

AJUSTES DE MODELOS PROBABILÍSTICOS PARA CARACTERIZAÇÃO DA VELOCIDADE DOS VENTOS NO MUNICÍPIO DE BOTUCATU.

Alexandre N. Schubert¹, Alexandre Dal Pai², Sergio A. Rodrigues³

¹Aluno Especial Pós Graduação, Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP Botucatu. an.schubert@ig.com.br.

²Prof. Dr. da Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP Botucatu. adalpai@fca.unesp.br.

³Prof. Dr. da Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP Botucatu. sergioar@fca.unesp.br.

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade o vento tem grande influência na vida cotidiana, como fonte de energia motriz movendo moinhos de vento, veleiros, bombas de água, geradores de energia elétrica. Interfere no bem estar pessoal, aliviando a sensação de calor ou intensificando a sensação de frio. Da mesma forma que pode dispersar poluentes, pode carregar poeira, terra, areia, fumaça, propagar o fogo. Impulsiona as ondas, modifica a topografia movendo dunas, esculpindo arenitos. Nas suas formas mais poderosas, furacões, ciclones, causam grandes destruições.

A energia fornecida pelo Sol a Terra e consequentemente ao sistema atmosférico gera através do aquecimento, o movimento dos gases presentes na atmosfera o que é designado genericamente como vento (VIANELLO; ALVES, 2014).

Devido ao movimento de rotação da Terra, o vento é desviado da direção perpendicular às isóbaras, seu caminho teórico. O desvio é para a direita no hemisfério norte (HN) e para a esquerda no hemisfério sul (HS), qualquer que seja a direção inicial de deslocamento da massa de ar. Esse desvio é causado pela ação da força defletora de rotação da Terra ou força de Coriolis (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Até aproximadamente 500 metros de altura, dependendo das condições topográficas e meteorológicas locais o efeito do atrito com a superfície é mais pronunciado. A resultante da força de atrito é oposta ao deslocamento do vento (OLIVERA, 2014).

Uma das variáveis meteorológicas mais importante e menos estudada é o vento onde é conhecida a sua influência na agricultura, especialmente quando ocorre próximo à superfície terrestre, atuando sobre a propagação de sementes, grãos de pólen e patógenos; intensificando a transferência de água para a atmosfera quando quente e seco; polinização das plantas (polinização anemófila); provoca distribuição não uniforme de água por sistemas de irrigação por aspersão, causador de danos mecânicos às plantas (quebra-ventos em áreas agrícolas); de

erosão do solo (erosão eólica). Nas plantas, sabe-se que o vento afeta o crescimento destas de três maneiras: transpiração, absorção de CO₂ e efeito mecânico sobre as folhas e ramos, sendo que o resultado desta interação depende da espécie (OLIVERA, 2014; MUNHOZ; GARCIA, 2008).

Junto ao solo os efeitos do vento, na camada superficial, são de caráter normalmente turbulento e a extrema variabilidade na natureza da superfície faz com que as camadas de ar em contato com o solo frequentemente mostrem consideráveis trocas diurnas no gradiente da massa específica, afetando de maneira complexa as globais características do fluxo (DANTAS; SILVA, 2008).

Este trabalho teve por objetivo avaliar algumas distribuições de probabilidade ajustadas JOHNSON et al. (1995) para descrever a velocidade dos ventos junto ao solo (a dois metros de altura) no município de Botucatu-SP, possibilitando determinar as probabilidades de ocorrência de diferentes velocidades e, conseqüentemente, fornecer subsídios para trabalhos futuros que visem o melhor aproveitamento eólico para fins agrícolas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados da velocidade do vento medidas a dois metros de altura, utilizados neste trabalho, foram coletados na estação meteorológica do departamento de Engenharia Rural, UNESP-Câmpus de Botucatu, com as coordenadas geográficas: latitude 22 50' sul, longitude 48 45' Oeste e altitude 786 m. A estação meteorológica atende a recomendação da Organização Mundial de Meteorologia (WMO, 1983).

O equipamento utilizado foi um anemômetro instalado a dois metros de altura. Os dados correspondem à medição diária às 8 horas em km/dia no período de 01 de janeiro de 1971 a 31 de dezembro de 2013.

Inicialmente, os dados foram avaliados de forma descritiva por meio de medidas resumo, histogramas e polígonos de frequência acumulado, apontando como os mesmos se caracterizam em relação à posição, dispersão e forma.

Posteriormente, modelos de distribuições de probabilidade Gama, Log-normal e Weibull foram ajustados aos dados, utilizando estimadores de máxima verossimilhança dos parâmetros das respectivas funções densidades de probabilidade (fdp).

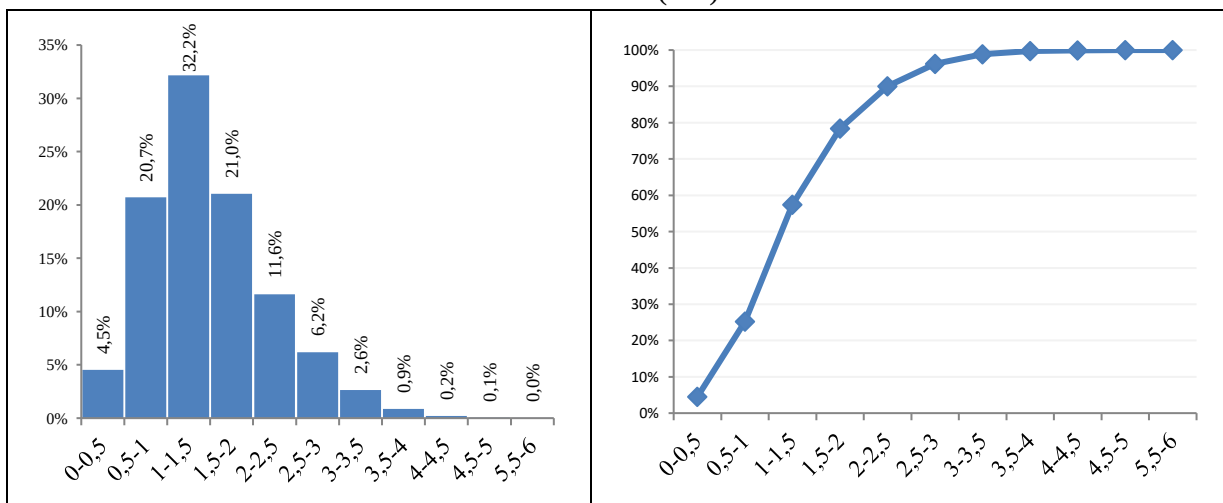
Para a escolha do modelo de melhor ajuste, foi utilizado o critério de informação de Akaike (AIC), definido por Akaike (1983). Também, com o mesmo objetivo, foram construídos os gráficos de probabilidade (QQ-Plot), os quais não foram apresentando neste trabalho, mas apontaram para os mesmos resultados do critério de AIC.

Todas as análises foram realizadas utilizando o ambiente R-GUI, versão 3.3.1 (R CORE TEAM, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

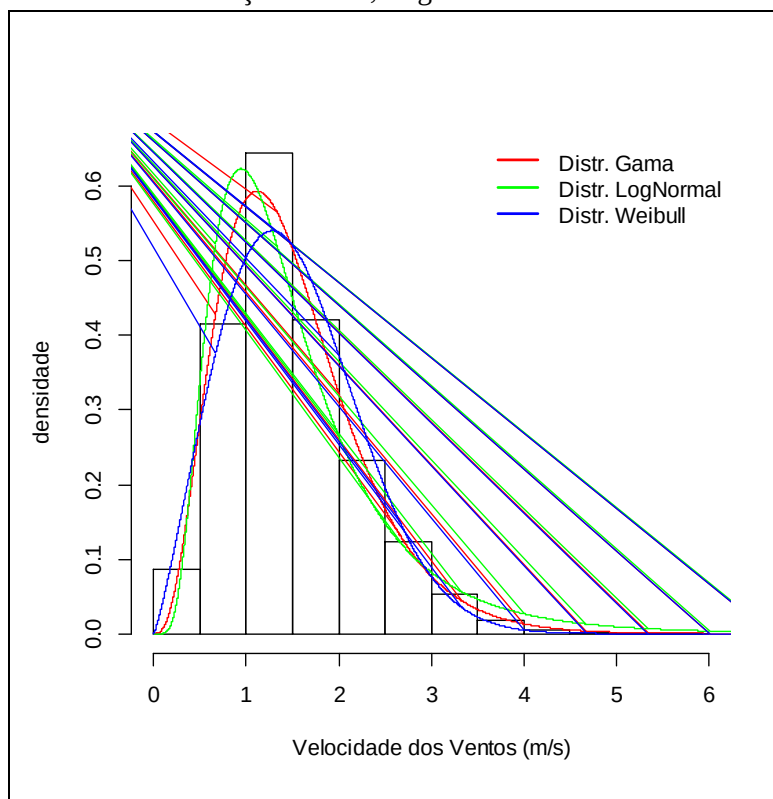
A velocidade média anual do vento a dois metros no município de Botucatu foi de 1,5 m/s com um desvio padrão 0,7 m/s, enquanto a velocidade mínima foi de 0,1 m/s e a máxima de 6,0 m/s. Na Figura 1 pode-se observar o histograma e o polígono dos dados, percebendo-se, a partir do histograma, que os dados apresentam uma certa assimetria à direita. Além disso, destaca-se, avaliando o polígono de frequência acumulado, que 90,5% dos dias apresentaram velocidade dos ventos de no máximo 2,5 m/s.

Figura 1- Histograma e polígono de frequência acumulado dos dados de velocidade de ventos diários a dois metros (m/s).



Na Figura 2 pode-se observar as fdp das distribuições Gama, LogNormal e Weibull ajustadas para os dados de velocidade dos ventos, podendo observar visualmente que a três distribuições não se distanciam muito do dados apresentado por meio do histograma.

Figura 2- Histograma dos dados de velocidade de ventos diários a 2m (m/s) e curvas ajustadas das distribuições Gama, LogNormal e Weibull.



Na Tabela 1 podem ser observadas as estimativas de máxima verossimilhança dos parâmetros das distribuições Gama, Log-normal e Weibull, bem como seus respectivos erros padrões e uma medida de qualidade de ajuste dos modelos dada pelo critério de informação de Akaike (AIC).

Tabela1 – Estimativa das distribuições ajustadas, erro padrão e resultado do critério AIC.

Modelo	α	β	μ	σ	AIC
Gama	3,919 (0,043)	2,616 (0,030)			16460,41
Log-normal			0,271 (0,005)	0,575 (0,003)	17842,81
Weibull	2,193 (0,013)	1,691 (0,006)			16354,21

O AIC procura entre as distribuições avaliadas o melhor modelo e quanto menor o valor do AIC, melhor o modelo ajustado. Observando a Tabela 1, o modelo que apresentou melhor ajuste, via AIC, foi a distribuição Weibull, apresentando o valor de 16354,21. Apesar de não apresentado neste trabalho, os QQ-Plot para cada distribuição apontaram para o mesmo resultado.

Desta forma, com base no modelo probabilístico ajustado para estes dados, ou melhor, com base no ajuste da distribuição Weibull, é possível estimar as probabilidades de ocorrência de ventos para distintas velocidades, sendo apresentadas na Tabela 2, alguns resultados.

Tabela 2. Probabilidade de ocorrência de um dia com ventos acima das diferentes velocidades estipuladas (em m/s).

$X = \text{Velocidade}$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
$P(X \geq x)$	93,32%	72,90%	46,34%	23,57%	9,46%	2,97%	0,72%	0,13%

De acordo com a Tabela 2, a probabilidade de ocorrer um vento diário a dois metros com velocidade acima de 2,5 m/s, em um determinado dia no município de Botucatu, é baixa, ou seja, é de aproximadamente 9,46%.

4 CONCLUSÕES

O modelo que apresentou melhor ajuste via Critério de Informação de Akaike, foi a distribuição Weibull podendo ser usada para simulações.

Quanto à intensidade do vento, pode-se concluir a partir dos dados, que 90,5% dos dias analisados apresentaram velocidade a dois metros de até 2,5m/s, enquanto que o modelo ajustado estimou uma probabilidade de 90,54% (1-0,0946) para uma velocidade de até 2,5 m/s.

5 REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. **Information measures and model selection**. International Statistical Institute, Netherlands, v. 44, p. 277-291, 1983.

DANTAS, R. T.; SILVA, V. P. R. **Estudo da velocidade do vento em Botucatu através da distribuição gama incompleta**. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 1998, BRASÍLIA-DF. Rio de Janeiro-RJ: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998. v. 1. p. 1-5.

JOHNSON, N. L.; KOTZ, S.; BALAKRISHNAN, N. **Continuous univariate distributions**. New York: John Wiley & Sons, 1995.

MUNHOZ, F. C.; GARCIA, A. Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava–SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.1, 30-34, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v23n1/03.pdf>> Acesso em: 27 ago 2016

OLIVERA, S. **Fundamentos de meteorologia e climatologia**. Capítulo 8 – Movimentos Atmosféricos. Disponível em: <<https://www.ufrb.edu.br/neas/documento/category/8-cca-035-meteorologia-e-climatologia-agricola?download=45:cap-9-vento>> Acesso em: 15 mai 2016.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2014. Disponível em<URL <http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 23 jul 2016.

VAREJÃO-SILVA, M, A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão digital 2. Recife, Pernambuco: 2006, 449p. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce5702/Meteorologia_e_Climatologia_VD2_Mar_006.pdf>. Acesso em: 10 ago 2013.

VIANELLO, R. L, ALVES, A. R. **Meteorologia básica e Aplicações**. 2ª ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012, 460p.

WMO, World Meteorological Organization **Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation**. No. 8, 5th edition, Geneva, Switzerland, 1983. Disponível em: <https://www.wmo.int/pages/prog/gcos/documents/gruanmanuals/CIMO/CIMO_Guide-7th_Edition-2008.pdf> Acesso em: 17 jul 2015.