

# Obtenção de um momento estatístico de terceira ordem a partir de uma simulação LES: aplicação no cálculo da dispersão de contaminantes

Silvana Maldaner<sup>1</sup>, Juliana Bittencourt<sup>1</sup>, Gervásio Annes Degrazia<sup>1</sup>, Umberto Rizza<sup>2</sup>, Franciano Scremin Puhales<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Maria, RS-Brasil*

<sup>2</sup>*Istituto di Scienze dell' Atmosfera e Del Clima, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Lecce, Itália*

*e-mail: silvana.maldaner@gmail.com*

## 1. Introdução

A dispersão de contaminantes na atmosfera tornou-se um tema muito discutido nos últimos anos. Este fato ocorreu em virtude da crescente preocupação com o controle da qualidade do ar. Uma vez que esta análise é realizada mediante redes de monitoramento e que, por motivos econômicos, o número de pontos de medida é reduzido, uma boa caracterização dos processos de difusão é de extrema importância (Moreira; Tirabassi, 2004). Neste trabalho simula-se numericamente, através de um modelo de dispersão lagrangiano, o campo de concentração do experimento clássico de dispersão de poluentes de Copenhagen. O objetivo desta simulação será investigar a influência do terceiro momento da velocidade vertical no cálculo da concentração de contaminantes para uma fonte alta.

## 2. Metodologia

Neste estudo empregou-se o terceiro momento da velocidade vertical turbulenta, obtido a partir de uma simulação LES (*Large Eddy Simulation*), num modelo de dispersão estocástico lagrangiano. O terceiro momento foi derivado a partir de uma simulação LES da Camada Limite Convectiva empregando uma viscosidade de subfiltro obtida da Teoria de Difusão Estatística de Taylor. A expressão para o terceiro momento da velocidade vertical turbulenta pode ser escrita na forma

$$\begin{aligned} \frac{\overline{w^3}}{w_*^3} = & (3,84 (z / z_i) - 18,77 (z / z_i)^2 + 234,57 (z / z_i)^4 \\ & - 643,94 (z / z_i)^5 + 0,39 \exp(z / z_i)^2 + 677,10 (z / z_i)^6 \\ & - 254,22 (z / z_i)^7)(-0,21 (z / z_i)^2 + 3,47 (z / z_i)^{0,5} + \\ & 0,64 (z / z_i)^8 - 3,43 (z / z_i)^3)^{3/2} / (2,06)^3 \end{aligned} \quad (1)$$

No modelo lagrangiano, as variâncias turbulentas ( $\sigma_u^2, \sigma_v^2, \sigma_w^2$ ) e a escala de tempo lagrangiana ( $\tau_{Li}$ ) foram parametrizadas segundo Degrazia et al. (2000). Considerou-se também que o escoamento turbulento é dissipativo. Assim, empregou-se a seguinte relação para a taxa de dissipação de energia cinética turbulenta

$$\varepsilon = \frac{2\sigma^2}{C_0 T_L} \quad (2)$$

Selecionou-se os experimentos sob condições de estabilidade instável (experimentos 1,3,5,7 e 8). Isso porque o terceiro momento da velocidade vertical turbulenta foi derivado a partir de uma simulação sob condição de estabilidade convectiva.

Os parâmetros meteorológicos e os valores de concentrações do experimento de Copenhagen são apresentados na Tabela 1. Nesta tabela, também são apresentadas as concentrações de poluentes simuladas com o modelo lagrangiano empregando as equações (1) e (2).

### 3. Resultados e discussões

Neste estudo foram realizadas simulações lagrangianas empregando o terceiro momento da velocidade vertical derivado de uma simulação LES. O modelo de dispersão lagrangiano (LAMBDA) foi utilizado para simular o transporte e a difusão de um escalar passivo durante o experimento de Copenhagen. A Tabela 2 apresenta os resultados da análise estatística a partir dos parâmetros de Hanna (1989). Observa-se que o modelo com o emprego das equações (1) e (2) simula razoavelmente bem as concentrações de poluentes observadas durante o experimento de Copenhagen. Deste modo, conclui-se que a nova expressão para o

terceiro momento pode ser aplicada em modelos de dispersão em condições atmosféricas convectivas. O emprego desta expressão para os outros experimentos menos convectivos de Copenhagen deve ser avaliado.

**Tabela 1.** Concentrações de poluentes simuladas com o modelo lagrangiano empregando as equações (1) e (2)

<i>Run</i>	<i>-L</i>	<i>Distância da fonte (m)</i>	<i>Concentração Observada (<math>\mu\text{gm}^{-2}</math>)</i>	<i>Concentração simulada (<math>\mu\text{gm}^{-2}</math>)</i>
1	37	1900	2074	2092
1	37	3700	739	753
3	71	1900	2624	2689
3	71	3700	1990	1967
3	71	5400	1376	1385
7	104	2000	1608	1385
7	104	4100	780	776
7	104	5300	535	537
8	56	1900	1248	1220
8	56	3600	606	602
8	56	5300	456	454

**Tabela 2.** Resultados da análise estatística realizada a partir do modelo de Hanna.

<i>NMSE</i>	<i>R</i>	<i>FA2</i>	<i>FB</i>	<i>FS</i>
0,01	0,97	0,99	0,06	-0,007

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e à CAPES.

#### 4. Referências

DEGRAZIA, G. et al.. Turbulence parameterization for PBL dispersion models in all stability conditions, **Atmospheric Environment** , p. 3575-3583. , 2000.

HANNA, S.R., 1989, Confidence limit for air quality models as estimated by bootstrap and jackknife resampling methods, **Atmospheric environment**, v. 23, p. 1385-1395.

MOREIRA, D.; TIRABASSI, T. Modelo matemático de dispersão de poluentes na atmosfera: um instrumento técnico para a gestão ambiental. **Ambient. soc**, SciELO Brasil, p. 159-172, 2004.