

ISSN 0104-1347

Direção predominante do vento para a localidade de Campinas - SP¹

Predominant wind direction at Campinas, São Paulo state, Brazil

Marcelo Trevizan Barbano ², Orivaldo Brunini³ e Hilton Silveira Pinto⁴

Resumo – O objetivo do trabalho foi determinar a direção predominante do vento para a localidade de Campinas, SP (Latitude 22°54'S, Longitude 47°05'W e Altitude de 669m). As direções diárias do vento foram coletadas por meio de um Anemógrafo Universal, instalado a 10m do solo, localizado no Posto Meteorológico da Estação Experimental do Instituto Agronômico de Campinas. A direção predominante do vento às 7h foi de SE, com maiores índices nos meses de agosto, setembro e outubro. Em média, 23,6% das observações feitas às 14 horas foram de direção NW, destacando-se também, as direções SE e N, com frequência média mensal em torno de 17,6% e 12,0%, respectivamente. A direção predominante às 21h foi a direção SE, com 48,9% de frequência média mensal para os doze meses do ano. A direção SE predomina para a localidade de Campinas considerando-se os três horários analisados, com maior frequência nos meses de abril, agosto, setembro, outubro e novembro, com a média de 40,0%.

Palavras-chave: frequência, vento, direção do vento, Campinas.

Abstract - The objective of this work was to determine mean wind direction based on daily observations, from 1968 to 2000, obtained at 07h, 14h and 21h in Campinas, São Paulo State, Brazil. The data set was recorded by an Anemógrafo Universal installed at 10 meters high. The predominant wind direction at 7h was SE, with higher frequency for the periods August, September and October. The predominant wind direction at 14h was NW with 23,6% of the annual events. At 21h the predominant wind direction was SE, with monthly higher frequency in the 48,9%. The average of three observations showed that the prevailing winds occurred from SE, with higher frequency for the periods April, August, October and November.

Key words: frequency, wind, wind direction, Campinas.

Introdução

De maneira geral, a energia utilizada pelo ser humano é proveniente de combustíveis fósseis e carvão vegetal, sendo fontes consumidas em uma intensidade acima da capacidade de renovação por parte da natureza. Além disso, a geração de energia proveniente de usinas hidrelétricas e nucleares, normalmen-

te resulta em impactos ambientais em proporções consideráveis (SILVA & BURGUEÑO, 2001). Dessa forma, ressalta-se a importância da utilização de fontes alternativas de energia renováveis e não poluentes, como a geração a partir de turbinas eólicas, método pelo qual se faz necessário o conhecimento da direção característica do vento local.

¹Parte do trabalho apresentado no XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2001.

²Eng. Agrônomo - Pós-graduando do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) - Bolsista da CAPES.

³Eng. Agrônomo, PqC VI CEB – CIAGRO/IAC - Bolsista do CNPq

⁴Eng. Agrônomo – UNICAMP/CEPAGRI

A direção predominante do vento pode definir ainda a provável direção e propagação de um determinado foco de queimada (MELO, 2001). Na zona urbana, o conhecimento da direção predominante pode auxiliar na escolha correta dos locais para a instalação de indústrias, evitando o deslocamento de poluentes para as áreas residenciais (SILVA *et al.*, 1997).

Do ponto de vista agrônômico, as correntes eólicas podem afetar as plantas sob três aspectos: transpiração, absorção de CO₂ e efeito mecânico sobre folhas e ramos. VELLOSO *et al.* (2001), verificaram em experimentos controlados, aumento no processo transpiratório das plantas sob influência dos ventos, assim como, uma elevação na taxa fotossintética em função do suprimento de CO₂, o qual é favorecido pela turbulência atmosférica. Ressalta-se ainda a ação dispersiva dos ventos sobre os diásporos em variado número de plantas, a polinização de muitas espécies, a ocorrência de erosão eólica em solos desprotegidos de sua cobertura vegetal e a propagação de doenças favorecidas pelas correntes eólicas.

As folhas danificadas mecanicamente pela ação dos ventos tem reduzida a sua capacidade de translocação e fotossíntese (VELLOSO *et al.*, 2001). De acordo com PEDRO Jr. *et al.* (1998), os efeitos causados pela ação dos ventos na cultura da videira, podem ser físicos ou fisiológicos. Existem indicações de que velocidades de vento entre 3 m s⁻¹ a 4 m s⁻¹ propiciam a inibição de funções fisiológicas desta frutífera devido, principalmente, ao fechamento estomático, o que acarreta na redução da taxa de respiração nas plantas. CARAMORI *et al.* (1983) relataram prejuízos no crescimento e desenvolvimento de mudas de cacaueiro submetidas a velocidade do vento oscilando entre 1m s⁻¹ e 3 m s⁻¹.

Em contrapartida, nas regiões onde a atuação de sistemas frontais tem grande predominância como no Sul e Sudeste do Brasil, a instalação de quebra ventos pode promover a proteção de plantas contra a ação direta dos ventos (GALVANI *et al.*, 1999). Rosemberg (1974), citado por PEDRO Jr. *et al.* (1998), observou que a taxa de evaporação da água do solo é reduzida diante da utilização de quebra-ventos.

Além disso, a energia obtida a partir do vento, caracterizado por ser um elemento não poluente e gratuito, pode favorecer todas as atividades que dependem da energia elétrica, como por exemplo, a eletrificação rural (SILVA *et al.*, 2000). Segundo

MIALHE (1980), o levantamento do potencial eólico de uma determinada região pode possibilitar o conhecimento de parâmetros, dentre eles a direção predominante do vento, o qual contribui para a utilização da energia eólica na propriedade rural.

O conhecimento da direção predominante dos ventos pode fornecer adequado subsídio para o aproveitamento eólico como fonte alternativa de energia, instalação de quebra ventos, reduzindo o suprimento hídrico das plantas sob sistema de irrigação, além de definir a direção de poluentes e focos de incêndios propagados pelos ventos, contribuindo para o planejamento de atividades que dependem desse parâmetro meteorológico.

A direção do vento pode variar, dentre outros fatores, em função do local, do clima e da estação do ano. O trabalho objetivou caracterizar a direção predominante do vento para a localidade de Campinas, Estado de São Paulo.

Material e Métodos

Os dados diários de direção do vento foram coletados no posto meteorológico da Estação Experimental do Instituto Agrônômico, em Campinas, SP (coordenadas geográficas 22°54'S e 47°05'W, e altitude de 669m), obtidos por meio de Anemógrafo Universal, instalado a 10m do solo. Nesse aparelho, o sensor da direção do vento, o qual possui forma de seta, aciona um sistema de alavancas e o registro é efetuado por meio de duas penas (PEDRO JÚNIOR *et al.*, 1986). A Tabela 1 indica as direções do vento aferidas pelo aparelho, bem como a simbologia adotada para cada uma delas.

Tabela 1. Direções do vento medidas pelo Anemógrafo Universal no período de 1968 à 2001, para a localidade de Campinas, SP, às 7h, 14h e 21h.

Direção do vento	Simbologia
Norte	N
Sul	S
Leste	E
Oeste	W
Nordeste	NE
Sudeste	SE
Noroeste	NW
Sudoeste	SW
Calmaria	C

Foram utilizados no trabalho, valores diários registrados no período de 33 anos, 1968 à 2000, onde a direção predominante do vento foi definida mediante ao número de observações de determinada direção para cada mês, levando-se em consideração os períodos de calmaria. No período estudado, não foram observadas falhas nos registros do aparelho.

A direção predominante do vento foi caracterizada por meio de uma análise de frequência das observações diárias, para cada um dos doze meses do ano, utilizando-se a seguinte expressão:

$$f(x) = n/N \cdot 100 \quad (1)$$

em que $f(x)$ a frequência de ocorrência do vento em determinada direção (x); “ n ” o número de ocorrências de uma determinada direção e N o número total de observações.

Os valores obtidos foram apresentados em termos de frequência média mensal para cada direção estudada nos respectivos horários analisados, para cada mês do calendário.

Resultados e Discussão

Os números de ocorrência de uma determinada direção e as frequências da direção predominante do vento, observados às 7 horas, durante os meses de janeiro à dezembro, estão listados na Tabela 2.

Os dados indicam a predominância de vento SE. Em média, 37,5% das observações feitas nesse horário são de direção SE, sendo que os maiores índices foram observados nos meses de outubro (47,9%), setembro (49,7%) e agosto (47,2%). Neste horário, as direções N, NE, E, S, SW, W e NW apresentaram frequências médias mensais inferiores à direção SE. A condição de calmaria é bastante frequente, com média anual de 49,4%.

Na Tabela 3, estão relacionados os valores observados de uma determinada direção e as frequências da direção predominante do vento, relatados às 14 horas, durante os doze meses do ano.

A direção NW predomina às 14 horas, com frequência média de 23,6% das observações, onde os

Tabela 2. Frequências obtidas da direção predominante do vento em Campinas, SP, às 7 horas, durante os meses de janeiro à dezembro, utilizando-se de uma série histórica de 33 anos (1969 à 2000)

Mês	N	S	E	W	NE	SE	NW	SW	C	Total
Janeiro	*61	3	35	2	53	264	27	4	574	1023
$f(x)$	5,96	0,29	3,42	0,19	5,18	25,81	2,64	0,39	56,11	100
Fevereiro	31	3	26	1	43	225	31	6	567	933
$f(x)$	3,32	0,32	2,79	0,11	4,61	24,12	3,32	0,64	60,77	100
Março	10	4	26	1	45	326	19	5	587	1023
$f(x)$	0,98	0,39	2,54	0,09	4,39	31,87	1,86	0,49	57,38	100
Abril	6	8	20	1	25	398	52	6	474	990
$f(x)$	0,61	0,81	2,02	0,10	2,53	40,2	5,25	0,61	47,88	100
Maio	9	2	15	1	36	361	38	8	553	1023
$f(x)$	0,88	0,2	1,47	0,09	3,52	35,29	3,71	0,78	54,06	100
Junho	11	6	12	1	20	353	56	11	520	990
$f(x)$	1,11	0,61	1,21	0,10	2,02	35,66	5,66	1,11	52,53	100
Julho	9	2	30	3	16	401	39	10	513	1023
$f(x)$	0,88	0,2	2,93	0,29	1,56	39,20	3,81	0,98	50,15	100
Agosto	7	7	27	1	12	483	22	10	454	1023
$f(x)$	0,68	0,68	2,64	0,09	1,17	47,21	2,15	0,98	44,38	100
Setembro	7	8	29	1	30	492	21	5	397	990
$f(x)$	0,71	0,81	2,93	0,10	3,03	49,7	2,12	0,51	40,1	100
Outubro	16	5	38	4	28	490	19	15	408	1023
$f(x)$	1,56	0,49	3,71	0,39	2,74	47,9	1,86	1,47	39,88	100
Novembro	45	6	43	4	39	401	28	6	418	990
$f(x)$	4,55	0,61	4,34	0,41	3,94	40,51	2,83	0,61	42,22	100
Dezembro	76	9	20	4	72	321	32	3	486	1023
$f(x)$	7,43	0,88	1,96	0,39	7,04	31,38	3,13	0,29	47,51	100
Total	288	63	321	24	419	4515	384	89	5951	12054
Média	2,39	0,52	2,66	0,19	3,48	37,46	3,19	0,74	49,37	100

* número de ocorrências em uma determinada direção

Tabela 3. Frequências obtidas da direção predominante do vento às 14 horas durante os doze meses do ano para a localidade de Campinas, SP, utilizando-se de uma série histórica de 33 anos (1969 à 2000).

Mês	N	S	E	W	NE	SE	NW	SW	C	Total
Janeiro	*141	17	16	62	43	108	276	64	296	1023
<i>f(x)</i>	13,78	1,66	1,56	6,06	4,21	10,56	26,98	6,26	28,93	100
Fevereiro	120	21	5	55	30	100	264	42	296	933
<i>f(x)</i>	12,86	2,25	0,54	5,89	3,22	10,72	28,30	4,50	31,73	100
Março	83	12	11	58	27	154	237	58	383	1023
<i>f(x)</i>	8,11	1,17	1,08	5,67	2,64	15,05	23,17	5,67	37,44	100
Abril	77	19	8	34	34	181	219	51	367	990
<i>f(x)</i>	7,78	1,92	0,81	3,43	3,43	18,28	22,12	5,15	37,07	100
Mai	108	14	19	39	37	157	225	54	370	1023
<i>f(x)</i>	10,56	1,37	1,86	3,81	3,62	15,35	21,99	5,28	36,17	100
Junho	147	12	22	32	54	123	272	37	291	990
<i>f(x)</i>	14,85	1,21	2,22	3,23	5,45	12,42	24,47	3,74	29,39	100
Julho	172	17	39	25	55	168	253	54	240	1023
<i>f(x)</i>	16,81	1,66	3,81	2,44	5,38	16,42	24,73	5,28	23,46	100
Agosto	135	24	24	33	52	226	231	61	237	1023
<i>f(x)</i>	13,20	2,35	2,35	3,23	5,08	22,09	22,58	5,96	23,17	100
Setembro	114	20	21	34	46	284	177	55	239	990
<i>f(x)</i>	11,52	2,02	2,12	3,43	4,65	28,69	17,88	5,56	24,14	100
Outubro	91	29	23	48	32	251	205	89	255	1023
<i>f(x)</i>	8,89	2,83	2,25	4,69	3,13	24,54	20,04	8,70	24,93	100
Novembro	117	31	20	47	31	213	220	92	219	990
<i>f(x)</i>	11,82	3,13	2,02	4,75	3,13	21,52	22,22	9,29	22,12	100
Dezembro	140	23	25	39	42	157	263	58	276	1023
<i>f(x)</i>	13,69	2,25	2,44	3,81	4,11	15,35	25,71	5,67	26,98	100
Total	1445	239	233	506	483	2122	2842	715	3469	12054
Média	11,99	1,98	1,93	4,20	4,01	17,60	23,58	5,93	28,78	100

* número de ocorrências em uma determinada direção

maiores índices foram obtidos nos meses de fevereiro (28,3%), janeiro (27,0%), dezembro (25,7%) e junho (24,5%). As direções NE, E, S, SW e W não apresentaram frequências expressivas, e o período de calmarias teve percentual médio de frequência 28,9% para os doze meses do ano. Neste horário, destaca-se também a direção SE e N, com frequências médias mensais em torno de 17,6% e 12,0%, respectivamente. No mês de setembro, no horário averiguado, a direção SE prevaleceu sobre a NW, corroborando com SILVA *et al.* (1997), os quais mostraram que em Pelotas, RS, a direção do vento variou de acordo com a estação do ano. Entretanto, GALVANI *et al.* (1999), indicaram a predominância de ventos de direção NE após observações diárias em Maringá, PR, independente da sazonalidade.

Para as 21 horas, Tabela 4, a direção predominante do vento é a direção SE, com 48,9% de frequência média mensal para os doze meses do ano. As demais direções não apresentam percentual rele-

vante nesse horário. A percentagem média de calmaria é de 38,1%, com maior frequência de ocorrência nos meses de junho (51,8%), julho (46,9%) e maio (46,4%).

A Figura 1 mostra as frequências médias para cada mês do ano a direção do vento, no período de 1968 a 2000, considerando-se os três horários de observação. A direção SE é a predominante, com frequência média mensal de 34,0%. O período de calmaria gira em torno de 38,7%, e as demais direções apresentam, comparativamente, frequências médias mensais pouco relevantes.

Na Figura 2, observa-se a variação da ocorrência da direção SE nos três horários estudados para os doze meses do ano, no período de 1968 à 2000. As maiores frequências ocorrem nos meses de setembro (46,0%), outubro (44,6%), agosto (40,0%), novembro (40,0%) e abril (38,0%). A predominância dessa direção pode estar relacionada com os centros de alta

Tabela 4. Frequências obtidas da direção predominante do vento em Campinas, SP, às 21 horas nos meses de janeiro à dezembro.

Mês	N	S	E	W	NE	SE	NW	SW	C	Total
Janeiro	*34	16	59	3	38	420	27	17	409	1023
$f(x)$	3,32	1,56	5,77	0,29	3,71	41,06	2,64	1,66	39,98	100
Fevereiro	20	26	41	6	32	394	20	15	379	933
$f(x)$	2,14	2,79	4,39	0,64	3,43	42,23	2,14	1,61	40,62	100
Março	11	17	38	1	34	507	13	15	387	1023
$f(x)$	1,08	1,66	3,71	0,10	3,32	49,56	1,27	1,47	37,83	100
Abril	10	11	18	3	21	562	21	12	332	990
$f(x)$	1,01	1,11	1,82	0,30	2,12	56,77	2,12	1,21	33,54	100
Maio	11	13	20	6	30	434	25	20	464	1023
$f(x)$	1,08	1,27	1,96	0,59	2,93	42,42	2,44	1,96	46,36	100
Junho	8	15	10	4	21	358	20	41	513	990
$f(x)$	0,81	1,52	1,01	0,40	2,12	36,16	2,02	4,14	51,82	100
Julho	13	15	34	1	21	423	18	18	480	1023
$f(x)$	1,27	1,47	3,32	0,10	2,05	41,35	1,76	1,76	46,92	100
Agosto	10	18	24	3	8	520	24	13	403	1023
$f(x)$	0,97	1,76	2,35	0,29	0,78	50,83	2,35	1,27	39,39	100
Setembro	7	11	30	3	18	589	8	16	308	990
$f(x)$	0,71	1,11	3,03	0,30	1,82	59,49	0,81	1,62	31,11	100
Outubro	14	16	39	1	25	629	7	16	276	1023
$f(x)$	1,37	1,56	3,81	0,10	2,44	61,49	0,68	1,56	26,98	100
Novembro	21	19	37	1	29	564	10	31	278	990
$f(x)$	2,12	1,92	3,74	0,10	2,93	56,97	1,01	3,13	28,08	100
Dezembro	27	15	46	1	47	497	19	12	359	1023
$f(x)$	2,64	1,47	4,50	0,10	4,59	48,58	1,86	1,17	35,09	100
Total	186	192	396	33	324	5897	212	226	4588	12054
Média	1,54	1,59	3,29	0,27	2,69	48,92	1,76	1,87	38,06	100

* número de ocorrências em uma determinada direção

pressão dos Oceanos Atlântico e Pacífico, que originam ventos NE, E e SE (TUBELIS & NASCIMENTO, 1992). Por outro lado, PERRELA et al. (2003) obteve predominância de direção NW (22%) para a localidade de Campinas, SP, considerando-se os três horários e doze meses do ano.

Referências Bibliográficas

CARAMORI, P.H. et al. Estudo sobre o efeito do vento em mudas de cacaueteiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 1983. Campinas, SP, *Anais...*, Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1983, p. 185.

GALVANI, E. et al. Caracterização da direção predominante do vento em Maringá, PR. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 81-90, 1999.

MELO, M.L. Propagação e direção dos focos de queimadas no Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12. e

REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001. Fortaleza, CE, *Anais...*, Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001, p. 205-206.

MIALHE, L.G. A energia dos ventos. In: *Máquinas Motoras na Agricultura*. v. 1, São Paulo: EDUSP, 1980. p. 75-93.

PEDRO JÚNIOR, M.J.; PEZZOPANE, J.R.; MARTINS, F.P. Efeito do uso de quebra-ventos na produtividade da videira 'Niagara Rosada'. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 75-79, 1998.

PEDRO JÚNIOR, M.J.; CAMARGO, M.P.B.; MACEDO, A.L. *Guia para observador de postos agrometeorológicos do Instituto Agrônomo*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1986. 59 p. (Boletim Técnico, 116).

PERRELA, A.C.F. et al. Comparação dos elementos climáticos observados nas estações dos aeroportos de Guarulhos, Congonhas, Campinas e São José dos Campos. Disponível em <<http://orbital.starmedia.com/>>

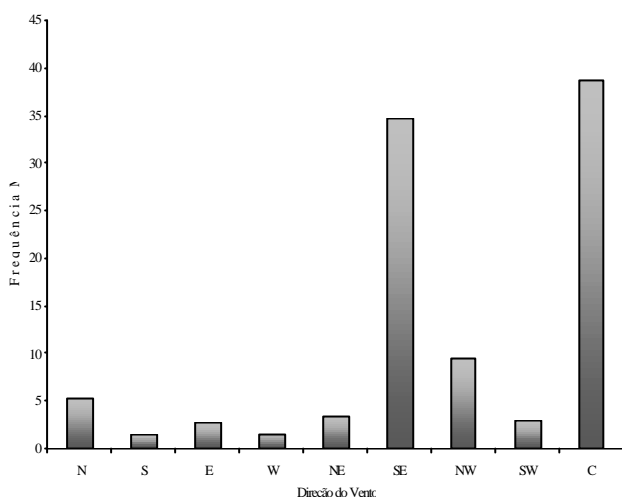


Figura 1. Frequências médias de direção do vento para a localidade de Campinas, SP, nos doze meses do ano, no período de 1968 a 2000, nos três horários de observação (7h, 14h e 21h)

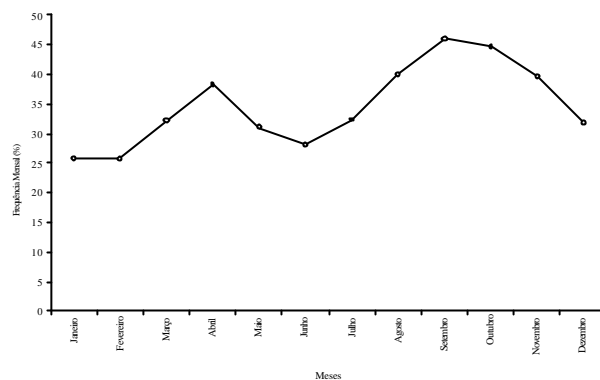


Figura 2. Variação das frequências de direção SE para os doze meses do ano às 7h, 14h e 21h, no período de 1968 à 2000 para a localidade de Campinas, SP.

<~ventonw/artigo05_simposio.htm>. Acesso em: 09 maio de 2003.

SILVA, J.B.; BURGUEÑO, L.E.T. Estimativa de potencial eólico a partir de tabelas de probabilidades da velocidade média pentadal do vento, na Cascata, em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 333-338, 2001.

SILVA, J.B.; LARROZA, E.G.; BURGUEÑO, L.E.T. Estimativa de potencial eólico no Campus da Universidade Federal de Pelotas, em Pelotas, Rs. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 111-119, 2000.

SILVA, J.B.; ZANUSSO, J.F.; SILVEIRA, D.L.M. Estudo da velocidade e direção dos ventos em Pelotas,

RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 227-235, 1997.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.C.L. **Meteorologia descritiva - Fundamentos e aplicações brasileiras**. 2. ed., São Paulo: Nobel, 1992. 374 p.

VELLOSO, M.F.A.; OLIVEIRA, I.C.; CATALDI, M. Influência dos ventos no crescimento das plantas: uma análise experimental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12. e REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001. Fortaleza, CE, **Anais...**, Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001, p. 927-928.