



# **EXTRAÇÃO E CONVERSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR INDUÇÃO MAGNÉTICA E PIEZOELÉTRICOS A PARTIR DA LEI DE FARADAY: ENSAIOS TÉCNICOS COM USO ASSOCIADO DE IMÃS, BOBINAS E MATERIAIS PIEZOELÉTRICOS**

**Palavras-Chave: [[GERAÇÃO DE ENERGIA]], [[PIEZOELÉTRICO]], [[INDUÇÃO MAGNÉTICA]].**

**Autor:**

**LEONARDO SARAIVA GARCIA [UNICAMP]**

**Prof. Dr. Eduardo Paiva Okabe (orientador) [UNICAMP]**

## **INTRODUÇÃO:**

Em um cenário de compromisso rígido e ético com a sustentabilidade e a proteção ambiental em escala global, é crucial abordar o dilema energético que enfrentamos, visto que muitos geradores de energia impactam negativamente o meio ambiente. Embora esse problema tenha sido ignorado por anos, atualmente é um dos tópicos principais em fóruns globais e na agenda econômica mundial.

Nesse contexto, torna-se essencial buscar alternativas energéticas que sejam limpas e sustentáveis em toda sua cadeia de produção, transmissão, distribuição e consumo. Uma das soluções que a comunidade científica tem explorado é a conversão de energia eletromecânica, baseada nas teorias de Michael Faraday. Essa abordagem sugere o desenvolvimento de sistemas que capturam e geram energia a partir das vibrações de dispositivos comuns na sociedade, como rodovias, ferrovias, ruas, passarelas movimentadas, lombadas inteligentes, portas giratórias e catracas de metrô, entre outros.

A aplicação dos conceitos mecânicos é de fundamental importância nesse contexto. A piezoelectricidade, que envolve a conversão de energia mecânica em energia elétrica,

depende diretamente da compreensão e utilização de princípios mecânicos. Esses conceitos são essenciais para projetar e otimizar dispositivos que possam capturar e converter as vibrações mecânicas em eletricidade de forma eficiente. A análise e o entendimento das forças, movimentos e interações materiais permitem o desenvolvimento de tecnologias que maximizam a captação de energia a partir de fontes vibracionais cotidianas.

Almeida (2018) destaca que, com o objetivo de melhorar o fornecimento de energia elétrica, países e o mercado têm investido em pesquisas e testes com materiais piezoelétricos. Esses materiais, cristais encontrados na natureza, têm um grande potencial de geração de corrente elétrica a partir de impactos diretos ou indiretos. Dentro das diversas alternativas de captura de energia por processos de indução eletromecânica, a piezoelectricidade é uma tecnologia emergente. No entanto, sua viabilidade ainda enfrenta desafios devido à baixa tensão induzida por microgeradores eletromagnéticos.

Dessa forma, abre-se a oportunidade para estudar novos materiais, métodos e estruturas que possam melhorar a indução eletromecânica e aumentar a potência da energia extraída de elementos do cotidiano. Isso poderia superar as limitações atuais da piezoelectricidade e tornar essa tecnologia mais eficiente e viável.

## **METODOLOGIA:**

A primeira fase da pesquisa incluiu uma revisão extensiva da literatura sobre geração de energia elétrica por processos eletromecânicos, destacando os princípios da indução eletromagnética de Michael Faraday e os avanços recentes em transdutores piezoelétricos. Além disso, foram analisados os Compliant Mechanisms como uma abordagem para aumentar a eficiência da conversão de energia. Com base nessa revisão, projetou-se um protótipo inicial usando software CAD, composto por uma viga de acrílico que oscila com a aplicação de uma força externa. O protótipo foi executado utilizando uma máquina de corte a laser, enfrentando desafios de precisão e integridade estrutural, e montado para avaliar a viabilidade piezoelétrica e a quantidade de energia gerada.

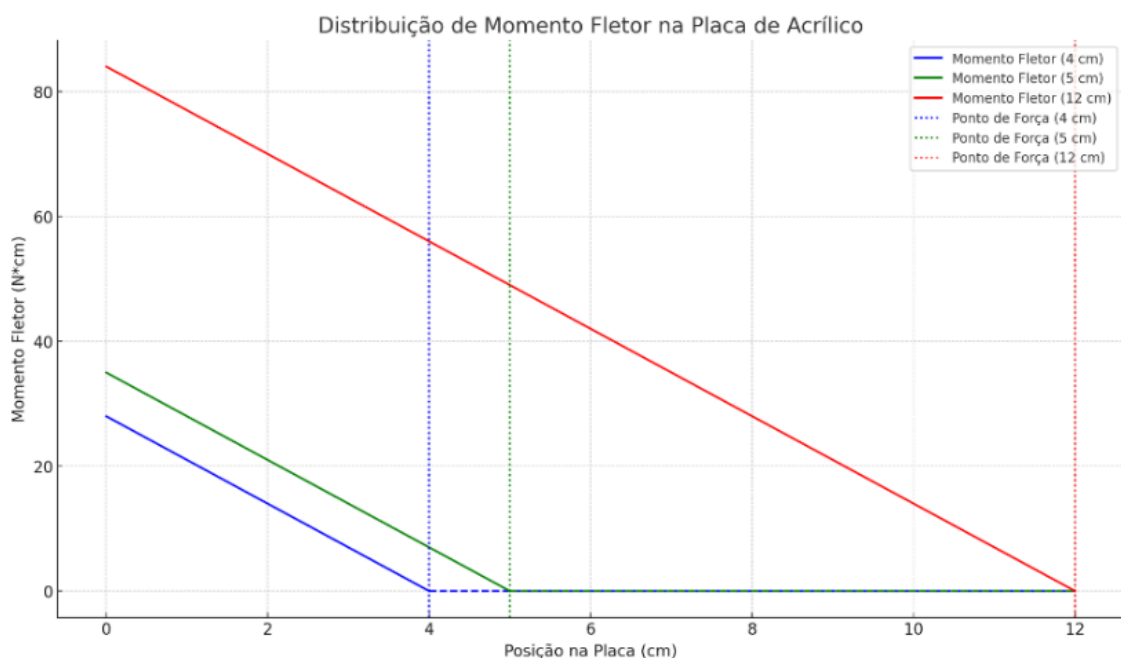
Na parte mecânica do projeto de geração de eletricidade por piezoelectricidade, a pesquisa focou intensamente na aplicação dos Compliant Mechanisms, que são sistemas flexíveis capazes de transferir ou transformar movimento, força e energia sem a necessidade de juntas móveis. Esses mecanismos são fundamentais para aumentar a eficiência da conversão de energia mecânica em elétrica, pois permitem que o protótipo

aproveite melhor as vibrações induzidas por forças externas. Os testes do protótipo mediram a tensão gerada em resposta a diferentes amplitudes de vibração, com o objetivo de observar a eficiência na conversão de energia mecânica em elétrica. Durante os experimentos, surgiram desafios que exigiram a reavaliação do cronograma e a adaptação da metodologia. Com a montagem completa do protótipo, a próxima etapa envolverá a análise dos resultados para fornecer insights sobre as possibilidades e limitações dos materiais e designs escolhidos, informando aprimoramentos futuros e a potencial escalabilidade das soluções propostas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

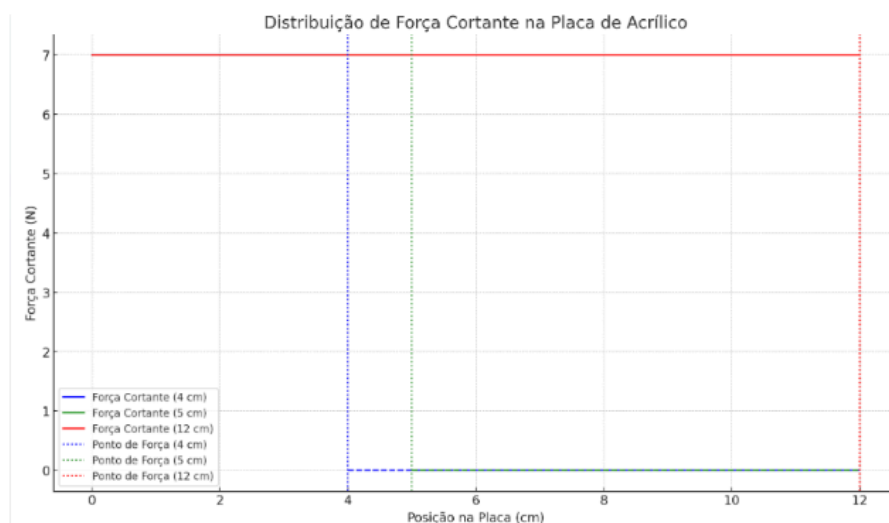
O experimento em questão teve como foco a análise do comportamento mecânico de uma placa de acrílico de 1 cm de espessura, submetida a uma carga de 7 N aplicada em distintas distâncias da sua fixação (4 cm, 5 cm e 12 cm), com o intuito de investigar a distribuição do momento fletor e da força cortante. Observou-se que o momento fletor é máximo próximo à região de fixação, aumentando potencialmente o risco de falhas estruturais à medida que a força é aplicada mais distante da fixação. Identificou-se que a aplicação de força entre 4 e 5 cm da fixação é o ponto ótimo, pois apresenta uma menor magnitude de momento fletor, reduzindo a tensão interna e o risco de ruptura.

Figura 1: Gráfico da distribuição do momento fletor nos três experimentos



Fonte: autoria própria

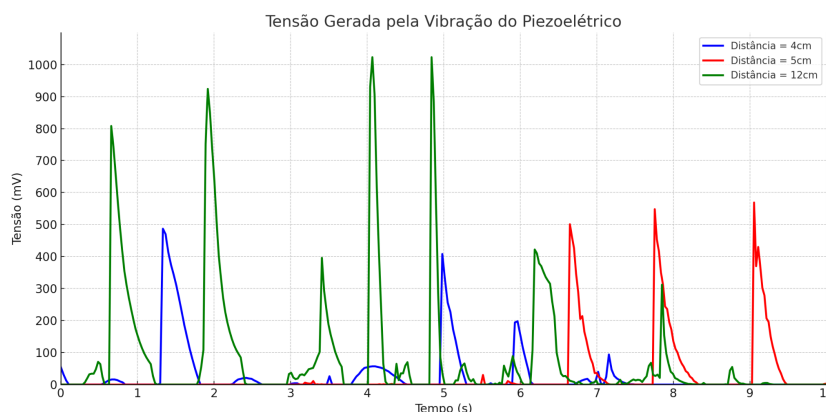
**Figura 2:** Gráfico da distribuição da força cortante nos três experimentos



Fonte: autoria própria

Adicionalmente, a Figura 3 ilustra a variação da tensão gerada por um dispositivo piezoelétrico quando submetido às vibrações decorrentes das mesmas condições de carga. Os dados revelam que a maior geração de tensão ocorre quando a força é aplicada a 12 cm da fixação, onde os picos de tensão alcançam até 1023 mV. Esta configuração parece explorar melhor a ressonância do material piezoelétrico, resultando em uma conversão de energia mais eficiente. No entanto, apesar da alta eficiência observada nesta configuração, a energia gerada ainda é insuficiente para aplicações práticas, alcançando apenas cerca de 1V.

**Figura 3:** Tensão gerada pela vibração do piezoelétrico para diferentes distâncias.



Fonte: Dados coletados experimentalmente pelos idealizadores do projeto

Esses resultados destacam a influência crítica da posição de aplicação da força na eficiência da conversão de energia e na integridade estrutural do material usado. Os passos subsequentes do projeto buscarão otimizar ainda mais essa conversão de energia, possivelmente através da exploração de novos materiais e modificações no design do protótipo, como ajustes na geometria e aprimoramento dos mecanismos de conformação. O objetivo final é aprimorar a capacidade do dispositivo de gerar energia de maneira sustentável e prática, superando as limitações atuais e expandindo as potenciais aplicações práticas desses sistemas energéticos.

## CONCLUSÕES:

Ao refletir sobre a jornada desta iniciação científica, destaca-se a importância da interdisciplinaridade e inovação na pesquisa. A exploração dos fundamentos da conversão de energia mecânica em elétrica, especialmente através de sistemas eletromecânicos vibracionais, revelou a complexidade e o fascínio da geração de energia limpa e sustentável. As etapas iniciais incluíram uma revisão de literatura detalhada, seguida pelo projeto e montagem de um protótipo, que exigiu uma abordagem metódica na parte mecânica, com o suporte crucial da parte elétrica para garantir a correta integração dos componentes e a otimização do circuito de conversão.

Nos próximos passos do projeto, a parte mecânica se concentrará em estudar maneiras de otimizar o sistema para aumentar a eficiência da conversão de energia. Planejamos explorar um sistema de amortecimento seletivo, que ajudará a filtrar as vibrações indesejadas, direcionando apenas as mais eficazes para o material piezoelétrico. Esse ajuste, embora técnico, permitirá uma melhoria significativa na performance do protótipo, facilitando a sintonização do sistema sem a necessidade de alterações mecânicas complexas, enquanto mantemos o foco na eficiência e na sustentabilidade do projeto.

## BIBLIOGRAFIA:

ALMEIDA, Luiz Ricardo Vieira. **Aplicação de Materiais Piezoelétricos**. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Ano 03, Ed. 08, Vol. 11, pp. 117-143, Agosto de 2018. ISSN:2448-0959

ALVES, C. M. A.; MELO, F. J. S. **Geração de energia elétrica através da piezoelectricidade**. 2016. 14 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Associação Educacional Evangélica, Curitiba, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/1476/1/GERA%C3%87%C3%83O%20DE%20ENERGIA%20ATRAV%C3%89S%20DA%20PIEZOELETRICIDADE.pdf>>. Acesso em: 07/07/2024.

ARAÚJO, J. C. V.; SOUZA, M. I. F. **Geração de energia elétrica através de materiais piezoelétricos**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICRO-ONDAS E OPTOELETRÔNICA, 13., 2010, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: SBMO,