

Simulações LES de uma camada limite convectiva empregando um espaçamento de grade vertical variável

F. S. Puhales¹, U. Rizza², G. A. Degrazia¹, A. G. O. Goulart³,
J. C. Carvalho⁴

¹*Departamento de Física/CCNE/UFSM/Santa Maria, RS, Brazil*

²*C.N.R./Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima/Lecce, Italy*

³*Centro de Tecnologia de Alegrete/UNIPAMPA/UFSM/Alegrete, RS, Brazil*

⁴*Faculdade de Meteorologia, UFPel/Pelotas, RS, Brasil*

1. Introdução

No estudo da turbulência na Camada Limite Planetária (CLP) o emprego da metodologia de Simulação dos Grandes Turbilhões (LES) permite entender fenômenos físicos complexos que apresentam padrões que não são facilmente mensuráveis. O grande avanço da computação de alto desempenho tem permitido que modelos LES forneçam resultados cada vez mais realísticos e capazes de descreverem estados turbulentos e padrões micrometeorológicos evolutivos da CLP. O modelo LES resolve numericamente as equações de movimento para os turbilhões mais energéticos e parametriza os turbilhões associados às frequências mais altas do subintervalo inercial (turbilhões apresentando um comportamento universal). Um dos problemas em LES é simular a região vertical da CLP na vizinhança da superfície. Normalmente, os modelos LES não resolvem explicitamente os turbilhões mais energéticos nos primeiros metros de uma CLC. O objetivo deste trabalho é introduzir em um modelo LES um espaçamento de grade vertical variável na vizinhança da superfície e reproduzir características médias e turbulentas de uma Camada Limite Convectiva.

2. Metodologia

Os experimentos numéricos realizados neste estudo são baseados no modelo LES desenvolvido por Moeng (1984), com a parametrização da turbulência de subfiltro baseada no trabalho de Sullivan et al (1994). Após implementar a parametrização de espaçamento de grade variável proposta por Degrazia et al (2007) no modelo LES fez-se uma simulação para uma

malha de 128 pontos em cada dimensão, usando-se um domínio de $5000m \times 5000m \times 2000m$ nas direções x, y, z , respectivamente. Na simulação, manteve-se um fluxo turbulento de energia na forma de calor de magnitude $\overline{w'\theta'} = 0,24Km/s$ e um vento geostrófico de módulo $U_g = 10m/s$ e $V_g = 0$. Partindo-se de com uma altura de camada dada por $z_i = 1000m$ e uma temperatura potencial superficial $\theta = 300K$, foram realizadas simulações utilizando-se o modelo de grade variável e o modelo contendo a estrutura convencional de grade.

3. Resultados das simulações LES

O gráfico da Figura 1(a) apresenta o perfil da energia cinética turbulenta, onde cada ponto vertical representa uma média horizontal e a Figura 1(b) o mesmo gráfico, porém apresentando uma resolução espacial detalhada na região próxima a superfície. A Figura 1(b) também mostra uma comparação entre a simulação com o espaçamento vertical de grade variável (ZV) e com a grade convencional (ZC). Considerando-se a configuração descrita acima, a Figura 1(b) mostra que a simulação realizada com a grade variável reproduz os pontos mais próximos à superfície (aproximadamente $2m$) enquanto a simulação realizada com a grade convencional não percebe as características físicas da energia cinética turbulenta que estão localizadas em alturas inferiores a $15m$. A proposta de um modelo LES é capturar os efeitos físicos dos turbilhões mais energéticos e atribuir aos movimentos de subfiltro os efeitos dissipativos das escalas resolvidas. Neste contexto, as Figuras 2(a) e 2(b) exibem a razão entre a energia cinética turbulenta de subfiltro e a energia cinética turbulenta total. Analisando-se estas figuras percebe-se que a energia de subfiltro, desde a superfície (aproximadamente $2m$), onde normalmente esta razão é crítica, é sempre inferior a 20%. Este resultado pode ser considerado bastante satisfatório e que distintamente do caso tradicional exibe esta razão para regiões bem próxima a superfície.

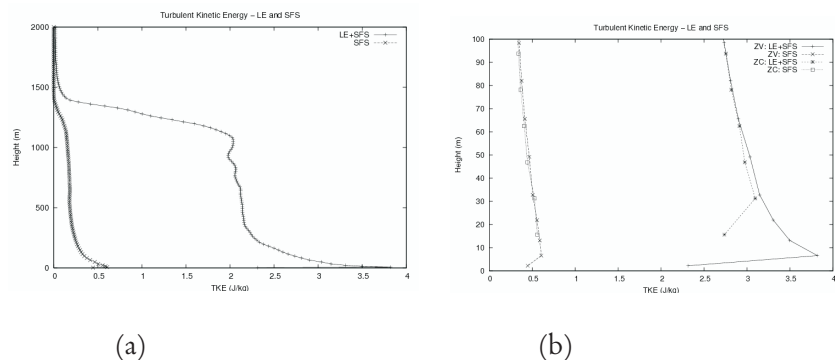


Figura 1. (a) Perfil da energia cinética média (b) Comparação do perfil da energia cinética média simulada com uma grade vertical variável (ZV) e constante (ZC).

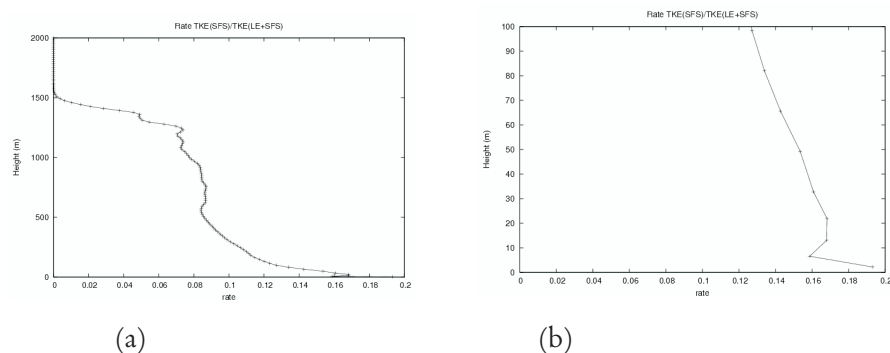


Figura 2. Razão entre a energia cinética de subfiltro e total da simulação para todo o perfil vertical (a) e para os níveis mais próximos do solo (b).

As Figuras 3(a), 3(b), 4(a) e 4(b) mostram uma comparação entre o perfil da magnitude da velocidade média do vento e temperatura potencial média obtidas com a simulação envolvendo o espaçamento vertical variável e convencional. Analisando-se estes gráficos nota-se que a nova simulação, empregando a grade vertical variável reproduz estas grandezas médias de uma maneira idêntica à grade convencional. Todavia, a importante diferença que deve ser ressaltada é que a nova simulação (empregando a grade variável) mostra o comportamento vertical das variáveis médias desde a superfície, enquanto a simulação tradicional (não empregando a grade variável) simplesmente não exibe estas variáveis médias nas regiões vizinhas ao solo.

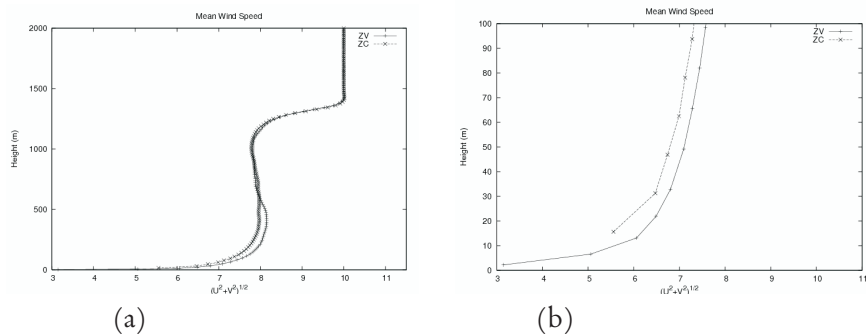


Figura 3. (a) Comparação entre os perfis da magnitude da velocidade média do vento na CLP gerados por uma simulação com grade variável (ZV) e constante (ZC) (b) A mesma comparação para os níveis mais próximos do solo.

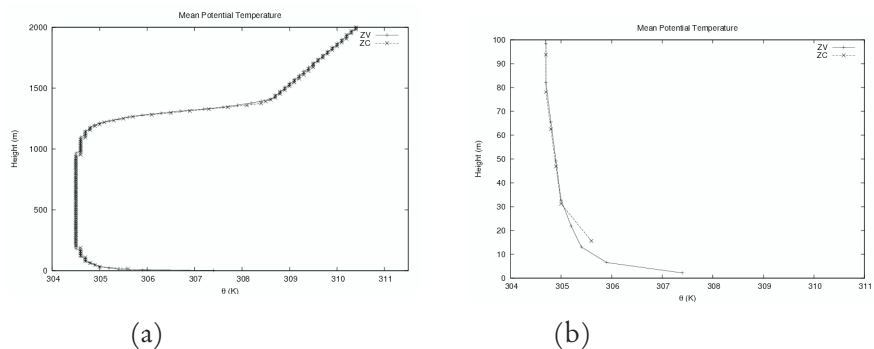


Figura 4. (a) Comparação entre os perfis de temperatura potencial média do vento na CLP gerados por uma simulação com grade variável (ZV) e constante (ZC) (b) A mesma comparação para os níveis mais próximos do solo.

4. Referências

- Moeng, C.-H.: 1984, 'A Large-Eddy-Simulation Model for the Study of Planetary Boundary-Layer Turbulence', *J. Atmos. Sci.*, **41**, 2052-2062.
- Sullivan, P. P., Mc Williams, J. C., Moeng, C.-H.: 1994, 'A Subgrid Model for Large-Eddy Simulation of Planetary Boundary Layer Flows', *Boundary-Layer Meteorol.*, **71**, 247-276.