

UNDERGRADUATE RESEARCH

A Viabilidade Econômica e o Estudo da Geração de Energia Aplicada por Meio de Materiais Piezelétricos ao Sistema de um Shopping

EDNEY CAVALCANTE DE OLIVEIRA
YEUNG CHUI KIM

Acadêmicos e formandos de Engenharia Elétrica |
Centro Universitário do Norte – UNINORTE
Manaus, Amazonas. Brasil

DJALMA ALBERTO B. OLIVEIRA

Mestre em Desenvolvimento Regional pela Universidade Federal do Amazonas - UFAM
atualmente é docente junto a Centro Universitário do Norte – UNINORTE
Manaus, Amazonas. Brasil

ALINE DOS SANTOS PEDRAÇA

AMARILDO ALMEIDA DE LIMA

JOÃO ALMEIDA PEDRAÇA

Aliança em Inovações Tecnológicas e Ações Sociais AITAS-AM
Bairro Dom Pedro I, Manaus, Amazonas. Brasil

Y. ROMAGUERA-BARCELAY

Aliança em Inovações Tecnológicas e Ações Sociais AITAS-AM
Departamento de Física | Universidade Federal do Amazonas – UFAM
Manaus, Amazonas. Brasil

LUIZ FELIPE DE OLIVEIRA ARAÚJO

Aliança em Inovações Tecnológicas e Ações Sociais AITAS-AM
Engenheiro Eletricista & Análise e Desenvolvimento de Sistemas
Laureate International Universities UNINORTE
Manaus, Amazonas. Brasil

Abstract:

This research has as objective approach the study of the energy generation applied by means of piezoelectric materials to the local system. Due to environmental issues such as the reduction of conventional energy sources and the emission of carbon dioxide, there is a need for a clean energy system, using piezoelectric floor plates an alternative solution for capturing mechanical energy is developed and converted into electrical energy. This research presented satisfactory

results, validated that the system is feasible for use in a constant transit place of people in movement. Thus, with the validated calculations and the application of the floor in place, it is understood that the objectives of the research have economic viability, and can see future applications, being in place with a considerable daily traffic of people.

Keywords: Piezoelectric materials, Power generation, mechanical energy, electrical energy, economic viability.

Resumo:

Este trabalho tem como objetivo abordar o estudo da geração de energia aplicado por meio de materiais piezelétricos ao sistema do local. Devido às questões ambientais como a diminuição das fontes convencionais de energia e a emissão de dióxido de carbono, há necessidade de um sistema com energia limpa, utilizando placas de piso piezelétricos desenvolveu-se uma solução de alternativa para captação de energia mecânica, sendo convertida em energia elétrica. Tendo resultados satisfatórios validou-se que o sistema é viável para utilização em local de trânsito constante de pessoas em movimento. Assim, com os cálculos validados e a aplicação do piso no local, entende-se que os objetivos da pesquisa têm viabilidade econômica, podendo vislumbrar aplicações futuras em locais com um fluxo considerável de pessoas.

Palavras Chave: Materiais piezelétricos, geração de energia, energia mecânica, energia elétrica, viabilidade econômica.

INTRODUÇÃO:

Cada vez mais no mundo ouve-se falar de estudos referentes à geração de energia e eficiência energética, por tratar-se de uma atividade técnico-econômica que tem como objetivo proporcionar melhorias, tendo em vista a viabilidade econômica com reduções de custos relacionados e uso racional da energia elétrica. Este projeto aborda o estudo da geração de energia aplicado por meio de materiais piezelétricos ao sistema do local. Tal projeto será realizado como pesquisa de campo.

O intuito do projeto é apresentar a quantidade de energia gerada com a utilização das placas de piso piezelétricos e a economia desta gestão energética, através do calculo estimado da geração de energia mecânica convertida em elétrica e após a projeção da implantação deste projeto, será possível comprovar as vantagens e a quantidade de energia que será economizada, identificando assim oportunidades de poupança de energia. O referido projeto tem sua relevância acadêmica com seu estudo e na sociedade com tal aplicação.

É importante ressaltar, que utilizando estratégias com estudo de geração de energia e eficiência energética, estamos contribuindo para a melhoria do planeta, aplicando através de métodos ecologicamente corretos. As pesquisas nesta área estão no concerne de extrair energia mecânica do ambiente (pressão) e convertê-la em elétrica com o uso de materiais piezelétrico. O efeito piezelétrico existe em dois domínios: a primeira é o efeito piezelétrico direto, em que o material tem a capacidade de transformar uma tensão mecânica em carga elétrica; a segunda forma é o efeito inverso, que é a capacidade de converter um potencial elétrico aplicado sobre o material em tensão mecânica.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho apresentado será uma pesquisa aplicada, e terá como objetivo a realização de pesquisa exploratória e explicativa sobre material bibliográfico. Quanto ao seu objeto, será utilizada pesquisa bibliográfica e de campo obtida para o tema. Serão utilizados também, os procedimentos técnicos de pesquisa bibliográfica, documental e experimental em função do resultado esperado. O método de abordagem utilizado será o hipotético-dedutivo e o método de procedimento de elaboração será o de artigo em sua elaboração. Para coleta de dados será utilizada documentação indireta e a análise e interpretação de seus dados, qualitativos, ocorrerá globalmente.

Serão feitas pesquisas bibliográficas nas áreas de Eficiência Energética, Viabilidade Econômica, Medição de Energia Elétrica, armazenamento de energia, Tipos de Pisos Piezelétrico e sua aplicação. Pesquisas de campo serão aplicadas para coleta de dados, buscando

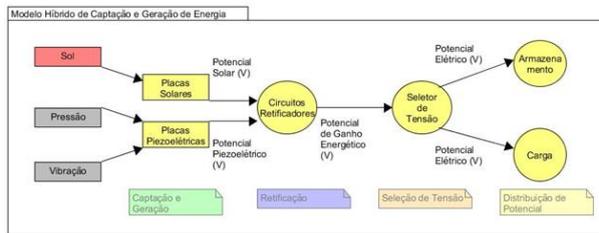
desenvolver os melhores e mais assertivos tipos de testes e acompanhamento de materiais. Quando ao projeto, visa que estes dados servirão de embasamento para melhorias e práticas em armazenamentos de energia referente ao sistema de placa de piso piezelétrico, quanto sua qualidade e investimento econômico.

A inovação tecnológica proposta tem como princípio, alimentar uma plataforma de piezelétrico a partir dessa perda cinética e, conseqüentemente, gerar energia elétrica que será reutilizada na planta. Por se tratar de um tipo de energia que não precisa de combustíveis ou aditivos, a piezeletricidade não gera resíduos ou agentes poluentes, ao contrário das baterias ou mesmo do petróleo, cuja queima gera poluentes tóxicos.

O uso de materiais piezelétricos para obter energia elétrica a partir da pressão exercida pelo caminhar humano tem sido extensivamente estudado. Esses estudos têm demonstrado que a pressão exercida por uma pessoa de 68 kg, produz 67 W de energia (STARNER, 1996). Um dos primeiros exemplos desse tipo de aplicação incorporou um sistema hidráulico montado na sola de um sapato acoplado a pilhas cilíndricas PZT (ANTAKI et al.1995). O sistema hidráulico amplifica a força sobre a pilha piezelétrica. Os cálculos iniciais foram realizados a fim de se estimar a capacidade de geração de energia elétrica e o resultado foi de 10 W. O Modelo em escala 1/17 foi construído e testado e verificou-se uma variação entre $5,7 \pm 2,2$ mW com um peso de 1kg, no experimento estima-se que 6,2 W poderia ser gerado com uma plataforma de tamanho capaz de suportar uma pessoa de 75 kg.

Assim sendo, existem muitos equipamentos com substanciais perdas de energia que pode ser útil se capturada e, neste sentido, a recuperação de uma fração desta energia teria uma significativa influência econômica e impacto ambiental.

Figura 1: Modelo Híbrido de Captação e Geração



O sistema basicamente é composto por 4 etapas:

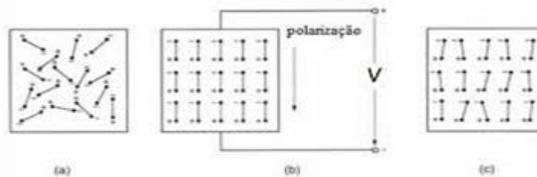
- **Captação e Geração:** meios de aquisição e transdução de energia (placas solares e piezelétricas) a partir de fontes externas de excitação elétrica ou mecânica (sol, pressão, vibração). Retificação: Os potenciais elétricos resultantes são de natureza distinta (AC referente às placas piezelétricas e DC referentes às placas solares). Por este fato é necessária adequação quanto ao tipo de sinal de alimentação que será distribuído, dependendo diretamente do tipo de carga que irá receber este potencial.
- **Seleção:** compensação é a palavra que representa bem o significado desta etapa do modelo, diz respeito, a que tipo de energia (solar ou piezelétrica) que será aplicada a um consumidor (carga), observando os potenciais gerados individualmente e a partir destes definir o potencial que será impresso.
- **Distribuição:** entregar a unidade consumidora ou a um armazenador o potencial resultante ou potencial ideal para o momento.

Tal fato justifica diretamente o ganho energético de compensação, que no caso, neste modelo proposto fica a cargo do potencial proveniente das placas piezelétricas. É importante enfatizar também, que o contrário também pode ocorrer o que depende diretamente da potência proveniente do piezo cerâmicas, tal fato que é objeto de pesquisa e desenvolvimento para este plano de trabalho.

O efeito piezelétrico existe em dois domínios: a primeira é o efeito piezelétrico direto, em que o material tem a capacidade de

transformar uma tensão mecânica em carga elétrica. A segunda forma é o efeito inverso, que é a capacidade de converter um potencial elétrico aplicado sobre o material em tensão mecânica. Alguns fabricantes como o ELECERAM TECHNOLOGY afirmam que seus atuadores piezelétricos podem obter uma potência máxima de 50 W, porém não é informada a pressão mecânica necessária para alcançar esse valor.

Figura 2: Piso que transforma energia mecânica em elétrica



Analisar a quantidade de placas a ser instaladas no local escolhido, para adquirimos uma média referente à quantidade de pessoas que passa no local durante o dia, e a quantidade de vezes que o piso seria pisado, para esta análise teremos uma medida da placa de piso piezelétrico, levando em consideração que no programa “Science of the future”, Kemball Cook afirma que cada passo humano gera em média 10J por passo [Stephen Hawking, 2013]. Sabendo isso, pode multiplicar essa quantidade de J pelo numero total de passos pelo horário, temos a quantidade de energia produzida, podendo assim aplicá-la no sistema de energia, obtendo a economia e reutilização da energia mecânica para elétrica;

(GOMES 2015), afirma que o custo de energia para indústria encarece a vida das famílias, principalmente pelo fato de poucas pessoas saberem a participação elevada de eletricidade no custo final de produção.

Para a implantação deste projeto, temos tais etapas e métodos:

A primeira etapa para realização do estudo será coleta dados, referente ao consumo de energia no local. Também faz-se necessária o cálculo de potência empregada. Dando continuidade na coleta de dados do preço em valor unitário de cada material e das placas de piso piezelétrico. A segunda etapa consiste em analisar a quantidade de pessoas que passa no local de amostra e o estudo do peso médio das

peças, tendo assim um valor total de energia gerada acumulada na placa, possibilitando indicar o tipo de material e qual potência gerada acumulada suprirá para cada área a ser instalada. Por fim, serão aplicados a análise do comportamento através da viabilidade econômica desta operação. Posteriormente, será plausível ou não a aplicação deste projeto de eficiência energética.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ideia principal consistiu em aproveitar a propriedade de captação de energia de materiais piezelétricos, para converter o peso das pessoas que no shopping passam sobre as placas de piso piezelétricos, em energia elétrica.

A inovação científico-tecnológica proposta neste projeto, a partir da execução deste ideia de pesquisa, tem como principal finalidade, realizar análise e concepção sistemas de captação e geração de energia limpa e renovável em complexos de grande fluxo de pessoas diariamente, baseado na utilização de placas piezelétricas. A partir do uso do conceito de Energy Harvesting, bem como a inserção de novas tecnologias, compreendendo todos os cenários onde o estudo e aplicação de metodologias específicas aproveitem todo o trabalho realizado por máquinas, equipamentos, pessoas, implicando em atenuação do custo da energia elétrica.

Segundo o site e reportagem do IBOPE, diariamente, 8,7 milhões de pessoas visitam algum dos shoppings brasileiros. A média de visitantes por shopping está em torno de 23 mil pessoas por dia, mas este valor apresenta grandes variações dependendo do tamanho do empreendimento e de sua localização.

Segundo site do IBGE, o peso médio de um brasileiro 65kg.

Em termos financeiros, tem-se como indicadores: atenuar a parcela de consumo energético nos gastos gerais de fabricação de setores estratégicos do empreendimento. Em termos tecnológicos compensar com a utilização do modelo híbrido de captação as perdas de potência e corrente que existem na geração de potencial elétrico em piezo cerâmicas. Em termos acadêmicos, o estudo orientado do

rendimento e avaliação de eficiência de materiais piezelétricos na geração de energia.

A relevância deste projeto também está em utilizar as chamadas piezo cerâmicas, que ao ser deformada ou submetida a algum esforço mecânico, gere uma tensão/corrente que possa ser utilizada como fonte natural de energia. Assim, o desenvolvimento e implementação de métodos para acumular e armazenar a energia capturada nestes sistemas até um nível utilizável é a chave para o sucesso desta tecnologia.

Vale ressaltar, que o consumo não apresenta distribuição uniforme, mas tomar-se-á esta estimativa para caracterização do investimento. O custo associado para cada kWh é de aproximadamente R\$ 0,3417947 por kWh. Primeiro, vamos entender essa unidade de consumo: o kilowatt hora (kWh) é a energia gasta por um aparelho que tem 1 quilowatt – ou 1.000 watts – de potência, durante uma hora. Caminhar é o mais potente movimento que fazemos, uma pessoa de 68 Kg gera 67 W de potência mecânica quando andando a 2 passos por segundo, alcança com transdutor PZT uma faixa de 5 a 8,4 W de potência elétrica disponível nos pés (JOSÉ LUIS GONZÁLEZ, 2001). Assim sendo, a potência máxima de geração, P_e , pode ser avaliada considerando as perdas, ζ_p e a razão de amortecimento do sistema, ζ_e , que é dado por:

$$P_e = \frac{m\zeta_e A^2}{4\omega_n(\zeta_p + \zeta_e)^2}$$

Onde:

A é o nível de aceleração de excitação;

ω_n é a frequência natural do sistema;

m é a massa do sistema de vibração.

Com a instalação de quatro placas em uma entrada de um shopping Center, onde passam uma media de 23.000 pessoas por dia [Ibope, 2018], posicionadas a partir da entrada principal do Shopping. Considerando-se uma média de 23.000 pessoas e que cada pessoa pisa duas vezes sobre cada placa serão dados 46.000 passos por dia.

Figura 3: Placa de piso piezelétrico



Para essa análise foi considerada a placa da Pavegen com dimensões de 0,60 m x 0,45m, feita a partir de 80% de materiais recicláveis [Pavegen, 2014]. No programa "Science of the Future", Kemball Cook afirma que cada passo humano gera em média 10 J por passo [Stephen Hawking, 2013].

Multiplicando este número pelo número total de passos por dia, a quantidade de energia "produzida" é 460.000 J, ou seja, 0,1277 kWh por dia.

Considerando que o consumo de uma lâmpada de LED de 7W utilizada em determinado espaço, consumiria em 12 horas 0,084 kWh. Com este dado podemos garantir que a energia gerada pelo piso Piezelétrico poderia suprir a demanda de pelo menos 2 lâmpadas LED por este período de tempo, podendo ser utilizada em local determinado. Logo, tem-se economia em energia e utilização de uma energia limpa e renovável.

Assim, percebe-se que a energia "gerada" pode suprir a demanda de energia de determinado local do empreendimento por um mesmo período de tempo, podendo utilizar essa energia na iluminação do local.

O percentual de economia pode ser ainda acrescido a partir da mensuração que será realizada da potência proveniente das piezo cerâmicas, que serão avaliadas e quantificadas durante a execução do projeto.

CONCLUSÕES

Este artigo apresenta um sistema híbrido possível, de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis e coletores de energia, considerando os benefícios sociais de autossustentabilidade do sistema. Considerando que a aplicabilidade é bastante ampla se levarmos em consideração o parque industrial da zona franca de Manaus, shoppings centers, faculdades, estádios de futebol, vias públicas existentes na cidade com fluxo elevado de automóveis, combina o sistema proposto com a usinas termelétricas e hidroelétricas existentes. Com isso, podemos concluir que a aplicabilidade do sistema híbrido proposto é recomendável, apesar do alto custo de aplicação e implantação.

Neste trabalho foram utilizados os conhecimentos adquiridos no curso de Engenharia Elétrica, conhecimentos básicos do cálculo e eletricidade geral, eficiência energética e energias renováveis.

O estudo acima comprova que um investimento a longo prazo justifica a utilização de fontes alternativas e sustentáveis de energia tanto para shoppings e universidades quanto para indústrias.

O crescimento populacional e a industrialização resultaram no aumento da poluição e no esgotamento de recursos naturais. O aumento do consumo demandou a utilização de mais recursos naturais, como matéria-prima e fontes de energia, o que resultou na degradação ambiental. Uma das alternativas encontradas para evitar impactos ambientais foi a utilização do piso que transforma energia mecânica em energia elétrica.

O modo de funcionamento do piso é pelo efeito piezelétrico, que consiste na deformação ocorrida na estrutura de alguns materiais quando uma pressão mecânica é realizada sobre ele, ocorrendo uma polarização das cargas, gerando uma diferença de potencial, transformando a energia mecânica em elétrica. Existem vários locais onde o piso pode ser empregado, tais como: danceterias, ruas, estações de trens, lugares com um grande fluxo de pessoas. Foi feita uma análise para determinar a quantidade energia gerada, se fossem colocadas placas na entrada de um Shopping Center. Foi visto, que a energia transformada durante o dia seria suficiente para suprir a demanda considerável de um determinado local.

A utilização do piso ainda enfrenta algumas dificuldades e ainda são necessários aprimoramentos, por exemplo, um dos desafios é o armazenamento de energia que tem sido realizado por super capacitores, pesquisa-se formas de armazenamento mais baratas. A durabilidade da placa também é um problema que vem sendo enfrentado, já que para ser instalado, por exemplo, em uma rodovia, precisa ser capaz de se deformar e voltar ao seu estado inicial após cessado o estímulo, resistir aos agentes externos, ao seu uso constante e não deixar de produzir o efeito piezelétrico. Sendo assim, podemos concluir que o piso é adequado para suprir pequenas demandas de energia que não necessitam de armazenamento, podendo auxiliar no suprimento de atividades onde o consumo é momentâneo e descontínuo.

REFERÊNCIA:

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6022: informação e documentação: artigo em publicação periódica científica impressa: apresentação. Rio de Janeiro, 2003.
- ANTAKI J F, BERTOCCI G E, GREEN E C, NADEEM A, RINTOUL T, KORMOS R L E GRIFFFITH B P 1995 A gait powered autologous battery charging system for artificial organs Am. Soc. for Artif. Internal Organs J. 41 M588-95
- CEMIG. Alternativas energéticas: uma visão Cemig. Companhia Energética de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 369. 2012.
- GANDHI, M. V., E THOMPSON, B. S., 1992, Smart Materials and Structures, Kluwer Academic, Dordrecht.
- H. PUGA, J. BARBOSA, J. GABRIEL, E. SEABRA, S. RIBEIRO, M. PROKIC, Evaluation of ultrasonic aluminium degassing by piezoelectric sensor, in Journal of Materials Processing Technology, 211 (2011) 1026–1033, 2011. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2011.01.003. Impact Factor: 1.783
- HARAKAWA, T. TUJIMOTO, T. *A Proposal of Efficiency Improvement with Solar Power Generation System*. [The 27th Annual Conference of the](#) Industrial Electronics Society, IECON '01. Denver, 2001.
- JAZAYERI, Moein. Uysal, Sener. JAZAYERI, Kian. *Experimental Analysis of Effects of Installation Alignment and Solar Insolation on Power Generation by Solar Panels*. Global Humanitarian Technology Conference. San Jose, 2013
- JOSÉ LUIS GONZÁLEZ, A. R. F. M. Human powered piezoelectric batteries to supply power of wereables electronic devices. ICMR2001, Akita, v. 1, p. 202-207, outubro 2001.
- MORGAN ADVANCES MATERIALS. Technical Publications. Morgan Electro Ceramics, 2009. Disponível em: <<http://www.morganelectroceramics.com/resources/technical-publications/>>. Acesso em: julho 2018.

Edney Cavalcante de Oliveira, Yeung Chui Kim, Djalma Alberto B. Oliveira, Aline dos Santos Pedraça, Amarildo Almeida de Lima, João Almeida Pedraça, Y. Romaguera-Barcelay, Luiz Felipe de Oliveira Araújo- **A Viabilidade Econômica e o Estudo da Geração de Energia Aplicada por Meio de Materiais Piezelétricos ao Sistema de um Shopping**

Pavegen, 2014. Disponível em: <<http://pavegen.com/home>>. Acesso em: 8/10/2014.

PORTAL ECOD. Energia: Cientistas Israelenses testam pressão dos veículos sobre a estrada. ECOD, 2009. Disponível em: <<http://www.ecodesenvolvimento.org/noticias/pressao-dos-veiculos-geraenergia-em-israel#ixzz3WORKmV6h>>. Acesso em: julho 2018.

SMITS, J., DALKE, S., E COONEY, T. K., 1991, "The Constituent Equations of Piezoelectric Bimorphs," Sensors and Actuators, Vol. 28, 41-61.

SMITH, R. C. Smart Material Systems: Model Development. Raleigh, NC: Siam frontiers, 2005.

STARNER T, 1996 Human-powered wearable computing IBM Syst. J. 35 618-29.

Stephen Hawking, 2013. "Science of the Future: Perfect City". Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=GMPD17MRAU>>. Acesso em: 8/10/2014.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. Annual Energy Outlook 2014 with projections to 2040. Office of Integrated and International Energy Analysis. Paris, p. 269. 2014.

Disponível em: <<http://www.ibope.com.br/download/shoppingcenters.pdf>>. Acesso em Julho de 2018.

Disponível em: <<http://g1.globo.com/brasilnoticia/2010/08/metade-dos-adultos-brasileiros-esta-acima-do-peso-segundo-ibge.html>> Acesso em Julho de 2018.