Uso do Lidar – IPEN no estudo da evolução da camada limite urbana sobre São Paulo para três dias de verão

Edson R. Marciotto,¹ Eduardo Landulfo,² Walter M. Nakaema,² Amauri P. de Oliveira,¹ Arthur M. Carrilo² ¹Departamento de Ciências Atmosféricas, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – Universidade de São Paulo – USP ²Laboratório de aplicações ambientais do laser, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN *Email: edson@model.iag.usp.br, elandulf@ipen.br*

1. Resumo

O Lidar situado no Laboratório de aplicações ambientais do laser – IPEN foi utilizado para estudar a evolução da camada limite atmosférica urbana durante o período de 26 a 28 de março de 2007. Comparação com o modelo de crescimento da camada de mistura sob uma inversão térmica proposto por Tennekes (1973) é realizada a fim de determinar características da forçante na superfície.

2. Introdução

A compreensão dos processos físicos que ocorrem na camada limite atmosférica (CLA) requer conhecimento da dinâmica e a determinação de parâmetros da estrutura da CLA, como altura, h, e taxa de entranhamento, dh/dt. O uso de balões para medir temperatura e umidade é comumente utilizado para determinar h. Contudo, a descrição da estrutura da CLA por meio de sondagens realizadas em escala de tempo sinótica não é adequada para o entendimento da meteorologia urbana (Menut et al., 1999). Sistemas ativos de sensoriamento remoto tal como o Lidar (*LIght Detection And Ranging*) utiliza o aerossol como traçador da estrutura da CLA. O Lidar funciona de forma análoga ao radar, emitindo para a atmosfera luz laser visível e medindo a intensidade retro-espalhada, que é proporcional ao conteúdo de aerossol da atmosfera. Como a camada de mistura é tipicamente mais úmida e possui maior conteúdo de aerossol do que a atmosfera livre acima, o sistema Lidar pode facilmente detectar o limite entre as duas camadas. No sistema Lidar – IPEN a fonte de luz é um laser comercial Nd:YAG (Brilliant by Quantel SA) com comprimento de onda de 532 nm e taxa de amostragem de 20 Hz. A potência média emitida pode atingir até 3.3 W. Os pulsos emitidos não divergem mais do que 0.5 mrad. Um telescópio de 30 cm de diâmetro é utilizado para coletar a luz retro-espalhada.

Além da altura da CLA, o sistema Lidar pode obter outros parâmetros tais como espessura ótica do aerossol, extinção devido ao aerossol e coeficientes de retro-espalhamento (Landulfo et al., 2007). Todos esses parâmetros estão correlacionados com índices/relatórios de qualidade do ar supridos por agências de controle ambiental.

Medidas de rotina foram feitas nos dias 26, 27 e 28 de março de 2007 para a observação da evolução da CLA no período de aproximadamente 8 h. Esses dias foram caracterizados por céu claro, alta incidência de radiação solar, baixa umidade relativa do ar (30 - 40 %) e alta atividade convectiva devidos a altas temperaturas (~ 30° C). Isso permitiu uma observação direta da evolução da CLA e a sua taxa de crescimento e posterior decaimento no final do dia.

3. Resultados e discussão

Nas figs. 1(a) e 1(b) são mostrados as alturas observadas para cada dia. Tanto os fluxos quanto as alturas estimadas são bastante consistentes com o que é encontrado na literatura para sítios urbanos (Arnfield, 2003; Rotach, 2005).



Fig. 1: (a) dados brutos do sistema Lidar, (b) dados suavizados pelo método de médias parciais. d – dados observados, T – curvas provindas do modelo de Tennekes (1973).

Com base no modelo de Tennekes (1973), que descreve o crescimento da camada limite convectiva sob uma inversão com degrau de temperatura potencial $\Delta \theta$ e fluxo de calor sensível no nível da superfície $\langle w'\theta' \rangle = A$ $\sin[\pi(t - t_0)/\tau]$, foram estimados os parâmetros A, $t_0 \in \tau$. A interpretação de cada parâmetro é, respectivamente, amplitude do fluxo de calor sensível, início da ação forçante térmica e período de duração da forçante. Os valores encontrados para cada um dos dias se encontram resumidos na tab.1.

Dia	A (K m/s)	$t_0 LT(h)$	τ (h)
26 / 03 / 2007	0.35	9.0	8.1
27 / 03 / 2007	0.35	6.5	10.0
28 / 03 / 2007	0.42	8.5	7.0

Tab.1. Parâmetros estimados.

Uma questão ainda não avaliada quando se tenta comparar os resultados de Lidar com os de modelo está na taxa de decaimento da CLA no final da tarde. Por exemplo no modelo de fechamento de segunda ordem (MFSO) (Marciotto et al., 2007), a altura da CLA cai abruptamente no final da tarde. Isso não é observado nitidamente em dados de Lidar. Este problema está relacionado ao modo como se define a altura da CLA no modelo e no processo observacional. No MFSO a altura da camada limite é estimada com base na distribuição vertical do empuxo. O Lidar estima a altura da CLA com base na derivada segunda do sinal retro-espalhado. Assim, a comparação entre os dados de Lidar e os modelos deve ser mais bem estudada.

4. Conclusão

O ciclo diurno da CLA observado por meio de Lidar é comparado com um modelo simples de camada limite convectiva. A estimativa do fluxo de calor sensível é bastante razoável. Embora necessite de aprimoramentos, Esta técnica de comparação poderá ser utilizada no estabelecimento de vínculos entre a altura da CLP e o fluxo de calor sensível na superfície.

5. Referências

- 1. Arnfield A.J., (2003): Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island (review), *Int. J. Climatol.*, **23**, 1–26.
- 2. Landulfo E., Matos C.A., Torres A.S., Sawamura P., Uehara S.T, (2007): Air quality assessment using a multi-instrument approach and air quality indexing in an urban area, *Atmos. Research.*, **85**, 98–111.
- 3. Marciotto E.R., Oliveira A.P., Ferreira M.J., (2007): Estudo da CLP urbana por meio de um modelo de fechamento de segunda ordem unidimensional, *V Workshop Brasileiro de Micrometeorologia*, Santa Maria RS, 2007 (submetido).
- 4. Menut L., Flamant C., Pelon J., Flamant P.H, (1999): Urban boundarylayer height determination from lidar measurements over the Paris area, *Appl. Optics*, **38**, 945-954.
- 5. Rotach M.W. et al., (2005): BUBBLE an urban boundary layer meteorology project, *Theor. Appl. Climatol.*, **81**, 231–261.
- 6. Tennekes H., (1973): A model for Dynamics of the Inversion Above a convective Boundary Layer, J. Atmos. Sci., **30**, 558-567.