

# Estudo da CLP urbana por meio de um modelo de fechamento de segunda ordem unidimensional

Edson R. Marciotto, Amauri P. de Oliveira, Maurício J. Ferreira  
Departamento de Ciências Atmosféricas, Instituto de Astronomia, Geofísica e  
Ciências Atmosféricas – Universidade de São Paulo  
*Email: edson@model.iag.usp.br*

## 1. Resumo

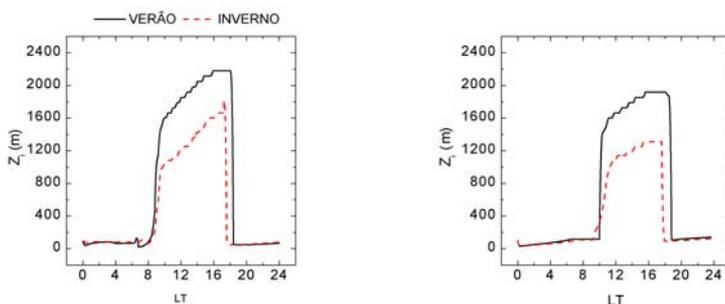
Um modelo de fechamento de segunda ordem (MFSO) acoplado a um modelo de dossel urbano (MDU) é utilizado para estudar o papel da ocupação do solo de uma região urbana sobre o balanço de energia na superfície e sobre a estrutura vertical da camada limite planetária (CLP). Em todos os casos o dossel é considerado homogêneo e sem topografia. A evolução temporal da altura da CLP e da temperatura na superfície e os perfis verticais de temperatura potencial e energia cinética turbulenta (ECT) são discutidos.

## 2. Introdução

O MFSO empregado é um modelo de turbulência desenvolvido por Oliveira (2003). Na versão original do modelo a superfície é descrita por um modelo de interação superfície-biosfera-atmosfera (ISBA). Uma versão urbana foi implementada com base em Masson (2000). Nesta a superfície urbana é descrita por um conjunto de cânions e o balanço de energia sobre o dossel é feito com base na média ponderada (pelas áreas) de cada superfície do cânion. O modelo não inclui advecção, aquecimento/esfriamento radiativo ou efeitos de cobertura de nuvens. Foram simulados os dias julianos 69 (verão) e 211 (inverno), para os casos urbano (MDU) e rural (ISBA). Os resultados são discutidos comparativamente.

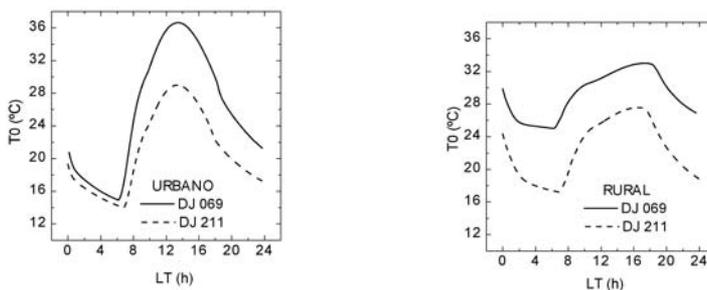
### 3. Resultados e discussão

A fig. 1 mostra o desenvolvimento da CLP para um sítio urbano. Entre 0800 e 0900 LT a taxa de crescimento no verão é suficiente para que a CLP fique cerca 200 a 300 m mais alta em relação ao inverno. A taxa de decaimento da CLP é muito próximas em todos os casos, fato que pode ser compreendido devido ao processo de dissipação da turbulência, que é universal e determinado pelas pequenas escalas de movimento, dominantes após o pôr do sol.



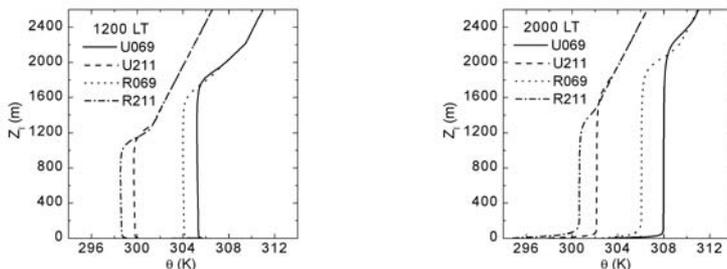
**Fig. 1: Evolução da CLP urbana (esquerda) e rural (direita).**

Na fig. 2 são mostrados os ciclos diurnos das temperaturas do ar no nível da superfície. É observado que ao contrário do que ocorre no dossel urbano, no dossel rural a amplitude térmica é maior no inverno (12°C) do que no verão (7°C). A geometria do dossel urbano faz com que a máxima ocorra mais próxima do meio-dia.



**Fig. 2. Temperatura do ar no nível da superfície: urbana (esquerda) e rural (direita).**

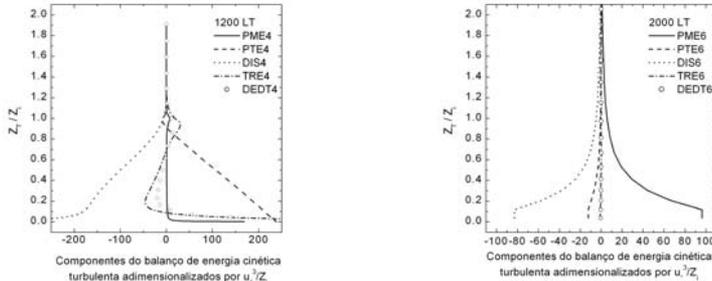
Na Fig. 3 é apresentado o perfil de temperatura potencial. A CLP diurna se mantém bem misturada desde a superfície até o nível de 1800 m, no sítio urbano, e até 1000 m (Fig. 3a).



**Fig. 3. Temperatura potencial para o caso urbano (esquerda) e rural (direita).**

A variação temporal da energia cinética turbulenta (ECT) é dada por  $\partial e/\partial t = PM + PT + TR - \varepsilon$ , sendo PM a produção mecânica, PT, térmica, TR, o transporte e  $\varepsilon$  a dissipação. Na Fig. 4 são mostrados os perfis verticais das componentes do balanço energia cinética turbulenta no verão. O perfil para o inverno é qualitativamente o mesmo. Às 1200 LT as componentes do balanço de energia não se encontram em equilíbrio o que pode se evidenciado pela curva de DEDT. Neste horário o equilíbrio é atingido somente acima da CLP, onde a não há mais turbulência. Pode ser observado que DEDT se anula ainda muito próximo da superfície ( $0.1 Z_T = Z_i$ ). Esta situação está presente nas duas estações. A produção térmica no verão é maior do que no inverno o que acarreta também uma dissipação maior. No verão o termo de transporte é, em valor absoluto, um pouco maior no verão. O cisalhamento das componentes horizontais do vento não contribui para o balanço de ECT a não ser nos níveis mais baixos do modelo. O que a Fig. 4 mostra é que, essencialmente, a fonte de energia para a CLP durante o período diurno é o fluxo de calor sensível. Por outro lado, no início do período noturno o termo de empuxo torna-se muito menor do que o termo de cisalhamento do vento além de ser negativo, i.e., uma camada estável começa a se formar

contribuindo para a destruição da turbulência nos baixos níveis. As componentes do balanço de ECT se mantêm em equilíbrio ( $\partial e/\partial t = 0$ ) por toda a extensão da CLP.



**Fig. 4. Perfil vertical da energia cinética turbulenta.**

#### 4. Conclusão

Neste artigo foram apresentados resultados de um modelo de fechamento de segunda ordem acoplado ao um MDU e também a um modelo ISBA. Diferenças significativas podem ser na evolução da temporal da CLP sendo mais alta no caso urbano. A temperatura no nível da superfície apresenta maior amplitude térmica no caso urbano, sendo as mínimas menores e as máximas maiores em relação ao caso rural. Para os períodos simulados a inversão térmica ocorre a uma altura inferior no caso urbano. A produção de ECT torna-se estacionária no período diurno a partir de  $Z/Z_i \approx 0.6$ , e no período noturno permanece estacionária por toda a CLP.

#### 5. Referências

1. Masson V., 2000: A physically-based scheme for the urban energy budget in atmospheric models, *Boundary-Layer Meteor.*, **94**, 357-397.
2. Oliveira A.P., 2003: *Investigação da Camada Limite Planetária na Região de Iperó*, Tese de livre-docência, Universidade de São Paulo, São Paulo.