

ESTIMATIVA DA DENSIDADE DE POTÊNCIA EÓLICA NO NORDESTE DO BRASIL

Sandro C. HOLANDA^{1,2}, Jerusa G. A. SANTANA^{1,2}, Heliofábio. B. GOMES^{1,3}, Rosiberto, S. S. JUNIOR^{1,3}, Fabrício D. S. SILVA^{1,3}
sandrocholanda@gmail.com

¹Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

²Centro de Ciências Agrárias (CECA)

³Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT)

RESUMO

As estimativas da densidade de potência eólica e dos parâmetros do modelo estatístico de Weibull, foram os objetivos deste trabalho. Para alcançar tais objetivos, foram utilizados três métodos numéricos para a determinação dos parâmetros de Weibull (método da regressão linear, método da máxima verossimilhança e o método do fator padrão de energia), e cujo o valor médio foi imprescindível à estimativa da densidade de potência eólica. A cidade de Macau-RN apresentou os maiores valores da densidade de potência eólica.

ABSTRACT

The goal of this work was to estimate the parameters of the Weibull model and the wind power density. In this sense, the Weibull parameters were estimated by linear regression method, maximum likelihood method and of energy pattern factor method. These parameters were used to estimate the wind power density. The Macau-RN city presented the highest values of wind power density.

Palavras chave: Modelo, vento, ajuste.

1. INTRODUÇÃO

A geração de energia elétrica, a partir de turbinas eólicas, tem crescido no Brasil e no mundo suprimindo a crescente demanda e atenuando as ações antrópicas no clima global. Vale ressaltar que a exatidão na estimativa da densidade de potência eólica **DPE** é de fundamental importância às ações de planejamento do setor energético. Neste sentido, para desenvolver esta pesquisa foram utilizadas duas séries temporais de dados de vento para as cidades de Macau (Rio Grande do Norte-RN) e Maceió (Alagoas-AL), e cujo os dados foram ajustados ao modelo de distribuição de probabilidade de Weibull utilizando-se três métodos para estimar os parâmetros de forma **k** e de escala **c** (método da regressão linear **RL**, método da máxima verossimilhança **MLE** e o método do fator padrão de energia **MFPE**). Os principais resultados deste trabalho mostraram que os métodos **MFPE** e **RL** apresentaram os melhores ajustes e a cidade de Macau-RN apresentou a maior **DPE** relativa. Em geral, este trabalho teve como objetivo a estimativa dos parâmetros do modelo de Weibull que melhor se ajustam aos dados observados, e também, estimar **DPE** nas cidades supracitadas.

2. DADOS E METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas duas séries temporais ST de dados de vento à 10m da superfície coletados por estações automáticas, subsidiadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Governo Federal do Brasil, instaladas nas cidades de Macau-RN (Lat. -5,1510° e Lon. -36,5731) e Maceió-AL (Lat. -9,5511° e Lon. -35,7701), localizadas na região litorânea no nordeste brasileiro. A eq. 1 representa a função densidade de probabilidade de Weibull FDP, a qual após integrada resulta na FDP acumulada definida pela eq. 2, onde **k** é o parâmetro de forma adimensional e **c** é o parâmetro de escala com dimensão de velocidade (m/s).

$$P(V)dV = \frac{k}{c} \left[\frac{V}{c} \right]^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{V}{c}\right)^k\right] dV \quad (1)$$

$$P(V \leq V_i)dV = \int_0^{V_i} P(V)dV = 1 - \exp\left[-\left(\frac{V_i}{c}\right)^k\right] \quad (2)$$

Há diversos métodos diferentes para estimar os parâmetros de Weibull, mas neste trabalho utilizaram-se os métodos da regressão linear **RL**, da máxima verossimilhança **MLE** e do fator padrão de energia **MFPE**, cujas fórmulas não são apresentadas neste texto (George, et. al., 2014; Rocha, et. al., 2012). Por sua vez, a eq. 3 calcula o grau de ajuste (aderência) da FDP de Weibull aos dados originais sendo P_{est} a função da densidade de probabilidade acumulada estimada e P_{obs} a função acumulada dos dados observados. Para estimar a DPE, foi utilizada a eq. 4. Por outro lado, a eq. 5 calcula a velocidade média de Weibull. Admitindo que Γ é a função gama e que a densidade do ar é $\rho=1,21\text{kg/m}^3$. Para alcançar os objetivos deste trabalho foram implementados algoritmos fazendo-se uso do software Matlab.

$$Ad = (1 - E) \Rightarrow (E)^2 = \sum_i^n [P_{est}(V \leq V_i) - P_{obs}(V \leq V_i)]^2 \quad (3) \quad DPE(k, c) = \frac{1}{2} \rho c^3 \left[\Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right) \right] \quad (4) \quad \bar{V}(k, c) = c \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (5)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando o período de análise de 12 meses, os melhores ajustes foram alcançados pelos métodos MFPE (75,0%) e RL (41,6%) para as cidades de Macau-RN e Maceió-AL, respectivamente. O método MLE (25%) obteve resultados intermediários para as duas cidades. A tabela 1 mostra os valores médios dos parâmetros de forma $k(\text{méd})$ e escala $c(\text{méd})$ segundo os métodos RL, MLE e MFPE, os quais foram usados para estimar a densidade de potência eólica DPE. Por sua vez, a cidade de Macau-RN apresentou os maiores valores para a DPE e para a velocidade média, comparado à cidade de Maceió-AL em todos os meses analisados, como mostra a figura 1.

	Macau-RN		Maceió-AL	
	c(méd)	K(méd)	c(méd)	K(méd)
JUN	4,17	2,55	2,40	1,76
JUL	4,63	2,52	2,47	1,78
AGO	5,50	3,39	2,50	1,59
SET	6,12	3,83	2,98	1,78
OUT	6,07	3,46	4,01	2,17
NOV	6,05	2,62	4,19	2,18
DEZ	5,61	2,57	4,12	2,17
JAN	5,27	2,50	3,56	1,96
FEV	4,13	2,06	3,42	1,88
MAR	4,25	2,31	3,02	1,75
ABR	3,51	2,55	2,46	1,67
MAI	3,48	2,79	2,45	1,87
ANUAL	5,18	2,51	3,12	1,75

Tabela 1: Valores médios dos parâmetros de forma $k(\text{méd})$ e de escala $c(\text{méd})$ considerando os métodos: RL, MLE e MFPE.

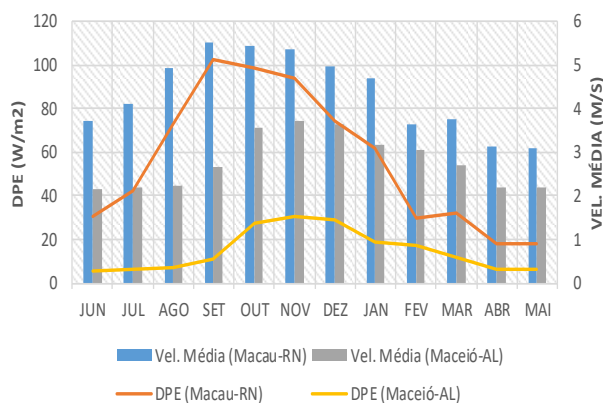


Figura 1: Distribuição temporal da densidade de potência eólica DPE e da velocidade média em Macau-RN e Maceió-AL.

4. CONCLUSÕES

Os resultados alcançados conduziram às seguintes conclusões: 1- Os parâmetros de Weibull, foram melhor estimados pelos métodos MFPE (75%) em Macau-RN e RL (41,6%) em Maceió-AL, tendo, o MLE (25%) apresentado resultados intermediários. 2- A cidade de Macau-RN obteve os maiores valores da DPE estimada, comparada à cidade de Maceió-AL, em todo o período analisado.

5. REFERÊNCIAS

George, Florence, 2014: A Comparison of Shape and Scale Estimators of the Two-Parameter Weibull Distribution. Journal of Modern Applied Statistical Methods. Journal of Modern Applied Statistical Methods. 13, 23-35.

Rocha, P. A. C., Sousa, R. C., Andrade, C. F., Silva e M. E. V., 2012: Comparison of seven numerical methods for determining Weibull parameters for wind energy generation in the northeast region of Brazil. Applied Energy, 89, 395-400.