

USO DA ENERGIA RENOVÁVEL NO MEIO RURAL - SISTEMAS AGROFOTOVOLTAICOS E EÓLICOS

BRUNO ZANON BASTOS¹, GIOVANNI CAPUA MEDICI², GERALDO ROSSONI SISQUINI³.

¹Graduando em Engenharia Mecânica, UFES, Vitória-ES, brunozb11@icloud.com;

²Graduando em Engenharia Mecânica, UFES, Vitória-ES, giovanni.medici@edu.ufes.br;

³ Dr.em Engenharia Oceânica e Naval, Prof. UFES, Vitória-ES, geraldo.sisquini@ufes.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
4 a 6 de outubro de 2022

RESUMO: Este presente trabalho objetivou avaliar sistemas de geração de energia renovável com foco na otimização de parâmetros relacionados ao mundo agro no Brasil. Para isso, foram destacados dois principais sistemas, agrofotovoltaicos e de geração eólica, explicitando características, funcionamento, vantagens e desvantagens de se utilizar esses tipos de sistemas nesse contexto. Sendo assim, o modelo agrofotovoltaico, diferente dos sistemas convencionais de geração solar, são sistemas que utilizam concomitantemente a área útil de plantação agrícola para geração de energia por módulos fotovoltaicos. O sistema eólico, de maneira similar, não ocupa espaço significativo para geração de energia útil a ser utilizada. Essa natureza híbrida de geração de energia solar e eólica traz diversas vantagens para o agricultor, pois ambas as fontes são complementares e, na maioria dos casos, têm seus picos de geração divergentes um do outro ao longo do dia, tornando o sistema mais confiável. Além de unir a produção com geração de energia, pode-se também ser atribuídas outras funções aos módulos, como: captação de água da chuva e sombreamento de regiões.

PALAVRAS-CHAVE: Agrofotovoltaico, eólica, energia renovável, otimização, agricultura.

MUSE OF RENEWABLE ENERGY IN THE RURAL ENVIRONMENT - AGRO PHOTOVOLTAIC AND WIND SYSTEMS

ABSTRACT: This present work aims to analyze the generation of renewable energy specifically for Brazil's agricultural public. To that objective, two main systems were highlighted: the agrophotovoltaic and the wind generation, approaching their characteristics, operation principle and their advantages and disadvantages for this context. The agrophotovoltaic model, unlike conventional solar generation systems, takes advantage of the already used plantation area for energy generation by photovoltaic modules. The wind energy system, similarly, does not occupy significant space for the generation of useful energy. This hybrid nature of solar and wind power generation brings several advantages to the farmer as both sources are complementary to each other and, in most cases, also have their peak generation divergent from each other throughout the day, making the system in itself more reliable. In addition to uniting production with energy generation, other functions can also be assigned to the modules, such as: harvesting rainwater or region shading.

INTRODUÇÃO

A utilização de energias renováveis para geração de eletricidade chegou a um estágio bastante relevante de debate atualmente. O relativo retorno rápido do investimento com parâmetro no baixo custo com a conta de luz é um atrativo para essa tecnologia. Portanto, o Brasil, como desde os primórdios detém a cultura da agricultura, com a monocultura de cana no Brasil Colônia, o domínio do café no Brasil Império e um dos principais produtores de grãos do mundo atualmente, de acordo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), deve ser atendido por tal tecnologia, a fim de otimizar processos e diluir custos.

Nesse contexto, em 1981, com Adolf Goetzberger e Armin Zastrow, surge o conceito de sistemas agrofotovoltaicos. Essa técnica consiste basicamente em utilizar a área útil da terra com um sistema fotovoltaico acima das plantações, fazendo com que se produza energia ao mesmo tempo que seja possível a atividade agrícola, demonstrado na figura 1. Os autores avaliaram a aplicação dessa técnica com um estudo desses sistemas para uma plantação de batata na Alemanha, apresentando uma proposta de modelo para implementação e instalação. Ademais, foram analisados diversos efeitos e influências, respeitando as condições da lavoura e a área plantada, fazendo com que fosse possível traçar uma relação desse novo tipo de sistema e as usinas fotovoltaicas convencionais.



Figura 1- Sistema agrofotovoltaico

Além disso, outro estudo relevante nesse contexto foi descrito pelos autores Mario Antonio Stefany e João Felema, que descreveram a utilização desses sistemas para utilização no ramo sucroenergético da cana no Brasil. Sendo assim, foram apresentados os conceitos e os modelos a serem implementados, analisando os efeitos de custo, rendimentos agroindustriais e economias do sistema, entre outros. Além disso, tais números foram comparados com a eficiência de uma geração convencional por usina fotovoltaica no estado de São Paulo.

O desenvolvimento desse tipo de sistema se deu em meados dos anos 2000, a primeira planta foi instalada no Japão seguido posteriormente pela Alemanha, palco do início da ideia. Após isso, países como China, França, Estados Unidos e Coréia foram evoluindo nessa tecnologia, até que a capacidade produtiva de geração passou de 5MWp em 2012 para 14GWp em 2021 (Fraunhofer ISE, 2021).

Já para o sistema eólico, a primeira informação confiável sobre a existência de moinhos de vento de fontes históricas tem origem no ano 644 d.C. sobre moinhos de vento na fronteira entre a Pérsia e o Afeganistão. Uma descrição posterior, incluindo um esboço, remonta ao ano 945 e retrata um moinho de vento com um eixo vertical de rotação. Foi obviamente usado para moagem de grãos. Moinhos de vento semelhantes e extremamente primitivos sobreviveram no Afeganistão até a atualidade



Figura 2- Moinho primitivo no Afeganistão. (Hau, 2012)

MATERIAL E MÉTODOS

De maneira geral, os sistemas agrofotovoltaicos são sistemas de aproveitamento de espaço de cultivo para obtenção de energia solar e podendo também ser aproveitada de outras maneiras como captação de água da chuva e sombreamento artificial. Essa técnica de uso combinado, exige um grande

aval técnico e exclusivo para cada tipo de aplicação, sempre pensando na viabilidade econômica. Essa análise é imprescindível pois as placas dividem espaço com a agricultura, podendo surtir efeitos fisiológicos, climáticos, de manejo de colheita, entre outros. Como exemplificação, temos o efeito do sombreamento, quando temos culturas que necessitam de maior incidência solar, necessitamos controlar a incidência de acordo com o posicionamento dos módulos. Além disso, muitas vezes esse sombreamento afeta o nível de produtividade da colheita, que muitas vezes é compensada pela geração de energia dos módulos. Com base em um estudo publicado na revista Neture, se 1% dos terrenos tivessem esse tipo de sistema, seria possível suprir a demanda mundial de energia.

Ademais, existem outros fatores benéficos para esse tipo de sistema, existem sistemas agropecuários que utilizam dessa técnica para sombreamento do gado na área de alimentação e descanso, mostrados na figura 3. Essa abordagem é interessante pois prevê qualidade de vida para o gado e aproveitamento deste espaço para geração de energia de maneira renovável que pode ser utilizada na própria produção ou comercializada como excedente, caso projetada como um sistema On Grid.



Figura 3- Sombreamento artificial com geração de energia.

Ademais, essa técnica pode sofrer variações de acordo com a disponibilidade de tecnologia. Podem ser utilizados sistemas autônomos de captação de água da chuva, datados por inteligência artificial, ou também, módulos seguidores solares passivos ou ativos, que vão seguir as trajetórias do sol, aumentando eficiência e também alterando a incidência solar no cultivo.

De maneira generalizada, são utilizados nesses sistemas, suportes fixos para os módulos que se situam geralmente em torno de 5 metros acima da área utilizada, essa altura superior se dá muitas vezes por passagem de maquinários ou pessoal, na hora de manutenção ou colheita. Essa tecnologia pode ser empregada também em estufas e suspensas por cabos, uma alternativa dinâmica e desmontável, que permite deslocamento fácil dos módulos e alteração nos sistemas.

Já os aerogeradores, também conhecidos como turbinas eólicas, são máquinas capazes de converter a energia cinética contida nas partículas do ar em energia mecânica de rotação. Essa transformação acontece devido às pás de formato aerodinâmico que promovem um vetor de força resultante do escoamento de um fluido sobre sua superfície. Temos diferentes tipos de turbinas com diferentes características. Abaixo listamos as principais:

Turbina Eólica de Eixo Horizontal (TEEH):

Os rotores de eixo horizontal são os mais comuns, e grande parte da experiência mundial está voltada para a sua utilização. Estes tipos de turbinas são usadas principalmente em regiões agrícolas e com poucos obstáculos, como prédios ou árvores, pois é melhor aproveitada em um vento mais laminar ou pouco turbulento.

Outra característica essencial deste tipo de turbinas é a necessidade de posicionar a turbina sempre no sentido majoritário do vento. Alguns modelos tentam otimizar o aproveitamento do recurso por meio da utilização de uma cauda, a qual reposiciona as pás, o eixo e a nacela na direção do vento.

De modo geral, as TEEHs são mais eficientes em transformar a energia cinética do vento em energia elétrica e esse potencial é melhor aproveitado quando soma-se o fato de que são capazes de operar bem em um fluxo de ar mais intenso. Sendo assim, é justificável o número de parques eólicos com aerogeradores de eixo horizontal de grande porte ao redor do mundo: com uma boa análise anemométrica é possível instalar turbinas em um local com vento de direção bem definida, onde altas velocidades são registradas com mais frequência, o casamento perfeito para o bom aproveitamento de um aerogerador desse tipo.



Figura 4 - Aerogerador de Eixo Horizontal

Turbina Eólica de Eixo Vertical (TEEV):

As turbinas de eixo vertical são aerogeradores que possuem seu eixo de rotação na vertical. Elas são, em geral, menos eficientes do que as TEEHs, mas são mais baratas e se adaptam bem a ventos de direção oscilantes devido a sua natureza de operação omni-direcional.

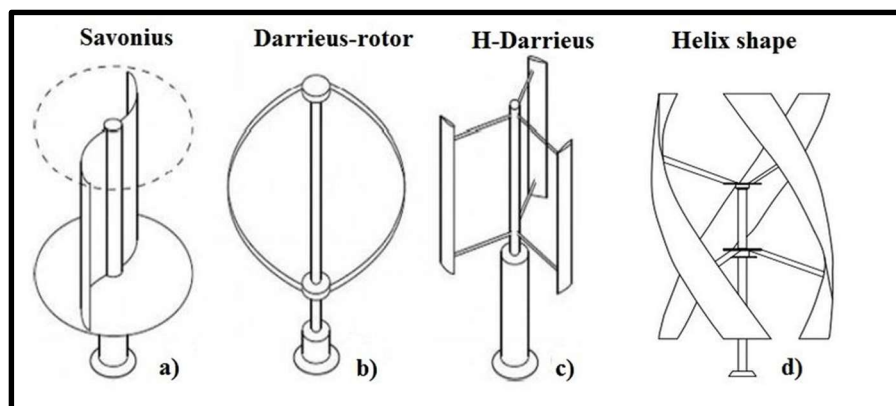


Figura 5 - Conceitos de Rotor de Eixo Vertical

Entre as TEEVs, são comuns 2 tipos de rotores, a Savonius e a Darrieus:

Savonius: (a)

A turbina tipo Savonius ou S, é composta de duas ou três pás de seções transversais circulares (meio cilindros). Este modelo de turbina é simples e barato, sendo facilmente fabricado utilizando duas metades de um barril metálico. Devido ao seu princípio de operação ser por arrasto aerodinâmico, ela é capaz de iniciar o giro em baixas velocidades de vento. Contudo, a Savonius tem sua eficiência energética inferior quando comparada a turbinas de sustentação por aerofólio

Darrieus: (b), (c) e (d)

A turbina Darrieus, por sua vez, funciona pelo princípio da sustentação em aerofólios. É mais energeticamente eficiente do que a Savonius, entretanto, possui maior dificuldade em iniciar o giro a baixas velocidades de vento. Esta turbina é recomendada para médias e altas velocidades de vento, e é pouco afetada por turbulências e repentinas variações na direção do fluxo de ar.

A escolha definitiva do aerogerador deve ser resultado da análise do potencial eólico, topografia e características naturais locais. Diferentes turbinas são apropriadas para diferentes aplicações. O tempo de retorno esperado para o investimento dependerá da velocidade predominante definida pela curva de Weibull local e do preço do kWh da região. É importante deixar claro que não é possível dar um veredito final sem antes realizar análises específicas, como traçar um perfil anemométrico preciso, além de entender a demanda energética das famílias beneficiadas pela instalação dos aerogeradores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Visto os métodos e modelos empregados em tais aplicações, é possível estabelecer uma métrica de que tais sistemas diminuem consideravelmente a emissão de gases poluentes para atmosfera, isso já era de se esperar já que tratamos de fontes renováveis de geração.

De acordo com os estudos do “Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems”, em que o Adolf Goetzberger, supracitado no texto, é o autor, o uso combinado do sistema aumentou em 60% a produtividade da colheita. "Os resultados do primeiro ano do projeto são um sucesso completo, já que o sistema agro-fotovoltaico provou ser praticável, os custos já são competitivos hoje com pequenos telhados solares, os produtos colhidos podem ser suficientemente altos e economicamente viáveis", disse Stephan Schindele, Gerente de Projetos Agrofotovoltaicos no Fraunhofer ISE. Nesse projeto, foram feitas duas pesquisas, uma com duas áreas, sendo uma com agricultura e outra apenas com o sistema fotovoltaico de geração e outras duas áreas com o sistema combinado.

Então, como resultado temos que, quando combinamos o sistema fotovoltaico com a terra agricultável, temos uma relação de aumento de produtividade da agricultura, concomitante a boa geração de energia elétrica, diluindo custos e aumentando eficiência.

É válido ressaltar que a utilização dessa técnica para aplicações de sombreamento de agropecuária se mostra também eficiente, já que unimos o conforto e qualidade de vida do animal, que gera uma carne de melhor qualidade, com a geração mútua de energia elétrica, sendo utilizada pelo produtor.

CONCLUSÃO

Diante disso, é possível concluir que a utilização desses sistemas geram uma alta eficiência energética, diluindo custos do produtor, aumenta a qualidade e a produção dos seus produtos sejam eles advindos da agricultura ou agropecuária. Além disso, é uma parte importante da disseminação e utilização da tecnologia de geração por fontes renováveis, que diminuem a emissão de gases, poluição e aumentam a qualidade do ar, além de prover uma boa utilização dos recursos da natureza e desenvolver novas tecnologias a serem utilizadas.

AGRADECIMENTOS

REFERÊNCIAS

STEFANI, Mario Antonio; FELEMA, João. Agro fotovoltaic: feasibility of synergistic system in the sugarcane bioenergy sector. **Quaestum**, [S.L.], v. 3, p. 1-20, 31 jan. 2022. I-PECEGE. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22167/2675-441x-20220578>. Acesso em: 22 agosto, 2022.

ISE, Fraunhofer. **From Idea to Implementation**. Disponível em: <https://agri-pv.org/en/the-concept/agriculture/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

IBERDROLA. **Energia agrovoltaica, quando a agricultura e as energias renováveis andam de mãos dadas**. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/inovacao/agrovoltaico>. Acesso em: 24 ago. 2022.

HAU, Erich. **Wind Turbines: fundamentals, technologies, application, economics**. 3. ed. Munich, Germany: Springer, 2012.