

Espectros da velocidade w em terreno complexo

Roberto Oliveira Magnago, Osvaldo L. L. Moraes,
Otávio Acevedo

L μ Met, CRSPE, INPE, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil
e-mail: roberto_magnago@yahoo.com.br

Introdução

A camada mais inferior da atmosfera, chamada de camada superficial, tem sido amplamente estudada, por ser a porção da atmosfera mais acessível ao uso de torres micrometeorológicas como instrumento de medida da turbulência. Principalmente, devido a diversos experimentos de campo realizados nas últimas décadas, a estrutura da turbulência sobre superfícies homogêneas e várias condições atmosféricas é razoavelmente bem entendida. Experimento como o de Kansas (1968) ajudou nesse entendimento. Análises dessa estrutura, nessa área, levaram ao aprimoramento de Teorias de Similaridades que descrevem bem os fluxos turbulentos sobre terrenos homogêneos. Entretanto, nos anos recentes, os esforços para descrever a camada limite turbulenta tem recaído sobre superfícies mais complexas. Muitos experimentos foram realizados especificamente para estudar turbulência sobre esses tipos de terreno (Moraes et al., 2004, Moraes et al., 2005, Heinemann e Kerschgens, 2006).

A compreensão da estrutura da turbulência atmosférica em condições não homogêneas é muito importante para obter-se uma descrição mais realista da dinâmica da camada limite e, conseqüentemente, melhorar os modelos de dispersão de poluentes e de previsão de tempo, por exemplo. Áreas de terreno complexo podem não possuir um equilíbrio local, exceto muito próximo da superfície. Então a aplicação de teorias de similaridade requer uma justificativa empírica. Através do espectro mede-se a distribuição das variâncias de uma variável sobre comprimento de onda ou frequência. Se a variável é uma componente de velocidade, por exemplo, o espectro descreve a distribuição da energia cinética sobre o comprimento de onda ou frequência. Uma visualização conceitual da distribuição de energia no espaço de número de ondas, quando a turbulência é homogênea em todas as direções, é gerado pelo espectro de energia do escalar que representa a contribuição para a energia cinética total dos modos de Fourier.

O objetivo principal deste trabalho é, através de um conjunto de dados coletados em uma torre micrometeorológica de 15 metros de altura

equipada com sensores de resposta rápida e lenta sobre terreno não-homogêneo, analisar as características espectrais da turbulência atmosférica sobre terreno complexo nas diferentes classes de estabilidade atmosférica, ou seja, em condições estáveis, neutras e instáveis e investigar a validade da teoria de similaridade para a camada limite superficial, proposta por Monin e Obukhov (1954), em condições de não homogeneidade espacial. Este trabalho procura analisar dados de um experimento meteorológico realizado em uma topografia de alta complexidade. Estes dados experimentais foram obtidos a partir de uma campanha realizada no sítio experimental do município de Agudo, RS, Brasil, em Julho e Agosto de 2000. Particularmente, este sítio está localizado no fundo de um vale longo e estreito, com aproximadamente 700 metros de largura e 350 metros de altura.

Resultados

Os espectros foram determinados a partir das séries temporais de 16384 (2^{14}) pontos de dados coletados a uma taxa de 10 Hz. Isto corresponde a aproximadamente uma janela de 30 minutos. Os espectros calculados foram então classificados conforme a classe de estabilidade e intensidade da velocidade do vento. Para cada espectro individual, a taxa de dissipação de Energia Cinética Turbulenta foi determinada a partir da expressão de Kolmogorov para o subintervalo inercial:

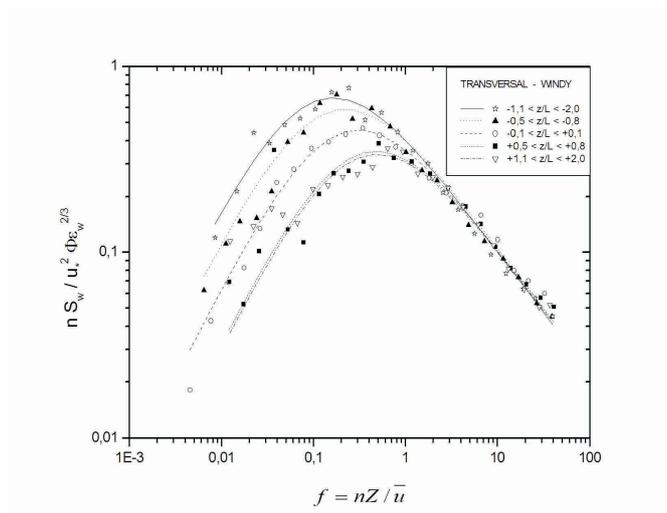
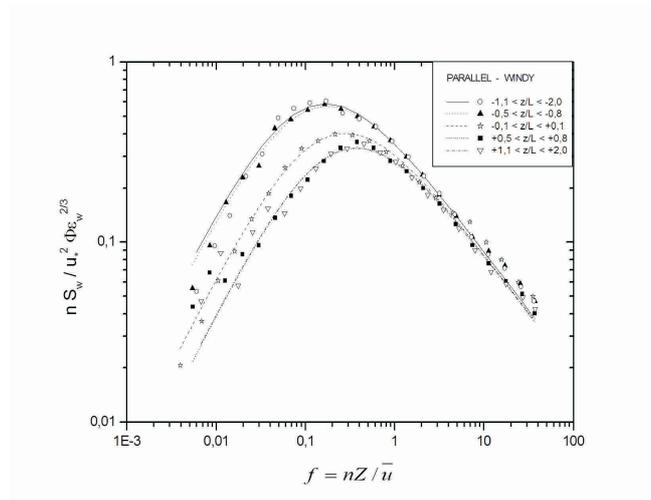
$$\frac{nS_i}{u_*^2} = \frac{\alpha_1}{(2\pi\kappa)^{2/3}} \phi_\varepsilon^{2/3} f^{-2/3}, \quad (1)$$

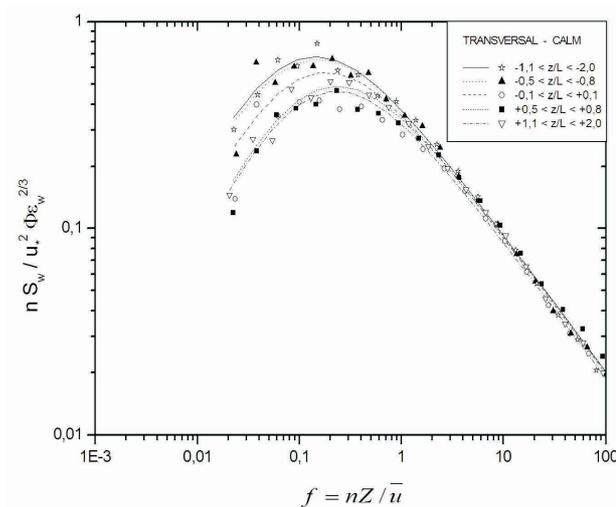
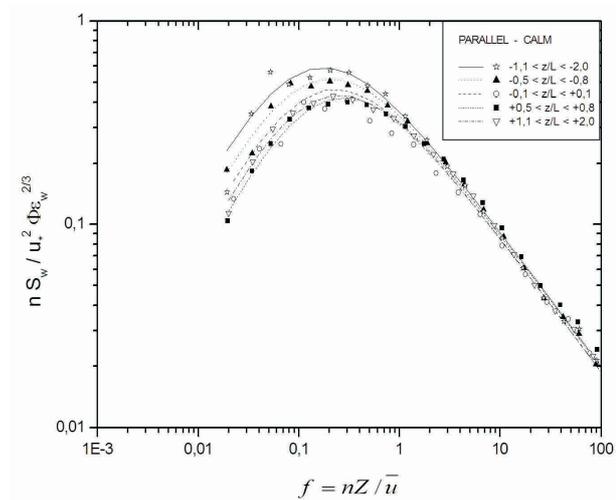
onde n é a frequência em Hz, S_i é a densidade espectral, u_* é a velocidade de fricção, κ é a constante de von-Kárman, $\phi_\varepsilon = \kappa z \mathcal{E} / u_*^3$ é a razão de dissipação adimensional e $f = n z / \bar{u}$ é a frequência adimensional. Incluindo-se $\phi_\varepsilon^{2/3}$ na normalização dos espectros de u , v e w remove-se a dependência das mesmas em z/L (Kaimal et al., 1972). Este procedimento faz com que os espectros sejam coincidentes no subintervalo inercial. Para cada um dos 48 subconjuntos um espectro médio foi então obtido. Representados, por expressões matemáticas clássicas propostas na literatura (Sorbjan, 1989), isto é:

$$\frac{nS_i}{u_*^2 \phi_\varepsilon^{2/3}} = \frac{A f}{(1 + B f)^C}. \quad (2)$$

Espectros da componente vertical da velocidade (S_w)

Verifica-se a existência de uma região na qual a lei de $-2/3$ de Kolmogorov é obedecida, isto é, a existência de uma região na qual a turbulência possui um regime de isotropia. A frequência na qual o início do sub-intervalo inercial é observado corresponde a $f \approx 2$ para a condição paralela e $f \approx 3$ para a transversal. Neste tipo de superfície Kaimal et al. (1972) observaram o início do sub-intervalo inercial em $f = 4$.





Referências

MORAES, O. L. L.; ACEVEDO, O. C.; SILVA, R. DA; MAGNAGO R.; SIQUEIRA, A. C. **Nocturnal Surface-Layer Characteristics At The Bottom Of A Valley.** *Boundary-Layer Meteorology*, 112: 159-177. 2004.

MORAES, O. L. L.; ACEVEDO, O. C.; DEGRAZIA, G. A.; ANFOSSI, D.; SILVA, R. DA; ANABOR, V. **Surface-Layer Turbulence Parameters Over A Complex Terrain.** *Atmospheric Environment*, 39, 3101-3112. 2005.