

AValiação DO POTENCIAL EÓLICO NA ZONA RURAL DE PETROLINA - PE

RODRIGO TORRES SILVA¹, RUANNA MATOS ALMEIZA SOUZA², RAPHAEL OLIVEIRA DAMASCENA³, DANIEL DOS SANTOS COSTA⁴

¹ Graduando em Eng^o Agrícola e Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, (74) 9114-1692, rodxtorres@hotmail.com

² Graduanda em Eng^o Agrícola e Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, (74) 9111-2495, ru-matos@hotmail.com;

³ Graduando em Eng^o Mecânica, Universidade Federal do Vale do São Francisco, (74) 9942-0426, rpl_oliveira@live.com;

⁴ Eng^o Agrícola e Ambiental, Prof. Mestre, Universidade Federal do Vale do São Francisco, (74) 2102-7621, daniel.costa@univasf.edu.br.

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

RESUMO: A exclusão energética ainda limita o desenvolvimento socioeconômico de áreas rurais e com isso surgiu a necessidade de buscar energias alternativas para suprir esse déficit através da universalização do seu acesso. Sendo assim, objetivou-se o estudo da caracterização do regime eólico na área rural de Petrolina – PE visando determinar o potencial energético para a implantação de micro centrais eólicas. Foram utilizados dados horários, do período de janeiro de 2008 a dezembro de 2013, de velocidade média do vento a 10m de altura da estação climatológica pertencente ao Laboratório de Meteorologia da Universidade Federal do Vale do São Francisco e que está localizada no Distrito de Irrigação Nilo Coêlho (latitude: 09°19'28"S, longitude: 40°33'34"W, altitude: 393m). Para determinar o aproveitamento energético eólico foi utilizado a distribuição de *Weibull*, que consiste em métodos probabilísticos que determinará a distribuição de densidade dos ventos. O Distrito de Irrigação Nilo Coêlho localizado na cidade de Petrolina - PE apresenta uma densidade de velocidade do vento inferior para o aproveitamento eólico e consequentemente a geração energética.

PALAVRAS-CHAVE: Regime Eólico, Aproveitamento Energético, Distribuição Weibull.

WIND ENERGY POTENTIAL IN JUAZEIRO

ABSTRACT: The energy exclusion still limits the socioeconomic development of rural areas and with that came the necessity to search for alternative energy sources to supplement this deficit through universal access. Thus, the objective was to study the characterization of the wind regime in rural Petrolina - PE to determine the energy potential for the deployment of micro wind farms. Average wind speed hourly data were used to 10m height meteorological station belonging to the Meteorological Laboratory of the Federal University of Vale do São Francisco and it is located in the Irrigation District Nile Coêlho (latitude: 09°19'28 "S, longitude: 40°33 '34 "W, altitude: 393m). To determine the wind energy utilization was used *Weibull* distribution based on probabilistic methods to determine the density distribution of winds. The Irrigation District Nile Coêlho located in Petrolina - PE has a wind speed of less density for the wind energy utilization and consequently generation.

KEYWORDS: Wind regime, Energy Use, Weibull Distribution.

INTRODUÇÃO: A necessidade de se encontrar outros meios de produção de energia ocorreu devido ao fornecimento limitado do sistema brasileiro, gerando uma exclusão energética de áreas rurais afastadas e assim comprometendo o desenvolvimento socioeconômico. A qualidade da energia elétrica disponibilizada para as propriedades e comunidades rurais também se torna um questionamento frequente, visto que é necessário manter o bom desempenho e funcionamento das instalações elétricas. Um dos meios de garantir o fornecimento de energia elétrica nessas áreas seria a implantação de sistemas energéticos baseados em fontes alternativas de energia (KOLLING et al., 2004). Assim tornando a geração eólica um potencial devido a sua

eficiência na produção energética de qualidade e independência do sistema brasileiro de transmissão, além de consagrar o seu uso, com emissões mínimas de poluentes, renovabilidade e geração de grandes demandas. Esse tipo de energia requer estudos para que seus aerogeradores sejam instalados, e a viabilidade dos parques eólicos é determinada por fatores, como o regime de intensidade dos ventos e a sua variação, dados que serão utilizados para calcular a estimativa do aproveitamento de energia eólica utilizando a densidade de probabilidade, esses registros ganham importância se puderem ser descritos por expressões analíticas e geométricas (GABRIEL FILHO, 2011). Diversas distribuições probabilísticas têm sido sugeridas para descrever o regime de ventos, mas conforme a literatura de SILVA et al. (2010), a de *Weibull* (WEIBULL, 1951) é normalmente considerada como a mais adequada e a que foi utilizada nesse estudo, devido a sua escala temporal e tratamento de grande volume de dados. Sendo assim, objetivou-se o estudo da caracterização do regime eólico na área rural de Petrolina – PE visando determinar o potencial energético para a implementação de micro centrais eólicas.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Energia na Agricultura do Colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental da UNIVASF, Universidade Federal do Vale do São Francisco, localizado no município de Juazeiro – BA. A análise foi realizada utilizando os dados da velocidade média dos ventos na altura de 10m do período de janeiro de 2008 até dezembro de 2013, obtidos pelo Laboratório de Meteorologia - LABMET da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF no município de Petrolina-PE. É uma das principais cidades da região do submédio São Francisco, está localizado a 09°19'28"S de latitude e 40°33'34"W de longitude, a 393 metros (CPRM, 2005). A região é de clima semiárido quente, com estação chuvosa entre os meses de novembro e março, podendo atingir a máxima de 43,6 °C e a mínima de 20,3 °C, com a umidade relativa do ar beirando aos 58%. A medição ocorre a partir de um anemômetro que fica instalado a um computador de análise de dados que obtém informações em tempo real a cada 2 segundos, o anemômetro mede a velocidade a 10m e depois que realiza esse procedimento, o sistema faz um média a cada 30 minutos e em seguida plota um gráfico, sendo que no final da noite é feito um relatório geral destes dados em forma de planilha. O método probabilístico utilizado para o trabalho é a distribuição *Weibull* que é uma forma de expressar analiticamente e geometricamente os dados coletados, a equação geral que permite isso é:

$$f(u) = \frac{k}{c} \left(\frac{u}{c}\right)^{k-1} \exp\left\{-\left[\left(\frac{u}{c}\right)\right]^k\right\} \quad (1)$$

em que:

u – velocidade média do vento (m/s);

c – parâmetro de escala, com as dimensões de velocidade (m/s) de valor positivo, e

k – parâmetro de forma, sem dimensões e de valor positivo.

A equação que expressa analiticamente a densidade de probabilidade de *Weibull* é linearizada para facilitar a determinação dos seus parâmetros, temos que:

$$F(u) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{u}{c}\right)^k\right] \quad (2)$$

Porém é possível calcular a densidade de probabilidade utilizando os valores de ocorrências de velocidade dos ventos, a partir de:

$$f(u) = \frac{m}{n} \quad (3)$$

em que,

m – número de ocorrências em uma determinada velocidade;

n – número total de ocorrências

.E ainda $F(u)$ como a probabilidade acumulada determinada pela soma das densidades:

$$F(u) = \sum f(u) \quad (4)$$

Utilizando a regressão linear ($y = ax + b$) é possível a utilização do MMQ (Método dos Mínimos Quadrados) para determinar seus parâmetros, obtém-se:

$$Y = \ln[-\ln(1 - F(u))] = k \ln u - k \ln c \quad (5)$$

A partir do que foi determinado anteriormente podemos formular que o parâmetro de escala é obtido a partir da exponencial do produto negativo entre as constantes B e A :

$$c = \exp\left(\frac{-B}{k}\right)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Nota-se que nas velocidades de 4 e 5m/s ocorreram as maiores probabilidades de densidade de ventos, porém a maior ocorrência foi na velocidade de 4m/s e isso implica em uma menor capacidade na produção de energia eólica, visto que segundo dados do Ministério do Meio

Ambiente, a velocidade de ventos ideal para produção de energia com eficiência é de 7m/s.

TABELA 1. Distribuição da velocidade do vento, probabilidade acumulada da função linearizada.

Velocidade do Vento	Densidade de Probabilidade	Probabilidade Acumulada	Y	X
u (m/s)	$f(u)$	$F(u)$	$Y = \ln[-\ln(1 - F(u))]$	$X = \ln u$
1	0	0,000	0	0,000
2	0,055	0,028	-3,580	0,693
3	0,209	0,160	-1,750	1,099
4	0,368	0,448	-0,521	1,386
5	0,293	0,779	0,410	1,609
6	0,068	0,959	1,161	1,792
7	0,007	0,997	1,733	1,946

De acordo com os dados obtidos e expostos na Tabela 1, calculamos os valores das constantes $B = -6,4633$ e $A = 4,2502$ com $R^2 = 0,9992$ através da análise de regressão linear. A partir do valor de R^2 podemos dizer que o método utilizado na linearização dos dados foi eficiente.

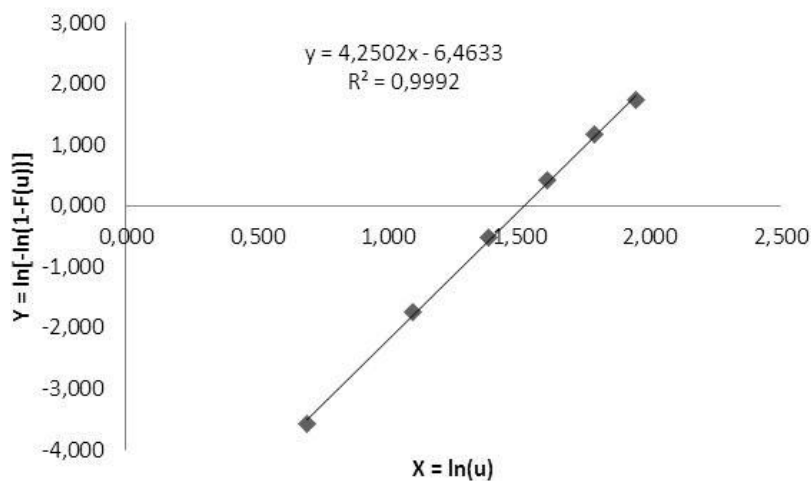


FIGURA 1. Representação da função linearizada $Y = AX + B$.

Portanto, $Y = 4,2502X + 6,4633$, reta representada na Figura 1 a partir de um gráfico em que apenas os pontos em que existiu ocorrências foram plotados, desconsiderando o intervalo de velocidade de 1m/s, pois não houve nenhum acontecimento de ventos até 1m/s e acima de 7m/s durante os cinco anos analisados, como pode ser visto na Figura 2. O valor de k calculado é geralmente chamado como medida de dispersão da velocidade dos ventos e c como a velocidade do regime habitual dos ventos (GABRIEL FILHO, 2011). Vale ressaltar que o valor de $k = A$, e que $c = 4,5754$ m/s, sendo assim a velocidade dos ventos “disponível” para a geração energética.

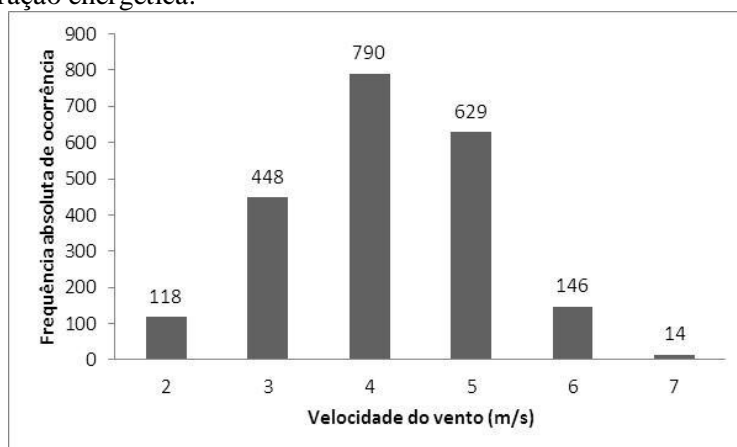


FIGURA 2. Frequência absoluta e relativa de ocorrência da velocidade do vento.

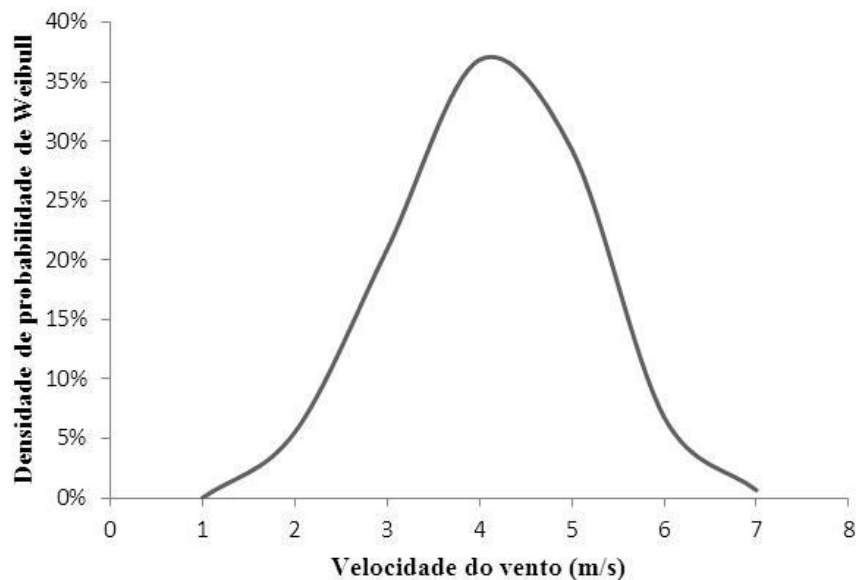


FIGURA 3. Função de Weibull.

Com a determinação dos parâmetros a partir das constantes, podemos determinar a função de densidade de probabilidade de Weibull substituindo os valores na Equação 1:

$$f(u) = \frac{k}{c^k} u^{k-1} \exp\left(-\frac{1}{c^k} u^k\right) = 0,0213 u^{2,9194} \exp(-5,4359 * 10^{-3} u^{3,9194}) \quad (6)$$

A Figura 3 é a distribuição dos ventos e está representada analiticamente pela Equação 6, enquanto a probabilidade acumulada é dada pela equação:

$$F(u) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{u}{3,7829}\right)^{3,9193}\right] \quad (7)$$

CONCLUSÕES: Devido aos resultados obtidos na determinação da distribuição de Weibull para o regime eólico caracterizado a partir das medições feitas pelo anemômetro no Distrito de Irrigação Nilo Coêlho da cidade de Petrolina –PE, podemos determinar que não apresentou um bom potencial eólico energético, apesar de que o método de linearização foi satisfatório estatisticamente, sendo assim o modelo utilizado para distribuir a densidade de probabilidade foi adequado para os dados. Tal resultado torna relevante para posteriores estudos devido a importância agrícola que a região possui.

REFERÊNCIAS

- GABRIEL FILHO, Luís R. A et al . Caracterização analítica e geométrica da metodologia geral de determinação de distribuições de Weibull para o regime eólico e suas aplicações. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal , v. 31, n. 1, Feb. 2011 .
32. LIMA, F. J. L. de; CAVALCANTI, E.P. ; Souza, E.P. ; Silva, E.M. da. Evaluation of the Wind Power in the State of Paraíba Using the Mesoscale Atmospheric Model Brazilian Developments on the Regional Atmospheric Modelling System. *ISRN Renewable Energy*, v. 2012, p. 1-16, 2012.
- GABRIEL FILHO, L.R.A.; SERAPHIM, O.J.; CREMASCO, C.P.; CANEPPELE, F. de L. Metodologia da determinação dos parâmetros característicos de sistemas eólicos de geração de energia. *Revista Tecnologia*, Canoas, v.9, p.15-27, 2008.
- KOLLING, E. M.; SOUZA, S. N. M. de; RICIERI , R. P.; SAMPAIO, S. C.; DALLACORT, R. Análise operacional de um sistema fotovoltaico de bombeamento de água. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 527-535, 2004.
- WEIBULL, W. A statistical distribution function of wide applicability. *Journal of Applied Mechanics*, New York, v.18, n.3, p.293-297, 1951.
- SILVA, B.B. da; ALVES, J.J.A.; CAVALCANTI, E.P.; DANTAS, R.T. Potencial eólico na direção predominante do vento no Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.6, n.3, p.431-439, 2002.