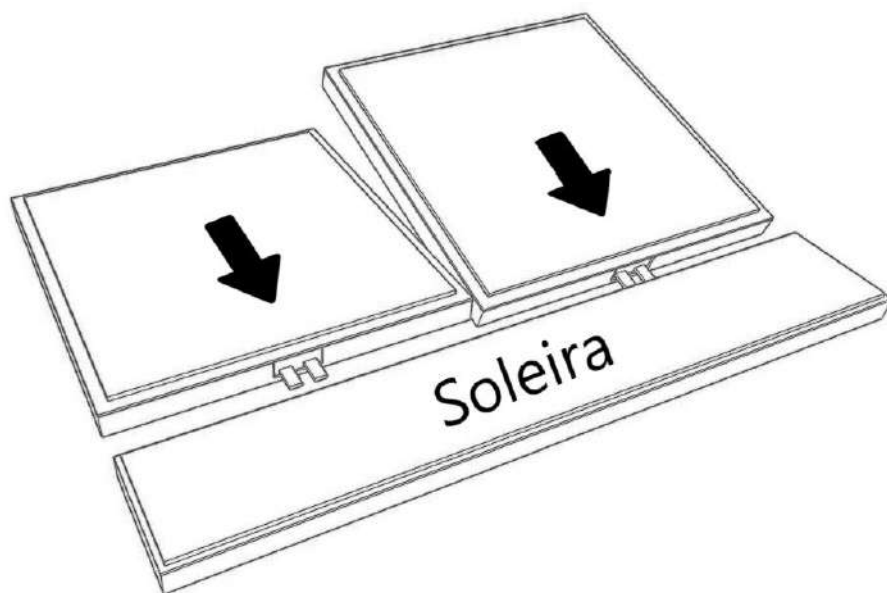
Graças a essa inclinação, o piso pode ser instalado diretamente sob o chão, com uma abordagem Plug & Play, onde basta conectar todos os dispositivos entre si para construir a malha piezoelétrica.



**Figura 15 – Conexão entre módulo do piso piezoelétrico.**

# Piso Piezoelétrico: A Soleira.

Esta ferramenta foi desenvolvida de modo a ser semelhante a uma soleira, possuindo somente os conectores de entrada. O encaixe e instalação da soleira se realiza da mesma maneira que o encaixe é realizado entre as placas de piso, porém este dispositivo não possui um tamanho pré-determinado, se adequando à quantidade de placas que serão interligadas. Neste projeto optamos por construir um protótipo de 60cm x 10cm, que possui duas entradas.



**Figura 16 – Conexão entre o módulo piezoelétrico e a soleira.**



**Figura 17 – Soleira: Protótipo construído.**

# Piso Piezoelétrico: O controlador de cargas.

O controlador de cargas expressa um papel fundamental em fontes de energias alternativas, como os painéis solares e fontes de energia piezoelétricas, sobretudo no armazenamento de energia, onde toda a carga elétrica é retificada e tratada para que as baterias possam ser carregadas corretamente.

Em nosso projeto utilizamos um controlador que já está presente no mercado, sendo incluído em produtos como carregadores portáteis que possuem painéis solares acoplados. Para esta função utilizamos o controlador de cargas distribuído em carregadores da marca ReneSola, onde foram realizadas algumas adaptações para utilizar este circuito em nosso projeto.

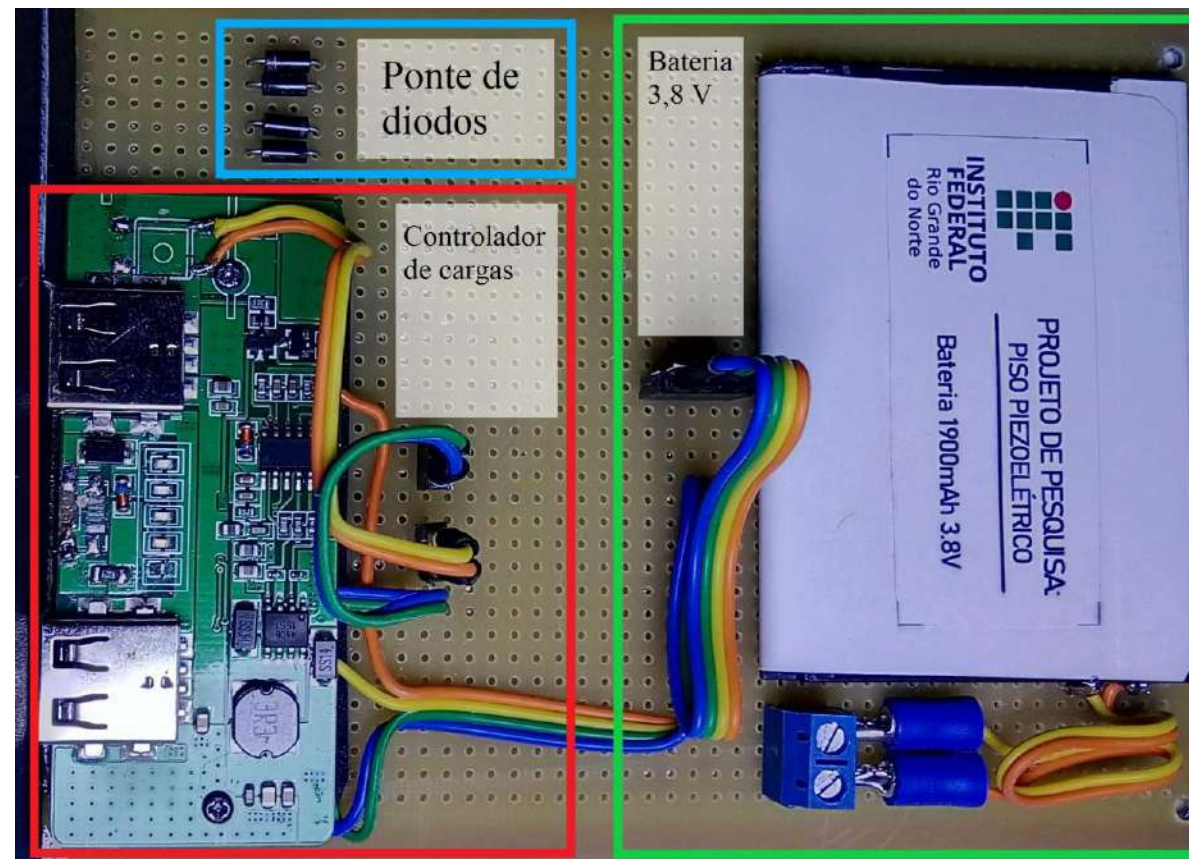


Figura 18 – Construção do controlador de cargas



# Piso Piezoelétrico: Resultados obtidos.

A partir destes resultados constatamos algumas flutuações nos valores, decorrentes da diferença de pressão em cada célula piezoelétrica presente na malha interna, onde por estarem separadas entre si, acabam sendo submetidas em diferentes momentos a diferentes cargas. No entanto, isto não se enquadra como uma característica negativa, tendo em vista de que deste modo pode-se caminhar sobre o piso de diferentes formas, produzindo energia em qualquer ponto da superfície do dispositivo.

**Tabela 1 - Tensões e corrente média dos protótipos.**

Tensões e corrente média dos protótipos						
	Piso 1	Piso 2	Piso 3	Piso 4	Piso 5	Piso 6
TMP (V)	1,610	3,957	3,680	4,310	1,720	2,394
CMP (Aμ)	2,100	3,800	4,700	6,250	3,134	4,340
PMP (μW)	3,381	15,036	17,296	26,937	5,390	10,389

# Conclusão.

Durante o estudo observamos a grande utilidade de uma estrutura modular, onde a área coberta pela malha piezoelétrica formada pelos módulos se estende na superfície do local.

Esta característica, aliada à facilidade de instalação, permite que este dispositivo possa se adequar com maior facilidade ao mercado de produção de energia limpa, onde iria atuar no meio urbano, estando presente em praças e calçadas, utilizando espaços já existentes para a produção de energia.



Figura 19 – Piso Piezoelétrico.

|| Obrigado!

# Referências:

ARMENDANI et al. (2017). **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: 30 de ago. de 2020.

BERLINCOURT, D.; KRUEGER, H. H. A.; NEAR, C. **Properties of piezoelectricity ceramics**. [S.l.]: Morgan Electro Ceramics, 2004. (Technical Publication TP, 266). Disponível em: <[http://www.ultrasonic-resonators.org/misc/references/articles/Berlincourt'Properties\\_of\\_Morgan\\_Electro\\_Ceramic\\_Ceramics'\\_\(Morgan\\_Technical\\_Publication\\_TP-226\).pdf](http://www.ultrasonic-resonators.org/misc/references/articles/Berlincourt'Properties_of_Morgan_Electro_Ceramic_Ceramics'_(Morgan_Technical_Publication_TP-226).pdf)>. Acesso em 17 de dez. de 2020.

CARNEIRO, Layilson; FERREIRA, Mariele. **Estudo sobre o potencial de geração de energia elétrica para semáforos a partir de placas piezoelétricas na MA 006**. Revista Brasileira de Iniciação Científica, Itapetininga. V.3, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.itp.ifsp.edu.br/index.php/IC/article/view/273>>. Acesso em: 06 de set. de 2020.

**ENERGIAS RENOVÁVEIS: RIQUEZA SUSTENTÁVEL AO ALCANCE DA SOCIEDADE**. Caderno de Altos Estudos n. 10. Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica. Centro de Documentação e Informação: Edições Câmara. Brasília, 2012. FARNELL. Piezoelectric Ceramic Sensors (PIEZOTITE). Junho2001. Disponível em: <<http://www.farnell.com/datasheets/43406.pdf>>. Acesso em: 29 de ago. de 2020.

FERNANDES, Marcia; OLIVEIRA, Jean; OLIVEIRA; Livia da Silva. **GERANDO ENERGIA ELÉTRICA SUSTENTÁVEL ATRAVÉS DOS EFEITOS PIEZOELÉTRICOS**. Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXIX, Nº000170,14/06/2019. Disponível em: <<https://semanaacademica.org.br/artigo/gerando-energia-eletrica-sustentavel-atraves-dos-efeitos-piezoelétricos>>. Acesso em: 05 de set. de 2020.

FERREIRA, Luiz Fernando Suzarte Silva. **Sistema de Geração de energia via sensores piezoelétricos**.2017.70f. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário de Brasília, Brasília,2017.



# Referências:

GODOY, Evelise; SOUZA, Maíra; NEUBAUER, Mariana. **PISO QUE TRANSFORMA ENERGIA MECÂNICA EM ELETRICIDADE.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. 2014/2. Disponível em: < <http://www.ufrgs.br/projenergia3/projetos/trabalhos2014/trabalhos20142/GRUPHF> >. Acesso em: 25 de set. de 2020.

MASHALEH, Bayan Al. **Power Generation Using Piezoelectric Materials.** Disponível em: < [https://www.researchgate.net/publication/329450289\\_Power\\_Generation\\_Using\\_Piezoelectric\\_Materials](https://www.researchgate.net/publication/329450289_Power_Generation_Using_Piezoelectric_Materials) >. Acesso em: 27 de out. de 2020.

MORAES, Caio. **Análise do conversor Buck em Condução Contínua.** Disponível em: < <https://eletronica depotencia.com/analise-do-conversor-buck-em-mcc/> >. Acesso em: 11 de nov. de 2020.

NASCIMENTO, Alessandro. **SISTEMA DE ENERGYHARVESTING EMPREGADO A ESTRUTURAS BIOINSPIRADAS USANDO DISPOSITIVO PIEZOELÉTRICO PVDF.** 2019. Universidade Federal da Fronteira Sul. Disponível em: < <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/3551> >. Acesso em 12 de dez. de 2020.

**O IMPACTO DO SISTEMA ENERGÉTICO NO MEIO AMBIENTE E A PROMESSA DA ENERGIA SOLAR.** Quantum, 2016. Disponível em: < <https://www.quantumengenharia.net.br/o-impacto-sistema-energetico-no-meio-ambiente-e-promessa-da-energia-solar/> >. Acesso em: 11 de nov. de 2020.

OLIVEIRA, Sergio; SAVI, Marcelo. **OS MATERIAIS INTELIGENTES E SUAS APLICAÇÕES.** REVISTA MARÍTIMA BRASILEIRA, Rio de Janeiro, v. 133, n.10/12, p. 39–56, out./dez. 2013.

PERLINGEIRO, Antônio Ramos; PIMENTA, Gilberto Maia; SILVA, Salviano Evaristo da. **GERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DE MATERIAIS PIEZOELÉTRICOS.** Disponível em: < <http://www.cefetrj.br/attachments/article/2943/Gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20Energia%20atrav%C3%A9s%20de%20Materiais%20Piezoel%C3%A9tricos.pdf> >. Acesso em: 17 de dez. de 2020.



## Referências:

SILVA, Robson. **PIEZOELETRICIDADE COMO FONTE DE ENERGIA ALTERNATIVA**. Faculdade Santo Agostinho – FASA. Disponível em: <<https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/robson.pdf>>. Acesso em: 25 de nov. de 2020.

SANTANA, Flávio. **A importância da Energia Limpa**. Disponível em: < <https://www.enersolar.eng.br/noticias/a-importancia-da-energia-limpa/>>. Acesso em: 18 de dez. de 2020.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil**. 2012. Estudos Avançados 26 (74). Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_issuetoc&pid=0103401420120001&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=0103401420120001&lng=pt) m=iso >. Acesso em: 11 de dez. de 2020.