

INVESTIGAÇÃO DO EMPREGO DA TURBINA SAVONIUS PARA USO NA IRRIGAÇÃO NO CAMPUS UFSM - CACHOEIRA DO SUL

Simone Ferigolo Venturini, sfventurini@gmail.com¹

Carlos Eduardo Souza, carlos.souza@ufsm.br¹

Charles Rech, charles.rech@ufsm.com¹

Cristiano Frandazolo Maidana, e-mail¹

¹Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul, Rodovia Taufik Germano, 3013, Bairro Passo d'Areia.

Resumo. A utilização do vento como fonte de energia para bombeamento de água e geração de energia elétrica ocorre desde a antiguidade. As turbinas eólicas são responsáveis em converter a energia cinética presente nos ventos em energia mecânica. O objetivo deste estudo é avaliar a possibilidade de utilizar a turbina Savonius para realizar o recalque de água da barragem para a irrigação dos canteiros no entorno dos prédios da UFSM-Campus de Cachoeira do Sul. A potência transmitida ao eixo calculada da turbina Savonius proposta é de 51,84 W e para o acionamento da eletrobomba é necessária uma potência de 250 W. Dessa forma, a utilização da turbina não é viável neste estudo de caso, e é necessário a verificação de alternativas viáveis para o adequado suprimento de água. Como sugestão a utilização de uma eletrobomba acionada pela rede elétrica ou a utilização do carneiro hidráulico.

Palavras chave: Turbinas de eixo vertical, VAWT, turbina Savonius. Rega.

Abstract. The wind has been used as a source of water pumping and electricity generation throughout history. Wind turbines are responsible for the conversion of kinetic energy provided by the winds into mechanical energy. The goal of this study is evaluate to use a Savonius turbine to pump water from a small lake near the university campus to water the beds around the buildings of Cachoeira do Sul UFSM-Campus. The suggested calculated value of power available is 51,84 W and the required power for the activation of the water pump is 250 W. Thus, the use of the turbine is not feasible in this case study, and it is necessary to select viable alternatives for the adequacy of suitability. Thus, the usage of this turbine isn't feasible in this study, and the search for others alternatives of water supply for irrigation. The alternative for the resolution of that matter is to utilize a water pump that is activate via eletrict network or the utilization of a "Hydraulic ram".

Keywords: Vertical axis wind turbines, VAWT, Savonius turbine, Watering.

1. INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade os ventos são utilizados como fonte de energia para diversos fins, como navegação, moagem de grãos, bombeamento de água e geração de energia elétrica (Burton, et al., 2010). As turbinas eólicas ou aerogeradores são responsáveis em converter a energia cinética presente nos ventos em energia mecânica por meio da rotação das pás. As turbinas são classificadas como de eixo horizontal (HAWT - Horizontal axis wind turbine) e de eixo vertical (VAWT- Vertical axis wind turbine). As HAWT têm o eixo de rotação posicionado paralelamente à direção do vento. Por sua vez, as VAWT têm o eixo de rotação perpendicular à velocidade do vento e solo, além disso tem baixa velocidade angular e alto torque (Rech, et al., 2020).

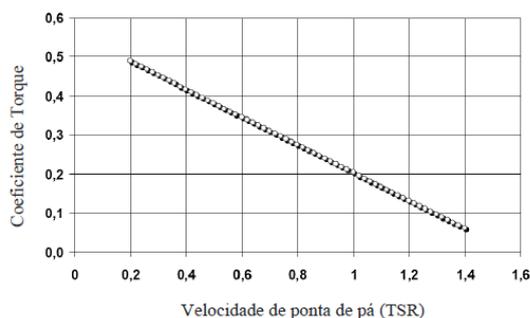


Figura 1. Coeficiente de torque *versus* velocidade de ponta de pá (Adaptado de Alé, 2012)

A Fig. 1 traz a relação entre o torque e a velocidade de ponta de pá de uma turbina Savonius.

As turbinas de eixo vertical não são utilizadas na geração de grande porte, mas tem vantagens quando inseridas na área de geração distribuída de pequeno porte, pois além de serem baratas, podem funcionar facilmente com ventos oriundos de qualquer direção (Douak, 2018). A turbina Savonius é um tipo de turbina de eixo vertical que, segundo Akwa (2010) é uma solução para geração de energia descentralizada, de baixo custo e baixo impacto ambiental.

O Campus da UFSM-CS conta com uma área física de aproximadamente 84 hectares (UFSM, 2020) e está em fase de conclusão das obras civis e em processo de estruturação das áreas externas pelo plantio de árvores nativas (Rotary, 2021) e pela ornamentação por meio de projetos elaborados por discentes e docentes do curso de graduação Arquitetura e Urbanismo. Para tais projetos é necessário o adequado suprimento de água para a irrigação. O campus conta com uma barragem que pode ser utilizada para essa finalidade, evitando o consumo de água fornecida pela concessionária local.

Dessa forma, o objetivo deste estudo é avaliar a possibilidade de utilizar a turbina Savonius proposta por Balafa, et al. (2020) para realizar o recalque de água da barragem para a irrigação, e, dessa forma, reduzir os custos com o consumo de água e de energia elétrica, bem como colaborar na manutenção e preservação da área verde do campus.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Especificações da turbina Savonius

A turbina a ser utilizada neste trabalho é a turbina eólica Savonius proposta no trabalho de Balafa, et al., 2020. A Fig. 2 traz as dimensões da turbina proposta.

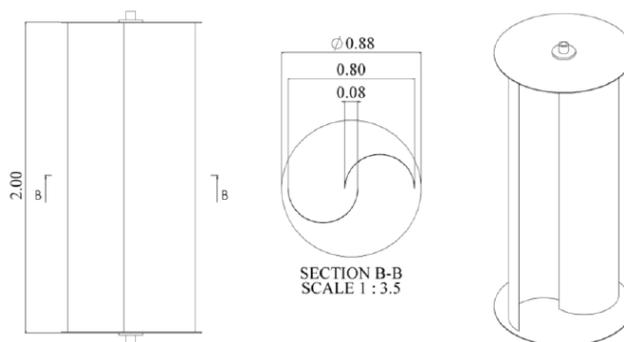


Figura 2. Turbina Savonius (Balafa et al., 2020)

As especificações da turbina eólica Savonius são descritas na Tab 1.

Tabela 1. Geometria da turbina eólica Savonius (Adaptado de Balafa, 2020)

Descrição	Dimensão
Área da turbina [m ²]	1,60
Diâmetro [m]	0,80
Altura [m]	2,00
Raio [m]	0,44

Corda	2,50
Razão de aspecto [%]	2,5
Número de pás	2

A razão de aspecto do rotor Savonius é definida pela divisão da altura do rotor pelo diâmetro e esse parâmetro influencia no desempenho durante a operação. Quanto maior a razão de aspecto, menores são as perdas de eficiência (Akwa, 2010).

O valor inicial orçado para a construção do aerogerador é de R\$ 4.782,00 (Quatro mil setecentos e oitenta e dois reais) cotado em junho de 2021 (Projelmec, 2021). É prevista a utilização de aço carbono SAE 1020, galvanizado a fogo, eixo de transmissão de diâmetro 63,5 mm com 2 rolamentos de eixo cônico de uma carreira e dispositivo de fixação vertical.

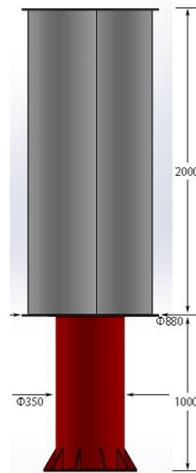


Figura 3. Dimensões turbina Savonius (Autores, 2022)

A Figura 3 traz as dimensões da turbina proposta.

2.2. Localização

É prevista a instalação da turbina Savonius juntamente ao lago existente no campus diante da quadra 4. A Figura 4 indica a localização da turbina.



Figura 4. Localização da turbina (Autores, 2022)

A área a ser atendida localiza-se em frente as quadras 4 e 5 e a via de circulação do campus.

2.3. Área irrigada

A área a ser irrigada possui dimensões de 200 x 1 m, totalizando 200 m² e é suprida por 2 fitas gotejadoras modelo Amanco Drip 8 MIL de 100 m de comprimento com espaçamento entre gotejadores de 0,30 m, totalizando 333,3 gotejadores por fita. De acordo com o fabricante, cada gotejador tem vazão de 0,0016 m³/h, totalizando 0,533 m³/h por fita gotejadora (Amanco, 2022). Assim a vazão total do sistema de irrigação é de 1,066 m³/h. Segundo a

Embrapa (2010), a maioria dos sistemas de irrigação por gotejamento trabalha na faixa de pressão de 0,5 kgf/cm² a 2 kgf/cm² com vazões na faixa de 0,5 l/h a 5 l/h.

É previsto um reservatório de 500 l a uma altura de 6 m para alimentar por gravidade os gotejadores. A tubulação entre a bomba e o reservatório é composta por mangueira de polietileno diâmetro 3/4", espessura 3,0 mm e comprimento 100 m (Fig. 5).

Para o bombeamento é prevista a eletrobomba de água é do tipo periférica com 1/3 CV (250 W) – 127/220 V (LM, 2020). Essa bomba tem vazão de 2.100 l/h (2,1 m³/h).

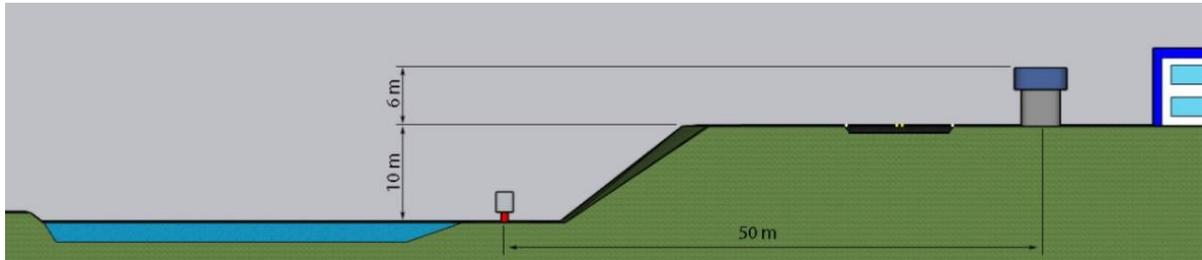


Figura 5. Localização da turbina e do reservatório (Autores, 2022)

A Figura 5 traz a localização da turbina Savonius e do reservatório de água. A turbina está a um desnível de 10 m em relação a área a ser irrigada e a altura do reservatório é de 6 m em relação ao solo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não é foco deste estudo o dimensionamento do gerador e do inversor de frequência para acionar a eletrobomba. Para o suprimento da área 200 m² a ser irrigada é necessária uma vazão total de 1,066 m³/h. A bomba de 1/3 CV (250 W) possibilita esse suprimento. A subseção 3.1. traz os cálculos necessários para a determinação da potência útil da turbina escolhida para este estudo de caso e a subseção 3.2 aponta cenários com diferentes velocidades do vento.

3.1. Equações governantes

A potência disponível na massa de ar $P_{disponível}$ é calcula pela Eq. (1).

$$P_{disponível} = \frac{1}{2} \rho A V_{\infty}^3 \quad (1)$$

Em que, $P_{disponível}$ é a potência disponível em Watts [W]; ρ é a densidade específica em kg/m³; A é a área projetada do rotor em m² e V_{∞} é a velocidade não perturbada do vento em m/s.

A área é o produto do diâmetro do rotor D pela altura do rotor H da turbina (Equação 2):

$$A = DH \quad (2)$$

Em que, $D = 0,8$ m e $H = 2,0$ m, assim,

$$A = 0,8 \times 2,0 = 1,6 \text{ m}^2$$

Considerando a densidade específica $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ e $V_{\infty} = 6 \text{ m/s}$ (Camargo e Eletrosul, 2014) e substituindo com os valores calculados, tem-se:

$$P_{disponível} = \frac{1}{2} \times 1,2 \times 1,6 \times 6^3 = 207,36 \text{ W}$$

A potência transmitida ao eixo da turbina P é calculada pela Eq. (3):

$$P = \frac{1}{2} \rho A V_{\infty}^3 C_p \quad (3)$$

Em que C_p é o coeficiente de potência médio do rotor, que é a razão da potência transmitida ao eixo pela potência disponibilizada no escoamento de ar, com velocidade não perturbada V_∞ , na área projetada do rotor, A , na direção desse escoamento (Akwa, 2010). A Fig. 3 traz a curva que relaciona os valores do coeficiente de potência médio C_p e a razão de velocidade de ponta λ (adimensional).

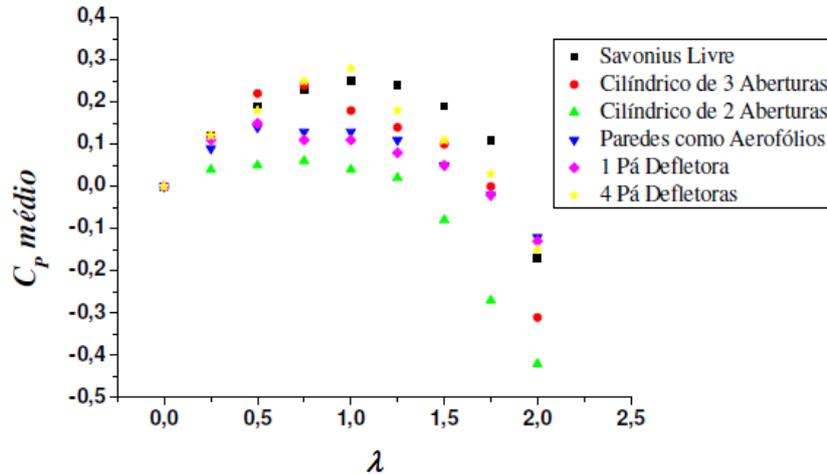


Figura 4. Coeficiente de potência médio *versus* razão de velocidade de ponta (Akwa, 2010)

Em que λ é a razão da velocidade tangencial na ponta do rotor pelo valor da velocidade não perturbada do vento.

Admitindo-se os valores de $C_p = 0,25$ e $\lambda = 1,0$ oriundos da curva $C_p \times \lambda$ (Fig. 3), obtém-se a potência transmitida ao eixo da turbina:

$$P = \frac{1}{2} \times 1,2 \times 1,6 \times 6^3 \times 0,25 = 51,84 \text{ W} \quad (4)$$

A potência transmitida ao eixo calculada da turbina Savonius é de 51,84 W, de acordo com os parâmetros considerados. Essa potência é insuficiente para acionar a eletrobomba selecionada. Assim, são considerados outros valores de velocidade não perturbada do vento para os cálculos.

3.2. Cenários

São considerados 3 cenários de velocidade não perturbada do vento a saber: 5 m/s, 7,5 m/s e 10 m/s e a potência transmitida é recalculada. Os valores da densidade específica ρ , do coeficiente de potência médio do rotor C_p e da razão da velocidade tangencial na ponta do rotor λ serão mantidos. A Tabela 2 traz os valores calculados para cada cenário.

Tabela 2. Valores calculado para cada cenário de velocidade não perturbada do vento

Cenário	Velocidade não perturbada [m/s]	Potência disponível [W]	Potência transmitida [W]
1	5	120	30
2	7,5	405	101,25
3	10	960	240

A potência transmitida depende da velocidade não perturbada do vento e, mesmo considerando diferentes valores de velocidade, não se alcança o valor nominal de 250 W da bomba.

4. CONCLUSÕES

A turbina Savonius não é uma opção viável para o uso em irrigação no campus da UFSM de Cachoeira do sul devido as baixas velocidades de vento da região. Em regiões com ventos constantes com valores acima de 12 m/s a turbina Savonius torna-se uma opção viável, mesmo com o custo orçado para a construção e instalação alto, é uma tecnologia de baixo impacto ambiental e torna-se uma solução para sistemas descentralizados.

Os cenários analisados de diferentes velocidades não perturbada do vento indicam que é possível aumentar o número de turbinas instaladas e assim garantir a potência necessária ao acionamento da bomba. Isso aumenta o investimento inicial, mas, em contrapartida, garante o suprimento e a segurança operacional.

Uma alternativa de baixo custo é o uso do carneiro hidráulico proposto por Epagri (2022) para realizar o recalque da água ou a utilização de eletrobomba conectada diretamente na rede elétrica. Para o caso do carneiro hidráulico é possível a montagem em laboratório, com mão de obra própria. Os materiais para a confecção são de baixo custo e facilmente adquiridos no comércio local. No caso de utilização de eletrobomba conectada na rede elétrica convencional, é necessário a análise dos valores de consumo e custo do kilowatt/hora, de acordo com as tarifas aplicadas pela concessionária que abastece o campus.

5. REFERÊNCIAS

- Akwa, J. V., 2010. *Análise aerodinâmica de turbinas eólicas Savonius empregando dinâmica dos fluidos computacional*. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre.
- Alé, J.A.V., 2012. Small Wind Turbines Workshop. PUCRS – Porto Alegre.
- Balafa, P. N., Rech, C., Venturini, S. F., 2020. “Aeration system powered by savonius wind turbine”. In Proceedings of the 18th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering - ENCIT2020. Online.
- Burton, T. et al., 2011. *Wind energy handbook*. John Wiley & Sons.
- Camargo, S. Engenheiros Associados, Eletrosul Centrais Elétricas S.A. *Atlas Eólico: Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: SDPI: AGDI, 2014.
- Embrapa, 2010. “Sistema de Produção: irrigação” Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 04 Fev. 2022 <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/irrigacao.htm>>
- Epagri, 2022. “Carneiro hidráulico Epagri - montagem e instalação”. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. 27 Jan. 2022 <<https://www.youtube.com/watch?v=6sqSbXuB6Nk>>.
- LM, 2020. “Bomba de água periférica 1/3 CV - Bivolt - FERRARI-IDB-35” Loja do Mecânico. 04 Fev. 2020 <<https://www.lojadomecanico.com.br/produto/80935/33/619/bomba-d-agua-periferica-13-cv---bivolt-ferrari-idb-35>>.
- Projelmec, 2021. Budget for manufacturing Projelmec Ventilação Industrial. <<http://projelmec.com.br/>>.
- Rotary Club, 2021. “Rotary Club Cachoeira do Sul”. 3 Nov. 2021 <<https://www.cachoeiradosul.rs.gov.br/portal/noticias/0/3/5992/Cuide-Bem-de-Cachoeira-%E2%80%93-A%3%A7%C3%A3o-do-Rotary-na-Escola-Get%C3%BAlio-Vargas>>.
- UFSM, 2020. “Universidade Federal de Santa Maria – Cachoeira do Sul”. 3 Nov. 2021 <<https://www.ufsm.br/unidades-universitarias/cachoeira-do-sul/historico/>>.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.