

ANÁLISE DAS CURVAS CARACTERÍSTICAS E ENERGIA ANUAL GERADA DAS TURBINAS EÓLICAS DE PEQUENO PORTE PARA BANCO DE DADOS EOLUSOFT

Jorge A. Villar Alé (1) e Tcharles C. Hilbig (1)

(1) Departamento de Engenharia Mecânica e Mecatrônica, NUTEMA – Núcleo Tecnológico de Energia e Meio-Ambiente, PUCRS, Av. Ipiranga, 6681, Partenon, cep: 90000-000, Porto Alegre, RS – Brasil

Palavras chaves: Turbinas Eólicas de Pequeno Porte, Energia eólica, Curva de Potência

RESUMO

A curva de potência de turbinas eólicas de pequeno porte são imprescindíveis para o correto dimensionamento de sistemas eólicos. A partir dela pode-se obter, utilizando-se de variáveis ambientais do local, a energia anual gerada pela turbina. Esta é utilizada pelo programa Eolusoft para obter um dimensionamento rápido e eficaz de sistemas eólicos.

As informações técnicas compiladas neste trabalho são utilizadas para acrescentar o banco de dados de turbinas eólicas de pequeno porte do programa Eolusoft. Este aplicativo computacional, desenvolvido em ambiente Windows, é uma ferramenta para o dimensionamento de sistemas Eólicos e Fotovoltaicos. Ele permite o dimensionamento de sistemas através da necessidade específica do consumo de energia para cada usuário, tendo em vista, o potencial energético de cada localidade.

Para se dimensionar um sistema eólico de pequeno porte é necessário algumas informações sobre o local da instalação, como a distribuição de frequência do vento, tipo de solo, altura de referência, e a curva de potência da turbina fornecida pelo fabricante .

Informações técnicas sobre as turbinas que serão utilizadas para o dimensionamento, também são necessárias na hora de analisar o sistema dimensionado. Portanto, foram obtidas as funções que descrevem a curva de potência dada pelo fabricante, com seus respectivos fabricantes, potência nominal, velocidade nominal, rotação nominal, diâmetro do rotor, número de pás. Alguns fabricantes de turbinas tem representantes no Brasil, assim como página na internet e correio eletrônico. O valor de compra da turbina, sendo um fator importante para o dimensionamento de um sistema eólico, também é abordado no presente trabalho.

A curva de potência do fabricante é aproximada por uma equação interpoladora. Essa equação é obtida a partir do programa CurveExpert 1.3 que utiliza vários modelos de regressão tanto linear como não linear assim como métodos de interpolação que tornam mais precisos os dados. Ele analisa os dados e mostra a melhor aproximação , seu erro padrão e coeficiente de aproximação. Os ajustes foram feitos para 23 turbinas.

Os dados de Velocidade e potência encontrados na curva do fabricante são colocados na planilha do programa, sendo a velocidade em m/s no eixo do x e a potência em kW no eixo y, para serem modelados. O programa utiliza técnicas de interpolação e regressão. A interpolação garante que a curva ajustada passa por todos os pontos dos dados inseridos. A regressão simplesmente assegura que a diferença entre a função ajustada e os dados inseridos seja mínima. Um interessante ponto no programa é a grande quantidade de regressões não lineares. Este tipo de modelo é o mais utilizados em aplicações práticas. O informado também, automaticamente, uma lista com os modelos que mais se aproximaram com os dados da curva, seu erro padrão e o coeficiente de correlação.

Para efeito de comparação, os dados de velocidades são utilizados na equação ajustada. Pode-se assim comparar a potência gerada pela equação ajustada e a potência que o fabricante informa. Algumas curvas ajustadas apresentam-se na figura 1.

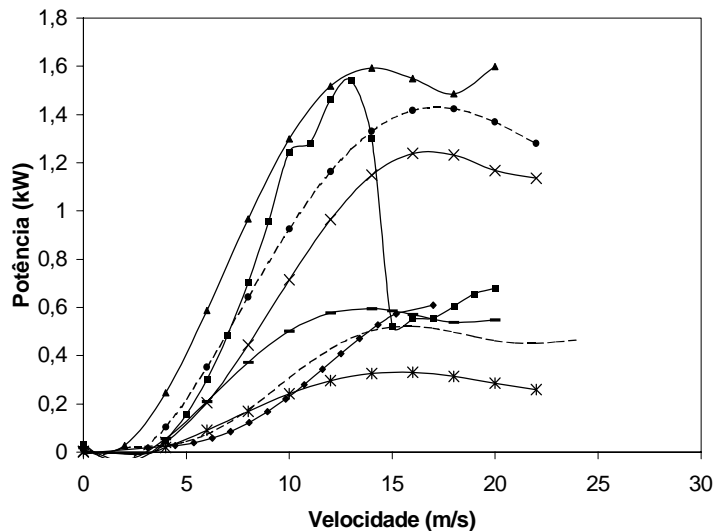


Figura 1 - Curvas de potência ajustadas.

A partir dos dados de distribuição de freqüências de velocidade do local (distribuição de Weibull e Rayleigh) e a curva característica da turbina, calcula-se a Energia Anual Gerada, que será a informação utilizada para verificar se o sistema esta bem dimensionado, subdimensionado ou superdimensionado. A Energia Anual Gerada é determinada pelo somatório entre o produto da potência pela freqüência de velocidade. O Fator de capacidade relaciona a Energia Anual gerada pela turbina com a Potência Nominal da mesma, avaliando assim, a capacidade na geração de energia. Foram calculadas as energias anuais geradas para as velocidades médias de 4 a 7m/s utilizando distribuição de Rayleigh. Os resultados para a velocidade média de 6m/s apresentam-se na figura 2.

| Turbinas | Potência (W) | EAG(KWh) | Fc |
|----------|--------------|----------|------|
| 1 | 25 | 71.45 | 0.33 |
| 2 | 50 | 55.25 | 0.13 |
| 3 | 90 | 273.44 | 0.35 |
| 4 | 140 | 194.26 | 0.16 |
| 5 | 250 | 786.95 | 0.36 |
| 6 | 250 | 851.90 | 0.39 |
| 7 | 280 | 219.67 | 0.09 |
| 8 | 280 | 436.89 | 0.18 |
| 9 | 280 | 653.48 | 0.27 |
| 10 | 400 | 815.79 | 0.23 |
| 11 | 500 | 1033.15 | 0.24 |

| Turbinas | Potência (W) | EAG(KWh) | Fc |
|----------|--------------|----------|------|
| 12 | 500 | 1033.15 | 0.24 |
| 13 | 600 | 1856.81 | 0.35 |
| 14 | 600 | 1490.41 | 0.28 |
| 15 | 1000 | 2395.37 | 0.27 |
| 16 | 1400 | 2395.37 | 0.20 |
| 17 | 1500 | 5308.92 | 0.40 |
| 18 | 1500 | 3560.11 | 0.27 |
| 19 | 2500 | 9863.79 | 0.45 |
| 20 | 3000 | 10128.52 | 0.39 |
| 21 | 3600 | 11264.24 | 0.36 |
| 22 | 10000 | 21633.64 | 0.25 |
| 23 | 10000 | 26603.28 | 0.30 |

Figura 2 – Energia Anual gerada e Fator de Capacidade

Por ser uma informação vital na análise do sistema eólico, a energia anual gerada é utilizada também como método de comparação entre as curvas ajustadas e as fornecidas pelos fabricantes.

As energias anuais geradas pelas curvas do fabricante e ajustada de uma mesma turbina, apresentaram-se muito próximas, sendo o valor da diferença entre elas de influência desprezível no dimensionamento do sistema eólico.

Pode-se verificar, portanto, que turbinas eólicas de pequeno porte de mesma potência nominal, para uma mesma distribuição de vento, podem apresentar distintas energias geradas. Isto se deve as características de construção de cada turbina.

Com esses resultados, estão sendo introduzidas as curvas de potência das turbinas aqui estudadas no aplicativo Eolusoft, aumentando o banco de dados de turbinas de pequeno porte para dimensionamento de sistemas eólicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Alé, J. A. V., 1998. Wind and Solar Systems for Rural Electrification in State of Rio Grande do Sul, Brazil In: Solar Engineering- ASME98, 1998, New Mexico - USA. Solar Engineering- ASME98, v.I. p.259 – 275
- [2] Alé, J. A. V., García, F. H., 1999. Modelamento de Sistemas Híbridos Eólicos-Fotovoltaicos: Estudo de Implementação em Áreas Rurais de Brasil e Cuba In: Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica - COBEM99. Águas de Lindóia – SP, Brasil.
- [3] Alé, J. A. V., 1998. Caracterização Técnico Econômica de Sistemas Eólicos e Aplicações Energéticas Locais In: Feira e Congresso de Ar Condicionado, Refrigeração Aquecimento e Ventilação do Mercosul, 1998, Porto Alegre, Brasil.
- [4] Alé, J. A. V., Giacobbe, L. M., García, F. H., 1999. Viabilidade de Pequenos Sistemas Eólicos e Fotovoltaicos para Eletrificação Rural no Rio Grande do Sul In: Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica - COBEM99, Águas de Lindóia - SP.
- [5] Alé, J. A. V., García, F. H., 1999, Wind and Photovoltaics Atonomous Systems for Rural Electrification in State of Rio Grande do Sul Brazi In: European Wind Energy Conference and Exhibition -EWEC99, Nice - França.
- [6] Krezinger A., et al., Software SOLARCAD. 1997, Laboratório de Energia Solar-UFRGS.. Porto Alegre. Brasil.
- [7] Lobo R., A. et. al., 1995. Rural PV electrification in Minas Gerais-Brasil. CEMIG'S experience and projects. IERE Workshop, Photovoltaic rural electrification and the electric power utility, pp 146-154. Coyococo, México.
- [8] Markvart, T., 1996. Sizing of hybrid photovoltaic-wind energy systems, Solar Energy, Vol. 57, No. 4, pp. 277-281.