

# PROBABILIDADES MENSAIS DE OCORRÊNCIA DE RAJADAS DE VENTO NA REGIÃO DE PIRACICABA-SP

LUIZ R. ANGELOCCI - Depto. de Física e Meteorologia - E.S.A. Luiz de Queiroz/USP - CP 9, CEP 13418-000, Piracicaba-SP. Bolsista - CNPq.

FRITZ W. WIENDL - Depto. de Física e Meteorologia - E.S.A. Luiz de Queiroz/USP. Bolsista de Iniciação Científica - FAPESP.

HERMANO V. de ARRUDA - Instituto Agrônomo de Campinas.

## RESUMO

Através de série de 20 anos de observações de ventos diários na localidade de Piracicaba-SP, foram testadas as distribuições de frequência normal, gama, de Weibull e de valores extremos para ventos máximos em cada mes do ano. A normal, a gama e a de Weibull ajustaram-se bem em todos os meses, sendo que o ajuste não foi tão satisfatório para fevereiro, abril e novembro para a distribuição de valores extremos. São apresentados valores mensais de probabilidade de ocorrência de vento com velocidades iguais ou acima de 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 km/hora.

## INTRODUCAO

Uma das preocupações quanto aos ventos é a ocorrência de velocidades elevadas, pelo seu caráter potencialmente danoso. A determinação da probabilidade de ocorrência de rajadas é de grande interesse para o planejamento agrícola, no cálculo de redes de transmissão elétrica, no ramo das construções, para a defesa civil, no estabelecimento de planos de seguros, etc.

Apesar da importância desse tipo de determinação, há poucos trabalhos sobre o assunto realizados no Brasil. PINTO (1973) estimou o tempo de recorrência de rajadas máximas anuais para localidades paulistas, observando que ventos de grau 11 na escala Beaufort ocorrem com probabilidade de 5 % (tempo de recorrência de 20 anos) no centro e norte do estado, com probabilidades maiores que esta para regiões de maior altitude ou situadas mais ao sul, nas quais o tempo de recorrência pode atingir 5 anos.

ORTOLANI (1986) verificou que as velocidades instantâneas máximas de vento tem uma variação significativa com a época do ano, a latitude e a altitude no estado de São Paulo.

WAGNER et al (1987) testaram o ajuste de distribuição de Fischer-Tippett às velocidades extremas diárias de vento em Londrina e Ponta Grossa (PR), com 8 e 10 anos de registro, respectivamente. Nos casos em que o ajuste foi significativo, determinaram a velocidade máxima de pico para períodos de retorno de 2, 10 e 20 anos.

CAMARGO et al (1994) estudaram o ajuste de dados mensais de frequência de rajadas máximas diárias de ventos em Campinas-SP, utilizando as distribuições normal e gama, concluindo que a primeira ajustou-se melhor para todos os meses do ano. A partir desse último tipo de distribuição, foram calculados os valores de probabilidades mensais de ocorrência de rajadas acima de 10, 20, 30, 40 e 50 km/h. Para os valores de 10 e 50 km/h não foi observada sazonalidade pronunciada, enquanto para os valores intermediários a esses os meses de setembro e novembro apresentaram as maiores e os de maio e junho os menores valores de probabilidade.

No presente trabalho são apresentados valores mensais de probabilidade de ocorrência de rajadas máximas diárias de ventos, tendo sido testadas várias

distribuições de probabilidade, visto que a abordagem através de modelos probabilísticos permite resultados mais precisos e consistentes (THOM, 1966; CAMARGO et al, 1994).

## METODOLOGIA

Os dados de velocidades máximas diárias de vento a 10 m acima do nível do solo foram obtidos no período de 1975 a 1994, a partir de registros de anemógrafo do tipo universal, marca Fuess, localizado na Estação Agrometeorológica da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, em Piracicaba (latitude 22°42'30"S, longitude 47°38'00" W e altitude 546 m).

As séries foram formadas com os valores máximos diários em cada mes de cada ano estudado e as distribuições de frequência testadas foram a normal, a gama, a de Weibull e a de Gumbell (ou de valores extremos), testando-se o ajuste para cada uma delas pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. No caso dos tres primeiros tipos de distribuição, o cálculo dos parâmetros de cada uma foi realizado utilizando-se o programa de ajuste de distribuição do "software" Statgraphics, enquanto que no caso da distribuição de Gumbell os parâmetros foram obtidos utilizando-se o método da máxima verossimilhança.

## PRINCIPAIS RESULTADOS

A tabela 1 mostra os valores dos parâmetros, mes a mes, de cada distribuição estudada.

**TABELA 1.** Valores mensais dos parâmetros das distribuições testadas, para velocidades máximas diárias de vento em m/s.

MES	TIPO DE DISTRIBUICAO							
	NORMAL		GAMA		WEIBULL		GUMBELL	
	média	d.p.	$\gamma$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
JAN.	19,33	3,58	30,31	1,57	5,99	20,80	17,52	2,72
FEV.	19,55	2,74	54,52	2,79	7,69	20,75	27,60	3,18
MAR.	17,93	3,75	22,37	1,25	5,78	19,45	16,79	3,00
ABR.	16,70	4,39	17,24	1,03	3,96	18,39	16,92	3,84
MAI.	18,77	4,64	16,97	0,90	4,54	20,56	18,24	3,91
JUN.	15,03	3,03	26,72	1,78	5,38	16,27	14,55	2,46
JUL.	16,32	3,44	25,10	1,54	4,89	17,72	13,83	2,44
AGO.	16,03	3,70	20,14	1,26	4,81	17,89	14,90	2,94
SET.	20,48	3,90	29,30	1,43	5,82	22,09	18,47	2,94
OUT.	16,67	3,64	29,22	1,48	6,31	21,15	17,78	2,78
NOV.	19,90	4,32	24,25	1,22	4,54	21,64	20,40	3,75
DEZ.	20,80	4,36	26,42	1,27	4,78	22,58	18,71	3,2

O teste de Kolmogorov-Smirnov mostrou que as distribuições normal, gama e Weibull ajustaram-se muito bem aos dados, não sendo significativos os desvios máximos absolutos entre os valores observados e os estimados em todos os meses do ano para os níveis de significância de 1 e 5 % de probabilidade, enquanto que para a distribuição de Gumbell as diferenças foram significativas aos níveis de 1 e 5% para os meses de fevereiro e abril e ao nível de 1% para novembro, indicando um

ajuste pior que as outras distribuições, se considerado o ano todo.

Assim, pode-se recomendar qualquer uma das tres primeiras distribuições citadas para estimativa da probabilidade de ocorrência de rajadas de vento na localidade, em qualquer mes. A tabela 2 mostra valores de probabilidade de rajadas máximas diárias de vento em cada mes, utilizando-se a distribuição normal, a partir do valor igual ou maior que 40, 50,60,70, 80, 90 e 100 km/hora.

**TABELA 2.** Valores mensais de probabilidade (%) de ocorrência de rajadas diárias de vento com velocidade igual ou acima de 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 km/hora no nível de 10 m acima do solo.

MESES	VELOCIDADES (km/hora)						
	> 40	>50	>60	>70	>80	>90	>100
JAN.	98,9	93,6	77,2	49,3	21,2	5,7	0,9
FEV.	99,9	98,1	85,3	53,5	16,5	2,3	0,1
MAR.	96,5	85,9	63,2	34,3	12,6	3,0	0,4
ABR.	89,8	73,9	50,0	26,6	10,4	2,9	0,6
MAI.	95,1	85,4	67,5	44,2	22,8	9,0	2,6
JUN.	90,2	64,7	29,5	7,3	0,9	0,1	<0,1
JUL.	93,4	76,0	46,0	18,2	4,3	0,6	<0,1
AGO.	90,8	71,9	43,2	17,8	4,8	0,8	<0,1
SET.	99,2	95,4	83,6	60,4	32,9	12,3	3,1
OUT.	93,7	77,6	50,0	22,3	6,4	1,1	0,1
NOV.	97,9	91,8	77,3	54,2	29,5	11,9	3,4
DEZ.	98,7	94,4	82,8	62,2	37,3	16,8	5,5

Observa-se que probabilidades maiores que 50% para ventos muito fortes, (acima de 60 km/h) ocorrem nos meses de janeiro, fevereiro, março, maio, setembro, novembro e dezembro.

## BIBLIOGRAFIA

CAMARGO, M.B.P.; ORTOLANI, A.A. & ARRUDA, H.V. Ocorrência mensal de rajadas máximas diárias de vento em Campinas(SP). *Bragantia*, Campinas, 53(1): 107-112. 1994.

ORTOLANI, A.A. Agroclimatologia e o cultivo da seringueira. In: Simpósio sobre a cultura da seringueira no Estado de São Paulo. 1. Piracicaba. Trabalhos apresentados, Campinas, Fundação Cargill, p. 11-32. 1986.

PINTO, H.S. Determinações dos intervalos de recorrência de rajadas máximas do vento no Estado de São Paulo. Tese de doutorado, UNESP, Botucatu. 64 p. 1973.

THOM, H.C.S. Some methods of climatological analysis. WMO. 199; Technical note 81, Genebra. 53p. 1966.

WAGNER, S.C.; BERNARDES, L.R.M.; CORRÊA, A. & BORROZINO, E. Estudo da velocidade e direção predominante dos ventos, no Estado do Paraná. V Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Belém-(PA). Coletânea de Trabalhos. p. 269. 1987.