

# ANÁLISE DE PERFIS PARA UMA SIMULAÇÃO NUMÉRICA COM BAIXA VELOCIDADE

Luis F. Camponogara<sup>1</sup>, Danilo N. Lemes Junior<sup>1</sup>, Eduardo A. Porto<sup>1</sup>, Luis E. Medeiros<sup>1</sup>, Felipe D. Costa<sup>1</sup>

[lfcamponogara@gmail.com](mailto:lfcamponogara@gmail.com)

<sup>1</sup>Fundação Universidade federal do Pampa Campus Alegrete - UNIPAMPA - Alegrete

## RESUMEN

Logo após o pôr do sol a superfície terrestre inicia o seu resfriamento através da emissão de radiação de ondas longas. Esse processo designa-se como estratificação da camada limite atmosférica. Durante o dia, as forças de empuxo criam a turbulência, enquanto que a noite ela é destruída. Esse trabalho tem como objetivo realizar o comparativo entre diferentes gradientes de temperatura para uma mesma velocidade e observar os efeitos dos mesmo sobre um escoamento de fraca intensidade, que apresenta turbulência completamente desenvolvida. Para a realização do mesmo utilizou-se o software livre openFOAM<sup>®</sup>.

## ABSTRACT

Immediately after sunset, the Earth's surface begins to cool down through the emission of long waves. This process is referred to as stratification of the atmospheric boundary layer. During the day, thrust forces create turbulence, while at night it is destroyed. This work aims to compare different temperature gradients for the same velocity and to observe the effects of the same on a flow of low intensity, which presents completely developed turbulence. For the accomplishment of the same it was used the free software openFOAM<sup>®</sup>.

**Palabras clave:** Camada limite, estratificação, turbulência.

## 1) INTRODUÇÃO

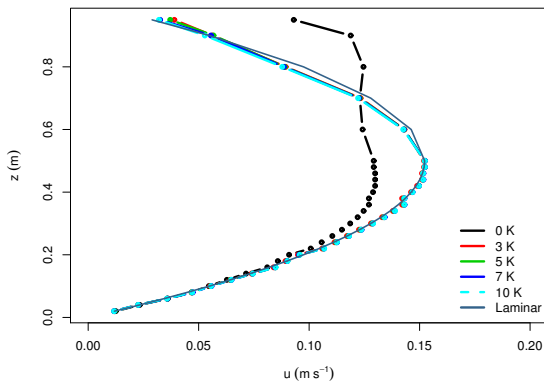
Stull (1988) aborda que a troposfera se estende do solo até uma altura máxima de 11 km. A camada limite atmosférica pode ser definida como uma região da troposfera, que sofre diretamente pela presença da superfície terrestre, esse conceito foi introduzido por Luiwig Prandlt. Após o entardecer a superfície terrestre passa a resfriar pela emissão de radiação de ondas longas, esse processo denomina-se de estratificação da superfície terrestre. Para Sun et al. (2012) o principal fator que influencia na geração de turbulência, em situações de estratificação, é a força de cisalhamento do vento, pois as forças de empuxo que influenciavam na formação da mesma durante o dia, nesse caso passam a destruí-la. Mahrt (1999) explica que em noites de céu limpo e com pouco vento, a perda radiativa é provocada de forma mais intensa. Quando há ocorrência desse resfriamento de forma mais intensa, muitas das escalas turbulentas são reduzidas, porém nunca desaparecem. O objetivo é comparar diferentes gradientes de temperatura para uma mesma velocidade, e observar o efeitos dos mesmos sobre um escoamento estável e de fraca intensidade.

## 2) METODOLOGIA

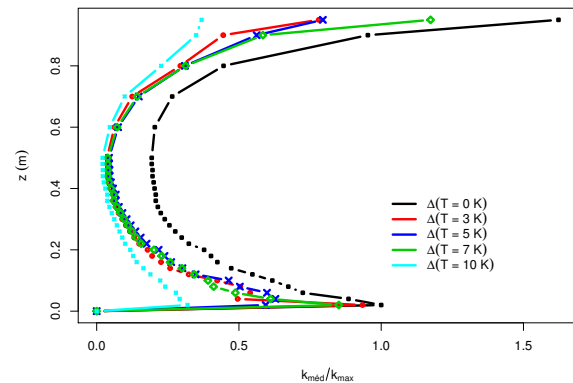
Optou-se pelo software de código livre OpenFoam<sup>®</sup>. O programa em questão, utiliza como linguagem de programação o C++ juntamente com um conjunto de “solver” (bibliotecas) e ferramentas de pré e pós

processamento. O solver utilizado foi o `buoyantPimpleFoam`, o qual é adequado para escoamentos compressíveis, transiente e com transferência de calor. O modelo de turbulência adotado foi a de simulação de grandes turbilhões, o qual fez uso de uma equação similar à proposta por Smagorinsky. O domínio computacional utilizado para a simulação apresenta  $2,5m \times 1m \times 1m$  ( $x, y, z$ ). A velocidade adotada na simulação foi de  $0,1 \text{ m s}^{-1}$ . A temperatura da superfície manteve-se constante durante os primeiros  $3600 \text{ s}$ , após foi dado início ao resfriamento da base e continuou-se a simulação por mais  $3600 \text{ s}$ .

### 3) RESULTADOS



**Figura 1: Perfil da velocidade.**



**Figura 2: Perfil da energia cinética turbulenta.**

A figura 1 demonstra que antes do resfriamento da placa o fluido encontra-se turbulento (cor preta). Quando o resfriamento é realizado, a turbulência é praticamente destruída (cor vermelha, verde, azul constante e tracejada). Isso ocorre pois o gradiente de temperatura está muito elevado para a velocidade do fluxo.

Analisando o gráfico dos perfis da energia cinética turbulenta observa-se que conforme o gradiente de temperatura aumenta, menor é energia do fluido, confirmando o que observa-se na literatura de Sun et al. (2012).

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UNIPAMPA, a CAPES e a FAPERGS.

### REFERENCIAS

- Mahrt, L., 1999:** Stratified atmospheric boundary layers. *Boundary-Layer Meteorology*, 90, 375–396.
- Stull, R. B., 1988:** An introduction to boundary layer meteorology (volume 13. Springer.
- Sun, J., Mahrt, L., Banta, R. M., and Pichugina, Y. L., 2012:** Turbulence regimes and turbulence intermittency in the stable boundary layer during cases-99. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 69, 338–351.