

## GERAÇÃO DE ENERGIA POR FLUXO DE CONVECÇÃO PARA UTILIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO *ON-GRID* UTILIZANDO EXAUSTOR EÓLICO

HUGO RAMOS BARBOSA DE OLIVEIRA<sup>1</sup>, BRUNO QUIRINO DE OLIVEIRA<sup>2</sup> e ANTÔNIO MARCOS DE MELO MEDEIROS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia de Controle e Automação, PUC-GO, Goiânia-GO, hugo170593@gmail.com;

<sup>2</sup>Me. em Eng. de Sistemas, Prof. Escola de Engenharia, PUC-GO, Goiânia-GO, brquirino@gmail.com;

<sup>3</sup>Dr. em Agronomia, Prof. Escola de Engenharia, PUC-GO, Goiânia-GO, amarcosmedeiros@gmail.co

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
15 a 17 de setembro de 2021

**RESUMO:** As principais matrizes de energias renováveis atualmente utilizadas possuem seus recursos de geração como seus principais limitadores o que gera condições que devem ser atendidas para que os sistemas sejam operacionais e viáveis economicamente. Porém, existem recursos no mundo ainda pouco explorados e que possibilitariam a geração ininterrupta de energia. Um desses recursos chama-se convecção e o objeto de interesse em questão é a formação do fluxo de convecção em decorrência das trocas térmicas de um fluido, neste caso o ar. Compreendendo o fluxo de convecção, foi desenvolvido um projeto de um equipamento que pode ser acoplado a um produto já existente para gerar energia utilizando esse fenômeno natural. Ao longo do desenvolver deste trabalho serão apresentados o projeto e suas peculiaridades.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fluxo de convecção, motor gerador, energias renováveis.

### USAGE OF CONVECTION FLOW FOR ENERGY GENERATION AND ON-GRID DISTRIBUTION USING WIND EXHAUST

(*Saccharum spp*)

**ABSTRACT:** The main sources of renewable energy nowadays used have on it's own resources their limits, implying in conditions that must be attended in order to make then economically viable. However, there are in the world some resources yet not much explored that could make possible the uninterrupted generation of energy. One of this resources is called convection and the hot spot in this case is the formation of the flow of convection created with the termical exchanges of a fluid, in this case the air. Being aware about the convection flow, were developed an equipment that could be attached to an already existent mechanism in order to generate energy using this natural phenomena. Throughout the development of this work will be presented the project itself and it's peculiarities.

**KEYWORDS:** flow of convection, generator motor, renewable energy.

### INTRODUÇÃO

Fenômeno característico de fluidos, a convecção é caracterizada pelo deslocamento de massas quentes e frias em um movimento cíclico com formato normalmente definido pelo recipiente ou compartimento que contém o fluido. O fluxo de convecção é um recurso ainda pouco explorado que apresenta um potencial considerável e que deve ser visto como um possível recurso para geração de energia limpa uma vez que se encontra presente em qualquer ambiente que apresente diferenças térmicas. Visando a utilização deste recurso, foram desenvolvidos 2 mecanismos de geração que poderiam ser acoplados a um exaustor eólico para aproveitar o giro de forma a gerar energia.

Para possibilitar uma realização de testes de forma controlada foi desenvolvida uma unidade de simulação na qual era possível simular as condições de trabalho do exaustor eólico e levantar dados de forma mais concreta. Os resultados serão apresentados de forma resumida (neste não serão

apresentados gráficos nem tabelas), uma vez que este artigo trata-se de uma versão compacta do original e não conta com espaço para um detalhamento mais profundo.

## DESENVOLVIMENTOS

A ideia inicial deste projeto baseia-se na construção de um mecanismo gerador de energia que pode ser acoplado a um dispositivo já existente, sendo que este último possui seu funcionamento baseado no fluxo de convecção de ar do ambiente em que se encontra instalado. O mecanismo, como pode ser visto na figura 1 (a), trata-se basicamente de uma caixa de ganho de rotação que por sua vez ficaria presa às hastes fixas de sustentação lateral do exaustor. O sistema também é composto por duas rodas dentadas conectadas por uma corrente, onde ocorre o primeiro ganho de rotação e a transmissão do giro do globo à caixa de ganho e posteriormente ao gerador a esta associado. Ainda sobre as rodas dentadas, uma será menor e ligada à caixa de ganho e outra maior e associada às hastes móveis de sustentação do globo giratório, sendo que esta última se encontraria entre as hastes fixas e móveis.

A construção de uma estrutura de testes fez-se necessária para que o protótipo desenvolvido pudesse ser testado de maneira mais apropriada sem que fosse necessária a instalação do exaustor eólico em um telhado e sem que fosse necessária a espera por condições de testes apropriadas o que poderia tomar muito tempo e não abranger todas as possibilidades. A estrutura de testes é um simulador de fluxo de convecção que tem por base de funcionamento um exaustor elétrico comercial convencional. A figura 1 (b) abaixo mostra o simulador construído já com o exaustor eólico a ele acoplado. O exaustor elétrico foi colocado dentro de uma construção que isola todo e qualquer fluxo externo de interferir no sistema bem como de o fluxo gerado pelo exaustor de sair por qualquer ponto que não seja o originalmente direcionado. Desse modo o único fluxo que sai pelo exaustor eólico é o que entra por efeito do exaustor elétrico.

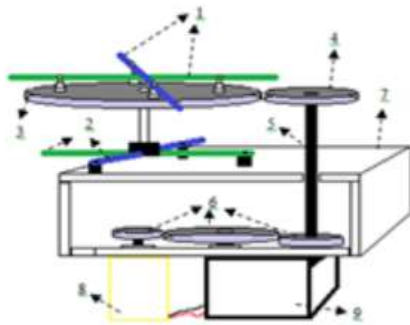


Fig. 6. Esboço simples do mecanismo

1. Hastes móveis do exaustor;
2. Hastes fixas do exaustor;
3. Roda dentada grande e fixa as hastes móveis;
4. Roda dentada menor e presa ao eixo de transmissão;
5. Eixo de transmissão;
6. Engrenagens de ganho;
7. Carcaça do mecanismo;
8. Motor gerador C.C.;
9. Caixa para alocação de circuito eletrônico e conectores.

(a)



(b)

Fig. 1. Modelo básico do mecanismo proposto e estrutura de testes

Para efeito de comparação, um segundo gerador foi adotado. Este por sua vez não apresenta nenhuma semelhança com o protótipo proposto que pode ser visto na figura 1 (a). O gerador utilizado neste caso é um motor tipo *brushless* encontrado em máquinas de lavar do tipo lava e seca, onde o rotor é a base de ímãs permanentes, sendo este acoplado ao exaustor eólico de maneira similar ao protótipo proposto.

## PROBLEMAS ENCONTRADOS

Durante o desenvolver do trabalho, vários problemas foram encontrados, principalmente durante a montagem e fixação dos geradores. Todas as estruturas construídas para este trabalho com exceção do exaustor eólico e do gerador de comparação foram feitas à mão. O exaustor eólico adquirido para o trabalho apresenta diversas irregularidades de construção. As aletas não são uniformes seja em tamanho, ângulo de abertura e espaçamento entre uma e outra. A estrutura das hastes fixas que está presa ao duto e que dá sustentação ao eixo do globo giratório foi fixada torta ao duto, logo, o eixo de rotação do exaustor não se encontra perpendicular ao eixo do duto, o que por sua vez gera uma força que se opõe ao giro em determinado momento. Foi percebida também uma folga entre rolamentos e eixo o que permite ao globo giratório uma leve liberdade de movimentação o que não poderia acontecer. As hastes fixas tiveram sua construção de forma totalmente irregular, sendo montadas com um critério de arranjo muito baixo o que afetou diretamente a forma com que os geradores seriam anexados ao globo giratório.

O protótipo foi montado de forma a ser o mais fiel possível à ilustração da figura 1 (a). Muito embora a construção tenha se aproximado do idealizado, modificações foram feitas para atender a alguns requisitos como por exemplo área e peso na ponta do eixo do gerador. As engrenagens idealizadas deveriam ser construídas, porém, por questão de custo foram substituídas por peças recicladas o que aumentou o número de engrenagens de transmissão de giro de 3 para 6 (contando com o pinhão preso ao eixo do motor).

O aumento de engrenagens além de não ter tido o efeito desejado de ganho de rotações contribuiu para o aumento do peso na ponta do eixo do gerador, o que por sua vez teve efeito direto no peso na ponta do eixo de transmissão de giro do globo giratório para o gerador. O motor inicialmente escolhido para ser utilizado como gerador era um motor com estator a base de ímãs permanentes utilizados em parafusadeiras, porém, em testes realizados com o motor adquirido, este se mostrou ineficiente como gerador além de possuir um eixo “pesado”. Logo, o motor (reciclado) escolhido foi um modelo retirado de impressoras a laser também de estator a base de ímãs permanentes que estavam a disposição para uso sem que nenhum gasto adicional fosse feito.

O formato originalmente quadrado foi substituído por um formato em “Y”, que a priori foi adotado por reduzir a área ocupada pelo gerador aumentando assim a área de passagem de fluxo de ar. O eixo presente no gerador e responsável pela transmissão de giro do globo giratório para o mesmo teve de ser totalmente construído do zero e demandou alta engenhosidade para que fosse feito. O maior problema foi a fixação do eixo de forma eficiente, ou seja, de forma que transmitisse o movimento e sem oscilar.

Para este gerador, a transmissão de movimento foi feita através de uma corrente (de bicicleta). Manter a corrente sustentada na horizontal sem que se soltasse ou da coroa ou da catraca durante o giro foi consideravelmente complicado e acabou por envolver a colocação de estruturas de sustentação para a mesma, uma vez que após alguns testes e conforme o giro do globo aumentava a situação se tornava insustentável. Muito embora o mecanismo construído como um todo tenha sido pensado para ser adaptável ao exaustor eólico, o fato de o globo giratório possuir certa liberdade por causa da folga entre rolamentos e o eixo possibilitava que em determinados momentos a corrente se afrouxa-se entre coroa e catraca e desse modo se soltasse da estrutura que a prendia. Ajustar a corrente de forma que ficasse mais justa não foi uma solução, uma vez que aumentou em muito a dificuldade de giro do globo. A fixação da estrutura do gerador proposto foi um problema considerável visto que a estrutura das hastes fixas era bem irregular, esse problema foi contornado com estruturas ajustáveis de fixação.

No caso do gerador de comparação, também foram encontrados problemas. A instalação do rotor foi consideravelmente difícil, complicada e demandou muito tempo. O problema mais difícil de se contornar e que levou a uma perda de eficiência de geração justamente por causa da solução adotada foi o fato de o globo giratório possuir certa liberdade por causa da folga entre rolamentos e o eixo. Tal liberdade impediu totalmente o globo de girar pois o rotor se prendia ao estator devida a atração magnética. O fato de as hastes fixas terem sua construção de forma totalmente irregular contribuiu significativamente para o agravamento da dificuldade de giro do globo uma vez que colocava o estator a ela fixado em desnível.

O motor quando instalado em sua função de origem possui uma distância entre rotor e estator de apenas 3 mm. Para que, com as condições existentes o mesmo motor pudesse ser utilizado essa distância teve de ser aumentada e para isso parte da estrutura do circuito magnético que se estendia para fora das bobinas teve de sofrer desgaste.

No total 36 estruturas do circuito magnético tiveram sua dimensão reduzida de forma considerável. O final a distância entre rotor e estator era de 1 cm. Embora esse distanciamento tenha sido péssimo e deixado cada estrutura magnética de cada bobina com um distanciamento diferente do rotor (pois o desbaste foi feito a mão) ele contribuiu para uma redução no peso que o globo “sentia” para se mover.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes feitos tiveram por base a variação de vazão de ar em um ambiente isolado provocada por um exaustor elétrico. A vazão foi direcionada de forma que o único caminho possível de saída de ar era pelo duto do exaustor eólico, desse modo foi possível relacionar vazão de entrada no mesmo com nº de rotações por minuto do globo giratório. A aferição de vazão foi feita a partir de um medidor indicador de vazão que foi configurado para indicar a vazão em  $m^3/min$  de acordo com a área do exaustor elétrico, na teoria, este possuía 40 cm de diâmetro, mas na prática possuía apenas 39, logo sua área foi de  $0,12566 m^2$ .

Com o auxílio de um dimmer foi possível variar a velocidade de giro do exaustor elétrico, variando assim a vazão de ar produzida. O exaustor escolhido para a construção do protótipo foi um de 24” que em tese comporta uma vazão máxima de  $4000 m^3/h$ . A máxima vazão alcançada foi de  $45,7 m^3/min$  (ou seja,  $2742 m^3/h$ ). O nº de rotações por minuto máximo alcançado foi de 69 rpm. Foi testado o giro do globo sem nada a ele anexado, Com a coroa (do gerador proposto) e o rotor (do gerador de comparação) a ele anexados, com o gerador proposto instalado, com o gerador de comparação instalado.

Os valores com relação a RPM a vazão foram obtidos sem que houvesse a interação do operador com o sistema. Testes realizados com a coroa e com o rotor anexados ao globo giratório, cada um por vez, mostraram que o peso destes não afetou o nº de rotações por minuto atingido pelo globo.

Ambos os geradores apresentaram resistência ao giro considerável, nenhum deles permitiu ao globo que girasse sem que em um determinado momento o operador viesse a intervir no sistema, nem mesmo ao se aplicar a vazão máxima disponível a inércia era quebrada. Para se identificar a partir de qual vazão o globo começaria a girar, foi adotado o seguinte critério: A cada nova variação, um leve toque no globo seria dado para-lhe ceder energia para sair da inércia, se o globo após o toque parasse, uma nova variação de vazão seria feita. Desta forma, em uma determinada vazão e após um toque o globo começou a girar.

No caso do gerador proposto, devido ao baixo número de rpm alcançado pelo globo, pelo fato de o motor escolhido não ser ideal como gerador e pela caixa de ganho de rpm e transmissão de giro ter se transformado em apenas uma caixa de transmissão de giro, a geração de tensão ficou gravemente comprometida, passando assim, muito longe do idealizado no projeto (24 volts cc) e alcançando apenas 1,7 volts cc no total quando a vazão máxima da estrutura de testes era atingida.

No caso do gerador de comparação, este gerador apresentou um desempenho um pouco melhor que o gerador proposto em questão de geração de tensão, ainda que o valor máximo alcançado tivesse sido bem inferior ao desejado de 24 volts. O estator composto por 3 enrolamentos principais divididos em 3 conjuntos de 12 bobinas igualmente dispostas no circuito magnético foi ligado em estrela da mesma forma que em motores trifásicos de 6 pontas. A tensão gerada foi medida entre 2 pontas. Por conta do desbaste feito no estator o espaçamento entre o mesmo e o rotor aumentou de forma a prejudicar brutalmente a capacidade de geração, que poderia, mesmo em baixas rotações, gerar tranquilamente 24 volts CA. Além disso, o fato de o desbaste não ter sido obtido de forma uniforme fez com que no final quando em funcionamento a tensão lida oscilasse um pouco. Por esta razão, os valores foram obtidos com o auxílio de um multímetro capaz de verificar tensão de pico.

## TRABALHOS FUTUROS

Mudanças terão de ser feitas para uma possível viabilização do gerador por fluxo de convecção aqui descrito. A primeira delas e a mais importante é uma revisão no modelo de gerador, que provavelmente o mudara por completo para que possa atender às condições e imperfeições dos exaustores eólicos existentes. Ademais, caso sucesso seja alcançado, serão feitos estudos como por exemplo, viabilidade de utilização comercial e industrial, viabilidade de construção de usinas de convecção, etc.

## CONCLUSÃO

A elaboração deste trabalho teve por objetivo a abordagem de um recurso natural ainda pouco explorado, para a idealização de um projeto de um mecanismo/sistema capaz de utilizar este recurso de forma a produzir energia limpa. Ao longo do desenvolver do trabalho, foram abordadas as características de um mecanismo já existente, utilizado para a realização de trocas de ar em ambientes com intuito a sua utilização juntamente a um sistema acoplável de geração, que permitiria a utilização do giro do mecanismo provocado pela passagem de um fluxo de fluido (no caso o ar) proveniente da convecção ambiente para geração de energia elétrica.

Após o desenvolvimento de todas as estruturas necessárias testes foram feitos. Ao longo da fase de testes foi verificada que a força de giro do globo do exaustor eólico não era suficiente para “tocar” os geradores quando uma carga lhes era solicitada, até mesmo a menor das cargas (como por exemplo, um led) refletia-se em “peso” suficiente para parar por completo o giro do globo, mesmo quando a vazão máxima era alcançada. Os geradores aqui descritos e desenvolvidos se mostraram ineficientes com relação à proposta inicial do trabalho que era de construir um gerador capaz de gerar pelo menos 24V (de corrente contínua) que pudesse ser acoplado a um mecanismo já existente, ou seja, independente de como fosse a construção desse mecanismo e das imperfeições que possuísse, o gerador que a ele fosse acoplado seria capaz de gerar no mínimo 24V (CC) no pior dos casos.

O simples fato de o sistema não ter conseguido se mover sozinho (sem nenhuma interferência de qualquer gênero) já o inviabiliza. Conforme mencionado na parte de trabalhos futuros, o mecanismo proposto necessitará de uma reformulação.

## REFERÊNCIAS

PENTA3.UFRGS. Convecção. Disponível em:

<http://penta3.ufrgs.br/CESTA/fisica/calor/conveccao.html>. Acesso em: 02 de julho de 2019.

PORTAL DA ENGENHARIA QUÍMICA. Transferência de Calor. Disponível em:

[http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com\\_content&task=view&id=248&Itemid=422](http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=248&Itemid=422). Acesso em: 13 de julho de 2019.

CLIMABRISA. Entenda como funciona um ventilador e um exaustor. Disponível em: <https://blog.climabrisa.com.br/entenda-como-funciona-um-ventilador-e-um-exaustor/>. Acesso em: 19 de julho de 2019.

PRESYS. Vazão, o que é, Cálculo, Medidores de Pressão e Vazão. Disponível em: <http://www.presys.com.br/blog/vazao/>. Acesso em: 27 de julho de 2019.

Çengel, Y. A.; Ghajar, A. J. Transferência de Calor e Massa. 4. ed. São Paulo: Ed. Mc Graw Hill Education, 2012.

Matias, F. E. R. Utilização de Exaustores Eólicos como Fonte Geradora de Energia Elétrica.

Repositório institucional da UNB. Disponível em: [http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/14743/1/2013\\_FatimaElizabeteReisMatias.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/14743/1/2013_FatimaElizabeteReisMatias.pdf). Acesso em: 02 de agosto de 2019.

BRASIL, R. P. C. Utilização de Exaustores Eólicos no Controle da Temperatura e da Ventilação em Ambiente Protegido. Biblioteca digital de teses e dissertações da USP. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-25042005-170200/publico/rene.pdf>. Acesso em: 02 de agosto de 2019.

Cruz, E. C. A.; JUNIOR, Salomão C. Eletrônica aplicada. 2. ed. São Paulo: Ed. Érica, 2009.

CLIMABRISA. Entenda como funciona um ventilador e um exaustor. Disponível em: <https://blog.climabrisa.com.br/entenda-como-funciona-um-ventilador-e-um-exaustor/>. Acesso em: 11 de agosto de 2019.

FORTVENT. Exaustores eólicos. Disponível em: [https://www.afortvent.com.br/?cont=exaustores\\_eolicos](https://www.afortvent.com.br/?cont=exaustores_eolicos). Acesso em: 15 de setembro de 2019.

Sergio, N. Galpão industrial. Disponível em: <https://sergionobre.wordpress.com/tag/galpao-industrial/>. Acesso em: 12 de outubro de 2019.