

DESENVOLVIMENTO DE MODELO PARA CAMADA LIMITE CONVECTIVA

SINÉSIO S. SOUZA¹, ROBERTO F.F. LYRA², MÔNICA R. QUEIROZ³, THEOMAR.
T.A.T. NEVES⁴

¹Graduando em meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, UFAL, Maceió – AL,
Fone: (0 xx 82) 32141368, souzasinesio@ig.com.br;

² Meteorologista, Prof. Doutor, Instituto de Ciências Atmosféricas, UFAL, Maceió – AL.

³ Meteorologista, Mestranda, Instituto de Ciências Atmosféricas, UFAL, Maceió – AL.

⁴Graduando em meteorologista, Instituto de Ciências Atmosféricas, UFAL, Maceió – AL.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 –
Aracaju – SE

RESUMO: Com o objetivo de oferecer uma alternativa para o estudo da Camada Limite Convectiva (CLC), foi desenvolvida uma nova técnica (modelo analítico). Os dados utilizados foram perfis de temperatura obtidos via rádiosondagens feitas Amazônia (Rondônia) durante a estação seca de 1994 e a estação chuvosa de 1999. Em ambos os casos as medidas foram feitas em dois sítios: **floresta** nativa e área desmatada e utilizada como **pastagem**. Os resultados mostraram que o modelo representou bem a evolução da CLC durante a estação seca. Na estação chuvosa o desempenho do modelo não foi tão bom com erro da ordem de 40%.

PALAVRAS-CHAVE: CAMADA LIMITE ATMOSFÉRICA, MODELO.

DEVELOPMENT OF A MODEL FOR CONVECTIVE BOUNDARY LAYER

ABSTRACT: Aiming to offer a new way to study the Convective Boundary Layer (CBL) a new technique (analytic model) are developed. The dataset used are profiles of temperature carried in Amazônia (Rondônia) during the dry season 1994 and the wet season 1999. The experimental sites are installed in tow different vegetation cover: native **forest** and **pasture**. The results had show a very well representation of the CBL evolution in dry season. During the wet season the model performance are not so good and the (error about 40%) .

KEYWORDS: ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER, MODEL.

INTRODUÇÃO: O conceito de camada limite foi introduzido por Ludwig Prandtl em um congresso de matemática, em Paris, em 1904. A partir de evidências experimentais Prandtl observou que, para um número de Reynolds suficientemente elevado, os efeitos viscosos em um escoamento sobre uma superfície ficam confinados a uma fina região próxima a esta superfície (MACHADO, 2000). A camada limite atmosférica (CLA) não obedece fielmente a este conceito, ela pode ser definida como a porção da atmosfera, próxima ao solo, na qual as influências do mesmo se fazem sentir. Investigar o comportamento da Camada Limite é de grande importância, pois é nesta camada que ocorrem a quase totalidade das atividades humanas. Ela desempenha um papel fundamental com relação às trocas de energia, de massa e de quantidade de movimento, entre a superfície e a atmosfera. A reprodução do desenvolvimento da camada limite atmosférica (CLA) ainda é um desafio para os meteorologistas. Por conta disso tem sido realizados inúmeros estudos observacionais visando compreender a sua evolução temporal. Estas medições são difíceis, geralmente sondagens atmosféricas, e de custo muito alto. Normalmente, o acompanhamento da evolução da CLA, é feito de forma analítica a partir dos perfis verticais de temperatura potencial obtidos via sondagens. A altura da CLC (Z_i) é obtida através da identificação da base da inversão térmica (Stull, 1988). Um estudo feito por Lyra et al 2005, mostrou que, para os dados por eles

utilizados, este procedimento foi ineficaz em mais de 20% dos casos. Por conta disso, muitos esforços tem sido feito no sentido de desenvolver um modelo capaz de reproduzir melhor a evolução da CLA. O objetivo deste trabalho foi desenvolver e testar um modelo capaz de acompanhar o crescimento da CLA a partir das taxas de aquecimento observadas.

MATERIAL E MÉTODOS: O desenvolvimento do modelo foi baseado no princípio de que os ciclos diurnos no interior da CLA são bem mais pronunciados do que aqueles do ar acima da mesma (atmosfera livre “AL”). Foram testados diversos parâmetros para fazer a comparação CLA-AL. Aquele que se mostrou mais eficaz foi à taxa de aquecimento. Para calcular as taxas de aquecimento é necessário primeiro possui perfis de temperatura onde a variação de altura seja constante. Por conta disso, foi necessário criar perfis interpolados a partir dos dados originais: interpolação linear (1 ponto a cada 25m). A partir dos perfis interpolados, as taxas de aquecimento (de zero a 3500m) são calculas conforme mostrado na equação a seguir:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\theta_{V(t_2)} - \theta_{V(t_1)}}{t_2 - t_1}$$

θ_V - temperatura potencial virtual (K)

t_1 - hora da sondagem 1 (h)

t_2 - hora da sondagem 2 (h)

Foram utilizados dados de dois experimentos colhidos em dois sítios experimentais, ambos em Rondônia:

- Floresta: Ji-Paraná (Reserva Biológica do Jaru, 10° 05'S, 61° 55'W);
- Pastagem: Ouro Preto do Oeste (Fazenda Nsa. Senhora, 10°45'S, 62°22'W).

O primeiro experimento (estação seca) foi RBLE3 “Rondônia Boundary Layer Experiment”, realizado entre 13 a 25 de agosto de 1994. O segundo (estação chuvosa), foi LBA “Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia”, realizado entre o dia 8 de janeiro ao dia 28 de fevereiro de 1999. Uma vez calculada as taxas de aquecimento são plotados os gráficos e a altura da CLA (Z_i) é determinada analiticamente. A altura da CLC é determinada quando a taxa de aquecimento atinge o valor zero pela primeira vez (sentido ascendente) ou quando o seu valor atinge o mínimo (figura 01). Os dados de Z_i , obtidos via método tradicional e utilizados para comparar com os do modelo foram os determinados SOUZA (1997), para a estação seca, e por ROCHA (2003) para a estação chuvosa.

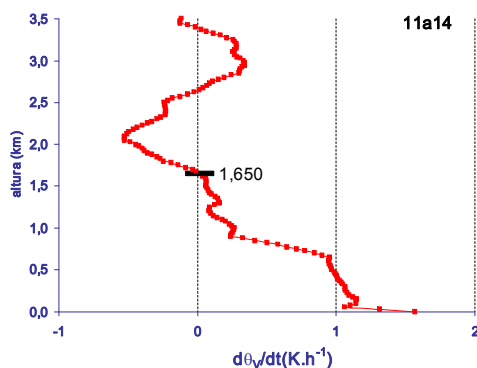


Figura 01: Exemplo de determinação da altura da CLA utilizando o modelo. Neste caso o valor de Zi foi de 1,65km (indicado pela linha horizontal).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A comparação entre os valores de altura da CLC obtidos pelo modelo e os seus correspondentes determinados via método convencional serão apresentados a seguir. Para facilitar eles serão separados por período do ano: estação seca e estação chuvosa. Na estação seca na floresta, o modelo representou bem a evolução da CLA na parte da manhã (figura 02). À tarde, houve subestimativa às 14:00 e superestimativa às 17:00. O valor médio d altura da CLC estimado com o modelo foi de $693,94 \pm 288,00\text{m}$ e com o método convencional a média foi de $655,60 \pm 135,94\text{m}$. Levando-se em conta as limitações do método tradicional podemos dizer que o resultado foi muito bom.

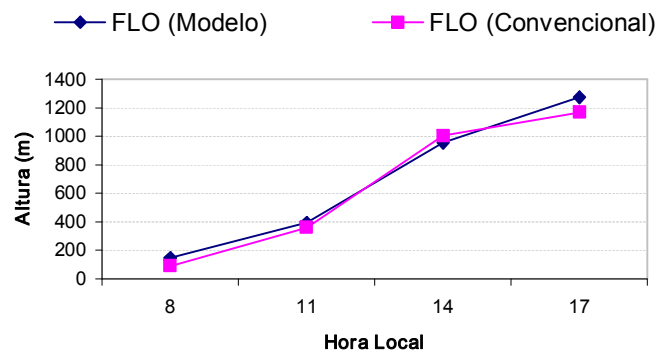


Figura 02: Evolução da CLA na **floresta**. Comparação modelo – método convencional.

Além dos valores médios, foram também confrontados aqueles obtidos em cada um dos dias do experimento separadamente. No caso do método convencional os desvios representam 24,3% da média enquanto que para o modelo eles chegaram a 50,8%. Na Pastagem confrontados os padrões de crescimento (modelo e convencional), verifica-se grande semelhança entre os mesmos (figura 03). Ainda assim, a diferença aumenta à medida que o dia avança chegando a 410m às 17:00 o que representa algo em torno de 20%. O valor médio da CLC obtido com o modelo foi $1026,04 \pm 418,78\text{m}$ e com o método convencional $1091,46 \pm 202,21$.

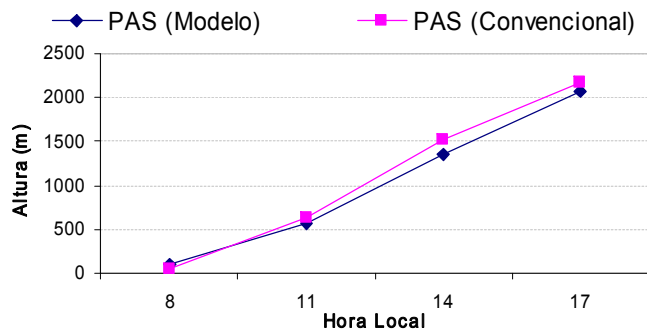


Figura 03: Evolução da CLA na **pastagem**. Comparação modelo/método convencional.

A comparação em termos de valores estatísticos mostra que, similar ao verificado na floresta, o método convencional apresenta menores desvios. Em termos percentuais eles representaram, em média, 21,9% da média enquanto que, para o modelo, os desvios representaram 43,5% da média. Durante a estação chuvosa (LBA/1999), o modelo representou relativamente bem o crescimento da CLC, principalmente na parte da manhã (figura 04). O valor médio encontrado via método convencional foi $718,55 \pm 251,52$ m e com o modelo $838,33 \pm 275,87$.

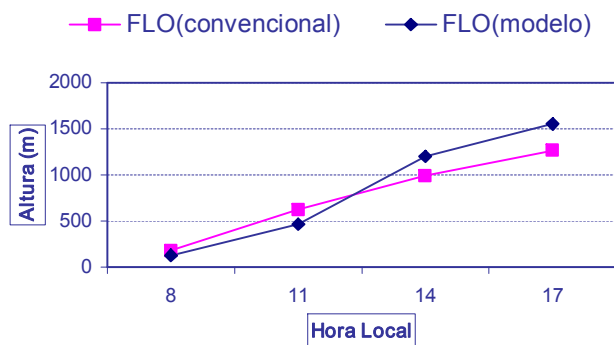


Figura 04: Evolução da CLA na **floresta**. Comparação modelo – método convencional.

Ocorreu subestimativa pela manhã e superestimativa à tarde. Na realidade o problema maior foi detectado às 17:00. Isto ocorre porque, na estação chuvosa, o resfriamento da CLC começa mais. Quando comparamos as estatísticas feitas a partir de todo o conjunto de dados, verificamos que houve pouca diferença. Para os resultados do modelo os desvios representaram 45% da média e nos do método convencional um pouco menos (41%). Como no caso da estação seca, os maiores valores desta razão ocorreram às 8:00. Na pastagem, o padrão de evolução da CLC tanto via método convencional como via modelo é semelhante àquele observado na floresta (figura 05). Em termos de diferença entre modelo e método convencional os resultados foram melhores do que na floresta. O valor médio da altura da CLC obtido via método convencional foi $729,32 \pm 225,81$ m e com o modelo à média foi de $788,98 \pm 244,48$ m. É interessante ressaltar que nos dois horários matinais (8:00 e 11:00) o modelo apresentou valores médio inferiores, fato também verificado na floresta.

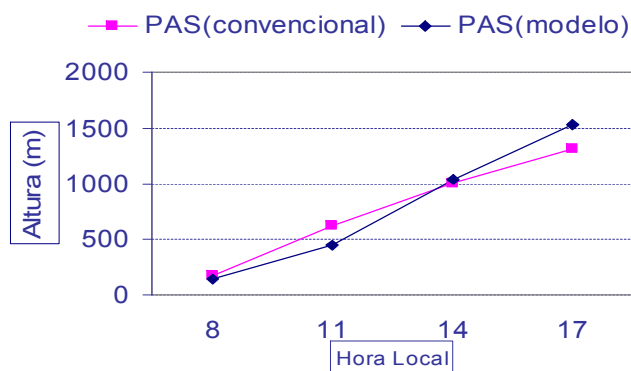


Figura 05: Evolução da CLA na **Pastagem**. Comparação modelo – método convencional.

Com exceção do valor da altura às 17:00 os resultados foram bons. Do ponto de vista da dispersão dos dados o método convencional foi um pouco melhor: o desvio padrão médio representou 35% da média enquanto que no caso do modelo à média foi de 40%.

CONCLUSÕES O modelo desenvolvido foi capaz de acompanhar bem o desenvolvimento diurno da CLC. Ele representa uma nova opção para realizar uma tarefa que até o momento se coloca como um dos desafios com relação ao estudo da camada limite. A sua eficiência foi medida através da comparação dos valores obtidos com o modelo com aqueles obtidos via método convencional. Durante a estação seca observou-se um acordo muito bom entre o modelo e o método convencional, principalmente antes do meio dia. Na estação chuvosa o modelo teve certa dificuldade no final da tarde em função do resfriamento precoce da CLC nesta estação. Em termos de média geral o resultado é bastante animador. As diferenças entre o modelo e o método convencional foram pequenas. Na estação seca ela foi de 38,34m (693,94 versus 655,60m) na floresta e de 65,42m (1026,04 versus 1091,46m). Na estação chuvosa a diferença na floresta foi de 119,78m (838,33 versus 718,55m) e na pastagem de 59,66m (788,98 versus 729,32m).

AGRADECIMENTOS FAPEAL – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Alagoas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Lyra, R.F.F.; Querino, C.A.S.; Souza, S.S.; Mariano, G.L.; Barcellos, K.M.; Moura, M.A.L.; Neves, T.T.A.T.; Amorim, E.C.; Calheiros, A.J.P.; Chagas, E.V.; Coutinho, V.F.; Silva, E.C. da; Silva, M.M.R Da; Silva, N.C. Da; Oliveira, C. P. De; Ferreira, A. D.; Marinho, W.C.; Campos, A.M.V. **Limitação do método analítico para determinação da altura da camada limite convectiva.** Ciência e Natura, Santa Maria - RS, v. espec, p.327-330, 2005.

MACHADO, L.A.T.; LAURENT, H.; **Características Dinâmicas e Termodinâmicas da Convecção na Amazônia Observados Durante o WET AMC/LBA.** Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro – RJ, 2000.

ROCHA, Carlos Henrique Eça D'Almeida. **Termodinâmica da Camada Limite Atmosférica durante a estação chuvosa no Oeste da Amazônia - LBA/TRMM 1999.** Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Alagoas - 2003.

SOUZA, Solange Silva de. **A substituição da floresta amazônica por pastagem e sua repercussão ao nível da camada limite atmosférica: projeto RBLE.** Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal da Paraíba – 1997.

STULL, R. B. **An introduction to boundary layer meteorology.** Dordrecht: Kluwer Acadm. Publishers, 1988.