

Calibração de um modelo de coluna com diferentes formulações para o comprimento de mistura em condições muito estáveis

Moacir Schmengler, Felipe D. Costa, Otávio C. Acevedo

Universidade Federal de Santa Maria
e-mail: mschmengler@gmail.com

1. Introdução

Modelos de coluna simples consistem em uma grade vertical unidimensional, na qual se resolve as quantidades que governam o escoamento turbulento na camada limite planetária, (Cuxart et al, 2006). Todavia, tais modelos têm grandes dificuldades em estimar os fluxos turbulentos (FT) próximo à superfície quando há o desacoplamento energético da baixa atmosfera devido à forte estratificação causada por resfriamento radiativo. Uma forma de minimizar isto é utilizar uma formulação adequada para o comprimento de mistura turbulento (l_m). Neste trabalho são utilizadas diferentes formulações de na camada limite estável (CLE). Todas consideram um caso de forte estabilidade simulado por Kosovic e Curry (2000), utilizando Large Eddy Simulations (LES).

2. Modelo

O modelo utilizado consiste em equações prognósticas para as componentes do vento (u, v), temperatura potencial (θ) e energia cinética turbulenta (E):

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} &= f(v - v_G) - \frac{\partial}{\partial z} (\overline{u'w'}); \quad \frac{\partial v}{\partial t} = f(u_G - u) - \frac{\partial}{\partial z} (\overline{v'w'}); \quad \frac{\partial \theta}{\partial t} = - \frac{\partial}{\partial z} (\overline{w'\theta'}) \\ \frac{\partial E}{\partial t} &= -\overline{u'w'} \frac{\partial u}{\partial z} - \overline{v'w'} \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{g}{\Theta} (\overline{w'\theta'}) - \frac{\partial}{\partial z} (\overline{w'E'}) - c_e \frac{E^{3/2}}{l_d} \end{aligned} \quad (1)$$

Nas expressões acima, c_e é uma constante, l_d é o comprimento de mistura associado a dissipação viscosa de turbulência e as demais variáveis seguem a notação clássica.

Os FT foram parametrizados como $-\overline{(u'w')} = K_m \partial u / \partial z$, $-\overline{(v'w')} = K_m \partial v / \partial z$, $-\overline{(w'\theta')} = K_h \partial \theta / \partial z$ e $-\overline{(w'E')} = K_E \partial E / \partial z$, com $K_m = c_k E^{1/2} l_m$, $K_h = K_m / pr$ e $K_E = K_m$, sendo c_k é uma constante, pr é o número de Prandtl e l_m é o comprimento de mistura. Para estimar l_m foram utilizadas 5 formulações diferentes (Louis (1979), McNider et al. (1995), Delage (1997), Belair et al. (1999) e Weng e Taylor (2003)).

3. Resultados e discussão

As equações (1) foram discretizadas verticalmente em 121 níveis, e integradas temporalmente utilizando Runge-Kutta de 4ª ordem. As condições iniciais e de contorno são as mesmas utilizadas por Cuxart et al. (2006), que comparam seus resultados com o mesmo caso aqui analisado. As equações foram integradas por 9 horas. Simulações iniciais com $c_k = 0.49$ e $pr = 0.85$ levaram à altura da camada limite superior, em todos os casos, às de Kosovic e Curry (2000), indicando superestimativa da turbulência na CLE, confirmada pelos valores elevados de comprimento de mistura e coeficiente de difusão de momentum obtidos (figura omitida).

Tabela 1: Valores de c_k utilizados e valores finais de h , $(\overline{w'\theta'})$ e u_s .

As soluções do LES estão na última linha.

Formulação	c_k	h (m)	$(\overline{w'\theta'})$ Km s ⁻¹	u_s (ms ⁻¹)
L79	0.140	181	-0.014	0.23
MN95	0.175	192	-0.017	0.27
D97	0.260	185	-0.020	0.27
B99	0.150	188	-0.014	0.23
WT03	0.320	175	0.014	0.27
LES (média; σ)	-	149 \pm 31	-0.012 \pm 0.002	0.29 \pm 0.02

Utilizando valores ajustados de c_k (Tabela 1), foram obtidos novos perfis verticais (Figura 1). A formulação que mais se aproxima dos resultados encontrados por Kosovic e Curry (2000) é a de Weng e Taylor (2003), sendo esta também a que necessitou menor ajuste em c_k e

a cujos valores finais de b , u_* e $(\overline{w\theta})_0$ mais se aproximam dos simulados pelo LES.

4. Considerações finais

A calibração do modelo se deu a partir da diminuição da difusão turbulenta. A formulação que apresentou o resultado mais satisfatório foi a de Weng e Taylor (2003), que tem maior sensibilidade à mudança do parâmetro e o maior número de variáveis atmosféricas em acordo com o LES (Tabela 1). Como extensão deste trabalho pretendemos desenvolver um modelo de coluna o qual seja capaz de reproduzir o comportamento intermitente da turbulência na CLE.

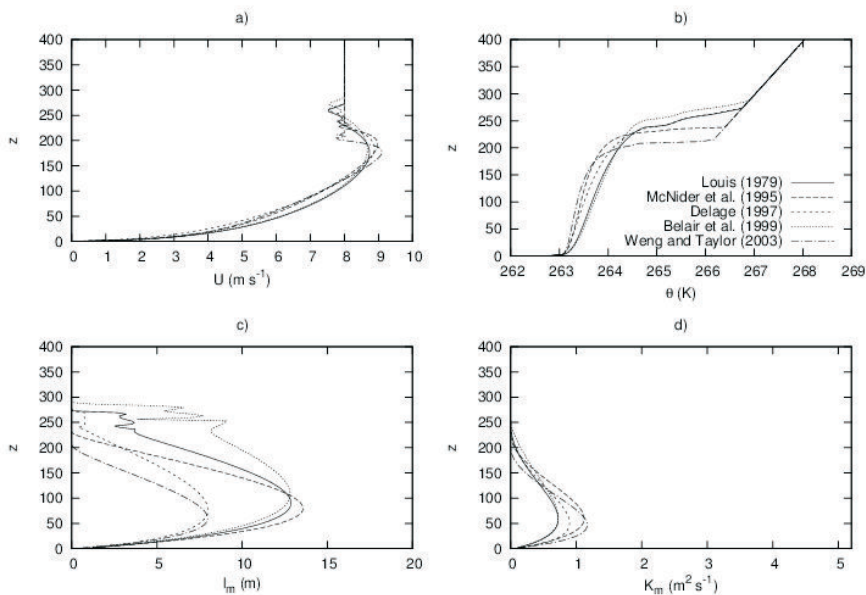


Figura 1. Perfis verticais de U (1-a), q (1-b), I_m (1-c) e K_m (1-d), para cada formulação durante a última hora de simulação.

Referências

- CUXART, J.; et al.. Single-column model intercomparison for a stably stratified atmospheric boundary layer. **Bound.-Lay. Meteorol**, v. 118, p. 273–303, 2006.
- DELAGE, Y. Parameterising sub-grid scale vertical transport in atmospheric models under statically stable conditions. **Bound.-Lay. Meteorol**, v. 82, p. 23–48, 1997.
- KOSOVIC, B.; CURRY, J. A. A large eddy simulation study of a quasi-steady, stably stratified atmospheric boundary layer. **JAS**, v. 57, p. 1052–1068, 2000.
- LOUIS, J. F. A parametric model of vertical eddy fluxes in the atmosphere. **Bound.-Lay. Meteorol.**, v.17, p.165–179, 1979.
- MCNIDER, R. T., et al.. Predictability of the stable atmospheric boundary layer. **JAS**, v. 52, p. 1602–1614, 1995.
- WENG W.; TAYLOR P. A. On modelling the one-dimensional atmospheric boundary layer, **Bound.-Lay. Meteorol**, v. 107, p. 371–400, 2003.