

O IMPACTO DA RESOLUÇÃO VERTICAL EM PARAMETRIZAÇÕES COMUMENTE USADAS EM MODELOS DE SIMULAÇÃO DO CLIMA

José Paulo Bonatti

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Rodovia Presidente Dutra, Km 40
12630-000 - Cachoeira Paulista - SP

ABSTRACT

It is analysed the impact of the vertical resolution on an one-dimensional model (vertical X time) including the principal parameterizations used in models for climatic simulations. An interesting effect of a higher vertical resolution is found to be a heating due the long wave radiation below the deep convection and another at the lower stratosphere due mainly to ozone absorption. This shows a better capability of absorption of this radiation by the atmosphere, with implications on the greenhouse effect. It is found also a better representation of the shallow convection during the day and a lack of this process during the early morning. Then the mixing layer is better simulated since the processes in the planetary boundary layer are better represented by a higher vertical resolution.

1 - Introdução

A resolução vertical em modelos numéricos de previsão do tempo e de simulação do clima é muito pouco questionada e comumente são consideradas cerca de vinte camadas para testar hipóteses de cenários climáticos.

Propõe-se analisar o impacto da resolução vertical, utilizando um modelo unidimensional (sigma X tempo), que contem as parametrizações dos efeitos da radiação de onda curta, da radiação de onda longa, da difusão vertical com coeficiente dependendo do número de Richardson, da convecção profunda do tipo Kuo-Anthes, da convecção rasa tratada como uma difusão vertical extra, da precipitação e da reevaporação de grande escala. Uma discussão detalhada dos processos incluídos nesse modelo pode ser encontrada em Kalnay (1988).

O ênfase é dado na região tropical, onde os transportes verticais turbulentos são de grande importância e exigem uma resolução vertical mais adequada. A estratosfera nos modelos tradicionais, em geral, sofre um resfriamento exagerado que aparentemente está relacionado com uma melhor resolução vertical. Em particular, os transportes verticais relacionados à convecção rasa, também são melhor tratados com maior resolução vertical exatamente pela natureza rasa desse processo. Um outro fator importante seria relacionado à presença de topografia abruptamente alta, como é o caso da

Cordilheira dos Andes e mesmo da Serra do Mar, que certamente necessita de maior resolução vertical que a comumente usada. Porém, esse processo não é parametrizado no modelo aqui utilizado.

2 - Experimentos e dados

São testadas três resoluções: 9, 18 e 40 camadas. A resolução vertical considerada como controle é de 18 camadas, a mesma usada operacionalmente pelo National Meteorological Center (NMC - USA), onde cerca de 6 camadas estão na camada limite planetária, cerca de 6 na troposfera média, cerca de 4 na alta troposfera e 2 na estratosfera. Essa distribuição é alterada para 9 camadas, de modo a ficar com cerca da metade das camadas em cada região citada da atmosfera, e para 40 camadas, com aproximadamente o dobro da resolução vertical do controle.

Os dados utilizados são provenientes de uma sondagem para o dia 3 de maio de 1987 às 00:00 UTC do GTE-ABLE sobre Manaus que são interpolados, usando 'cubic-spline', para os níveis do modelo.

3 - Resultados e discussões

Foram obtidos resultados referentes a todas as parametrizações citadas anteriormente, porém os processos que se mostraram bastante interessantes são aqueles referentes à radiação de onda longa e à convecção rasa. Alguns resultados referentes à parametrização de superfície, precipitação e campos totais simulados de temperatura potencial e umidade específica para 18 camadas podem ser encontrados em Bonatti e Silva Dias (1990).

A figura 1 mostra o resfriamento devido à radiação de ondas longas (comprimento de onda acima de 4 μm) na atmosfera. Tanto para 9 como para 18 camadas (figs. 1a e 1b) só ocorre resfriamento, porém para 40 camadas (fig. 1c) é notado um aquecimento entre as camadas 10 e 13, entre 12:00 e 20:00 horas local, e outro entre as camadas 37 e 39, na estratosfera, durante o tempo todo da integração. O primeiro núcleo de aquecimento ocorre abaixo da convecção profunda (não mostrada) que ocorre das 10:00 até às 16:30 horas local. No caso de 9 e 18 camadas há uma tendência para um máximo nessa região e também na estratosfera, porém não chega a ficar positivo. O segundo provavelmente está relacionado com a absorção pelo ozônio na faixa de 9.6 μm . Logo, a resolução vertical parece ser um fator muito importante para se calcular corretamente o efeito de retenção de calor pela atmosfera na faixa das ondas longas, processo esse relacionado ao efeito estufa.

A figura 2 apresenta o aquecimento/resfriamento devido à convecção rasa. Nota-se, em geral, um aquecimento abaixo e um resfriamento acima, evidenciando o caráter difusivo da parametrização. No caso de 9 camadas (fig. 2a), o efeito é bastante distribuído na vertical, chegando a atingir toda a metade inferior do domínio vertical. Já, com 18 (fig. 2b) camadas há uma concentração do efeito na baixa troposfera com

valores uma ordem de grandeza maior, porém em ambos os casos ocorrem cumulus rasos durante o tempo todo de integração. No caso de 40 camadas (fig. 2c), o efeito também é concentrado na mesma região que o caso anterior, com valores cerca de 4 vezes maiores, mas não ocorre convecção rasa durante a madrugada do dia seguinte. Os resultados do último caso parecem mais realistas, porém devem ser efetuados novos testes para se verificar a influência dos valores fixados para o coeficiente de difusão em função do número de camadas.

Analisando-se os perfís verticais das energias estática seca, estática úmida e estática úmida saturada, divididas pelo calor específico à pressão constante do ar seco (C_p , não mostrada), nota-se que, para os 3 casos às 08:00 horas local, a atmosfera está potencialmente instável com alta umidade nos baixos níveis. À medida que o tempo passa, há um secamento da camada mais inferior e um umidecimento da camada logo acima (fig. 3), com a estrutura acima mudando muito pouco. Porém, quanto maior a resolução, melhor definida torna-se a camada de mistura, onde a temperatura potencial equivalente é constante com a altura (fig. 4). Inclusive a evolução do topo dessa camada é muito bem caracterizado no caso de 40 camadas (não mostrada). Talvez, por essa melhor representação da camada de mistura, o processo de transporte de umidade dos baixos níveis para cima, seja melhor representado nesse caso, produzindo uma maior eficiência desse transporte. Dessa forma o efeito torna-se maior que nos casos com menor resolução, de modo que no final da simulação (fig. 2c) já não haja umidade disponível para se produzir convecção rasa.

Portanto, a resolução vertical parece ser um fator bastante importante na caracterização dos processos que ocorrem na camada limite planetária, bem como no tratamento da estratosfera. Para uma validação mais categórica desses resultados, experimentos devem ser realizados com um modelo de circulação geral, pois o modelo unidimensional não considera processos muito importantes como, por exemplo, advecção e movimentos verticais.

4 - Agradecimentos

O autor se beneficiou de discussões com o Dr. Pedro Leite da Silva Dias.

5 - Referências Bibliográficas

Bonatti, J.P.; Silva Dias, P.L., 1990: Um modelo unidimensional para pesquisa e ensino. **VI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Salvador, Ba. Anais Volume II, pag. 657-661.

Kalnay, E., 1998: **Documentation of the Research Version Of the NMC Medium Range Forecasting Model**. Volume 1: Hydrodynamics, Physical Parameterizations, and User's Guide. National Meteorological Center, Washington, DC.

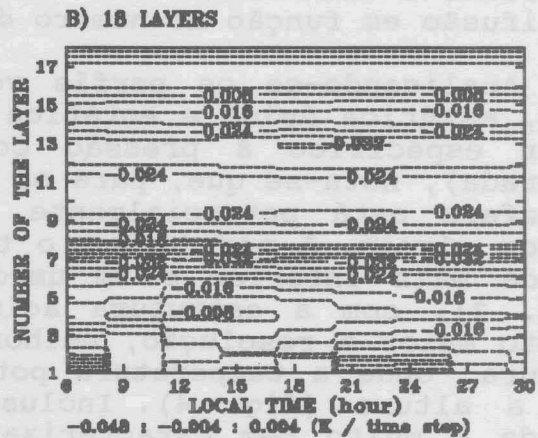
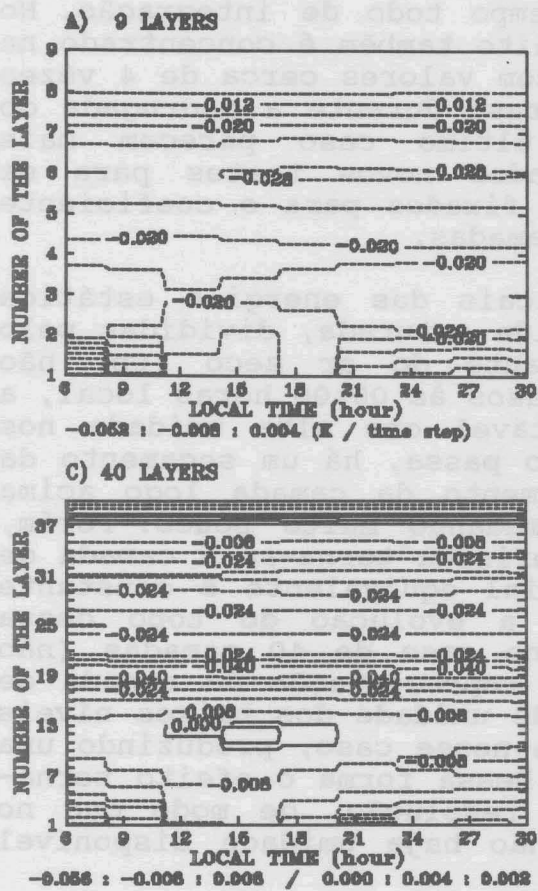


Figura 1 - Resfriamento devido às ondas longas. As linhas cheias são para valores positivos e as tracejadas para negativos.

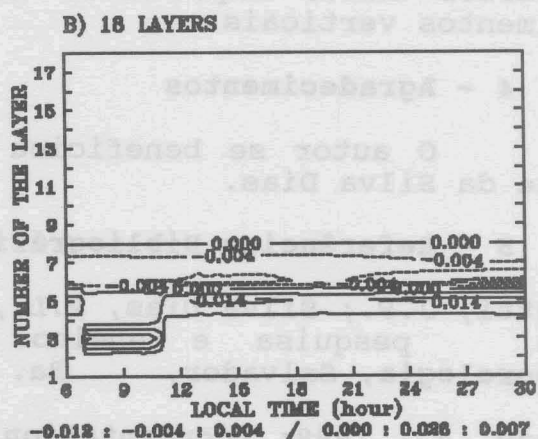
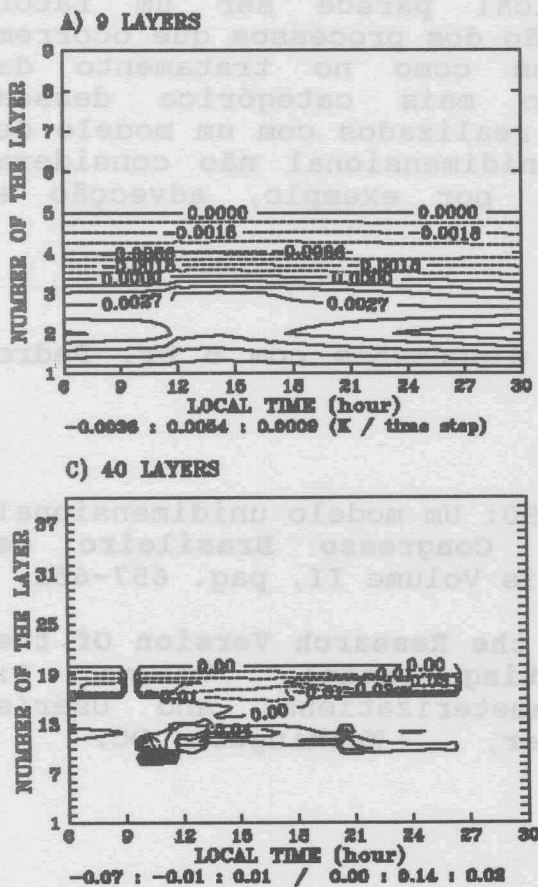


Figura 2 - O mesmo que a fig. 1 para o efeito da convecção rasa na temperatura.

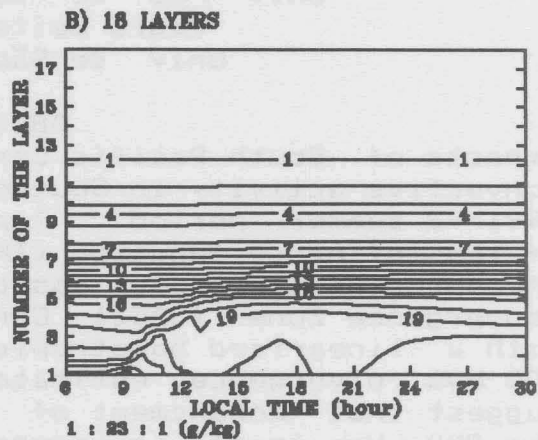
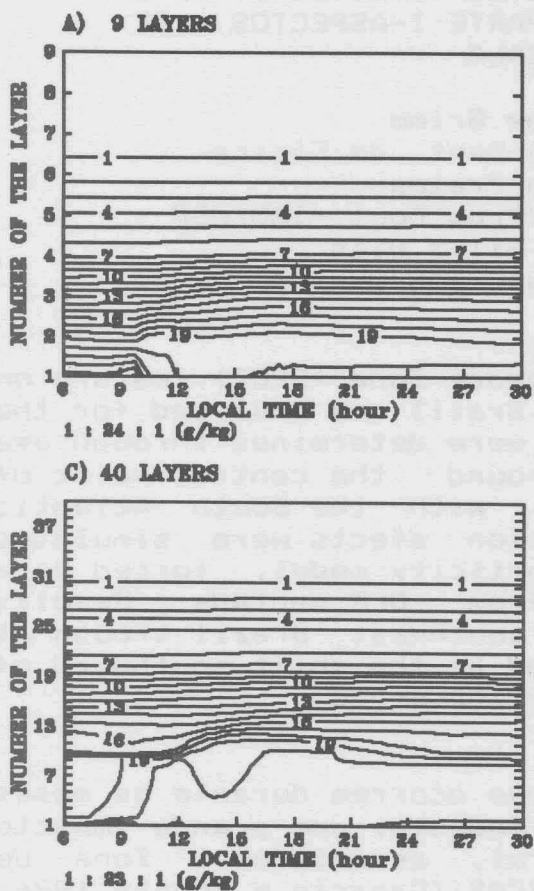


Figura 3 - Umidade específica - campo total.

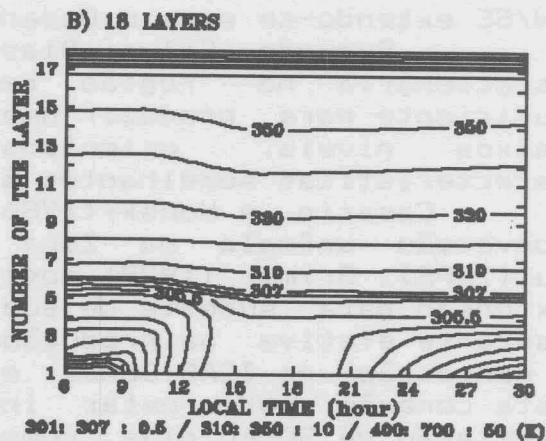
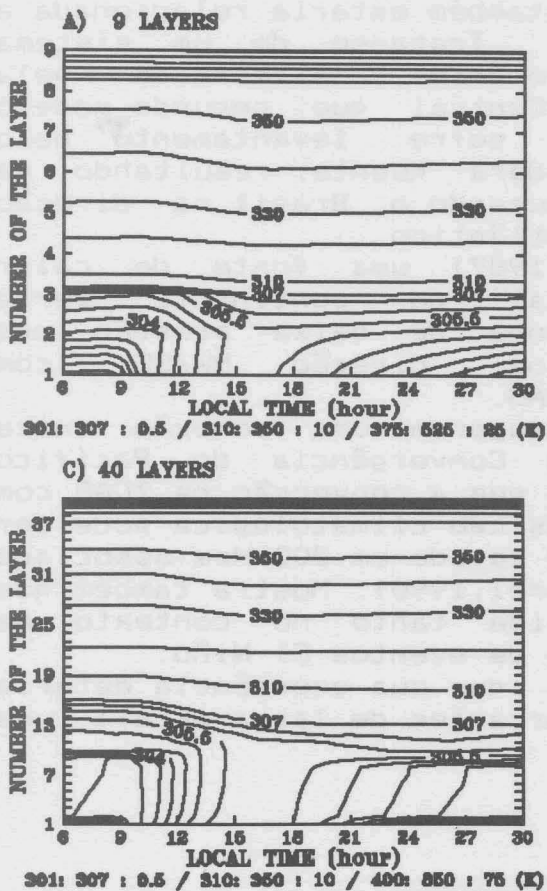


Figura 4 - Temperatura potencial - campo total.