

ISSN 0104-1347

Frequência de ocorrência de ventos fortes em Santa Maria, RS

Frequency of wind gusts occurrence in Santa Maria, RS, Brazil

Arno Bernardo Heldwein¹, Nereu Augusto Streck², Galileo Adeli Buriol¹, Miguel Angelo Sandri³, Gustavo Trentin³, Renato Beppler Spohr³, Joel Cordeiro da Silva⁴, Cleber Maus Alberto⁴ e Nathanael dos Santos Faria³

Resumo - O vento é um dos elementos meteorológicos que menos foram estudados no Estado do Rio Grande do Sul. Neste trabalho, o objetivo foi avaliar a velocidade e a direção das rajadas máximas diárias de vento registradas em Santa Maria, RS. Para tanto, utilizaram-se os anemogramas diários de um Anemógrafo Universal, modelo IH 1023 / FUESS, instalado a 10m de altura, na Estação Meteorológica e Climatológica Principal da UFSM (latitude: 29°43'S, longitude: 53°48'W e altitude: 95m), de 24 anos de registro durante o período de 1976 a 2002. Foram extraídos os valores das rajadas máximas diárias com velocidade maior ou igual 15 m.s⁻¹ (354 km.h⁻¹), e estes valores foram classificados em quatro níveis de velocidade (15, 20, 25 e 30 m.s⁻¹) para as quais foi determinada a frequência relativa de ocorrência. De um total de seis anos (1981, 1982, 1983, 1986, 1987 e 1999), foram analisados também os dados horários em escala anual e sazonal. Observou-se, que ao longo do dia, a velocidade média das rajadas de vento é maior no período compreendido entre 10h e 18h e, ao longo, do ano as maiores rajadas são mais frequentes na primavera e menos frequentes no outono. Embora a direção predominante do vento na região seja do quadrante leste, as rajadas com níveis de velocidade 15, 20 e 25 m.s⁻¹ são com maior frequência da direção norte. Nesta direção com muita frequência as rajadas ultrapassam 20 m.s⁻¹.

Palavras-chave: vento, rajadas, frequência, direção.

Abstract - Wind is one of the least studied meteorological element in the Rio Grande do Sul State. The objective of this study was to evaluate the velocity and direction of daily maximum wind gusts in Santa Maria, RS. Daily wind registers were collected by a Universal Anemograph, model IH 1023/FUESS, installed at 10m high, in a meteorological station installed in the Campus of the Universidade Federal de Santa Maria (latitude: 29°43'S, longitude: 53°48'W and altitude: 95m). Twenty-four years of wind data during the period 1976-2002 were used in this study. The values of gusts higher than or equal to 15 m.s⁻¹ (354 km.h⁻¹) were classified into four classes of velocity (15, 20, 25, 30 and 35 m.s⁻¹) and the relative frequency of occurrence was calculated for each class. Furthermore, the hourly maximum wind gusts in six years (1981, 1982, 1983, 1986, 1987 e 1999) was also evaluated. During the day the average gust was higher between 10:00 am and 06:00 pm, and during the year, gusts were more frequently in the Spring and less frequent in the Fall. The predominant wind direction in the studied region is East, but the higher gusts are predominantly North, with the velocity often higher than 20m.s⁻¹.

Key words: wind, gusts, frequency, gust direction.

¹Dr., Prof. Titular, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900 - Santa Maria, RS, E-Mail: heldwein@ccr.ufsm.br, bolsista do CNPq.

²PhD., Prof. Adjunto, Departamento de Fitotecnia, CCR, UFSM, 97105-900 - Santa Maria, RS.

³Aluno do Curso de Agronomia, CCR, UFSM, Bolsista de Iniciação Científica FAPERGS / PIBIC-CNPq.

⁴Aluno do Curso de Agronomia, CCR, UFSM, Monitor de Climatologia Agrícola.

Introdução

O estudo da direção e velocidade do vento é importante para definição do potencial eólico de uma região. Na agricultura o vento facilita as trocas de calor, de dióxido de carbono e do vapor d'água entre a atmosfera e a vegetação e, com os insetos, garante a perpetuação de muitas espécies vegetais através da polinização de suas flores. Entretanto, quando sua velocidade é elevada pode trazer prejuízos significativos a vários setores da agricultura, da pecuária e da construção civil.

Dos elementos meteorológicos que interferem nas diferentes atividades humanas, o vento e a umidade do ar certamente são os que menos foram estudados, até o momento, no Estado do Rio Grande do Sul. ARAUJO (1930), possivelmente, foi o primeiro pesquisador a analisar a direção e a velocidade do vento em nível estadual. A seguir, destacam-se os trabalhos de MACHADO (1950), REIS & BERLATO (1972) e IPAGRO (1979). Estes estudos mostraram que, para todas as regiões Climáticas do Estado, as direções predominantes do vento são do quadrante leste (NE, E e SE). As velocidades médias mais elevadas ocorrem nos meses de primavera e as menores velocidades médias nos meses de outono. Estes valores foram calculados a partir das observações das 9 h, 15 h e 21 h, hora local, sendo as determinações feitas com anemômetros de deflexão, tipo Wild (FERRAZ, 1914). Somente as estações meteorológicas de Porto Alegre e Barra do Rio Grande, em Rio Grande, possuíam anemógrafo naquela época. Com os registros desses instrumentos ARAUJO (1930) determinou a velocidade das maiores rajadas de vento ocorridas em Porto Alegre, no período de 1914 a 1928 e MACHADO (1950) das maiores rajadas de vento ocorridas em Porto Alegre e Barra do Rio Grande, no período de 1914 a 1946. A avaliação das rajadas de maior velocidade observadas em cada ano permitiram concluir que, em Porto Alegre, ocorreram ventos de até $26,9 \text{ m.s}^{-1}$, como em dezembro de 1923 com direção sul, e, na Barra do Rio Grande, a máxima rajada, com $34,5 \text{ m.s}^{-1}$, em junho de 1927, também com direção sul. MORENO (1961), a partir dos dados contidos em MACHADO (1950), estudou o regime de ventos do Estado do RS. É relevante neste trabalho a análise da gênese das direções e velocidades dos ventos no Estado do RS.

Análises estatísticas mais detalhadas da variável vento no Rio Grande do Sul foram realizadas por BAPTISTA DA SILVA *et al.* (1997a e 1997b)

e BAPTISTA DA SILVA & LARROZA (1999) para Pelotas. Verificaram que ventos fortes com velocidade acima de 60 km.h^{-1} ($16,6 \text{ m.s}^{-1}$) ocorrem de agosto a dezembro com probabilidades acima de 60% e que as rajadas com velocidade acima de 100 km.h^{-1} ($27,8 \text{ m.s}^{-1}$) têm maior probabilidade estatística (4,3%) de ocorrerem em outubro, embora a rajada mais forte registrada no período analisado (1957 a 1993) tenha sido de $97,2 \text{ km.h}^{-1}$ (27 m.s^{-1}). Verificaram também que a velocidade média mensal do vento no local varia de $2,6 \text{ m.s}^{-1}$ em maio a $4,1 \text{ m.s}^{-1}$ em outubro, que a direção predominante do vento varia com a época do ano (leste na primavera e verão, sudeste no outono e nordeste no inverno) e que a direção nordeste tem alta frequência no ano.

Os valores de velocidade e direção do vento em Santa Maria, RS, apresentados por MACHADO (1950), MORENO (1961), REIS & BERLATO (1972) e IPAGRO (1979) foram obtidos a partir de três observações diárias, momentâneas feitas em anemômetro de deflexão. Estes dados são importantes, mas apenas o registro contínuo da velocidade e das rajadas permite um estudo mais detalhado do vento. Com a instalação de um anemógrafo universal na Estação Climatológica de Santa Maria no ano de 1976, foi oportunizado este estudo mais detalhado. Tendo em vista a importante área de estufas plásticas instaladas na região central do Rio Grande do Sul para o cultivo de hortaliças, cujo plástico e a estrutura são vulneráveis aos ventos fortes (STRECK *et al.*, 1998), e ainda a constante solicitação dos órgãos oficiais e da população, principalmente em função dos freqüentes vendavais ocorridos, no Estado do Rio Grande do Sul, nas primaveras de 1997, 1999 e 2002, tornou-se necessário antecipar a análise deste elemento meteorológico, embora ainda não se disponha de 30 anos de registro. Desta forma, neste trabalho tem-se o objetivo de analisar-se a velocidade das rajadas máximas do vento e sua direção em Santa Maria, em nível diário e horário.

Material e métodos

Foram utilizados os dados de registros em anemogramas diários de um Anemógrafo Universal, modelo IH 1023, marca FUESS, instalado a 10m de altura, na Estação Climatológica Principal pertencente ao 8ºDISME, instalada no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (latitude: $29^{\circ}43' \text{ S}$,

longitude: 53°48'W e altitude: 95m) no período de 1976 a 2002. Em função de danos no anemógrafo e falhas de registro nos anemogramas, o total de anos utilizados neste estudo foram 24. Foram extraídos dos anemogramas os valores das rajadas máximas diárias com velocidade maior ou igual 15 m.s⁻¹ (≥54 km.h⁻¹) a qual produz danos às brotações novas de videiras e outras frutíferas. Estes valores foram classificados em quatro níveis de velocidade (≥15, ≥20, ≥25 e ≥30 m.s⁻¹) para as quais foi determinada a frequência relativa de ocorrência.

Em seis anos (1981, 1982, 1983, 1986, 1987 e 1999), que foram selecionados por existirem gráficos bem legíveis e completos do ano todo, foram avaliadas também as rajadas máximas horárias com qualquer velocidade (0 à 1h, 1 às 2h, 2 às 3h e assim sucessivamente até as 24h). Para esses dados, determinou-se a frequência das direções e das rajadas máximas, a partir do número médio de horas diárias em cada uma das direções N, NE, E, SE, S, SW, W e NW (rosa-dos-ventos) em escala anual e sazonal (primavera, verão, outono e inverno). Com a média horária de velocidade das rajadas máximas, obteve-se a flutuação da velocidade do vento em escala sazonal e ao longo do ano. Quando, no período de uma hora de intervalo, as rajadas tinham velocidade menor que 0,4 m.s⁻¹ ou quando não houve rajadas de vento, este período de tempo foi considerado como calma (WAGNER et al., 1977).

A frequência relativa foi determinada pela razão entre o número de dias (ou horas) com rajadas máximas acima de determinado nível ocorridas e número total da amostra. A amostra foi composta pelo número total de dias, no caso da análise das rajadas diárias, ou número de observações em cada horário.

Resultados e discussão

Os resultados da análise de frequência relativa das rajadas máximas diárias nos quatro níveis de velocidade durante os 24 anos de registro são apresentados nas Figuras 1 e 2. Verifica-se que existe grande variabilidade entre anos (Figura 1). Comparando-se os anos de 1982 e 1995, anos em que se verificaram as maiores e menores frequências de dias com rajadas ≥15 m.s⁻¹, respectivamente, a frequência das rajadas com velocidade ≥15 m.s⁻¹ foi quatro vezes maior e com velocidade ≥20 m.s⁻¹ foi o dobro em 1982 em relação a 1995, enquanto que não ocor-

reram rajadas com velocidade ≥25 m.s⁻¹ em 1995. Na comparação entre os anos de 1976 a 1979, de 1981 a 1983, bem como entre 1979, 1986, 1987, 1993, 1999, 2000 e 2002, fica evidenciado que não existe relação entre a frequência de ocorrência de rajadas com velocidade ≥15 m.s⁻¹ e ≥30 m.s⁻¹.

A frequência relativa de ocorrência de rajadas máximas diárias com velocidade ≥15 m.s⁻¹, ≥20 m.s⁻¹, ≥25 m.s⁻¹ e ≥30 m.s⁻¹, nas quatro épocas do ano (Figura 2), atingiu no máximo 16,5 % dos dias para rajadas ≥15 m.s⁻¹ na época de primavera. Esta também foi a época de maior frequência de rajadas com velocidade ≥30 m.s⁻¹ com frequência de 0,5% dos dias, porém para velocidades ≥20 m.s⁻¹ e ≥25 m.s⁻¹, mas menores do que 30 m.s⁻¹, a frequência foi maior no inverno. A época de menor frequência de rajadas com velocidade ≥25 m.s⁻¹ e ≥30 m.s⁻¹ foi o verão, com frequência de 0,3 e 0,1% dos dias, respectivamente, enquanto as menores frequências para a velocidade de ≥20 m.s⁻¹ ocorreram no outono. Verifica-se também que, por exemplo, na primavera apenas 25,0% das rajadas com velocidade ≥15 m.s⁻¹ têm velocidade ≥20 m.s⁻¹, enquanto que, no inverno essa fração alcança 48,0%. Dessa análise conjunta, fica evidenciado que não existe uma relação entre as frequências das rajadas nos grupos de diferentes velocidades quando se comparam as diferentes épocas do ano entre si, o que concorda com os resultados obtidos para Pelotas, RS, por BAPTISTA DA SILVA et al. (1997b). Uma das razões de não haver relação entre as frequências das rajadas nos grupos de diferentes velocidades pode ser o tamanho de amostra ainda insuficiente, mas a mudança da circulação secundária da atmosfera na região com as épocas do ano também não pode ser descartada como possível causa.

Os valores médios das rajadas máximas horárias dos seis anos de registros analisados, mostraram que a velocidade do vento é maior no período entre 10 h e 18 h, com média máxima de 6,8 m.s⁻¹ entre 14 e 15 horas, enquanto que por volta das 20 horas e durante a madrugada, ocorrem os menores valores médios (Figura 3a). Na análise dos dados por época (Figura 3b), fica evidenciado que as rajadas de vento ao longo de, praticamente, todo o dia têm menor velocidade no outono e que durante o dia as rajadas são em média maiores na época de primavera. A maior velocidade do vento no período da tarde e na primavera está associada ao maior saldo de radiação (TUBELIS & NASCIMENTO, 1980) e a consequente instabilidade térmica, a qual, em geral, é

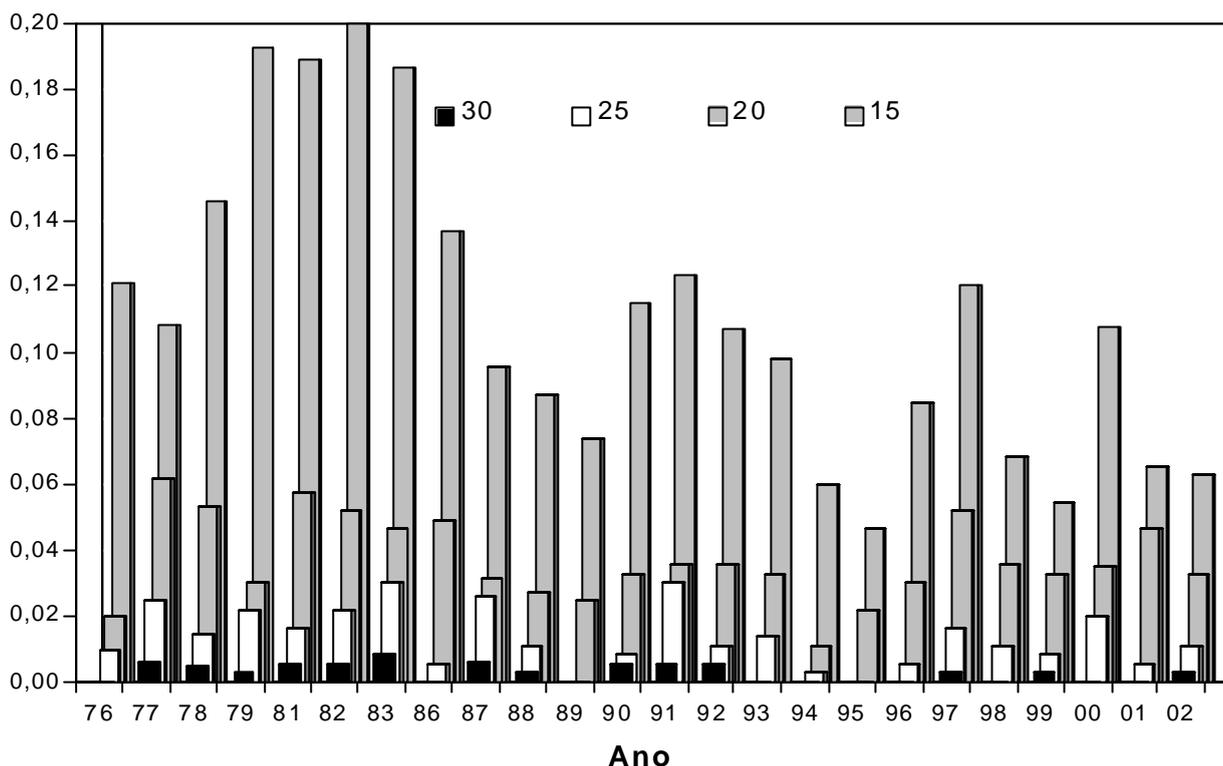


Figura 1. Frequência relativa das rajadas máximas diárias do vento com velocidade $\geq 15 \text{ m.s}^{-1}$ (15), $\geq 20 \text{ m.s}^{-1}$ (20), $\geq 25 \text{ m.s}^{-1}$ (25) e $\geq 30 \text{ m.s}^{-1}$ (30), nos 24 anos de registro a 10 m de altura em Santa Maria, RS.

maior no período da tarde e na primavera, uma vez que o incremento dos fluxos convectivos verticais também acentua os movimentos do ar no sentido horizontal.

Embora a direção predominante do vento, na região em que se encontra Santa Maria, seja do

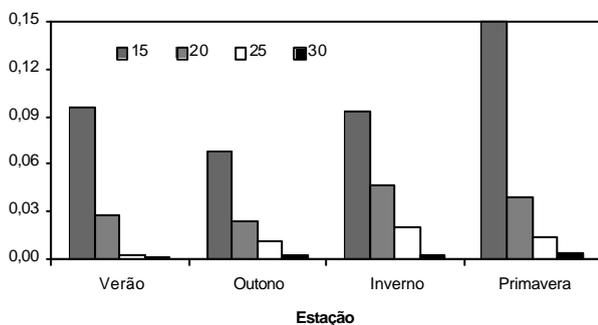


Figura 2. Frequência relativa das rajadas máximas diárias com velocidade $\geq 15 \text{ m.s}^{-1}$ (15), $\geq 20 \text{ m.s}^{-1}$ (20), $\geq 25 \text{ m.s}^{-1}$ (25) e $\geq 30 \text{ m.s}^{-1}$ (30), a 10 m de altura nas quatro épocas do ano em Santa Maria, RS

quadrante leste (MACHADO, 1950), verificou-se que as rajadas de vento forte mais frequentes são de direção norte e que, nesta direção, estas rajadas com muita frequência ultrapassam 20 m.s^{-1} (Figura 4). Os eventos que condicionam a ocorrência do vento local com direção norte, noroeste e nordeste (“Vento Norte”) são em geral prolongados, muitas vezes ocorrem por vários dias, em decorrência da organização sinóptica que gera este tipo de vento no Estado do RS, a qual se caracteriza pela presença de alta pressão atmosférica sobre a região Sudeste do Brasil e Oceano Atlântico adjacente e um sistema de baixa pressão sobre o Uruguai ou no litoral leste deste país e da Argentina. Além disso, o “Vento Norte” tem maior velocidade em Santa Maria do que em outras regiões do Estado do RS pela sua localização no piemonte da Serra Geral, o que promove o aumento da velocidade do vento ao descer para esta depressão orográfica. Já as rajadas com direção sul, sudoeste e sudeste decorrem de eventos de curta duração, como o momento da passagem de uma linha de instabilidade ou da chegada de uma frente fria no local. Assim, as rajadas máximas diárias e também as rajadas máximas horárias durante o período de ocorrência do “Vento Norte”

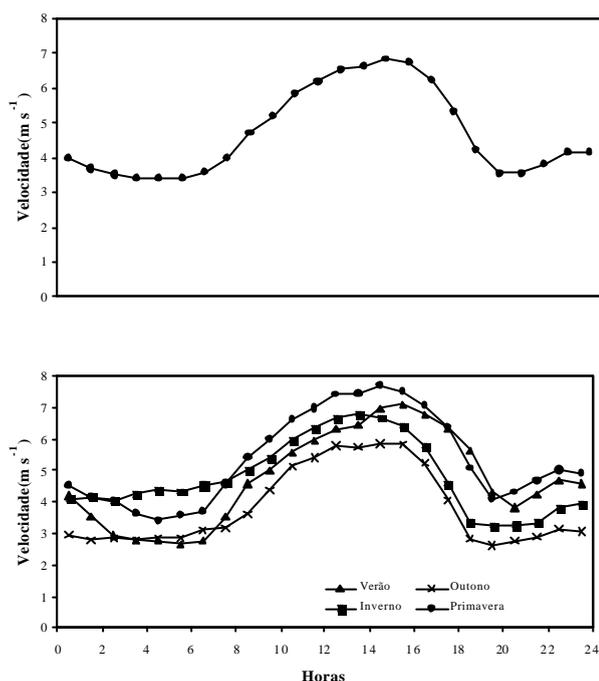


Figura 3. Velocidade média das rajadas máximas horárias do vento a 10m de altura ($>0,4\text{m.s}^{-1}$) em seis anos de registro (1981, 1982, 1983, 1986, 1987 e 1999) em Santa Maria, RS, no período anual (a) e nas quatro estações do ano (b).

vêm acompanhadas, no respectivo período de uma série de rajadas com velocidade um pouco menor. Tal fato resulta em danos mais freqüentes a agricultura quando ocorre vento forte com direção norte, nordeste e noroeste, do que quando ocorrem rajadas com direção sul. Os danos pelo vento Norte são es-

pecialmente grandes para os cultivos protegidos na região de Santa Maria cujas estruturas e, principalmente, o filme plástico de cobertura são freqüentemente danificados. A fadiga do material pela constante tremulação associada à menor resistência do plástico pela elevada temperatura durante os eventos de “Vento Norte” são as principais causas do maior dano a essas edificações.

Rajadas de vento com velocidade maior do que 100 km.h^{-1} ($27,8\text{ m.s}^{-1}$), ou maior do que 108 km.h^{-1} ($30,0\text{ m.s}^{-1}$) são classificadas como de tempestade e de furacão, respectivamente (BLAIR & FITE, 1964), e em geral causam danos significativos às edificações, sistemas de comunicação e de distribuição de energia elétrica, bem como aos cultivos agrícolas. Nas Figuras 5a e 5b são apresentadas os valores das rajadas máximas diárias com velocidade acima de 100 km.h^{-1} e de 108 km.h^{-1} , respectivamente. Verifica-se que é de julho a novembro que os vendavais são mais freqüentes em Santa Maria e que, em dezembro, janeiro e fevereiro, os vendavais são menos freqüentes, sendo pouco prováveis velocidades acima de 108 km.h^{-1} . Nas figuras 4 e 5, fica evidenciado que a ocorrência de dias com rajadas $\geq 30\text{ m.s}^{-1}$ é rara, totalizando apenas 20 eventos diários, em 24 anos de registro, porém é comum ocorrerem rajadas com velocidade $\geq 20\text{ m.s}^{-1}$.

Ao considerar os dados analisados deste período de registro, desde a instalação do Anemógrafo Universal na Estação Climatológica em Santa Maria, as duas rajadas de maior velocidade registradas foram de $37,4\text{ m.s}^{-1}$ ($134,6\text{ km.h}^{-1}$) e $39,2\text{ m.s}^{-1}$ ($141,1\text{ km.h}^{-1}$), respectivamente, em 13/10/1999 e 11/09/2002. Surpreendentemente, estes dois even-

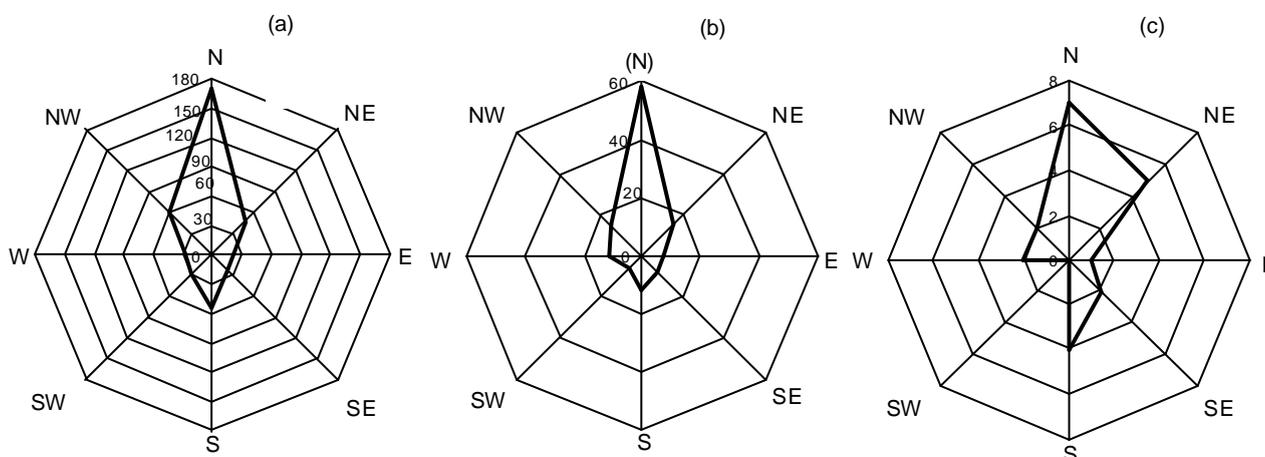


Figura 4. Freqüência da direção das rajadas máximas diárias com velocidade $\geq 20\text{ m.s}^{-1}$ (a), $\geq 25\text{ m.s}^{-1}$ (b) e $\geq 30\text{ m.s}^{-1}$ (c) em 24 anos de registro em Santa Maria, RS

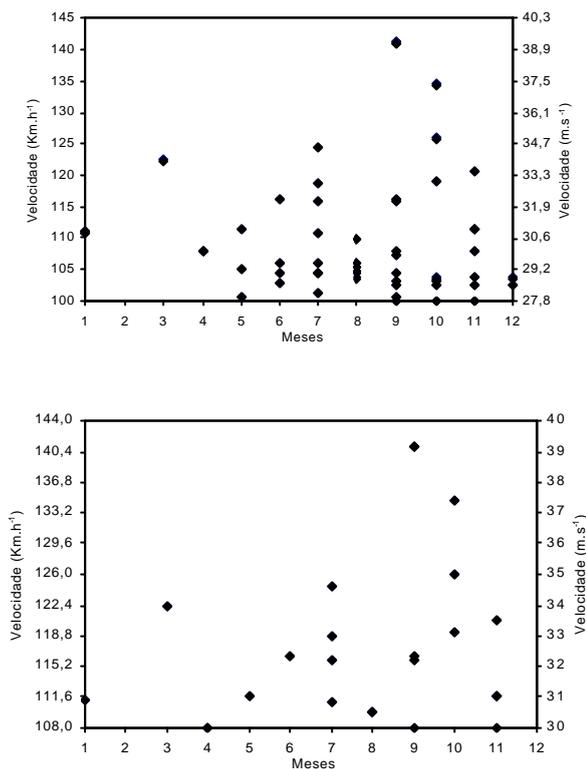


Figura 5. Valores de velocidade das rajadas máximas diárias acima de 100 km.h^{-1} (a) e de 108 km.h^{-1} ($\geq 30 \text{ m.s}^{-1}$) (b) ocorridas nos diferentes meses do ano, a 10 m de altura em 24 anos de registro em Santa Maria, RS

tos ocorreram no período da manhã e tiveram direção sul e acompanhadas de várias rajadas com velocidade maior do que $28,0 \text{ m.s}^{-1}$, que contraria a tendência geral dos resultados deste estudo e evidencia o caráter aleatório e extremamente variável dos eventos de vento forte ou vendaval na região. Portanto, pode inferir-se que a engenharia civil, para fins de cálculo de resistência das estruturas para as diferentes edificações, redes de distribuição de energia elétrica, telefonia e TV a cabo, bem como na montagem de estruturas não fixadas deve considerar que existe o risco de ocorrerem rajadas de vento ainda maiores do que as registradas e apresentadas neste estudo até mesmo porque a série de registros de dados de 24 anos ainda é relativamente curta para análises estatísticas mais consistentes. A direção sul das rajadas máximas extremas está em conformidade com os eventos de rajadas extremas registrados em outras épocas nas estações meteorológicas de Porto Alegre e Rio Grande.

Este estudo mostrou ainda que os períodos prolongados com maior frequência em horas sucessivas com ventos fortes são geralmente ocasionados pela condição que origina o vento “Vento Norte”. Na Figura 6 são apresentadas duas dessas seqüências, as quais ocorreram nos períodos de 23 a 29/08/1982 (Figura 6a) e de 15 a 20/08/1997 (Figura 6b).

Conclusões

Em Santa Maria, Rio Grande do Sul, a maior frequência de dias com rajadas fortes de vento ocorre na época de primavera e a menor no outono.

A rajadas fortes de vento têm direção predominante do quadrante Norte.

Ao longo do dia, a média horária das rajadas de vento é maior nas horas mais quentes do dia.

Ao longo de um ano não existe associação entre a frequência de ocorrência de dias com rajadas classificadas nas diferentes classes de velocidade.

Sugestões

Sugere-se que após completados pelo menos 30 anos de registro, o estudo da velocidade do vento em Santa Maria seja aprofundado por meio de uma análise estatística de probabilidade de ocorrência, já que este é o período mínimo recomendado para que a análise tenha caráter climatológico.

Referências Bibliográficas

- ARAUJO, L.C. de. **Memórias sobre o Clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio. 1930. 101 p.
- BAPTISTA DA SILVA, J., et al. Estudo da velocidade e direção dos ventos em Pelotas - RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 227-235, 1997a.
- BAPTISTA DA SILVA, J.; 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, 1997b.
- BAPTISTA DA SILVA, J.; LARROZA, E.G. Probabilidades de ocorrência de diferentes velocidades dos ventos em Pelotas - RS. **Revista Brasileira de**

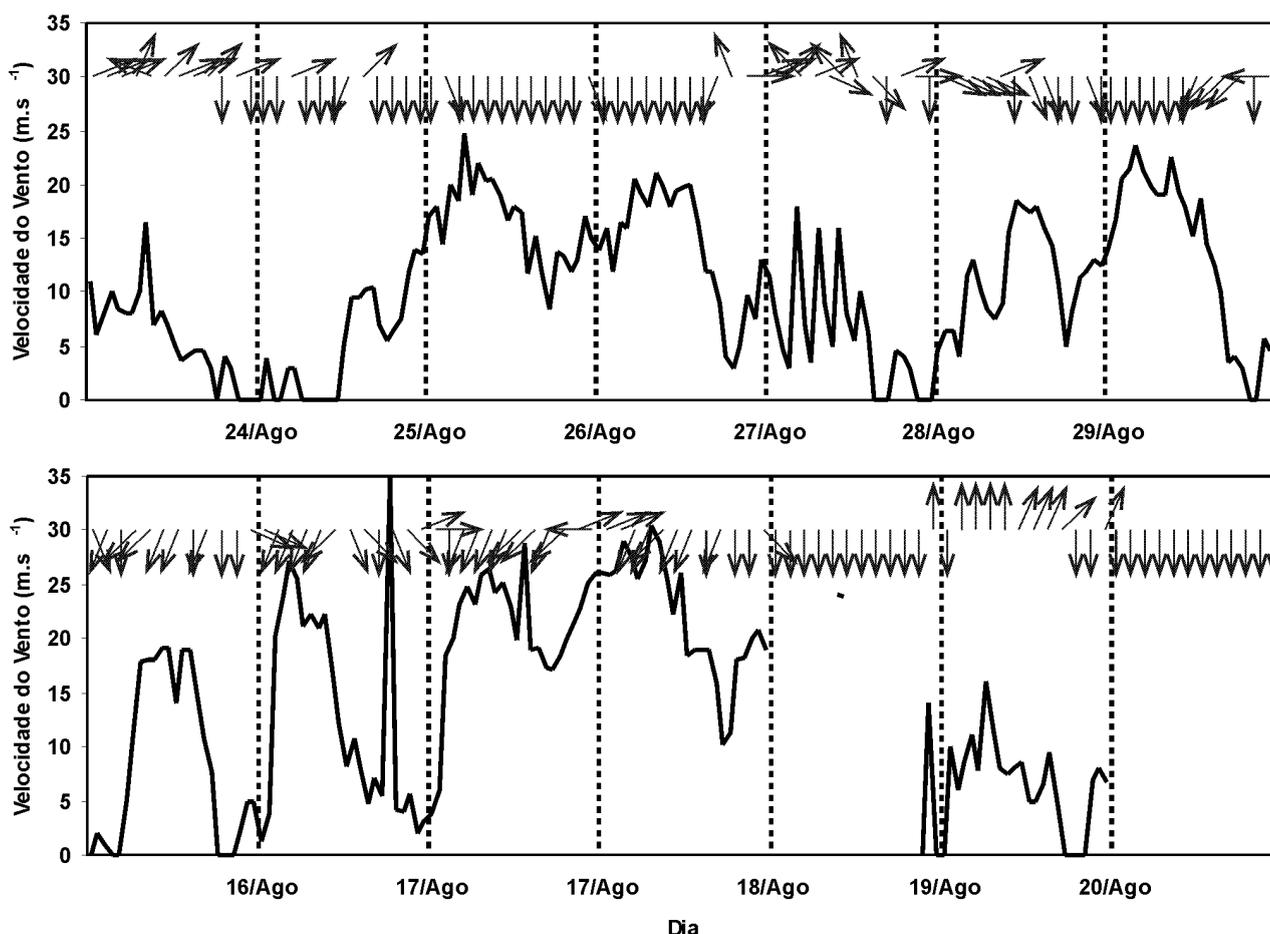


Figura 6. Rajadas máximas horárias do vento e sua direção nos períodos de 23 a 29/08/1982 (a) e 15 a 20/08/1997 (b) em Santa Maria, RS, durante eventos prolongados de predominância de “Vento Norte” (↙ ↓ ↘).

Agrometeorologia, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 91-99, 1999.

BLAIR, T.A.; FITE, R.C. **Meteorologia**. Rio de Janeiro: Artes Gráficas Gomes de Souza, 1964. 405 p.

FERRAZ, J de S. **Instruções meteorológicas**. Bruxelas: L’Edition D’Art Gaudio, 1914. 208 p. (v. I).

IPAGRO (Instituto de Pesquisas Agronômicas). **Observações meteorológicas no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1979, 271 p. (Boletim Técnico n. 3).

MACHADO, F.P. **Contribuição ao estudo do Clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Geografia, 1950. 91 p.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia. 1961. 42 p.

REIS, B.G.; BERLATO, M.A. **Aspectos gerais do Clima do Estado**. Porto Alegre: Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, 1972. 187 p. (v. 1).

STRECK, N.A., et al. Danos físicos em estufas plásticas causados pelo vento em Santa Maria RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 137-139, 1998.

TUBELIS, A., NASCIMENTO, F.J.L. do. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Livraria Nobel, 1980. 374 p.

WAGNER, S.C. et al. Estudo da velocidade e direção dos ventos no estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 5., 1987, Belém, PA. **Coletânea de trabalhos...**, Belém: CPATU/SBA, 1987. p. 269-273.