

ANÁLISE DO DESEMPENHO DE TURBINAS EÓLICAS PARA A MICROGERAÇÃO
MEDIANTE O SOFTWARE QBLADE.

Helena Mansur¹ (IC), Prof. ^a Angie Lizeth Espinosa Sarmiento (PQ)¹
¹UNIFEI - Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: QBlade. BEM. DMS. Microgeração eólica. NACA 4412 e 0016.

Introdução

Em termos gerais, a microgeração pode ser definida como a geração de eletricidade ou calor em pequena escala para abastecer propriedades residenciais e comerciais. Este processo que permite os consumidores gerarem a própria energia abrangem o uso de geradores eólicos de pequena escala. Staffell Daniel J. L. Brett (2015) ao debater sobre o uso da microgeração doméstica considerando todas as formas de gerações renováveis declarou que a adesão em tecnologias de microgeração de energia proporciona a redução da energia primária fornecida para os setores domésticos, seja aproveitando a energia renovável do meio ambiente ou utilizando combustíveis convencionais com maior eficiência.

Para o autor o tipo de aplicação de microgeração irá depender do cenário doméstico a ser aplicado, exemplificando que o sistema adequado para uma fazenda isolada e não conectada à rede elétrica é diferente de um condomínio no centro da cidade que deseja minimizar seus custos energéticos. Na figura 1, estão exemplificadas as possibilidades de microgeração de energia aplicadas ao uso doméstico, lembrando que o uso doméstico é permeado por uma classificação do potencial baixo de geração elétrica do sistema, não devendo ficar atrelado a uma imagem de geração apenas em residências.

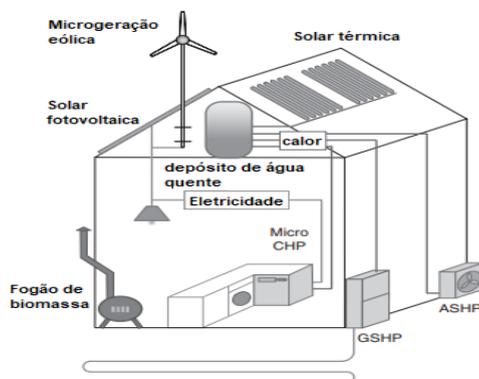


Figura 1 – Esquema de diferentes tipos de microgeração em uma casa. (Adaptado de Staffell Daniel J. L. Brett, 2015)

A microgeração fundamentada na energia eólica é o uso de pequenas turbinas eólicas que convertem a energia eólica em eletricidade. Esta fonte de microgeração renovável substitui a eletricidade que normalmente teria sido comprada de um fornecedor de energia, que em sua grande maioria, vem de usinas convencionais que funcionam com gás, petróleo, carvão ou combustíveis nucleares. Com isso, a implementação da microgeração eólica, reduzirá custos de energia, viabiliza a redução da demanda energética e, concomitantemente, ajudará o meio ambiente.

Em suma, não há uma definição acordada sobre as faixas de operação de uma microturbina eólica dentro das literaturas pertinentes sobre o assunto. Usualmente, o padrão da microgeração é baseado em geração elétrica normalmente inferior a 10 kW. Contudo, existe uma gama de aerogeradores que operam abaixo desta faixa, podendo ser fragmentados em mais subdivisões conforme a reunião de outras características técnicas de operação. Um possível conjunto de classificações é dado por Tummala et al.(2016), tais especificações são reunidas na Tabela 1.

		Diâmetro do rotor (m)		Área varrida (m ²)		Potência nominal padrão (kW)	
Escala pequena	Micro	0.5	1.25	0.2	1.2	0.004	0.25
	Mini	1.25	3	1.2	7.1	0.25	1.4
Doméstica		3	10	7	79	1.4	16
Comercial pequeno		10	20	79	314	25	100
Comercial médio		20	50	314	1963	100	1000
Comercial grande		50	100	1963	7854	1000	3000

Tabela 1 - Classificação de turbinas eólicas com base no diâmetro do rotor e na potência nominal. (Adaptado de Tummala et al., 2016)

Metodologia

O desempenho aerodinâmico é fundamental para projetar um rotor de turbina eólica eficiente. Para uma análise aerodinâmica completa não basta definir os parâmetros iniciais do rotor e da pá, apesar que a resolução dos mesmos são as condições que norteiam o desempenho e eficiência do projeto. Entretanto, para o projeto ser desenvolvido em um regime aproximado do real, deve-se: Caracterizar todas as limitações variáveis

do ambiente, como densidade do ar, umidade e temperatura; Levantar em consideração a influência de número de Reynolds, número de Mach e outras constantes de caráter aerodinâmico quantitativo; Estabelecer regime de escoamento sobre as superfícies.; Computar todas as forças, além das aerodinâmicas, que causam esforços sobre a pá, como Gravitacionais, Centrífugas, Giroscópicas e Operacionais; Estimar as perdas atreladas a efeitos que ocorrem na ponta da pá; Prever condições ambientais severas; Considerar as perdas de eficiência do sistema de acionamento/movimentação; Estimar as perdas devido ao efeito de esteira; e, Presumir perdas devido a simplificação da estrutura da pá ou melhorar a geometria da pá.

Diante um cenário com grandes baixas de geração de potência, em consequência de todas essas condições de contorno no análise aerodinâmica do projeto no qual não são computadas, torna-se imprescindível a aplicação de uma modelagem computacional no projeto dos rotores e pás, pois utilizando toda empenho numérico necessário conseguirá simular turbinas em consonância com a realidade. Para modelar o desempenho de uma turbina eólica, existem algumas principais abordagens que podem ser utilizadas Cooper(2010): Modelos baseados na conservação da quantidade de movimento, BEM e DMS como o QBlade; Modelos Vortex; Modelos de circulação local; e, Modelos viscosos - Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD)

Cada modelo tem suas vantagens e desvantagens, a principal vantagem dos modelos baseados na conservação de movimento é que seu esforço computacional necessário é dito ser muito menor do que para em comparação com as simulações baseadas na dinâmica dos fluidos computacionais. Para simular TEEH o QBlade aborda a teoria BEM que irá usar os coeficientes de sustentação e arrasto dos aerofólios das pás da turbina, calculados pelo método, para avaliar o desempenho do rotor. Nos últimos anos, vários esforços têm sido feitos para modificar e otimizar a teoria BEM para fornecer resultados precisos e confiáveis. Já para as simulações com TEEV com o QBlade o DMS é utilizado que trata-se de uma metodologia por análise integral das forças atuantes em um rotor eólico devido a ação da força do vento. Este método em específico, busca relacionar a velocidade do vento que se desloca no interior de um tubo de fluxo imaginário, que atingirá as pás do rotor que descrevem uma trajetória conhecida como disco atuador. a velocidade do vento no interior deste disco atuador é conhecida como velocidade induzida, e corresponde à desaceleração do vento devido à interferência causada

por efeitos aerodinâmicos de turbilhonamento proveniente do movimento das outras pás do rotor.

Para obter os dados de desenho de um projeto de turbina eólica no QBlade, deve seguir o passo a passo do Fluxograma da Figura 3 e em cada etapa alimentar o programa com os parâmetros aerodinâmicos da pá e rotor previamente selecionados durante a revisão da literatura.

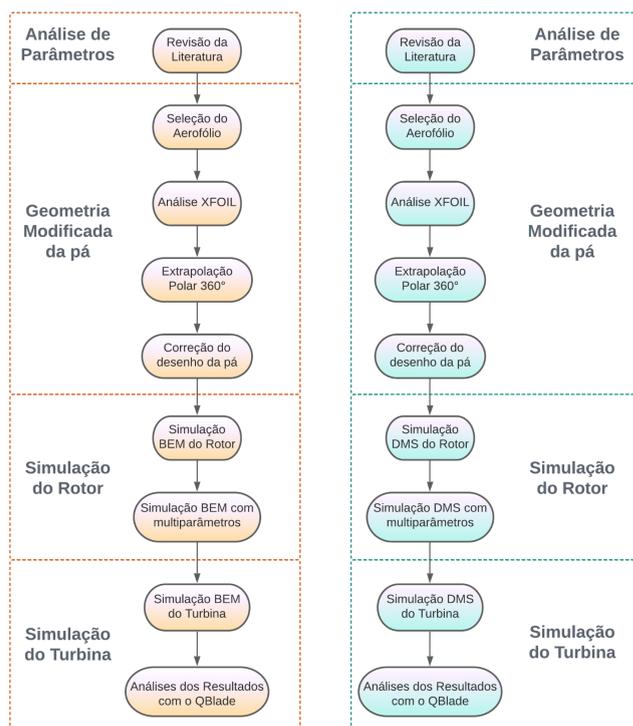


Figura 3 – Diagrama de fluxo utilizado no software QBlade para projetar uma turbina eólica. (Autoria própria, 2022)

Resultados e discussão

O resumo feito por Tummala et al. (2016) apresentado na Tabela 1 acerca das classificações de turbina parâmetros de microturbinas foram utilizados como guia para estabelecer as condições iniciais da pá e rotor a serem simulados pelo QBlade tanto para a modelagem de TEEH quanto para TEEV. A fim de caracterizar a classe de turbinas eólicas a ser estudadas nas simulações futuras com o QBlade, foi feita uma busca em catálogos de turbinas pequena comerciais, com o objetivo de encontrar modelos de turbinas com informações técnicas que estivessem dentro da banda de operação estipulada pela Tabela 1, confirmando assim, mais uma referência real de parâmetros para microturbinas. Para turbinas de eixo horizontal, encontrou-se o modelo satisfatório Turbina Eólica Notus Marine e para de eixo vertical a Wind-Smile.

Com as condições iniciais selecionadas e a geometria espacial do rotor definida, seguindo com as

etapas do fluxograma apresentado na Figura 3, pode-se dar início ao estudo preliminar com o método BEM e DMS. Diante dos resultados obtidos, no gráfico apresentado na Figura 4, tem-se um comparativo explícito de simulações aerodinâmicas com o perfil NACA 4412. É notável a aderência dos valores encontrados de Umar et al. (2022) estão em conformidade com o que foi produzido no estudo preliminar do aerofólio TEEH deste presente trabalho. Os mesmos possuem um C_p próximo a 0,4, entretanto, variam seu ponto máximo entre o TSR de 4 a 6. Já os resultados obtidos por Said et al. (2019), encontram-se em uma escala superior de potencial, a diferença de valor pode estar atrelada a uma correção da geometria da pá complexa e uma área varrida maior em comparação aos do parâmetros iniciais usados neste trabalho, pois os mesmos não se adequaram a classificação de microturbina convencional por Tummala et al.(2016).

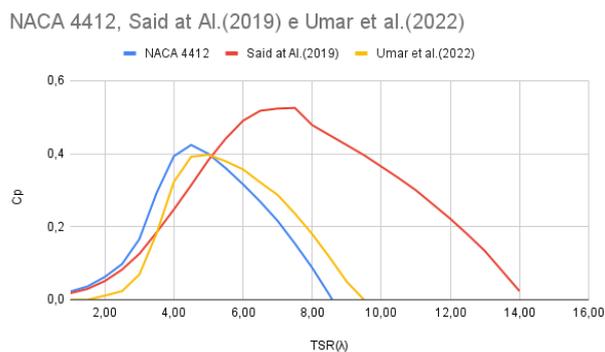


Figura 4 – Cp x TSR - Simulação BEM - TEEH

Já no gráfico apresentado na figura 5, tem-se o mesmo comparativo para simulações TEEV com o perfil NACA 0016. Os valores máximos de C_p não foram similares, pois o potencial de geração apresentado em Bouanani et al. (2020) foram superiores, devido às considerações do autor não informar os métodos de correções para melhorar a geometria especial das pás com o rotor, fato que incide sobre a capacidade de geração de uma turbina eólica.

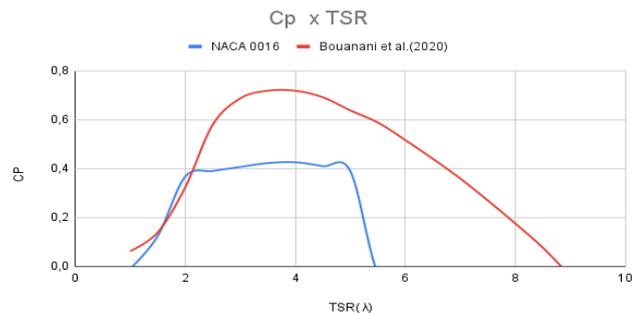


Figura 5 – Cp x TSR - Simulação DMS - TEEV

De forma a estudar melhor o comportamento de geração de potência elétrica a partir do aproveitamento do vento, o software QBlade apresenta um serviço de simulação de potencial de geração vinculados a pequenos espaços de tempo, baseado no algoritmo de iteração LLT. A simulação LLT do QBlade mostra-se interessante para avaliar o real coeficiente de potência do rotor escolhido em um sistema de vento modelado com fatores mais contundentes. Para o rotor TEEH, na Figura 6, são demonstrados a esteira e vortex formados pelo vento após o encontro com as pás, no início, no meio e no fim de uma simulação com 0,66s. O índice de C_p médio obtido no final da simulação foi acima do esperado. Porém, o regime de ventos foi favorável, com média de 9,21 m/s, sendo neste tempo de análise a potência gerada do rotor foi de 0,23kW.

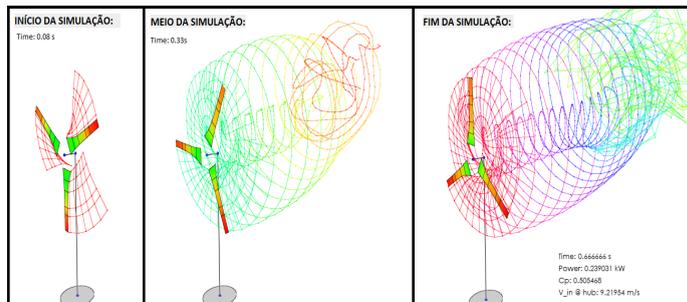


Figura 6 – Simulação temporal com o QBlade - TEEH

A Figura 7 elucida o comportamento da simulação TEEV que ocorreu até 0,60s. A simulação obteve um C_p abaixo do esperado, mas o mesmo comportamento tornou-se previsível ao considerar que a velocidade média da operação era bem superior ao que a turbina foi projetada. Outro detalhe importante é a clareza do regime de ventos assinalados pela velocidade média de 12 m/s, sendo ele turbulento, as linhas mostram-se muito mais difusas que o regime de escoamento da simulação com a turbina TEEH, apresentada na figura 6.

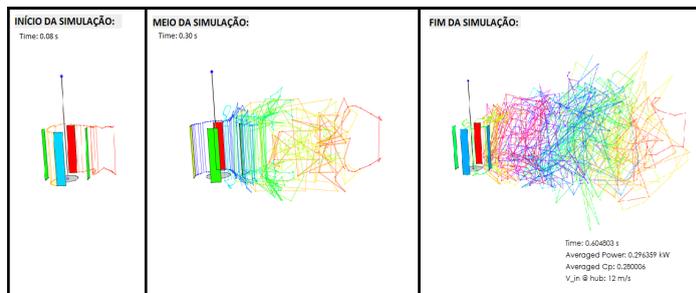


Figura 7 – Simulação temporal com o QBlade - TEEV

Conclusões

Para este trabalho vigente, as escolhas para simular um rotor de eixo horizontal e de eixo vertical de baixa capacidade foram permeadas em um estudo preliminar oferecidas pelas ferramentas de simulação do software QBlade, a partir método BEM e DMS para discretizar as condições de contorno de fluidos aerodinâmicos de forma satisfatória ao que tange valores obtidos com estudos em 2D. Para tal, pode-se considerar que as simulações obtidas com o QBlade mesmo com as limitações dos métodos em 2D, abrangem uma vasta possibilidade de correções que visam tornar os seus resultados em valores estimados confiáveis. Desta forma, os resultados obtidos com a simulação da microturbina de eixo horizontal e vertical, são de caráter útil e agradável.

De forma geral, tanto os valores de TEEH quanto de TEEV foram obtidos de forma satisfatória, alguns parâmetros não obtiveram a melhor performance comparados com os referenciais teóricos, mas os mesmos carecem de informações básicas que mudam completamente a discretização do método, como o próprio Umar et al. (2022) que investiga como a alteração minuciosa do número de reynolds tem impacto considerável sobre os valores encontrados, além de que os métodos de correção mostram-se bastante eficientes para ganhos e estimativas com os estudos dos rotores e aerofólios baseados na metodologia BEM e DMS.

Este trabalho tinha como premissa inicial avaliar turbinas eólicas que operam em um regime de microgeração. Faixa de operação mais tangível que pode ser aplicada à centro urbanos e com o benefício de considerar uma manutenção doméstica. As análises obtidas com o estudo preliminar, baseadas no método BEM para TEEH e DMS para TEEV em simulações do software QBlade, condicionados aos parâmetros iniciais reforçados, foram obtidos valores de operação dentro dos valores classificatórios reunidos na tabela 5.1, sendo suas utilizações factíveis. As especificações finais tiveram algumas variações com os valores comerciais utilizados como base, contudo, os potenciais de geração não foram acometidos devidos a estas diferenças, sendo tanto a turbina TEEH e TEEV modeladas com o QBlade capazes de ter uma geração nominal de 200W, valor familiar para a microgeração.

Agradecimento

Agradeço à União pelo Programa de Iniciação Científica - PIBIC à oportunidade ímpar de contribuir com o meio científico na área de que tanto esmero. Agradeço também ao corpo docente que compõem o TIES, pois estes são responsáveis por me capacitar a atingir este momento de finalizar minha primeira pesquisa. Ao grupo FDT - UNIFEI, que desde sempre me incentivou aos estudos aerodinâmicos, âmago do objeto de pesquisa deste trabalho. E por último e não menos importante, aos desenvolvedores da ferramenta de simulação livre QBlade e toda organização que colabora para tornar disponível o estudo com o software sem fins lucrativos.

Referências

- BOUANANI, A. et al. Modeling And Simulation Of The Vertical Axis Wind Turbine By Qblade Software. 2020.
- COOPER, P. Development and analysis of vertical-axis wind turbines. NSW, Australia: WIT Press, 2010. 289-296 p. 34, 38.
- ENERSUD. Turbina Eólica Notus Marine. 2020..
- KOC, E. et al. Mini-Scaled Horizontal Axis Wind Turbine Analysis By Qblade And Cfd. 2016.
- MARTEN, J. W. D. QBlade Guidelines. 2013. OK
- SAID, A. et al. Performance Analysis of a Small Capacity Horizontal Axis Wind Turbine using QBlade. 2019.
- SCHUBEL, P. J.; CROSSLEY, R. J. Wind Turbine Blade Design. 2012.
- STAFFELL DANIEL J. L. BRETT, N. P. B. A. D. H. I. Domestic Microgeneration: Renewable and Distributed Energy Technologies, Policies, and Economics. São Paulo: Routledge, 2015.
- TONG, W. Fundamentals of wind energy. 2010.
- TUMMALA, A. A. et al. A review on small scale wind turbines. Coimbatore, India: Elsevier Science, 2016. 19, 20,
- UMAR, D. A. et al. Design and Optimization of a Small-Scale Horizontal Axis Wind Turbine Blade for Energy Harvesting at Low Wind Profile Areas. 2022.
- WIND-SMILE. Turbina Eólica Wind Smile 200W. 2016.