DOI: 10.5902/2179460X11638
Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM
Revista Ciência e Natura, Santa Maria
EISSN: 2179-460X, Edição Esp. Dez. 2013, p. 306 - 308

UMA NOVA DERIVAÇÃO DA TAXA DE DISSIPAÇÃO TURBULENTA PARA EVENTOS DE TURBULÊNCIA FRACA E BEM DESENVOLVIDA.

Lidiane Buligon[*2], Gervásio Annes Degrazia[1], Charles Rogério Paveglio Szinvelski[2], Liliane Moor[1]

[1] Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Maria, RS-Brasil.
[2] Departamento de Matemática, Universidade Federal de Santa Maria, RS-Brasil.
*buligon.l@ufsm.br

RESUMO
Neste trabalho é derivado uma nova forma funcional para a taxa de dissipação turbulenta válida para diferentes tipos de manifestações de turbulência presentes na CLP.

ABSTRACT
In this work is derived a new functional form for the turbulent dissipation rate valid for different types of turbulence in the PBL.

1. INTRODUÇÃO.

Uma relação importante no estudo de um escoamento turbulento é expressa pela forma funcional da taxa de dissipação de energia turbulenta. Esta relação, além de descrever os parâmetros fundamentais que determinam os diferentes aspectos da turbulência, permite simular o campo de concentração de contaminantes pelo emprego de modelos de dispersão estocásticos lagrangianos. Normalmente, uma equação baseada na função de autocorrelação lagrangiana exponencial (Taylor, 1921) é válida para uma turbulência bem desenvolvida, consequentemente não pode ser aplicada em eventos de meandro caracterizados pela presença de uma turbulência fraca (Afonssi et al., 2005; Degrazia et al., 2008).

Tennekes (1982) derivou a seguinte relação fundamental para a razão de dissipação turbulenta ε,

$$\varepsilon = \frac{2}{C_0}\frac{\sigma_v^2}{\mathrm{T}_{\mathrm{L}_v}}, \qquad (1)$$

Relações funcionais, tais como a Eq. (1), podem ser usadas na determinação da constante de Kolmogorov e nas parametrizações turbulentas aplicadas em modelos de dispersão estocásticos lagrangianos (Yeung, 2002).

O objetivo deste estudo é derivar uma forma funcional para a taxa de dissipação turbulenta que seja válida para diferentes tipos de manifestações de turbulência presentes na CLP. Do ponto de vista físico, será derivada uma relação fundamental geral descrevendo a dissipação turbulenta associada ao fenômeno de meandro do vento horizontal.

2. DERIVAÇÃO DA RELAÇÃO FUNDAMENTAL (1) PARA EVENTOS DE TURBULÊNCIA FRACA E BEM DESENVOLVIDA.

Degrazia propôs a seguinte relação matemática para representar a função de autocorrelação lagrangiana para a turbulência na CLP (Pasquill & Smith, 1983 ; Phillips & Panofsky, 1982).

DOI: 10.5902/2179460X11638
Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM
Revista Ciência e Natura, Santa Maria
EISSN: 2179-460X, Edição Esp. Dez. 2013, p. 306 - 308

$$\rho_{L_v}(t)=\frac{\cos(qt)}{(1+pt)^2} \tag{2}$$

onde $p=\frac{1}{(1+m^2)T_L}$, $q=\frac{m}{(1+m^2)T_L}$ e m é uma quantidade adimensional que controla a frequência de oscilação do meandro do vento horizontal .

Utilizando a Equação de Taylor para a variância espacial lateral,

$$\sigma_y^2(t)=2\sigma_v^2\int_0^t (t-\tau)\rho_{L_v}(\tau)d\tau \tag{3}$$

substituindo-se a Eq. (2), obtém-se:

$$\sigma_y^2(t)=2\sigma_v^2\left\{-\frac{\cos(qt)}{p^2}+\frac{1+pt}{p^2}-\frac{q(1+pt)}{p^3}\left[\sum_{n=0}^{\infty}\left(\frac{(pt)^{2n+2}}{2n+2}-\frac{(pt)^{2n+3}}{2n+3}\right)\sum_{k=0}^{\infty}\left((-1)^n\frac{m^{2k+1}}{(2k+1)!}\right)\right]-\frac{1}{p^2}\left[\sum_{n=0}^{\infty}\left(\frac{(pt)^{2n+1}}{2n+1}-\frac{(pt)^{2n+2}}{2n+2}\right)\sum_{k=0}^{\infty}\left((-1)^n\frac{m^{2k}}{(2k)!}\right)\right]\right\} \tag{4}$$

Neste ponto, fazendo-se uma expansão em Série de Maclarin para $t<T_L$, e truncando até a terceira ordem, resulta a seguinte aproximação para expressão (4),

$$\sigma_y^2(t)=2\sigma_v^2\left[\frac{t^2}{2}-\frac{pt^3}{3}+...\right]=\sigma_v^2t^2-\frac{2\sigma_v^2t^3}{3(1+m^2)T_L}+... \tag{5}$$

Considerando-se o Modelo de Difusão Estatístico de Taylor na representação espectral, fica evidente que o termo de correção negativo está associado aos graus de liberdade turbulentos do subintervalo inercial do espectro de energia. Desta maneira, seguindo a derivação proposta por Tennekes (1982) pode-se escrever,

$$\sigma_y^2(t)=\sigma_v^2t^2-\frac{C_0\varepsilon}{6}t^3 \tag{6}$$

Da comparação direta da Eq. (5) com a Eq. (6), resulta uma fórmula funcional geral para a razão de dissipação turbulenta, escrita na seguinte forma:

$$\varepsilon=4p\frac{\sigma_v^2}{C_0}=\frac{4}{(1+m^2)}\frac{\sigma_v^2}{C_0T_L}. \tag{7}$$

Assim se:

(i) $\mathrm{m}=0\Rightarrow\varepsilon=4\frac{\sigma_v^2}{C_0T_L}$;

(ii) $\mathrm{m}=1\Rightarrow\varepsilon=2\frac{\sigma_v^2}{C_0T_L}$;

(iii) $\mathrm{m}\to\infty\Rightarrow\ \varepsilon\to 0$.

Do ponto de vista físico, a nova relação fundamental dada pela Eq. (7) mantém a premissa básica contida na Eq. (1), ou seja, a razão de dissipação da turbulência é proporcional à energia disponível e inversamente proporcional a escala de tempo associada aos turbilhões que contém a energia principal do campo turbulento. Apesar disso, surge nesta nova relação o parâmetro *p* que relaciona ε ao fenômeno de meandro (turbulência fraca). Da relação entre *p* e *m*, pode-se ver que à medida que *m* aumenta e o fenômeno de meandro começa a se manifestar, a taxa de dissipação turbulenta diminui. Este comportamento é

DOI: 10.5902/2179460X11638
Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM
Revista Ciência e Natura, Santa Maria
EISSN: 2179-460X, Edição Esp. Dez. 2013, p. 306 - 308

fisicamente razoável, uma vez que as oscilações de baixa freqüência são relacionadas a números de onda muito menores do que aqueles associados à dissipação molecular.

3. CONCLUSÃO.

Neste estudo foi representada uma expressão alternativa para a taxa de dissipação turbulenta para a CLP. Esta nova expressão leva em conta os efeitos turbulentos e o comportamento de onda associado às oscilações de baixa freqüência observadas no fenômeno de meandro. A diferença desta relação para o resultado clássico, normalmente aceito para a taxa de dissipação, é a presença de um parâmetro que controla a freqüência de oscilação do meandro do vento horizontal.

4. REFERÊNCIAS.

ANFOSSI, D. et al. An analysis of sonic anemometer observations in low wind speed conditions. **Boundary-Layer Meteorology**, v. 114, n. 1, p. 179-203, 2005.

DEGRAZIA, G. A. et al. Turbulence dissipation rate derivation for meandering occurrences in a stable planetary boundary layer. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 8, n. 6, p. 1713-1721, 2008.

PASQUILL, F and SMITH, F. B. **Atmospheric diffusion**. E. Horwood, 437, 1983.

PHILLIPS, P. and PANOFSKY, H.A. A re-examination of lateral dispersion from continuous sources, **Atmospheric Environment.** 16, 1851-1860, 1982.

TAYLOR, G. I. **Diffusion by continuous movements**, Proc. London Math. Soc. 20, 196-211, 1921.

TENNEKES, H. Similarity relations, scaling laws and spectral dynamics. In: **Atmospheric turbulence and air pollution modelling**. Springer Netherlands, 37-68, 1982.

YEUNG, P. K. Lagrangian investigations of turbulence. **Annual review of fluid mechanics**, v. 34, n. 1, p. 115-142, 2002.