

# Uma simples parametrização para o transporte de energia cinética turbulenta na camada limite convectiva

Franciano Puhales<sup>1</sup>, Gervásio A. Degrazia<sup>1</sup>, Otávio C. Acevedo<sup>1</sup>,  
Umberto Rizza<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria  
CNR - Institute for the Study of Atmospheric Pollution and the  
Agrometeorology, Lecce, Itália  
e-mail: fpuhales@gmail.com*

## 1. Introdução

O escoamento na camada limite planetária (CLP) é extremamente complexo devido ao fenômeno da turbulência. Logo, modelar a turbulência é fundamental para que a CLP seja, fisicamente, bem descrita. Uma das maneiras de modelar a turbulência é a partir da equação de balanço da energia cinética turbulenta (ECT). O objetivo deste trabalho é buscar uma parametrização simples para o termo correspondente ao transporte de ECT na CLP. Para realizar esta tarefa utilizaremos os campos obtidos a partir de uma simulação LES (Large Eddy Simulation), uma vez que medidas experimentais de variáveis turbulentas são bastante complicadas, sobretudo as flutuações do campo de pressão.

## 2. Descrição do modelo e experimento numérico

O modelo LES utilizado foi aquele proposto por Moeng (1984) com a parametrização de subgrade de Sullivan et al. (1994). O domínio físico simulado constitui-se de uma região de 4km de lado em cada dimensão horizontal e 2km de direção vertical. A discretização do modelo é dada por uma grade de 128 pontos em cada dimensão horizontal e 192 pontos na direção vertical.

Os perfis iniciais das variáveis do modelo, bem como os forçantes externos foram extraídos do modelo GFS (Global Forecast System - NCEP - [www.nco.ncep.noaa.gov/](http://www.nco.ncep.noaa.gov/)), considerando-se a região de Candiota, RS, Brasil.

## 3. Parametrização do termo de transporte de ECT na CLC

A partir dos campos gerados pela simulação (modelo LES) foram calculados os termos de transporte de ECT na CLC, para diversos horários do período convectivo do dia. Alguns desses horários são apresentados na

Figura 1, normalizados pela escala de velocidade convectiva  $w_*$ . A Figura 2 mostra a média do perfil vertical de ECT, utilizando diferentes instantes do período convectivo. Devido a proporcionalidade entre a ECT e a escala de velocidade convectiva, podemos propor a seguinte normalização para o termo de transporte de ECT na CLC

$$\frac{\langle T \rangle}{(w_*^3 / z_i)} \rightarrow \frac{\langle T \rangle}{(\langle E \rangle^{3/2} / z_i)} = F\left(\frac{z}{z_i}\right) \quad (2). \text{ Sendo } F(z/z_i) \text{ uma função}$$

adimensional da altura normalizada, que deve ser determinada.

#### 4. Resultados e conclusões

Consultando a bibliografia podemos obter várias parametrizações para o transporte de ECT. A Figura 3 compara algumas delas com os resultados obtidos pelo modelo LES.

A Figura 4 mostra a média para diferentes instantes do período convectivo do termo de transporte normalizado conforme a eq. (2). Os pontos representam valores médios obtidos através da simulação. A linha tracejada é um ajuste polinomial obtido para estes dados e representa a função  $F(z_*)$ , tal que,

$$F(z_*) = a + bz_* + cz_*^2, \text{ sendo } a = -0,885; b = 0,454; c = 1.897$$

Em geral, as parametrizações dos termos de transporte sugerem que, este termo esteja relacionado com a divergência vertical da ECT. Com esse trabalho mostramos que, através de uma função simples, podemos parametrizar o transporte de ECT em função da própria ECT e não de sua divergência.

Contudo, ainda é necessário realizar mais simulações com condições de convecção intensa, além de expandir a análise para a camada estável. Assim, estes resultados são preliminares.

#### Referências

Moeng, C.-H. A Large-Eddy-Simulation Model for the Study of Planetary Boundary Layer Turbulence, *Journal of Atmospheric Science* 41 (1984) 2052-2062.

Witek, Marcin L.; Teixeira, Joao; Matheou, Georgios. An eddy-diffusivity/mass-flux approach to the vertical transport of turbulent kinetic energy in convective boundary layers. *Journal of the Atmospheric Sciences*. <http://dx.doi.org/10.1175/JAS-D-11-06.1>

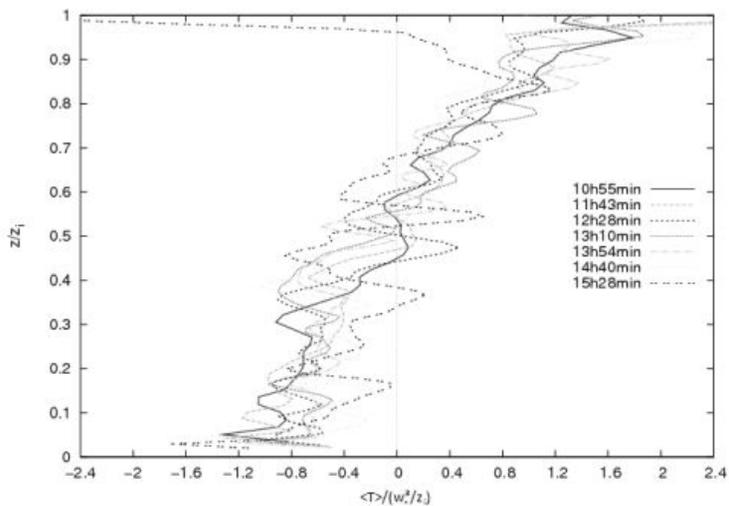


Figura 1. Perfil vertical do transporte de ECT em diferentes horários do período convectivo.

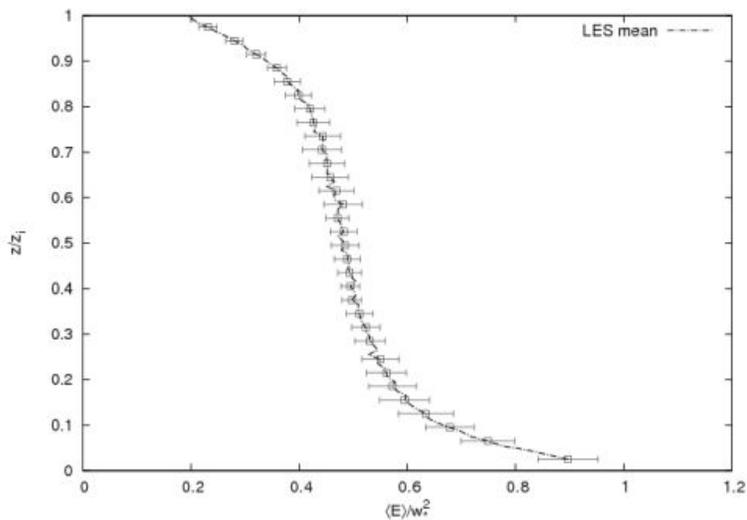


Figura 2. Média do perfil ECT para diferentes instantes do período convectivo.

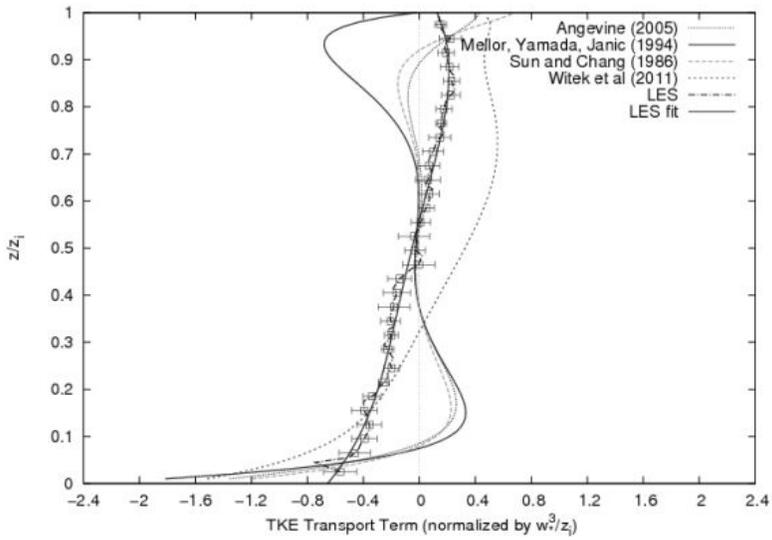


Figura 3. Comparação entre o perfil vertical médio do transporte de ECT normalizados por  $w_i^3 / z_i$ .

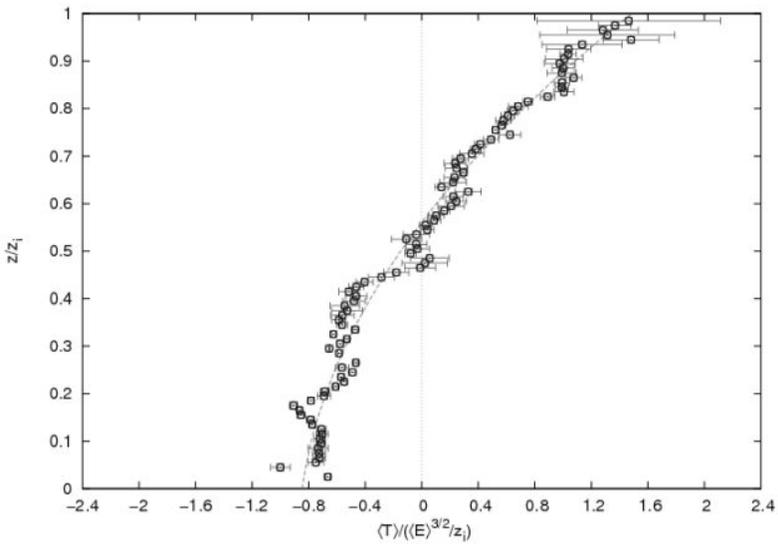


Figura 4. Perfil vertical médio do transporte de ECT normalizados por  $\langle E \rangle^{3/2} / z_i$ .