



GERAÇÃO HIDROcinÉTICA DE ENERGIA ELÉTRICA POR PIEZOELETRICIDADE PARA NAVIOS CARGUEIROS

Arthur de Carvalho Portilho

arthurcportilho@gmail.com

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Rua Dom José Gaspar 1071, 301, 30535-610, Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil

Leonardo Dias Resende

leoresende17@gmail.com

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Rua Pirapetinga 437, 202, 30220-150, Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil

D.Sc. Pedro Américo Almeida Magalhães Júnior

paamjr@gmail.com

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Avenida Dom José Gaspar 500, 30535-901, Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil

Rafael Augusto de Souza Floriano

augustusraf@gmail.com

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Rua Domingos Garcia, 96, 401, 31520-200, Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil

Abstract. *Com crescentes estudos e pesquisas na busca por energias alternativas e sustentáveis no setor naval cargueiro, o presente trabalho tem como objetivo elaborar um sistema que gere energia provida das vibrações provenientes do fluxo hídrico (movimento hidrocínético) através do efeito piezoelétrico instalado externamente no convés de embarcações cargueiras. O efeito piezoelétrico deve transformar as vibrações em energia*

elétrica para suprir todas ou quase todas as atividades energéticas dos sistemas a bordo, tais como aparelhagem eletrônica e energia elétrica. Essa geração de energia reduzirá no gasto energético global e em custos operacionais do navio e será avaliado através de uma simulação computacional para quantizar o quanto de ganho energético o navio terá com a aplicação e uso do piezoelétrico.

Keywords: *Setor naval, Energia sustentável, Vibrações do fluxo hidrocinético, Efeito piezoelétrico, Simulação computacional*

1 INTRODUÇÃO

O interesse e a busca por inovações tecnológicas e a perspectiva de uma clara mudança no que se diz respeito à forma de como será o futuro dos combustíveis e da geração de energia para os diversos tipos de transporte existentes, permite o desenvolvimento de sistemas geradores de energias renováveis para tal diversidade, a fim de aperfeiçoar a geração de energia e visando conter a poluição provida pelas matrizes energéticas atuais. Com esse conceito de inovação energética em mente, um tipo de transporte que emite poluição considerável pela sua matriz energética é o naval-cargueiro transoceânico (petroleiros, graneleiros, contêineres, dentre outros). Por ser de extrema importância na permutação comercial de mercadorias pelo mundo e pelo valor e influência econômica envolvida, é de grande valia conceber maneiras que possam minimizar a poluição gerada e beneficiar os custos energéticos provenientes desse tipo de transporte.

Mesmo não chamando muito a atenção por estarem quase sempre longe das pessoas, navios como os citados, em termos globais, emitem um volume de poluentes particulados (MP_x) e outros gases nocivos tais como dióxido de carbono (CO_2), dióxido de enxofre (SO_2), óxido de azoto (NO_x), dentre outros, equivalente à metade da poluição emitida pela frota de veículos de todo o mundo, segundo estudo feito por cientistas da Universidade do Colorado, nos Estados Unidos, de acordo com Sardinha (2013).

Até pouco tempo, a única preocupação de fabricantes de navios era aumentar a sua capacidade de carga. Porém, cada vez mais os grupos e comunidades voltadas para a conservação do meio ambiente vêm criticando e mobilizando a população mundial dos efeitos prejudiciais que essas emissões de poluentes podem causar, tanto na saúde das pessoas, como para o próprio meio ambiente. Após a organização mundial marítima anunciar novas regras que estabelecem que os navios devam melhorar seu consumo de combustível e diminuir sua emissão de poluentes entre 25 e 30% até 2030, novas pesquisas e desenvolvimento de projetos eficazes voltados para a geração de energia alternativa vem sendo criados de acordo com o CCA-IMO.

Como proposta inovadora, percebeu-se nos materiais piezoelétricos, uma solução alternativa e inédita nesse setor naval-cargueiro para a geração de energia limpa e eficaz visando a minimização da poluição atmosférica e o aumento das eficiências energética e operacional do navio. O material cristalino que promove tal efeito pode ser de ampla aplicação em um futuro próximo, de acordo com Silveira (2010).

Este material cristalino possui a capacidade de geração de energia, tendo como princípio de geração a deformação por esforço mecânico. O material se encontra inicialmente despolarizado e depois de empregado sobre ele um esforço mecânico gerará por consequência um momento de polarização do material, característica básica da geração de energia.

Levando em consideração todo o contexto de poluição ambiental e a necessidade no desenvolvimento de alternativas limpas para a geração de energia, o foco deste trabalho será realizar um estudo conceitual da aplicação desse material piezoelétrico em navios cargueiros e verificar o quanto de energia poderá ser utilizado a fim de maximizar sua eficiência global e minimizar a poluição gerada.

2 JUSTIFICATIVA

Devido ao grande crescimento no setor naval cargueiro e, segundo a *Review of Maritime Transport* (UNCTAD, 2015), sendo ele responsável pela movimentação de aproximadamente noventa por cento (90%) das cargas transportadas mundialmente em volume, e por mais de setenta por cento (70%) em termos de valor, tendo estas proporções aumentadas na maioria dos países em desenvolvimento, percebeu-se uma expansão exponencial da poluição por este setor, responsável por quatro por cento (4%) da emissão global de gases estufa.

Com a premissa atual da necessidade de desenvolver e prover fontes energéticas alternativas às atuais fontes de origem fósseis existentes e que suprem a maior parte de todos os meios de transportes pessoal e principalmente de carga no mundo, observa-se uma crescente pesquisa de fontes alternativas para o setor naval cargueiro e uma carência deste tipo de pesquisa no país.

Aproveita-se desta recente oportunidade, uma maneira de conceituar, desenvolver e criar certa possibilidade comercial, uma alternativa sustentável de suprir energeticamente algumas atividades exercidas a bordo de um navio cargueiro.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Geometria Naval Geral e Hidrodinâmica

Para Trindade (2012), as variações da proporção relativa das principais dimensões de um navio têm influência direta nas características operacionais do mesmo, afetando as características hidrodinâmicas, na resistência estrutural e na capacidade de carga. Para este trabalho, foca-se principalmente nas relações de proporção do navio com os efeitos hidrodinâmicos sobre ele. Assim, a forma final de uma embarcação constitui o plano geométrico do mesmo e define quais serão os parâmetros finais de uso e tipos de comportamentos hidrodinâmicos exercidos.

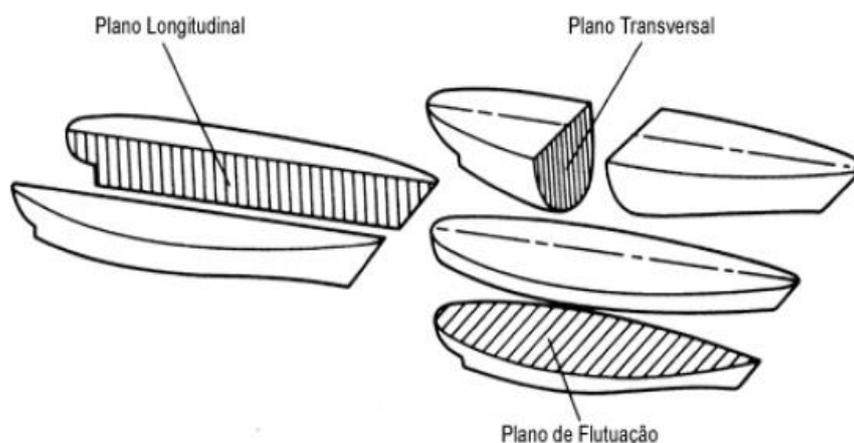


Figura 1 - Plano de flutuação, longitudinal e transversal de um navio.

Segundo Fajarra (2006), no setor naval, uma característica fundamental e importantíssima, se diz respeito ao conceito de estabilidade estática. Entende-se por esta, a capacidade que uma embarcação tem de retornar à condição de equilíbrio inicial quando é imposto a ela, um pequeno deslocamento. Logo, diz-se que uma embarcação é estável, ou dotada da chamada estabilidade estática positiva, quando, dado o pequeno deslocamento citado, surge uma força hidrostática restauradora que tende a levá-la novamente ao estado de equilíbrio original. Se isso não for possível, é dito que a embarcação é instável, ou dotada de estabilidade estática negativa.

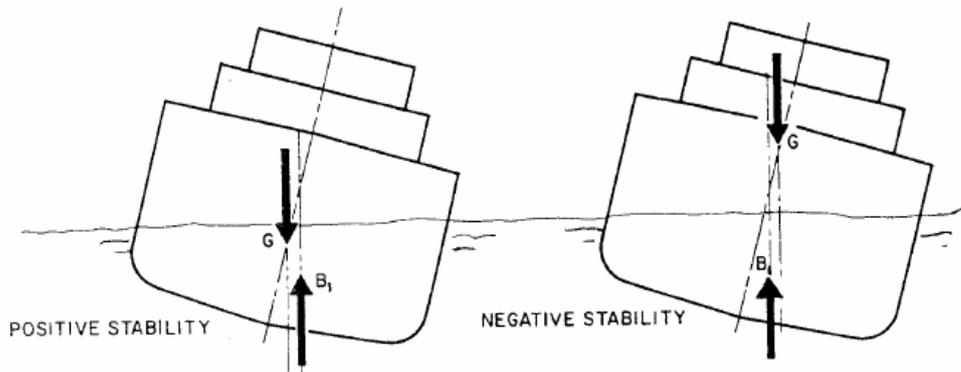


Figura 2 - Embarcação com estabilidade positiva (à esquerda (a)) e estabilidade negativa (à direita (b)).

Os principais parâmetros que controlam essas características de estabilidade estática são referentes à geometria do casco e à distribuição de massa da embarcação.

De acordo com Trindade (2012), o coeficiente hidrodinâmico de uma embarcação deve ser analisado decompondo tal comportamento em diversas áreas, das quais podem ser salientadas a resistência, a propulsão, o comportamento do navio no mar e a capacidade de manobra.

Em outro tipo de situação de estabilidade, uma embarcação sempre estará sujeita a ação de diferentes fatores dinâmicos que imporão cargas dinâmicas e excitarão seus movimentos. As ondas do mar, mudanças repentinas na velocidade, direções variadas dos ventos e a ação do leme provocada durante as manobras, resultam em movimentos cíclicos, ou oscilatórios, da embarcação (BHATTACHARYYA, 1972).

3.2 Piezoeletricidade

Aproveitando-se dos movimentos oscilatórios do navio em torno do seu eixo, gerado pela imposição de forças externas ao seu casco, propõe-se a criação de um sistema que consiga coletar a energia desperdiçada pelo navio durante sua navegação.

Para isso, utiliza-se de materiais piezoelétricos, materiais esses que em seu estado sólido possuem características relevantes quanto se trata de tensões aplicadas em suas respectivas estruturas, sendo elas de tensão, compressão ou de qualquer outra natureza. Se tratando de um material com características piezoelétricas, esses esforços mecânicos se tornam ainda mais importantes.

Materiais piezoelétricos possuem planos de deformação, que quando solicitados, geram uma diferença de potencial no interior de sua estrutura. Sobre esses planos, quanto maior a

força aplicada deformando o material, maior será a carga elétrica gerada em suas superfícies. A intensidade dessa carga segue a seguinte lógica ($q=C$), onde q é a carga gerada pela aplicação de uma força sobre a estrutura do material, e “ C ” é a capacitância do material, ou seja, a quantidade de energia elétrica que pode ser acumulada no material devido a uma determinada tensão.

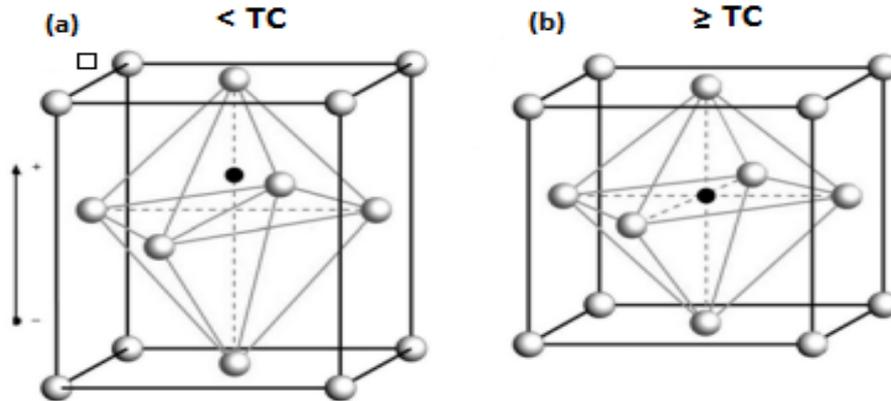


Figura 3 – Estado (a) abaixo da temperatura crítica e (b) igual ou acima da temperatura crítica.

3.3 Sistema proposto

Para a geração de energia limpa combinando-se o emprego de materiais com características piezoelétricas e a hidrodinâmica de navios, propõe-se a criação de um sistema que aproveite a energia gerada das oscilações desse navio durante suas viagens rotineiras de distribuição de mercadorias. Oscilações essas que variam com as condições de maré as quais o navio estará constantemente sendo imposto.

O sistema baseia-se na criação de “gaiolas” com geometria cilíndrica, as quais terão a parte inferior da estrutura (piso) revestida com um tapete piezoelétrico. Seguindo o funcionamento dos materiais piezoelétricos, uma esfera, se movimentará no interior da “gaiola” devido às oscilações do navio em torno do seu eixo, pressionando esses componentes, gerando uma deformação em sua estrutura, criando uma diferença de potencial e por consequência estabelecendo uma corrente elétrica. O sistema funcionará como um transdutor passivo (gerador), ou seja, a energia de saída dependerá unicamente da energia de entrada, não havendo alimentação de energia externa acoplada ao mesmo.

Depois de finalizada toda a montagem da estrutura, foram realizados testes simulando as oscilações do navio em torno do seu eixo, e coletando os dados de geração elétrica por conta do sistema.



Figura 4 - "Tapete" com piezoeletrico.

4 CONCLUSÃO

Para os testes, primeiro, utilizando o software ANSYS™, mediu-se as energias transferidas do movimento hidrocínético para o navio-cargueiro do tipo Panamax.

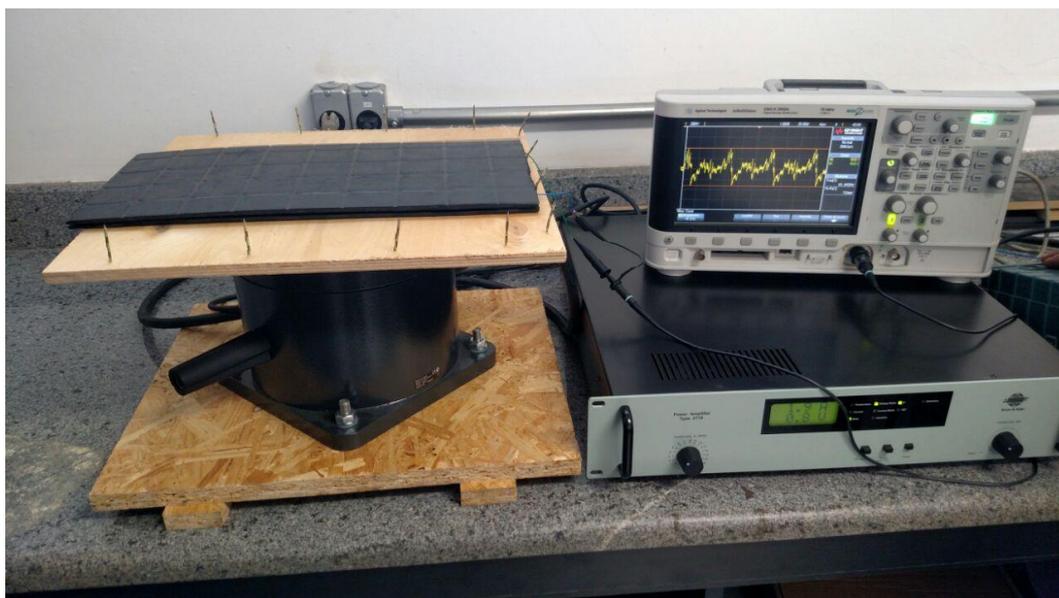


Figura 5 – Osciloscópio para medição da taxa energética provida pelo piezoeletrico.

Logo em seguida, foi feito um teste de bancada simulando o movimento hidrocínético em um navio construído com suas medidas gerais em escala de 1:50 do navio original, e com a ajuda de um osciloscópio mediu-se a taxa energética provida por uma estrutura similar a um “tapete” (figura 4), simulado como se fosse a “gaiola” do sistema proposto, com cinquenta piezoeletricos. Neste sistema, a pressão exercida em cima destes cinquenta piezoeletricos gerou 40V e 1,1miliA. Se a pressão for exercida em apenas um piezoeletrico, a energia provida será de 2V e 1,1mA.

Proporcionalmente, passando esses dados para um navio-cargueiro transoceânico do tipo Panamax, teríamos uma geração de energia de 200 quilowatts por hora.

Pretende-se com o sistema concebido, gerar uma taxa de energia suficiente para suprir as necessidades energéticas do navio-cargueiro, superando a eficiência do atual modelo de geração elétrica realizada por um motor auxiliar do ciclo diesel.

REFERÊNCIAS

- Bhattacharyya, R.,1972. *Dynamics of Marine Vehicles*. Maryland: U.S. Naval Academy.
- CCA-IMO. Comissão Coordenadora dos Assuntos da Organização Marítima Internacional. *Anexo VI Marpol e BWM*, Brasil.
- Fujarra, A. L. C., 2001. *Arquitetura Naval*. Apostila do Curso de Especialização em Engenharia Naval. São Paulo: USP, v. I.
- Fujarra, A. L. C., 2006. *Especialização em Engenharia Naval - Módulo 1*. Escola Politécnica de Engenharia de São Paulo - Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. São Paulo.
- Sardinha, A.,2013. *Poluição e o Transporte Marítimo*. Coleção Mar Fundamental, Lisboa. 34.
- Silveira, E.,2010. *Eletricidade do Aperto*. FAPESP. São Paulo, p. 4.
- Trindade, J.,2012. *Hidrodinâmica e Propulsão*. Engenharia de Máquinas. [S.l.], p. 195.
- UNCTAD, 2015. *Review of Maritime Transport*. UNCTAD - United Nations Conference on Trade And Development, Genebra, n. United Nations, p. 122.