



INSTITUTO FEDERAL

São Paulo

Câmpus Bragança Paulista

**PROTÓTIPO DE TAPETE PIEZOELETRICO: UTILIZAÇÃO
DA TECNOLOGIA PIEZOELETRICA PARA A REDUÇÃO
DOS CUSTOS COM ENERGIA DO IFSP CAMPUS
BRAGANÇA PAULISTA**

CLEILTON DE LIMA PEIXOTO

SAMANTHA SILVA FREITAS

Orientador: Diana Terezinha Amaro

Coorientador: Pedro Luís Calheiros

BRAGANÇA PAULISTA

2019

CLEILTON DE LIMA PEIXOTO
SAMANTHA SILVA FREITAS
Orientador: Diana Terezinha Amaro
Coorientador: Pedro Luís Calheiros

**PROTÓTIPO DE TAPETE PIEZOELÉTRICO:UTILIZAÇÃO
DA TECNOLOGIA PEIZOELÉTRICA PARA A REDUÇÃO
DOS CUSTOS COM ENERGIA DO IFSP CAMPUS
BRAGANÇA PAULISTA**

**Bragança Paulista
2019**

Sumário

RESUMO.....	4
1 Fundamentação teórica	5
2. OBJETIVOS	7
3 MATERIAIS.....	7
4. METODOLOGIA OU MÉTODOS.....	8
4. PLANO DE TRABALHO	8
5. VIABILIDADE DE EXECUÇÃO	10
6. RESULTADOS ESPERADOS E DISSEMINAÇÃO	10
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	11

RESUMO

Tendo em vista as dimensões amplas do prédio do IFSP-BRA, o qual é composto por duas torres, uma com cinco pavimentos e a outra com três, e os cursos de graduação e técnico que são oferecidos à noite, este projeto de pesquisa se propõe a estudar uma maneira de reduzir os gastos com energia elétrica, utilizando como ferramenta a construção de um protótipo de tapete que emprega a tecnologia piezoelétrica para a geração de energia limpa. As cerâmicas piezoelétricas são pequenos cristais possuem estrutura cristalina tipo Perovskita, que apresenta simetria tetragonal, romboédrica ou cúbica simples em que o centro de simetria das cargas elétricas positivas não coincide com o centro de simetria das cargas negativas, dando origem a um dipolo elétrico. A existência deste dipolo faz com que a estrutura cristalina se deforme na presença de um campo elétrico e gere um deslocamento elétrico quando submetida a uma deformação mecânica, o que caracteriza o efeito piezoelétrico inverso e direto respectivamente. Partindo desse princípio foi elaborado o primeiro projeto do protótipo. Assim, o trabalho se baseia, essencialmente, em melhorar esta primeira versão por meio de testes realizados em laboratório de modo a construir um protótipo final viável, de baixo custo e que possa ser reproduzido em larga escala. Os testes iniciais mostram que a área de pesquisa é abrangente e se divide em inúmeros desdobramentos, mas que a diminuição é possível. Reconhecendo-se que a extensão da tecnologia piezoelétrica é ampla, outras pesquisas deverão alinhar-se no sentido de promover diferentes caminhos para sua devida utilização.

Palavras-chave: tecnologia piezoelétrica; energia elétrica; protótipo.

1 Fundamentação teórica

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia São Paulo (IFSP), começou suas atividades em 1909 como Escola de Aprendizes e Artífices de São Paulo, sendo nomeado posteriormente como Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo (CEFET/SP), somente em 2008 a instituição recebeu o nome vigente nos dias atuais. O IFSP é uma instituição pública federal que compõe a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, vinculada diretamente ao Ministério da Educação (Brasil). A instituição conta cursos técnicos integrados ao ensino médio e concomitantes, graduação e pós-graduação, todos com alto nível em excelência, reconhecidos internacionalmente em todas as áreas do conhecimento.

Em Bragança Paulista, o IFSP veio para atender a necessidade de educar jovens bragantinos e da região, afim de habilitá-los para o ingresso nas áreas da indústria e informática. Desde o seu surgimento em 2006 como antiga CEFET/SP, o campus destaca-se por sua excelência de ensino tecnológico e profissional. Vale apenas ressaltar que a instituição é referência em pesquisa e inovação e seus alunos são premiados nacionalmente e internacionalmente pelos projetos de iniciação científica e extensão desenvolvidos dentro do campus.

Em 2019 segundo os micro dados do INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Anísio Teixeira) empresa que gerencia o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), o campus se mostra como sendo a melhor instituição de ensino público da cidade, com desempenho superior às escolas privadas, e ocupa também a 9ª posição entre as 10 melhores escolas públicas do estado de São Paulo, o que comprova seu alto nível de excelência.

Em maio de 2019, o Ministério da Educação brasileira anunciou um contingenciamento de 30% dos gastos não obrigatórios como água, luz, terceirizados, obras, equipamentos e realização de pesquisas de toda a rede federal de ensino (TENTE e FIGUEREDO, 2019, G1). Segundo o MEC (Ministério da Educação), o contingenciamento foi necessário e a medida foi tomada porque a arrecadação de impostos estava menor do que o previsto.

De acordo com a reitoria do IFSP-BRA o contingenciamento nos gastos do campus é de 20%, o que afeta diretamente o funcionamento da instituição em seus diversos desdobramentos, tanto no quadro de funcionários terceirizados como no ramo da pesquisa e da extensão. Por nota, a reitoria geral do IFSP anunciou a delicadeza da situação enfrentada pelos 34 campi do estado, anunciando a necessidade de medidas eficientes para a redução com os gastos da instituição.

Após o levantamento e análise das contas do campus de Bragança, o maior gasto é o com energia elétrica, o que representa 10% de todo o orçamento anual do campus.

Atualmente já existem na instituição medidas para redução dos gastos referentes a energia elétrica, tais como:

- Utilização de sensores de presença em lâmpadas: Dispositivo que ao detectar movimentação por meio de ondas, aciona a iluminação de algumas lâmpadas. Os dispositivos são utilizados em alguns andares do campus, os com menos circulação, contudo, por se tratar de um campus com uma grande circulação de alunos e

funcionários em todos os períodos os dispositivos não se mostram eficazes para a diminuição dos gastos com energia;

- Comissão de sustentabilidade IFSP: A Comissão gestora de logística sustentável publicada em 2012 por meio do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão e da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação, promove por meio de folders e adesivos a conscientização de apagar as luzes das salas e banheiros após a utilização dos mesmos. Entretanto a medida ainda não é visível no abatimento das contas de luz.

De acordo com a comissão de sustentabilidade do campus, não há nenhuma utilização de energia limpa ou similar na instituição. As medidas já existentes, sozinhas não são capazes de promover uma diminuição contínua orçamental, entretanto as tentativas são validas e merecem seu destaque.

Desde o início do século, escolas de todo o país se tornam palco de inúmeros projetos que visam viabilizar a utilização de energia renovável, em sua maioria a instalação de placas fotovoltaicas.

O conceito de energia renovável se remete ao século XX com o choque petrolífero na década de 70. Por um lado, a necessidade de assegurar a segurança e o fornecimento de energia e, por outro lado, a obrigação de proteger o ambiente, cujo nesse contexto a degradação já era acentuada, motivaram o inerente interesse por energias limpas ou renováveis (GOLDEMBERG e LUCON,2010,USP)

Em um cenário atual o investimento na ampliação das fontes renováveis de energia se torna corriqueiro nas matrizes energéticas mundiais. O crescimento nos últimos anos é notável em diversas perspectivas, tanto ambientais como econômicas. Entretanto, sua contribuição à geração de energia é muito reduzida. Países industrializados, maiores consumidores, apresentam fundamentalmente a utilização de fontes não renováveis de energia. O esgotamento destes recursos nos últimos anos implica em grandes custos de produção. Portanto, fontes renováveis com grandes potenciais energéticos se mostram como sendo uma grande solução para a substituição dos meios convencionais.

As novas fontes renováveis de energia (biomassa, eólica, solar, de marés, pequenas centrais hidroelétricas) se mostram como alternativas às fontes convencionais. Pois além de serem indicadas como opções ambientalmente vantajosa, permitem, em vários casos, a geração distribuída de energia (SEAHORSE WAVE ENERGY, Brasil,2010).

Dentre todas as opções, os cristais piezoelétricos chamam atenção, pois quando sofrem algum tipo de pressão, geram um impulso elétrico como resposta ocasionando na geração de energia.

O efeito dos cristais foi descoberto em 1880 pelos irmãos Curie, porém somente Paul Langevin utilizou o efeito pela primeira vez na prática no desenvolvimento de sonares durante a primeira guerra mundial.

O desenvolvimento das cerâmicas piezoelétricas foi revolucionário. Além de apresentarem melhores propriedades que os cristais após “polarizadas”, também oferecem geometrias e dimensões flexíveis por serem fabricadas através da sinterização de pós cerâmicos conformados via prensagem ou extrusão. Atualmente as cerâmicas piezoelétricas são utilizadas

em diversos campos e em diversas aplicações, tais como: captadores de som, aparelhos de ultrassom, medidores de pressão, aquecedores domésticos e, em alguns projetos mais específicos, alimentação de luzes e sinalizadores.

As cerâmicas piezoelétricas são corpos maciços semelhantes às utilizadas em isoladores elétricos, são constituídas de inúmeros cristais ferroelétricos microscópicos, sendo inclusive denominadas como policristalinas.

Particularmente nas cerâmicas tipo PZT, estes pequenos cristais possuem estrutura cristalina tipo Perovskita, que apresenta simetria tetragonal, romboédrica ou cúbica simples, dependendo da temperatura em que o material se encontra. Estando abaixo de uma determinada temperatura crítica, conhecida como temperatura de Curie, a estrutura Perovskita apresenta a simetria tetragonal em que o centro de simetria das cargas elétricas positivas não coincide com o centro de simetria das cargas negativas, dando origem a um dipolo elétrico.

A existência deste dipolo faz com que a estrutura cristalina se deforme na presença de um campo elétrico e gere um deslocamento elétrico quando submetida a uma deformação mecânica, o que caracteriza o efeito piezoelétrico inverso e direto respectivamente. A deformação mecânica ou a variação do dipolo elétrico da estrutura cristalina da cerâmica não implica necessariamente em efeitos macroscópicos, visto que os dipolos se arranjam em domínios, que por sua vez se distribuem aleatoriamente no material policristalino. Para que ocorram manifestações macroscópicas é necessária uma orientação preferencial destes domínios, conhecida como polarização. Inclusive esta polarização se esvaece com o tempo e uso, inutilizando o material para a transformação de energia elétrica em mecânica, (JAFÉ, B,1971).

2. OBJETIVOS

Esse projeto de pesquisa apresenta como objetivo geral, atingir a diminuição dos gastos com energia elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia São Paulo-campus Bragança Paulista e utiliza como ferramenta a construção de um protótipo que utiliza a tecnologia piezoelétrica para a geração de energia limpa.

O projeto tem como objetivos específicos:

- Estudar a tecnologia piezoelétrica;
- Estudar as energias renováveis e suas perspectivas ambientais;
- Estudar os impactos com a geração de energia;
- Apresentar ao IFSP-BRA o conceito de escola renovável;
- Estudar a viabilidade da tecnologia piezoelétrica para redução dos custos com energia elétrica no IFSP-BRA;
- Construir um protótipo de tapete gerador de energia de baixo custo.

3 MATERIAIS

Os materiais utilizados para esta pesquisa se desdobram em dois campos de atuação:

- Fundamentação teórica e bibliográfica: São recursos para a elaboração da fundamentação teórica a pesquisa em livros, artigos científicos disponíveis online, documentários e documentos públicos;
- Construção do protótipo: Para a montagem do protótipo é utilizado pastilhas piezoelétricas de 27mm, fios, LEDs, multímetro e componentes de solda.

4. METODOLOGIA OU MÉTODOS

Tendo como proposta principal apresentar uma maneira eficaz de economia de energia no IFSP-BRA, partindo do princípio da geração de energia por meio dos dipolos, esta pesquisa tem corrente metodológica aplicada, em que o pesquisador lida com um problema concreto e busca propor soluções.

Inicialmente, foi feita uma revisão bibliográfica acerca do tema para, então, elaborar o primeiro projeto do protótipo. Assim, o trabalho se baseia, essencialmente, em melhorar este protótipo por meio de testes realizados em laboratório, com o objetivo de construir um protótipo final que possa ser reproduzido em larga escala, seja viável e atenda aos objetivos. Por exemplo, os primeiros testes apontaram que para compor o protótipo final, devem ser ligados em série de maneira progressiva 30 pastilhas piezoelétricas de 27mm e avaliado suas características de geração de energia.

Em testes iniciais foi observado que os conceitos de dipolo são concretos e que quanto mais rígida a superfície a ser inserida os cristais, mais variação há na estabilidade de geração de energia. Foi constatado também que quanto mais flexível a dimensão de instalação, menor é a eficiência dos cristais. Ou seja, o material de instalação das capsulas piezoelétricas não pode apresentar nem altos graus de rigidez muito menos de flexibilidade.

Como são recursos da pesquisa a investigação em documentos públicos, revisão bibliográfica e pesquisa em laboratórios para registros, o próximo passo será encontrar um material qualificado para ser utilizado como base de instalação das capsulas e que esteja de acordo com os parâmetros ambientais defendidos na pesquisa.

4. PLANO DE TRABALHO

Tabela 1.1 Metas estabelecidas para a pesquisa.

METAS	DESCRIÇÃO
1	Pesquisa bibliográfica e documental
2	Estudo e caracterização do IFSP-BRA

3	Revisão teórica dos princípios que englobam a tecnologia piezoelétrica e percepções ambientais
4	Testes iniciais com pastilhas piezoelétricas
5	Submissão para a Bragantec
6	Produção inicial do protótipo
7	Relatório parcial até 30/08
8	Testes finais com pastilhas piezoelétricas
9	Produção final do protótipo
10	Análise dos resultados
11	Produção do relatório
12	Revisão do projeto e envio para outros eventos

Tabela 1.2 Cronograma proposta para cumprimento das metas.

	MESES								
METAS	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
1	X								
2		X							
3			X						
4				X					
5					X				
6					X				
7					X				
8						X			
9						X			
10						X			
11						X			
12						X	X	X	X

5. VIABILIDADE DE EXECUÇÃO

Partindo da análise das faturas de luz, disponibilizadas pelo financeiro da instituição, o valor gasto com energia elétrica no último ano foi de R\$196.693,82, o que representa mais de 10% das despesas não obrigatórias da instituição, o que aponta a necessidade de medidas eficientes serem exercidas.

Em diversas partes do globo, a tecnologia piezoelétrica se destaca pelo alto desempenho na difícil jornada para a redução de energia. Em Londres, o bar Surya adotou a utilização da tecnologia em sua pista de dança, com o intuito de gerar energia a partir do movimento de seus visitantes. Já em Israel a utilização das pastilhas foi além, com a instalação em rodovias federais, a alimentação da malha energética local foi incorporada. Já no Brasil, as pastilhas já foram adicionadas a sapatos, com objetivo de fornecer carga para baterias de celulares posteriormente.

Em todas as aplicações citadas anteriormente, foram encontrados altos graus de satisfação e economias significativas em seus respectivos contextos. Decorrendo dos testes iniciais, da metodologia aplicada e do cenário no qual o campus se encontra, a construção do tapete piezoelétrico de baixo custo emerge de maneira oportuna, uma vez que o mesmo tem a capacidade de dissolver consideravelmente o valor gasto com energia elétrica pela instituição.

6. RESULTADOS ESPERADOS E DISSEMINAÇÃO

Tendo em vista as dimensões amplas do prédio do IFSP-BRA, que é composto por duas torres, uma com cinco pavimentos e a outra com três, e os cursos de graduação e técnico que são oferecidos à noite, este projeto se propõe a tentar diminuir os gastos com energia elétrica do Campus.

Os testes iniciais mostram que a área de pesquisa é abrangente e se divide em inúmeros desdobramentos, mas que a diminuição é possível. Reconhecendo-se que a extensão da tecnologia piezoelétrica é ampla, outras pesquisas deverão alinhar-se no sentido de promover diferentes caminhos para sua devida utilização.

Com isso, espera-se com o resultado deste novo projeto de pesquisa a continuidade na participação em eventos científicos, a geração de dados para um artigo científico, uma vez que nestas ocasiões será possível discutir os resultados já obtidos e obter contribuições para melhoria do projeto, a fim de que, um dia, este possa deixar de ser um protótipo, seja instalado no IFSP-BRA reduzindo os gastos com energia elétrica e contribuindo para que o Campus se torne uma escola renovável.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

COPPE/UFRJ; SEAHORSE WAVE ENERGY. Fontes de energia renovável do mar: Panorama no Brasil. [s.l.] Grupo de Energias Renováveis do Mar - Laboratório de Tecnologia Submarina, out. 2013.

COSTA, P. R. Energia das ondas do mar para geração de eletricidade. 2004. 109 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Oceânica) - Coordenação dos Programas de Pos-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE, Rio de Janeiro, 2004.

CADY, W. G.; Piezoelectricity: An Introduction to the Theory and Applications of Electromechanical Phenomena in Crystals, Dover Press, 1964.

FERREIRA, L. F.; COUTINHO, M. C. B. Educação ambiental em estudos do meio: a experiência do Bioma Educação Ambiental. In: SERRANO, C. *A educação pelas pedras*. São Paulo: Chronos, 2000.

FERREIRA, Surya em Londres o primeiro night-clube ecológico do planeta. São Paulo, G1, 2010. Disponível em: <https://www.duniverso.com.br/surya-em-londres-o-primeiro-night-clube-ecologico-do-planeta/>. Acesso em: 09/07/2019

GOLDEMBERG e LUCON. *Energia Renovável sustentável*. São Paulo, USP 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/Aluno/Downloads/13564-Texto%20do%20artigo-16539-1-10-20120517.pdf>

JAFFE, B.; Piezoelectric Ceramics, Academic Press, 1971.

JULIO. *Energia nova sob nossos pés*. Israel, Isto é, 2010. Disponível em: https://istoe.com.br/73214_ENERGIA+LIMPA+SOB+NOSSOS+PES/ Acesso em: 09/07/2019

KIDNER, D. W. Fabricating nature: a critique of the social construction of nature. *Environmental Ethics*, Denton, v. 22, n. 4, p. 339-357, 2000.

LEFEVRE, F. *Depoimentos e discursos: uma proposta de análise em pesquisa social*. Brasília: Líber Livro, 2005.

MACHADO, L. M. C. P. Paisagem valorizada – A Serra do Mar como espaço e lugar. In: DEL RIO, V.; OLIVEIRA, L. *Percepção ambiental : A experiência brasileira*. São Paulo: Nobel, 1996.

MACNAGHTEN, P.; URRY, J. *Contested natures*. London: SAGE, 1998.

MINAYO, MCS (org), Deslandes SF, Cruz Neto O, Gomes R. *Pesquisa Social: teoria, método e criatividade*. 22.ed. Petrópolis: Vozes; 2003.

PFEIFFER, P. *Planejamento estratégico municipal no Brasil: uma nova abordagem*. Brasília: ENAP, 2000.

Piezoelectric ceramics: Properties and Applications, Morgan Electro Ceramics Inc. technical publication

REDCLIFT, M. In our image: the environment and society as global discourse. *Environment and history*, Cambridge, v. 1, n. 1, p. 111-123, 1995.

RICHARDSON, R.J. *Pesquisa Social: métodos e técnicas*. 3.ed. rev. ampl. São Paulo: Atlas;1999.

RODAWAY, P. *Sensuous geographies*. London: Routledge, 1995.

RUDIO, FV. *Introdução ao Projeto de Pesquisa Científica*. 29.ed. Petrópolis: Vozes; 2001.

SECCHI, Leonardo. *Políticas Públicas: conceitos, esquemas de análise, casos práticos*. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

SUSLICK, K.S.; The Chemical Effects of Ultrasound, Scientific American February 1989.

TENENTE e FIGUEREDO. *Entenda o corte de verba das universidades federais e saiba como são os orçamentos das 10 maiores universidades*. São Paulo: G1,2019. Disponível em:<https://g1.globo.com/educacao/noticia/2019/05/15/entenda-o-corte-de-verba-das-universidades-federais-e-saiba-como-sao-os-orcamentos-das-10-maiores.ghtml>. Acesso em: 07/04/2019