

Estudo da direção do vento nas mesorregiões do Rio Grande do Sul

Sandra Dornelles dos Santos¹, Enio Junior Seidel², Augusto Maciel da Silva³

1. Introdução

O vento é uma variável meteorológica importante que pode ser usada como fonte de energia renovável. Alguns estudos foram realizados em algumas regiões do Estado do Rio Grande do Sul com a intenção de avaliar o comportamento da direção do vento. Em Favera et al. (2012), foi estudado o comportamento do vento na região central do Rio Grande do Sul. Em Rockett et al. (2016), foi investigado o comportamento espaço-temporal dos ventos no extremo norte da Planície Costeira do Estado.

A abordagem mais adequada para a análise de dados medidos em graus (direção do vento) é realizada por meio da Estatística Circular. Esta abordagem permite realizar análise descritiva circular, análises gráficas e realização de testes de hipótese circulares. Mais detalhes sobre a Estatística Circular podem ser obtidos em Fisher (1993) e Pewsey (2013).

Poucos são os estudos que descreveram o comportamento da direção do vento no Estado do Rio Grande do Sul como um todo. Desse modo, o objetivo do trabalho é caracterizar o comportamento anual da direção do vento nas mesorregiões do Rio Grande do Sul.

2. Material e Métodos

Foram coletados e tabelados dados horários de direção de vento (em graus) de todas as estações automáticas disponibilizadas pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), no período de 1^o de setembro de 2017 a 31 de agosto de 2018.

Para obter um valor de direção do vento, em cada estação, para cada um dos meses, foi calculada a média circular das direções dos ventos, de modo que cada estação ficou representada pela média circular das direções dos ventos em cada mês do ano. Assim, o banco de dados final ficou composto por 43 estações meteorológicas automáticas do INMET com média circular da direção dos ventos em cada um dos doze meses em estudo. Em algumas estações não foi possível obter a média circular das direções dos ventos em determinados meses por falta de informação.

As estações automáticas foram agrupadas dentro das mesorregiões Centro (Centro Ocidental + Centro Oriental), Metropolitana, Nordeste, Noroeste, Sudeste e Sudoeste. Em cada mesorregião foram obtidas medidas descritivas circulares (média circular, mediana circular, desvio padrão circular, variância circular, amplitude circular e coeficiente de concentração circular) e aplicado o teste de Rayleigh para uniformidade da distribuição da direção do vento ($p < 0,05$) para cada um dos doze meses.

As análises foram realizadas no programa R (R CORE TEAM, 2018), por meio do pacote circular (AGOSTINELLI; LUND, 2017).

¹ UFSM. email: *sandrinha_dornelles@yahoo.com.br*.

² UFSM e UFSCAR. email: *enioseidel@gmail.com*.

³ UFSM. email: *augustolavras@gmail.com*.

3. Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta o comportamento do vento nas 6 mesorregiões do RS em cada mês de estudo. A mesorregião Centro teve predomínio de direções médias de leste (E) a leste-sudeste (ESE), tendo distribuição dos ventos concentrada nestas direções conforme se observa pelo resultado do teste de Rayleigh e pelos valores do coeficiente de concentração maiores que 0,88, com exceção apenas para os meses de junho, julho e agosto que tiveram distribuição uniforme dos ventos indicando dispersão do vento. Favera et al. (2012) observaram, a partir de medições em São Martinho da Serra – RS, que se localiza na mesorregião Centro, ventos predominantes na direção sudeste (SE) ao longo do ano.

Na mesorregião Metropolitana as direções preferencias foram de leste (E) a leste-sudeste (ESE). Nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2017, janeiro, fevereiro, abril, maio e junho de 2018 o vento teve distribuição concentrada em uma direção, já nos meses de março, julho e agosto de 2018 verificou-se distribuição dispersa do vento. Rockett et al. (2016) notou que, em Torres – RS, os ventos provenientes das direções nordeste (NE) e sul (S) ocorriam com mais frequência, e em Arroio do Sal – RS, os ventos eram mais frequentes nas direções nordeste (NE) e sudoeste (SW). Torres – RS e Arroio do Sal - RS estão situadas na mesorregião Metropolitana. As divergências nos resultados podem ser explicadas pelo fato de que em locais específicos podem ocorrer ventos em direção diferente do padrão geral médio de uma região maior.

A mesorregião Nordeste teve ventos distribuídos de forma dispersa em várias direções (teste de Rayleigh não significativo), com exceção dos meses de fevereiro, abril, maio e junho de 2018, nos quais houve uma direção preferencial média na qual o vento se concentrou (teste de Rayleigh significativo).

Na mesorregião Noroeste os ventos médios se concentraram numa direção preferencial em todos os meses (teste de Rayleigh significativo). As direções predominantes médias foram leste (E) e leste-nordeste (ENE).

Na mesorregião Sudeste as direções médias preferencias foram leste (E), leste-sudeste (ESE) e leste-nordeste (ENE). Nesta mesorregião ocorreram ventos em direção preferencial em todos os meses, com exceção de maio, julho e agosto de 2018 onde as direções foram dispersas.

Para a mesorregião Sudoeste observou-se que a maioria dos meses teve ventos médios na direção leste-sudeste (ESE) sendo esta concentração direcional significativa pelo teste de Rayleigh.

Tabela 1 - Medidas descritivas circulares e teste de uniformidade de Rayleigh para a direção do vento nas Mesorregiões do RS, nos meses de setembro de 2017 a agosto de 2018.

Mesorregiões	Média	Mediana	Variância	D. P. [#]	Amplitude	C. Conc. ^{##}
Setembro/2017						
Centro [*]	109.74	108.52	0.08	0.41	81.53	0.92
Metropolitana [*]	92.05	101.70	0.07	0.39	60.23	0.92
Nordeste ^{ns}	83.07	76.55	0.32	0.89	148.65	0.67
Noroeste [*]	86.75	83.94	0.02	0.21	41.96	0.98
Sudeste [*]	99.66	98.02	0.01	0.15	20.72	0.99
Sudoeste [*]	108.84	113.60	0.02	0.20	27.65	0.98
Outubro/2017						
Centro [*]	109.58	114.13	0.11	0.49	94.55	0.88
Metropolitana [*]	98.48	104.39	0.16	0.59	85.93	0.84

Nordeste ^{ns}	27.08	29.76	0.35	0.92	154.38	0.62
Noroeste [*]	64.26	65.82	0.03	0.24	49.77	0.97
Sudeste [*]	92.38	92.38	0.01	0.15	25.85	0.99
Sudoeste [*]	113.79	116.09	0.03	0.24	51.38	0.97
Novembro/2017						
Centro [*]	121.55	121.66	0.04	0.27	43.55	0.96
Metropolitana [*]	103.32	107.56	0.07	0.39	61.81	0.93
Nordeste ^{ns}	94.94	95.75	0.36	0.95	157.17	0.64
Noroeste [*]	110.45	110.41	0.01	0.14	21.96	0.99
Sudeste [*]	110.15	110.84	0.004	0.09	16.70	0.99
Sudoeste [*]	123.71	127.19	0.04	0.29	62.77	0.96
Dezembro/2017						
Centro [*]	108.56	109.52	0.04	0.27	51.05	0.96
Metropolitana [*]	90.25	103.01	0.04	0.31	44.77	0.95
Nordeste ^{ns}	77.96	73.11	0.34	0.91	163.21	0.66
Noroeste [*]	93.28	94.14	0.02	0.18	35.79	0.98
Sudeste [*]	79.51	80.03	0.01	0.13	23.98	0.99
Sudoeste [*]	103.02	103.20	0.02	0.17	29.75	0.98
Janeiro/2018						
Centro [*]	93.85	94.33	0.06	0.35	68.76	0.94
Metropolitana [*]	88.21	94.79	0.04	0.30	47.70	0.96
Nordeste ^{ns}	64.44	54.93	0.41	1.03	171.76	0.59
Noroeste [*]	73.08	74.09	0.01	0.14	28.23	0.99
Sudeste [*]	77.59	78.40	0.00	0.06	9.31	0.99
Sudoeste [*]	89.87	89.99	0.01	0.15	26.78	0.99
Fevereiro/2018						
Centro [*]	106.86	106.35	0.05	0.33	62.88	0.95
Metropolitana [*]	100.14	107.89	0.05	0.32	51.86	0.95
Nordeste [*]	90.97	81.66	0.33	0.89	158.25	0.67
Noroeste [*]	95.87	95.28	0.01	0.12	24.59	0.99
Sudeste [*]	96.04	98.40	0.005	0.09	14.89	0.99
Sudoeste [*]	109.70	113.69	0.02	0.17	30.42	0.98
Março/2018						
Centro [*]	119.44	113.09	0.08	0.42	74.97	0.92
Metropolitana ^{ns}	102.56	104.07	0.37	0.96	173.04	0.63
Nordeste ^{ns}	76.79	86.93	0.52	1.21	212.12	0.48
Noroeste [*]	109.23	117.27	0.02	0.22	36.36	0.97
Sudeste [*]	103.41	103.81	0.06	0.36	62.43	0.94
Sudoeste [*]	117.65	120.19	0.02	0.22	46.24	0.98
Abril/2018						
Centro [*]	95.16	95.46	0.08	0.40	78.46	0.92
Metropolitana [*]	55.95	58.24	0.11	0.48	90.57	0.90

Nordeste [*]	27.36	29..03	0.30	0.83	151.30	0.71
Noroeste [*]	72.52	73.46	0.03	0.25	48.82	0.97
Sudeste [*]	67.60	68.81	0.02	0.19	33.33	0.98
Sudoeste [*]	74.97	74.97	0.02	0.21	42.70	0.98
Maio/2018						
Centro [*]	96.73	97.52	0.09	0.44	84.58	0.91
Metropolitana [*]	18.14	1.57	0.29	0.84	137.89	0.70
Nordeste [*]	0.33	359,46	0.28	0.82	113.02	0.72
Noroeste [*]	78.49	73.34	0.02	0.21	39.34	0.98
Sudeste ^{ns}	17.22	6.76	0.39	1.00	146.26	0.61
Sudoeste [*]	92.77	93.84	0.07	0.38	83.40	0.93
Junho/2018						
Centro ^{ns}	190,03	195,10	0.86	1.99	230.77	0.14
Metropolitana [*]	281,79	285,99	0.02	0.22	41.48	0.98
Nordeste [*]	320,92	327,78	0.28	0.80	121.86	0.72
Noroeste [*]	64.31	67.03	0.17	0.60	116.74	0.83
Sudeste [*]	293,36	282,72	0.11	0.48	80.11	0.89
Sudoeste [*]	155.32	149.46	0.36	0.95	183.99	0.64
Julho/2018						
Centro ^{ns}	101.08	90.90	0.43	1.06	136.37	0.57
Metropolitana ^{ns}	243,34	251,01	0.38	0.98	199.64	0.62
Nordeste ^{ns}	353,49	354,31	0.35	0.92	149.18	0.65
Noroeste [*]	72.63	71.02	0.09	0.45	87.05	0.90
Sudeste ^{ns}	129.66	132.41	0.53	1.23	184.53	0.47
Sudoeste [*]	123.07	122.73	0.05	0.33	71.09	0.94
Agosto/2018						
Centro ^{ns}	124.50	118.57	0.43	1.06	137.54	0.57
Metropolitana ^{ns}	318,00	301,29	0.39	0.99	214.48	0.61
Nordeste ^{ns}	15.60	27.49	0.33	0.89	122.99	0.67
Noroeste [*]	94.59	90.67	0.07	0.37	74.01	0.93
Sudeste ^{ns}	123.70	125.14	0.70	1.55	226.63	0.30
Sudoeste [*]	116.00	116.63	0.02	0.19	36.72	0.98

[#]Desvio Padrão (D. P.). ^{##}Coefficiente de concentração (C. Conc.). ^{*}Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de uniformidade de Rayleigh (p<0,05). ^{ns} Não significativo.

4. Conclusão

Nas mesorregiões, no geral, ocorreram ventos médios mais frequentes nas direções leste (E) e leste-sudeste (ESE) e em seguida na direção leste-nordeste (ENE).

Além disso, na maioria das mesorregiões foi verificado que a distribuição do vento se concentra em uma destas direções específicas identificadas como mais frequentes.

Referencias Bibliográficas

AGOSTINELLI, C.; LUND, U. R package 'circular': Circular Statistics (version 0.4-93), 2017.

FAVERA, A. C. D.; LUIZ, W. E.; SCHUCH, N. J.; MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. Potencial eólico no Rio Grande do Sul - Distribuição estatística dos ventos na região Central do Estado. Revista Geográfica Acadêmica, v. 6, n. 1, p.38-51, 2012.

FISHER, N. I. Statistical Analysis of Circular Data. Cambridge: University Press, 1993.

PEWSEY, A.; NEUHAUSER, M.; RUXTON, G. D. Circular Statistics in R. Oxford University Press, 2013.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

ROCKETT, G. B.; TELLES, P.; BARBOZA, E. G.; GRUBER, N. L. S.; SIMÃO, C. E. Análise espaço-temporal dos ventos no extremo norte da Planície costeira do Rio Grande do Sul. Pesquisas em Geociências, v. 44, n. 2, p.203-219, 2017.