

# SIMULAÇÃO NUMÉRICA TURBULENTA EM SUPERFÍCIE RUGOSA

**Aluno: Eduardo Gonçalves Dias de Barros**  
**Orientador: Angela O. Nieckele**

## Introdução

Estruturas turbulentas organizadas sobre superfícies planas possuem um papel importante no transporte turbulento [1]. Redução de arraste por meios passivos tem sido estudada por diversos autores [2-3]. A presença de ranhuras sobre superfícies planas pode alterar o arraste de escoamentos turbulentos [4-5]. Deslocamentos para cima ou para baixo na lei logarítmica dos perfis de velocidade média mostram redução ou aumento o arraste.

## Objetivos

Determinar campo de velocidades e grandezas turbulentas, utilizando Simulação Numérica Direta, visando identificar a influência das ranhuras no arraste, comparando com escoamento sobre superfícies planas lisas.

## Metodologia

A Fig. 1 ilustra a geometria de interesse. A superfície superior é uma placa plana lisa e a inferior possui ranhuras. Pretende-se utilizar exatamente a mesma geometria e parâmetros do escoamento que o trabalho de Choi et al [4]. A distância entre as placas é  $L_{x2} = 2d$ , sendo a largura igual a  $L_{x3} = 0,289pd$  e o comprimento das placas é  $L_{x1} = pd$ . Dois ângulos das serão considerados:  $\alpha = 45^\circ$  e  $\alpha = 60^\circ$ . A largura das ranhuras é  $s/d = 0,2270$ .

A simulação será realizada para um número de Reynolds baseado na velocidade da linha de centro  $U_{lc}$  e a meia distância entre as placas  $d$  de 4200

$$\text{Re} = \frac{U_{lc} d}{\nu} = 4200 \quad (1)$$

A Figura 2a ilustra a seção transversal do domínio computacional gerado com o pacote Gambit e a Fig. 2b ilustra um detalhe da malha na região das ranhuras. Baseado no trabalho de Choi et al [4], definiu-se uma malha de 16 x 129 x 128 pontos nas direções  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_3$ .

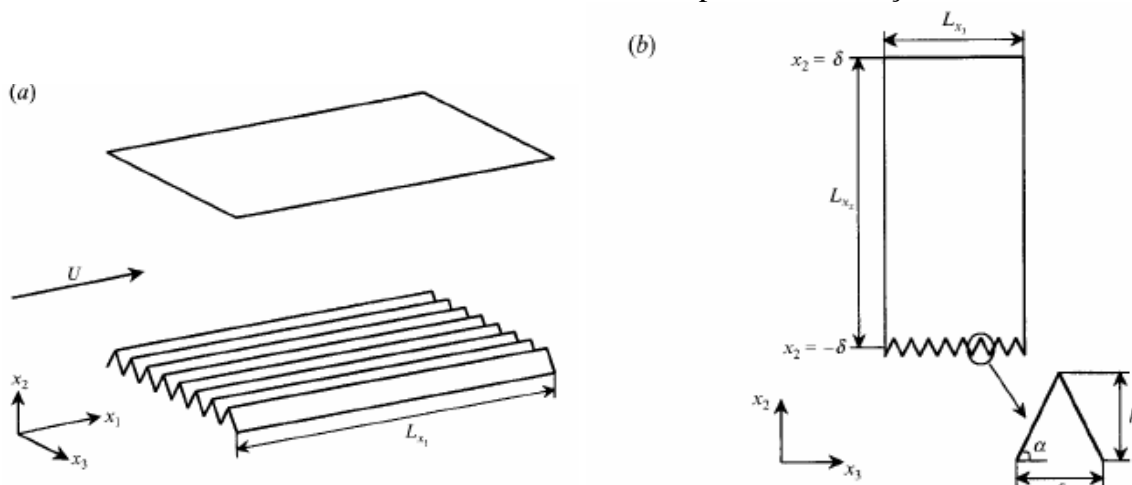


Figura 1: (a) Geometria da Placas (b) Vista da seção transversal da ranhura

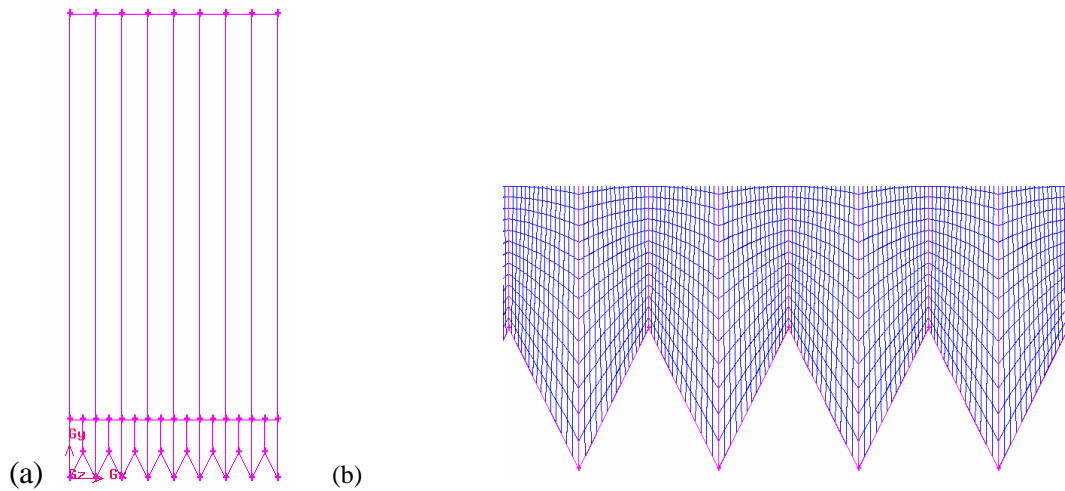


Figura 2: (a) Domínio Computacional (b) Detalhe da seção transversal da ranhura

O escoamento será determinado utilizando o pacote OpenFoam, onde as fronteiras axiais (direção  $x_1$ ) e laterais (direção  $x_3$ ) serão consideradas como periódicas.

A Figura 3 ilustra o mecanismo de aumento ou redução do arraste nas ranhuras. O aumento ocorre quando existe uma grande área afetada pelo movimento para baixo “lavando” a superfície (Fig. 3a), enquanto que para haver redução, o vórtice não penetra na ranhura, minimizando a área de “lavagem” (Fig. 3b).

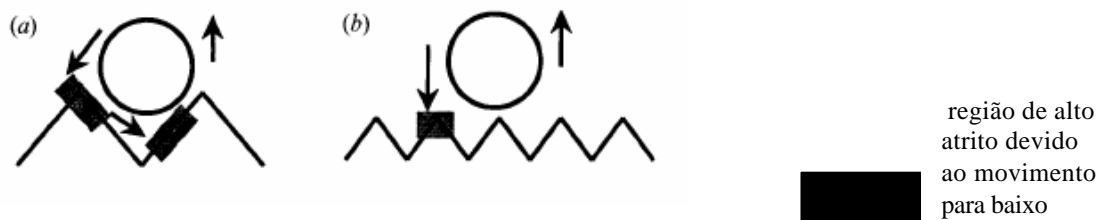


Figura 3: Diagrama esquemáticos dos mecanismos de aumento e redução do arraste. (a) aumento de arraste (b) redução de arraste. Choi et al [4]

## Conclusões

O campo de velocidade média, juntamente com as distribuições das tensões de Reynolds, serão comparados com dados de simulação numérica direta disponíveis na literatura [4]. Comparação com dados experimentais obtidos no Departamento de Engenharia Mecânica da PUC também serão realizadas, visando auxiliar complementar as informações, assim como explicar quando e porque as ranhuras podem reduzir o arraste.

## Referências

- 1 –ROBINSON, S. K., 1991, Coherent motions in the turbulent boundary layer, **Ann. Rev. Fluid Mech.**, vol. 16, pp. 99.
- 2- COUSTOLS, E. SAVILL, A.M. 1992, Turbulent Skin-Friction Drag Reduction by Active and Passive Means. In **Special Course on Skin Friction Drag Reduction**. AGRAD Rep 786.
- 4 – BUSHNELL, D.M. e MCGINLEY, C.B, 1989, Turbulence Control in Wall Flows. **Ann. Rev. Fluid Mech.**, vol. 21, pp. 1.
- 4 – CHOI, H, MOIN, P. KIM, J., 1993, Direct Numerical Simulations of Turbulent Flow Over Riblets, **Journal of Fluid Mechanic**, vol. 225, pp. 503-539.
- 5 –WALSH, M. J., 1983, Riblets as a Viscous Drag Reduction Technique, **AIAA**, paper 78-1161.