

IDENTIFICAÇÃO DE MOVIMENTOS DE GRANDE ESCALA NA CAMADA LIMITE SUPERFICIAL ATMOSFÉRICA

Michel Stefanello¹, Cinara Ewerling da Rosa^{1,2}, Fábio Rossi Diniz³, Luís Gustavo Nogueira Martins², Débora Regina Roberti², Otávio Acevedo² e Gervásio Annes Degrazia²

michelstefanello@gmail.com

¹Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Departamento de Física, Santa Maria, Brasil

²Instituto Federal Farroupilha – Campus São Vicente do Sul (IFFAR-SVS)

³Instituto Federal Farroupilha – Campus Alegrete (IFFAR-AL)

Palabras clave: Efeitos Orográficos, espectros de turbulência, camada limite atmosférica, vento norte.

1) INTRODUÇÃO

Em regiões próximas à superfície, a teoria de similaridade de Monin-Obukhov (TSMO) descreve adequadamente as características turbulentas da camada limite superficial atmosférica (Wyngaard, 2010). Esta afirmação não é válida para as componentes u e v da velocidade turbulenta do vento em uma camada limite superficial instável (Panofsky e Dutton, 1984). Na prática, isto significa que em situações de turbulência bem desenvolvida, a TSMO descreve os distintos parâmetros turbulentos empregados em modelos numéricos atmosféricos. Recentemente, alguns estudos observacionais, envolvendo aspectos turbulentos da camada limite superficial, revelam a coexistência de movimentos de escalas maiores e de graus de liberdade turbulentos (Anfossi et al, 2005; Mortarini et al, 2016; Urbancic et al, 2021). Esta interação, entre as distintas escalas de movimento, normalmente está presente em situações estáveis nas quais a magnitude da velocidade do vento é pequena (Anfossi et al, 2005; Mortarini et al, 2016). Todavia, estudos envolvendo os espectros turbulentos em situações de ventos fortes revelam, nas componentes da velocidade horizontal do vento, a presença de escalas de movimento bem maiores do que as turbulentas (Babić et al, 2016).

Empregando-se dados micrometeorológicos e os espectros turbulentos observacionais de velocidade do vento, o presente estudo tem como objetivo investigar as escalas de movimento associadas a um escoamento descendente (Fenômeno Vento Norte; Sartori, 2003; Stefanello et al, 2020; da Rosa et al, 2021a; 2021b; 2022) gerado por efeitos topográficos na região central do estado do Rio Grande do Sul.

2) MATERIAL E MÉTODOS

Os espectros de energia turbulenta das componentes da velocidade do vento durante um evento de escoamento orográfico descendente, conhecido como Fenômeno Vento Norte, foram obtidos a partir de observações realizadas por um anemômetro sônico, na altura de 3m, em uma torre micrometeorológica (29,72°S, 53,76°O; elevação de 88 m) localizada no campus da Universidade Federal de Santa Maria no sul do Brasil. A frequência de amostragem foi de 10Hz. Os espectros foram determinados empregando-se a transformada rápida de Fourier em uma janela temporal de 1 hora.

3) RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta, para diferentes magnitudes de velocidade, os espectros turbulentos das componentes longitudinal, lateral e vertical da velocidade do vento. As linhas tracejadas são

os espectros observacionais, enquanto as linhas contínuas representam expressões matemáticas, que reproduzem os espectros de energia observados para o caso de uma turbulência bem desenvolvida (Degrazia et al, 2000).

Para as condições de magnitude elevada de velocidades (maiores ou $\sim 5\text{ms}^{-1}$, Fig. 1 - I e II), percebe-se que o modelo matemático reproduz o espectro de energia para todo o intervalo de frequências, representando uma turbulência bem desenvolvida. Diferentemente, quando as magnitudes de velocidades são mais baixas (menores que 4ms^{-1} , Fig. 1 - III e IV), percebe-se que nas menores frequências, os espectros observados (linhas tracejadas) exibem máximos secundários. A presença destes máximos, nas frequências mais baixas, não permite que o modelo teórico represente as curvas espectrais observadas e indicam a presença de escalas de movimentos maiores que os turbulentos.

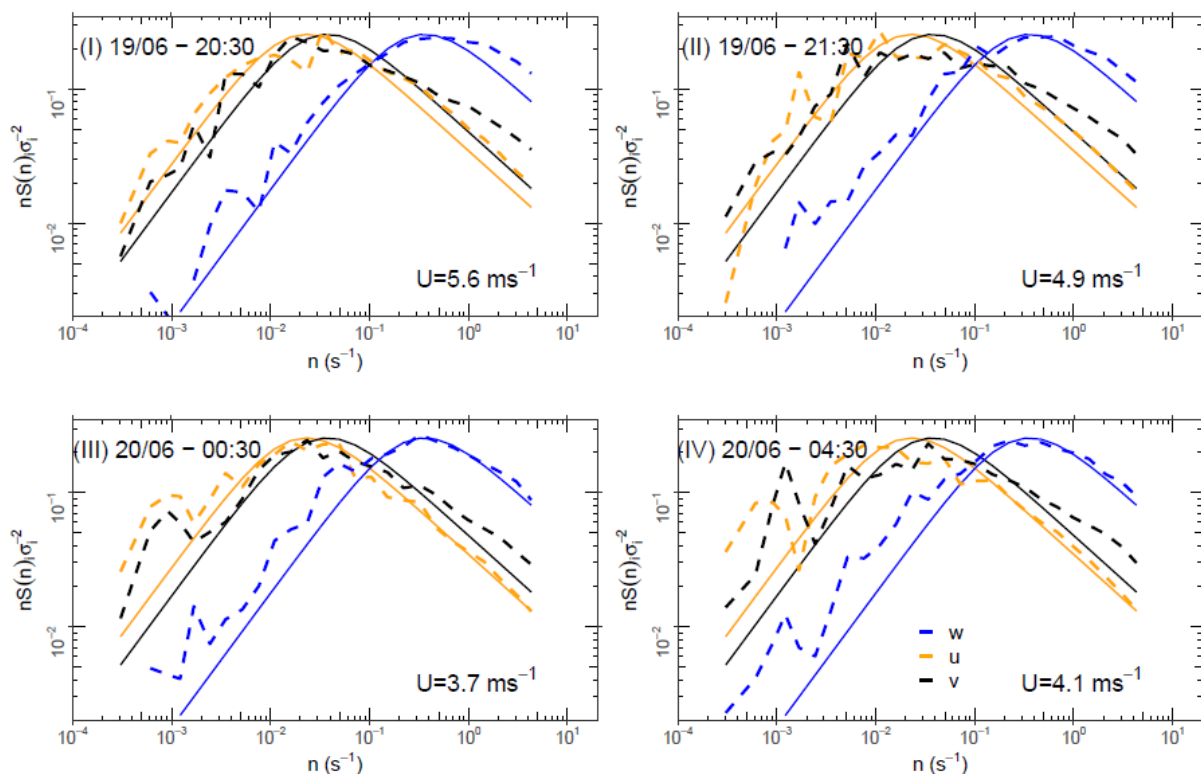


Figura 1 Espectros normalizados turbulentos observados (linhas tracejadas) e modelados (linhas contínuas) das componentes longitudinal (laranja), lateral (preta) e vertical (azul) da velocidade do vento. Os espectros foram obtidos durante o episódio de Vento Norte ocorrido entre os dias 19-20 de junho de 2020.

4) CONCLUSÃO

O presente estudo emprega dados de velocidade turbulenta, coletadas durante um episódio de Vento Norte, para investigar as escalas de movimento existentes na camada limite superficial atmosférica.

Uma análise dos espectros de energia turbulenta revela a presença de máximos secundários associados ao intervalo de baixas frequências. Portanto, a investigação mostrou, durante condições de fortes magnitudes da velocidade do vento, a coexistência de movimentos turbulentos e de movimentos de escalas maiores, associados a graus liberdade que não são gerados por forçantes turbulentos.

Estes resultados sugerem que novos estudos, utilizando-se janelas temporais maiores que 1 hora, podem permitir uma melhor descrição e caracterização destes movimentos na camada limite superficial atmosférica.

REFERÊNCIA

Anfossi, D. Degrazia, G.A. e Goulart, A., 2005: An analysis of sonic anemometer observations in low wind speed conditions, *Boundary-Layer Meteorol.*, 179-203.

Babić, N., Večenaj, Ž., Kozmar, H., Horvath, K., De Wekker, S. F., e Grisogono, B. 2016: On turbulent fluxes during strong winter bora wind events. *Boundary Layer Meteorology*, 158(2), 331-350.

da Rosa, C.E., Stefanello, M., Nascimento, E.d.L., Rossi, F.D., Roberti, D.R. e Degrazia, G.A., 2021a: Meteorological observations of the vento norte phenomenon in the central region of rio grande do sul, *Revista Brasileira de Meteorologia*.

da Rosa, C.E., Stefanello, M., Maldaner, S., Facco, D.S., Roberti, D.R., Tirabassi, T. e Degrazia, G. A., 2021b: Employing spectral analysis to obtain dispersion parameters in an atmospheric environment driven by a mesoscale downslope windstorm, *Int. J. Environ. Res. Public Heal.* 18, 13027.

da Rosa, C.E., Stefanello, M., Facco, D.S., Roberti, D.R., Rossi, F.D., Nascimento, E. d. L. e Degrazia, G.A., 2022: Regional-scale meteorological characteristics of the vento norte phenomenon observed in southern brazil, *Environ. Fluid Mech.* pp. 1–19.

Degrazia, G.A., Anfossi, D., Carvalho, J., Mangia, C., Tirabassi, T. e Velho, H.C., 2000: Turbulence parameterisation for pbl dispersion models in all stability conditions, *Atmospheric environment* 34, 3575–3583.

Mortarini, L., Stefanello, M., Degrazia, G., Roberti, D., Castelli, S.T. e Anfossi, D., 2016: Characterization of wind meandering in low-wind-speed conditions. *Boundary-Layer Meteorology*, 161, 165–182.

Panofsky, H. e Dutton, J., 1984: *Atmospheric Turbulence*, Interscience, New York.

Sartori, M. d. G. B., 2003: Gênese e características do vento norte regional em santa maria/rs. In X Simpósio brasileiro de geografia física e aplicada.

Stefanello, M, Nascimento, E. d. L., da Rosa, C.E., Degrazia, G., Mortarini, L., e Cava, D., 2020: A micrometeorological analysis of the vento norte phenomenon in southern brazil, *Boundary-Layer Meteorology*, 1–25.

Urbancic, G.H., Suomi, I. e Vihma, T., 2021: A general theory for the characterization of submeso-scale motions and turbulence in the atmospheric surface layer, *Q. J. Royal Meteorol. Soc.* 147, 660–678.

Wyngaard, J. C., 2010: *Turbulence in the atmosphere*. Cambridge: Cambridge University Press.