

# ESTUDO DE RAJADAS DE VENTOS E DIREÇÕES PREDOMINANTES EM LAVRAS, MINAS GERAIS, POR MEIO DA DISTRIBUIÇÃO GAMA

## Study of wind gust and its predominant directions in Lavras, Minas Gerais, Brazil, through gamma distribution

Renato Cândido Bueno<sup>1</sup>, Luiz Gonsaga de Carvalho<sup>2</sup>,  
Rubens Leite Vianello<sup>3</sup>, João José Granate de Sá e Melo Marques<sup>4</sup>

### RESUMO

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de estudar as probabilidades de ocorrência de ventos extremos e suas direções predominantes para a região de Lavras, MG. Foram usados os dados registrados pelo anemógrafo universal da Estação Climatológica Principal de Lavras, situada no campus da Universidade Federal de Lavras. Com os dados disponíveis (139 meses), no período de janeiro de 1988 a maio de 2004, verificou-se o ajuste à distribuição Gama pelo teste de  $\chi^2$  a 5% de probabilidade. Foram estimadas probabilidades de ocorrência de velocidades máximas diárias de vento iguais ou superiores a 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 km h<sup>-1</sup>, para cada mês. Verificou-se que os meses de setembro a fevereiro apresentaram ventos fortes, com probabilidades de ocorrência superiores às dos outros meses. Para ventos bastante fortes acima de 100 km h<sup>-1</sup>, as probabilidades de ocorrência são mínimas para todos os meses do ano. Quanto à direção para as rajadas de ventos, observou-se predominância das direções leste e oeste em relação às demais.

**Termos para indexação:** Climatologia, distribuição de probabilidades, eventos climáticos.

### ABSTRACT

The present work was carried out in order to study the occurrence probabilities of extreme winds and their predominant directions in the region of Lavras, Minas Gerais state, Brazil. The data were collected from graphic registrations of the universal anemograph of the Principal Climatological Station of Lavras, located in the campus of the Federal University of Lavras. With the available data (139 months), in the period of January/1988 to May/2004, the adjustment by Gamma distribution was verified for this data series applying the  $\chi^2$  test to the 5% probability. Estimates of the occurrence probabilities of wind gust equal or above 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100 km h<sup>-1</sup> were determined for each month. It was verified that the months of September to February presented strong winds with probabilities higher than the other months. For very strong winds, above 100 km h<sup>-1</sup>, the occurrence probabilities were minimum for all months of the year. It was observed that the predominant wind gust direction were east and west in relation to the others.

**Index terms:** Climatology, distribution of probabilities, climatic events.

(Recebido em 29 de janeiro de 2009 e aprovado em 20 de dezembro de 2010)

### INTRODUÇÃO

Os ventos, de vital importância, são causados pelos gradientes de pressão atmosférica, podendo ser definidos como movimentos de massas de ar em relação à superfície terrestre, sob influências modificadoras da rotação da Terra, da força centrífuga decorrente e do atrito com a superfície. São responsáveis, em grande parte, pelas trocas de calor entre as plantas e a atmosfera, além de atuarem, decisivamente, no restabelecimento do gradiente de pressão de vapor d'água entre as folhas e a atmosfera, facilitando o processo de transpiração das plantas. São também fundamentais na polinização das flores e na disseminação

das sementes. Contudo, ocorrências de ventos com velocidades elevadas, comumente chamadas rajadas, podem causar danos relevantes como, por exemplo, acamamento de plantações, estímulo excessivo à evapotranspiração e à erosão intensa dos solos, mortes violentas, destelhamento de construções, quedas de redes de transmissões, etc. Por tal relevância, tornam-se imprescindíveis estudos minuciosos quanto às probabilidades de ocorrência de diferentes velocidades e, em particular, das rajadas de vento.

Um exemplo prático do potencial danoso de rajadas de vento na agricultura é citado por Manica (1997).

<sup>1</sup>Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – renatocbueno@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Lavras/UFLA – Departamento de Engenharia/DEG – Lavras, MG

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Meteorologia – 5º DISME – Belo Horizonte, MG

<sup>4</sup>Universidade Federal de Lavras/UFLA – Departamento de Ciência do Solo/DCS – Lavras, MG

Segundo esse autor, em trabalhos com a cultura da banana, a dilaceração da folha é o dano mais generalizado, reduzindo a vida da planta. Os trabalhos realizados mostraram uma queda do rendimento de 20% da produção em plantas com as folhas dilaceradas pelo vento. Esse mesmo autor cita os efeitos danosos de ventos com velocidades de 50 a 60 km h<sup>-1</sup> no tombamento de bananeiras na Guiné Francesa. Os resultados mostraram percentagens de plantas derrubadas pela ação dos ventos na faixa de 7 a 10% para a cultivar Nanicão (altura da planta de 2,75 m) e de 80% para a cultivar Lacatan (altura da planta de 5,0 m).

Para estudar o comportamento das rajadas de vento, Bautista et al. (2004) verificaram que a distribuição de Gumbel demonstrou ser a mais adequada para modelar os dados de velocidade máxima de vento em todos os meses do ano, em Piracicaba – SP. Por último, foram obtidas as velocidades máximas para os períodos de retorno 5, 10, 50 e 100 anos, e construídos seus respectivos intervalos de 95% de confiança. Por sua vez, Camargo et al. (1994), utilizando a distribuição Normal, obtiveram os valores das probabilidades mensais de ocorrência de rajadas acima de 10, 20, 30, 40 e 50 km h<sup>-1</sup> e testaram, também, o ajuste das distribuições Normal e Gama aos dados de rajadas máximas diárias de Campinas, São Paulo, para todos os meses do ano.

Estudando as rajadas máximas de vento ocorridas em Pelotas, Estado do Rio Grande do Sul, durante 20 anos, Silva et al. (1997) verificaram que as mesmas podem ser estudadas pela distribuição Normal na maioria dos meses. Para os meses onde isso não se verifica, foram encontradas transformações de dados que asseguraram essa característica ou mesmo melhoraram a aproximação à Normal. Os mesmos autores, em 1999, estimaram as probabilidades pentadais de ocorrência dos principais elementos meteorológicos em Pelotas, RS, com o objetivo de estabelecer tabelas de probabilidades da velocidade média pentadal e da velocidade máxima pentadal do vento.

Perrin et al. (2006), na Suécia, estudaram o ajuste da distribuição de probabilidades Weibull para diferentes tempos de retorno comparando-a com o método baseado na teoria de valores extremos. O método Weibull gerou estimativas incorretas, além do que não permite prever um intervalo de confiança para as estimativas. Em estudo semelhante, Oliveira et al. (2010) estudaram as rajadas máximas de ventos diárias e anuais ao longo da costa brasileira da Região Sul à Sudeste. Foram avaliados os períodos de retorno de 10, 25, 50 e 100 anos estimados em cada pixel analisado, entretanto praticamente os resultados estiveram entre 1 a 10 anos de retorno, sugerindo que ventos com velocidades muito altas apresentam baixas

probabilidades de ocorrência com períodos de retorno variando de 50 a 100 anos.

Heldwein et al. (2003), com o objetivo de analisar a velocidade das rajadas máximas do vento e sua direção em Santa Maria, em nível diário e horário, verificaram que as rajadas fortes de vento têm direção predominante do quadrante Norte ao longo do dia e a média horária das rajadas de vento é maior nas horas mais quentes do dia e, ao longo de um ano, não existe associação entre a frequência de ocorrência de dias com rajadas classificadas nas diferentes classes.

No que se refere à distribuição Gama, esta é comumente utilizada nos estudos de intensidades de chuvas, por seu caráter assimétrico à direita, Morais et al. (2001) e Junqueira Júnior et al. (2007). Por sua vez, Yan et al. (2006), investigaram a aplicação das distribuições de probabilidades Gama e Weibull a dados de velocidade máxima de ventos na região noroeste da Europa. A distribuição Gama superestimou ligeiramente as velocidades dos ventos, porém as tendências foram mais bem reproduzidas que o modelo Weibull.

Sobre a direção dos ventos, Barroso e Abreu (2004) analisaram eventos de chuvas em Belo Horizonte, MG, cujas ocorrências estivessem relacionadas à observação de ventos predominantes de Norte/Oeste, correlacionando-as com as variáveis atmosféricas, principalmente, linhas de instabilidades (ITs) e a zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Os autores mostraram que eventos de chuvas fortes a extremamente fortes tendem a apresentar um percentual maior associado com ventos do quadrante Norte/Oeste, o que sugere fenômenos de larga escala, como ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul), que têm esta direção preferencial e aumentam as precipitações.

Silva et al. (2002) desenvolveram um estudo sobre as características do vento predominante, assim como o potencial eólico médio disponível para 77 localidades da região Nordeste do Brasil. Concluíram que a direção predominante do vento é de Leste e que a distribuição de Weibull representou adequadamente a distribuição de frequências da velocidade do vento.

Munhoz e Garcia (2008) determinaram a direção e velocidade predominante do vento para a região de Ituverava, SP. Verificaram que, na maior parte do ano, há predominância de ventos vindos de sudeste. De agosto a novembro, os ventos sopram com intensidade superior à média, sendo o mês de setembro aquele com velocidades mais elevadas e o mês de abril com as menores velocidades médias.

Do exposto, neste trabalho, objetivou-se estimar as probabilidades de ocorrência de ventos a partir de

valores observados, com ênfase naqueles cujas velocidades tornam-se prejudiciais à agricultura e ao meio urbano, assim como determinar suas direções predominantes para a região de Lavras, MG, além de verificar o ajuste da distribuição Gama às velocidades máximas de vento para todos os meses do ano.

### MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de velocidades máximas diárias de vento e suas respectivas direções da região de Lavras - MG (latitude: 21° 14' S, longitude: 45° 00' W e altitude: 918,841 m), cujo clima, conforme classificação climática de Köppen, é do tipo Cwa, com chuvas predominantes de verão e inverno com os menores índices pluviométricos. Lavras apresenta um total anual médio de precipitação pluviométrica de 1530,0 mm e temperatura normal anual de 19,4°C (Brasil, 1992 e Dantas et al., 2007). Os dados de ventos disponíveis para 139 meses, correspondentes ao período de janeiro de 1988 a maio de 2004, foram extraídos de registros gráficos do anemógrafo universal da Estação Climatológica Principal de Lavras - MG, situada no campus da Universidade Federal de Lavras, pertencente à rede de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.

Lavras situa-se nos Planalto Dessecados do Alto Rio Grande. Geomorfologicamente, a região de Lavras é constituída por colinas onduladas de topos arredondados e vales medianamente encaixados num padrão chamado dentríptico sem orientação definida. A forma fisiográfica é pitorescamente chamada de “mar de morros” por Ab’Saber. A altitude média acha-se em torno de 890 m (918 m na Estação Climatológica Principal) e as declividades estão normalmente entre 8 e 20% (Marques et al., 2002). Especificamente ao sítio da Estação Climatológica, esta se encontra localizada na vertente norte, próxima ao topo de um morro, cujo cume ou espigão, relativamente extenso, alinha-se aproximadamente, com a direção leste-oeste e, ao norte da estação encontra-se um vale que, por sua vez, encontra-se também alinhado, de forma aproximada, com a direção leste-oeste.

Os parâmetros necessários à determinação da distribuição cumulativa gama mista foram calculados de acordo com a metodologia apresentada por Mood et al. (1974) e Assis et al. (1996).

Pela distribuição de frequência, os dados foram agrupados em 11 classes, variando de zero até 110 km h<sup>-1</sup> para cada mês do ano. Verificou-se a adequação das frequências esperadas da distribuição Gama às frequências observadas pelo teste de qui-quadrado ( $\chi^2$ ) ao nível de 5% de probabilidade ( $P \leq 0,05$ ).

A direção predominante foi estabelecida pela análise da distribuição de frequência para as oito direções principais da rosa dos ventos. Com o uso do teste de  $\chi^2$ , ao nível de 1% de probabilidade, foi testada a concordância entre as frequências esperadas e observadas, considerando-se que as frequências esperadas das direções possuem a mesma probabilidade de ocorrência.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, estão representados os dados das velocidades máximas diárias do vento (valores absolutos) de cada mês do período estudado, ou seja, cada valor presente nessa tabela corresponde à maior velocidade máxima diária do vento para o respectivo mês e ano. Dentre todos, os maiores valores encontrados foram: 106,2 km h<sup>-1</sup> em fevereiro de 2004; 100,8 km h<sup>-1</sup> em janeiro de 1996; 98,3 km h<sup>-1</sup> em junho de 1997 e 97,2 km h<sup>-1</sup> em novembro de 1990.

Aplicando o teste de  $\chi^2$  ( $P \leq 0,05$ ) para verificar a adequação da distribuição Gama aos dados, constatou-se que, dentre os doze meses no decorrer do ano, sete se ajustaram. Os meses cujos dados não se ajustaram à distribuição Gama pelo teste de  $\chi^2$  a 5% de probabilidade foram, janeiro, março, maio, agosto e dezembro. Sendo que destes, apenas o mês de março obteve um valor de  $\chi^2$  calculado mais discrepante do máximo admitido ( $\chi^2$  tabelado) para seus respectivos graus de liberdade (Tabela 2). Para a aceitação da hipótese de que a Distribuição Gama se ajusta às frequências observadas dos dados é preciso que o valor de “ $\chi^2$  calculado” seja menor do que “ $\chi^2$  tabelado”, ou seja, que o teste seja não significativo.

Na Tabela 3, estão representadas as probabilidades de ocorrência de velocidades máximas diárias iguais ou superiores a 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 km h<sup>-1</sup> para todos os meses do ano. Verifica-se que, à medida que aumentam os valores de velocidades máximas diárias do vento, as respectivas probabilidades diminuem significativamente, chegando a probabilidades muito baixas, da ordem de 0,5% ou menos, para aqueles ventos acima de 80 km h<sup>-1</sup>, e para alguns meses acima de 70 km h<sup>-1</sup>. Isso mostra que ventos com tais intensidades ocorrem muito raramente na região. Porém, quando ocorrem ventos com tais magnitudes, conforme consta na Escala de Beaufort, citada por Mendonça e Danni-Oliveira (2007), tais fenômenos causam sérios danos à agricultura. Segundo esses autores, ventos com velocidades entre 62 e 74 km h<sup>-1</sup> podem quebrar ramos de árvores; ventos entre 75 e 88 km h<sup>-1</sup> podem quebrar galhos de árvores e causar estragos leves em casas e edifícios, arrancando telhas das coberturas; enquanto ventos entre 89 e 102 km h<sup>-1</sup> podem

arrancar árvores e causar estragos generalizados em construções. Apesar da eventualidade de ocorrência, há a necessidade de tomar medidas preventivas para evitar ou atenuar os efeitos danosos provocados por esses ventos.

No meio rural, o uso de barreiras, como o plantio em faixas de plantas altas para servir de quebra-vento, e a

escolha de variedades de plantas mais resistentes ao acamamento, são algumas alternativas para diminuir os possíveis prejuízos desse fenômeno. Sem dúvidas, o acamamento de plantações é um sério problema aos agricultores, pois, muitas vezes, inviabiliza a colheita mecanizada e aumenta consideravelmente o custo de

Tabela 1 – Valores da maior velocidade máxima diária do vento ( $\text{km h}^{-1}$ ) para cada mês e respectivo ano, obtidos a 10 metros da superfície do solo, no período de janeiro de 1988 a maio de 2004, em Lavras, MG.

| Ano  | Jan.  | Fev.  | Mar. | Abr. | Mai  | Jun. | Jul. | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. |
|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1988 | 65,9  | 57,6  | 54,0 | 50,4 | 64,8 | 50,4 | 46,8 | 50,4 | 55,8 | —    | —    | 66,6 |
| 1989 | 63,7  | 68,4  | 46,8 | 43,2 | 49,3 | 56,5 | 72,0 | 79,2 | 57,6 | 59,4 | 52,2 | 46,8 |
| 1990 | 59,4  | 90,0  | 59,4 | 43,2 | 50,4 | 49,3 | 73,8 | 88,2 | 64,8 | 68,4 | 97,2 | 68,4 |
| 1995 | —     | —     | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 72,0 | 79,2 | 77,4 | 75,6 |
| 1996 | 100,8 | 68,4  | 54,0 | 54,0 | 46,8 | 56,5 | 57,6 | 72,0 | 68,4 | 54,0 | 61,2 | 64,8 |
| 1997 | 64,8  | 64,8  | 57,6 | 50,4 | 61,2 | 98,3 | 54,0 | 46,8 | 64,8 | 61,2 | 52,2 | 77,4 |
| 1998 | 68,4  | 57,6  | 57,6 | 46,8 | 50,4 | 52,2 | 46,8 | 77,4 | 54,0 | 81,0 | 72,0 | 68,4 |
| 1999 | 63,0  | 66,6  | 57,6 | 37,8 | 39,6 | 39,6 | 54,0 | 64,8 | 54,0 | 64,8 | 61,2 | 54,0 |
| 2000 | 61,2  | 90,0  | 50,4 | 50,4 | 52,2 | 61,2 | 50,4 | 72,0 | 55,1 | 50,4 | 59,4 | 61,2 |
| 2001 | 61,2  | 57,6  | 57,6 | 46,8 | 46,8 | 36,0 | 43,2 | 46,8 | 72,0 | 61,2 | 96,1 | 75,6 |
| 2002 | 61,2  | 41,4  | 57,6 | 36,0 | 52,2 | 28,8 | 54,0 | 46,8 | 46,8 | 79,2 | 57,6 | 55,8 |
| 2003 | 72,0  | 66,6  | 64,8 | 27,0 | 72,0 | 23,4 | 41,4 | 39,6 | 50,4 | 46,8 | 55,1 | 61,2 |
| 2004 | 91,8  | 106,2 | 46,8 | 50,4 | 72,0 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    |

Tabela 2 – Estimativas dos parâmetros  $\alpha$ ,  $\beta$  e das probabilidades de ocorrência de valores nulos ( $P_0$ ) e dos valores de  $\chi^2$  obtidos no teste de ajustamento para todos os meses do ano.

| Meses | $\alpha$ | $\beta$ | $P_0$ | $\chi^2$ Calculado | $\chi^2$ Tabela | G.L. | Conclusão (P=0,05) |
|-------|----------|---------|-------|--------------------|-----------------|------|--------------------|
| Jan.  | 5,14     | 6,29    | 0,057 | 14,97              | 11,07           | 5    | *                  |
| Fev.  | 5,06     | 6,25    | 0,070 | 3,09               | 11,07           | 5    | n.s.               |
| Mar.  | 5,09     | 5,40    | 0,083 | 27,99              | 9,49            | 4    | *                  |
| Abr.  | 6,30     | 4,02    | 0,127 | 6,11               | 7,82            | 3    | n.s.               |
| Mai   | 5,86     | 4,38    | 0,118 | 8,54               | 7,82            | 3    | *                  |
| Jun.  | 5,27     | 4,85    | 0,163 | 6,38               | 7,82            | 3    | n.s.               |
| Jul.  | 5,39     | 5,11    | 0,082 | 7,89               | 9,49            | 4    | n.s.               |
| Ago.  | 6,23     | 4,95    | 0,023 | 15,48              | 9,49            | 4    | *                  |
| Set.  | 6,61     | 4,95    | 0,020 | 8,42               | 11,07           | 5    | n.s.               |
| Out.  | 7,05     | 4,92    | 0,035 | 1,30               | 11,07           | 5    | n.s.               |
| Nov.  | 5,87     | 5,59    | 0,028 | 3,95               | 11,07           | 5    | n.s.               |
| Dez.  | 5,80     | 5,70    | 0,046 | 12,13              | 11,07           | 5    | *                  |

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade; n.s. não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

produção ao exigir que a colheita seja manual ou semimecanizada, além de reduzir a produtividade. De forma semelhante, Gravina et al. (2011), estudaram o efeito de malhas interceptoras na direção predominante dos ventos em pomar de citrus no Uruguai. No caso, essa prática foi no sentido de reduzir os danos causados nos frutos expostos aos ventos, sendo, as malhas, mais eficientes que quebra-ventos naturais.

Ilustrativamente, na Figura 1, pode-se observar a predominância de probabilidades maiores de ventos

fortes para o período entre os meses de setembro a março, período este que também coincide com a época de concentração das chuvas na região (83% das chuvas) (BRASIL, 1992). Se tomarmos como base as probabilidades de ocorrência de ventos acima de 60 km h<sup>-1</sup>, que já são considerados fortes conforme Escala de Beaufort, os meses de janeiro, outubro, dezembro, novembro, fevereiro e setembro apresentam maiores probabilidades de ocorrência, com 4,2%, 4,1%, 4,0%, 3,8%, 3,7% e 3,1%, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 – Probabilidades, em valores percentuais, de ocorrência de velocidades máximas diárias de vento a dez metros da superfície do solo, com valores iguais ou superiores a 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 km h<sup>-1</sup>, para cada mês ao longo do ano, em Lavras, MG.

| Meses | = 10 | = 20 | = 30 | = 40 | = 50 | = 60 | = 70 | = 80  | = 90  | = 100 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Jan.  | 92,5 | 75,8 | 47,8 | 24,4 | 10,7 | 4,2  | 1,5  | 0,5   | 0,2   | < 0,1 |
| Fev.  | 90,9 | 73,4 | 45,4 | 22,7 | 9,7  | 3,7  | 1,3  | 0,4   | 0,1   | < 0,1 |
| Mar.  | 88,4 | 64,3 | 33,4 | 13,5 | 4,6  | 1,4  | 0,4  | 0,1   | < 0,1 | < 0,1 |
| Abr.  | 84,7 | 58,4 | 25,0 | 7,5  | 1,8  | 0,4  | 0,1  | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 |
| Mai   | 85,2 | 59,0 | 26,4 | 8,6  | 2,3  | 0,5  | 0,1  | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 |
| Jun.  | 80,0 | 54,5 | 25,1 | 8,8  | 2,5  | 0,6  | 0,2  | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 |
| Jul.  | 88,9 | 65,3 | 33,6 | 13,2 | 4,3  | 1,2  | 0,3  | 0,1   | < 0,1 | < 0,1 |
| Ago.  | 96,4 | 78,8 | 46,2 | 20,4 | 7,3  | 2,2  | 0,6  | 0,2   | < 0,1 | < 0,1 |
| Set.  | 97,3 | 83,4 | 52,6 | 25,0 | 9,6  | 3,1  | 0,9  | 0,2   | 0,1   | < 0,1 |
| Out.  | 96,0 | 85,6 | 57,7 | 29,4 | 11,9 | 4,1  | 1,2  | 0,3   | 0,1   | < 0,1 |
| Nov.  | 96,0 | 80,9 | 51,5 | 25,6 | 10,6 | 3,8  | 1,3  | 0,4   | 0,1   | < 0,1 |
| Dez.  | 94,3 | 79,6 | 51,1 | 25,8 | 10,9 | 4,0  | 1,3  | 0,4   | 0,1   | < 0,1 |

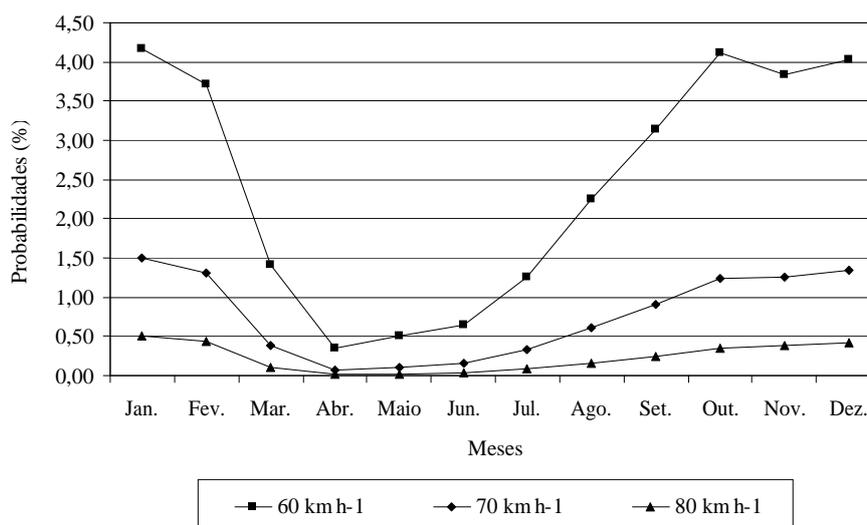


Figura 1 – Probabilidades de ocorrência de rajadas de vento iguais ou superiores a 60, 70 e 80 km h<sup>-1</sup> para todos os meses do ano em Lavras, MG.

Verificou-se que as frequências observadas das direções dos ventos não ocorrem de maneira aleatória, e sim de acordo com o padrão climatológico da região de Lavras, assim como ocorre para ventos comuns, segundo às Normais Climatológicas (BRASIL, 1992). O Teste de  $\chi^2$  ao nível de 1% de probabilidade se mostrou significativo para todos os meses do ano, ou seja, rejeita-se a hipótese de que todas as direções tenham a mesma ocorrência.

Conforme a Figura 2, nota-se nitidamente, em todos os meses do ano, que as direções leste (E) e oeste (W) predominaram para as velocidades máximas diárias dos ventos, destacando-se à leste (E) de fevereiro a novembro e a oeste (W) para os meses de janeiro e dezembro. Resultado semelhante da predominância das direções do vento foi obtido por Munhoz e Garcia (2008), porém, vale salientar que esses autores trabalharam com velocidades

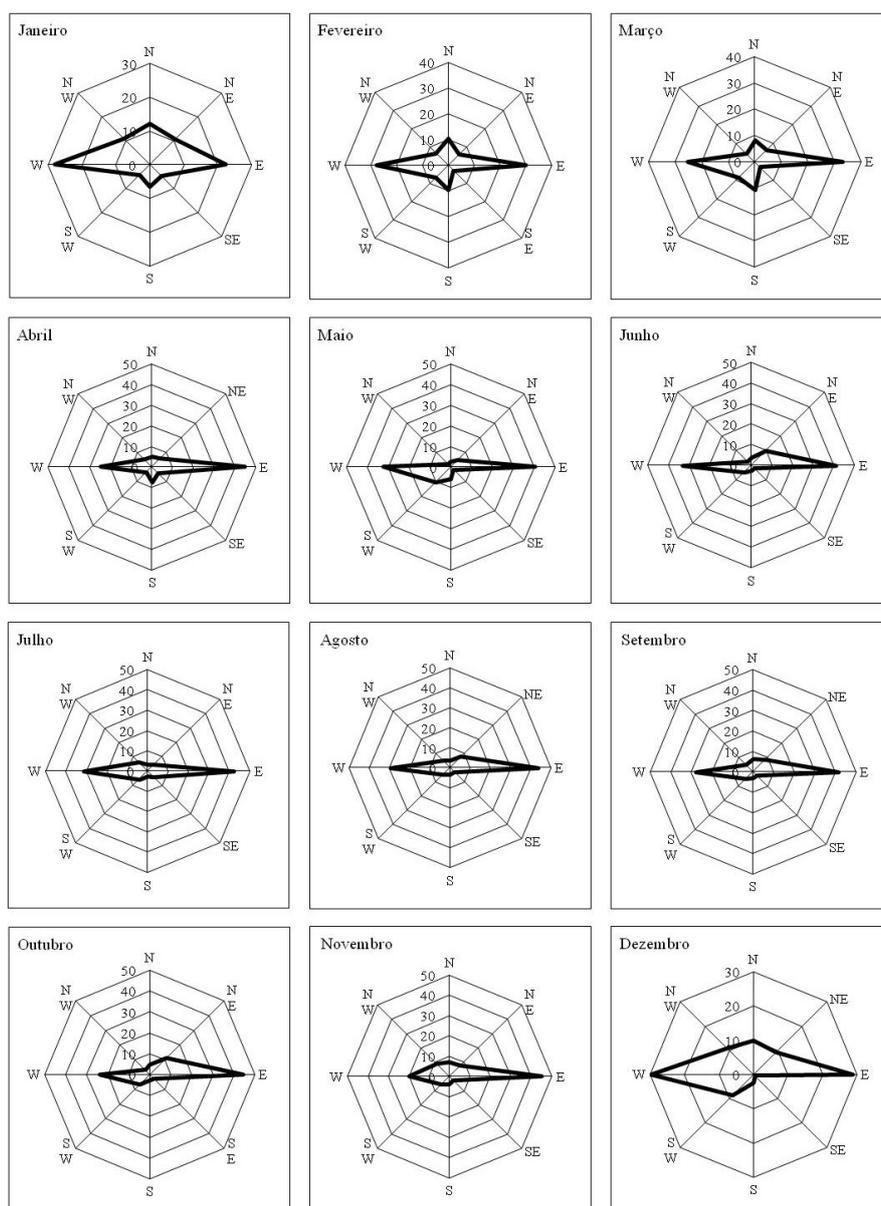


Figura 2 – Frequências observadas para as direções predominantes das velocidades máximas diárias de ventos, no período de 1988 a 2004, em Lavras, MG, para todos os meses do ano.

médias do vento, enquanto que os resultados obtidos no presente trabalho consideraram as direções das rajadas de vento.

As direções leste e oeste, predominantes dos ventos em Lavras, no período aqui estudado, são coerentes com a direção climatologicamente observada (BRASIL, 1992), embora a localização da Estação Climatológica Principal favoreça ainda mais tal predominância, ou seja, a referida estação se encontra localizada na vertente norte próxima ao topo de um morro, cujo cume ou espigão, relativamente extenso, alinha-se aproximadamente, com a direção leste-oeste e, ao norte da estação, encontra-se um vale que, por sua vez, se encontra também alinhado, de forma aproximada, com a direção leste-oeste.

Por outro lado, sob uma visão macroclimática, a posição geográfica do estado de Minas Gerais, sob influência da massa de ar tropical atlântica no verão, cria condições favoráveis aos ventos de leste e à ocorrência de chuvas intensas. Conforme discutiram Mendonça e Danni-Oliveira (2007), no verão, os continentes aquecem-se mais rapidamente que os oceanos, criando gradientes de pressão atmosférica no sentido continente-oceano e, conseqüentemente, forçando o escoamento do ar em sentido contrário, ou seja, do oceano para o continente (de leste para oeste), num mecanismo que pode ser identificado por monções de verão. Adicionalmente, o vapor d'água de origem oceânica, transportado pelos ventos, associado às altas temperaturas, cria mecanismos favoráveis às chuvas intensas. Já a componente oeste do vento, por sua vez, acha-se relacionada ao avanço das células convectivas que se originam no Brasil Central e penetram Minas Gerais, associadas com fortes chuvas convectivas de grande intensidade, típicas do verão.

Ainda em decorrência da posição geográfica, no período da estiagem (estação do inverno, com chuvas fracas a moderadas), a ação do Anticiclone do Atlântico Sul sobre Minas Gerais induz a circulação anti-horário, com predomínio das componentes nordeste e leste.

### CONCLUSÃO

Os meses de setembro a fevereiro apresentaram ventos fortes, com probabilidades de ocorrências superiores as dos outros meses. Para ventos bastante fortes, acima de 100 km h<sup>-1</sup>, as probabilidades de ocorrência são mínimas para todos os meses do ano. A direção predominante de rajadas de ventos é a leste (E), seguida de oeste (W), de fevereiro a novembro. Nos meses de janeiro e dezembro, a direção dominante se inverte, predominando oeste (W), seguida de leste (E). Ventos com velocidades iguais ou superiores a 60 km h<sup>-1</sup> ocorrem com

uma probabilidade de 4,2%, 4,1%, 4,0%, 3,8%, 3,7% e 3,1% para os meses de janeiro, outubro, dezembro, novembro, fevereiro e setembro, respectivamente. Independentemente da intensidade de rajadas de ventos, estas ocorrem com maiores probabilidades no período de setembro a fevereiro.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, F.N.; ARRUDA, H.V.; PEREIRA, A.P. **Aplicações de estatística à climatologia**. Pelotas: UFPel, 161p. 1996.

BARROSO, T.P.; ABREU, M.L. Caracterização climática dos padrões de ventos associados a eventos extremos de precipitação em Belo Horizonte, MG. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v.14, n.23, p.135-152, 2004.

BAUTISTA, E.A.L.; ZOCCHI, S.S; ANGELOCCI, L.R. A distribuição generalizada de valores extremos aplicada ao ajuste dos dados de velocidade máxima do vento em Piracicaba, São Paulo, Brasil. **Revista Matemática e Estatística**, São Paulo, v.22, n.1, p.95-111, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas: 1961-1990**. Brasília, 84p. 1992.

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

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p.1862-1866, nov./dez. 2007.

GRAVINA, A. et al. Relation of peel damage in citrus fruit to wind climate in orchard and its control. **Scientia Horticulturae**, v.129, p. 46-51, 2011.

HELDWEIN, A.B. et al. Frequência de ocorrência de ventos fortes em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.2, p.285-291, 2003.

JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A. et al. Precipitação provável para a região de Madre de Deus, Alto Rio Grande: modelos de probabilidades e valores característicos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.3, p.842-850, 2007.

- MANICA, I. **Fruticultura tropical 4: banana**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 485p. 1997.
- MARQUES, J.J.G.S.M.; CURI, N.; LIMA, J.M. **Recursos ambientais da bacia do Alto Rio Grande, Minas Gerais: guia de excursão técnica**. Lavras: UFLA/FAEPE, 33p. 2002.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 206p. 2007.
- MOOD, A.L.; GRAYBILL, F.A.; BOES, D.C. **Introduction to the theory of statistics**. 3.ed. Tokio: McGraw-Hill Kogakusha, 564p. 1974.
- MORAIS, A.R. et al. Estimativa da precipitação provável em Lavras (MG) através da distribuição gama. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.2, p.305-310, 2001.
- 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, p.30-34, 2008.
- OLIVEIRA, M.M.F. de et al. Generalized extreme wind speed distributions in South America over the Atlantic Ocean region. **Theoretical and Applied Climatology**, 2010.
- PERRIN, O.; ROOTZÉN, H.; TAESLER, R. A discussion of statistical methods used to estimate extreme wind speeds. **Theoretical and Applied Climatology**, v.85, p.203–215, 2006.
- SILVA, J.B.; SCHONS, R.L.; LARROZA, E.G. Probabilidades de ocorrência de rajadas máximas de vento em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.2, p.237-240, 1997.
- SILVA, B.B. da et al. 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.
- YAN, Z. et al. Changes in extreme wind speeds in NW Europe simulated by generalized linear models. **Theoretical and Applied Climatology**, v.83, p.121–137, 2006.