



XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica -13 a 17/08/2012–São Carlos-SP
Artigo CREEM2012

ESTUDO DE REDUÇÃO DE ARRASTE NO ESCOAMENTO TURBULENTO DE ÁGUA EM DUTO QUADRADO RANHURADO

Eric Willemsens, Fábio J. W. A. Martins e Luis Fernando A. Azevedo

PUC-Rio, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Curso de Engenharia Mecânica
Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea - Rio de Janeiro, RJ - Brasil - 22451-900

E-mail para correspondência: Lfaa@puc-rio.br

Introdução

O estudo sobre redução de arraste é importante para diversos setores da engenharia, dentre os quais o de petróleo e de aeronáutica se destacam pela relevância para a indústria nacional. Isso porque os custos associados às perdas por atrito entre fluido e superfície representam cerca de 50% do custo relativo no transporte aéreo e marítimo convencionais, 70% nos submarinos e pode chegar a 100% no transporte em dutos de longa distância.

Estudos de redução de arraste iniciaram-se em 1930, porém, até a década de 60, as ideias consistiam apenas na otimização da geometria aero e hidrodinâmica e na redução da rugosidade superficial, fabricando superfícies cada vez mais lisas. A partir dos anos 70, a crise do petróleo elevou consideravelmente o preço do óleo, impulsionando os estudos em redução de arraste em escoamento turbulento.

As possibilidades de controle para redução de arraste podem ser divididas em duas classes: controle ativo e passivo. No controle ativo, as estruturas do escoamento turbulento são manipuladas através de mecanismos externos (sensores e atuadores). No controle passivo, pode-se modificar a superfície com a colocação de ranhuras na parede, nanopostes e/ou superfícies repelentes, ou alterar a reologia do fluido, através da adição de pequenas quantidades de polímeros, surfactantes ou fibras. As formas de controle passivo são geralmente mais atrativas e possuem uma maior faixa de utilização. Dentre os métodos passivos incluem-se os *riblets*, que consistem de rugosidades superficiais de pequenas dimensões e regularmente espaçadas.

Superfícies com ranhuras semelhantes às ilustradas na Figura 1 têm sido bastante estudadas ao longo das últimas décadas. Esse tipo de superfície é especialmente interessante do ponto de vista prático pelo fato de que não consome energia externa e não requerem gastos com a adição de nenhum tipo de substância ao fluido de trabalho. Apesar de não acarretar em reduções de arrasto tão significativas quanto as de outros métodos (adição de polímeros, por exemplo, cujo efeito redutor de arraste pode chegar a patamares próximos de 80%, segundo Kawaguchi et al., 2002), o uso de *riblets* bem projetados em geral garante o efeito de redução, que pode chegar a algo em torno de 10% (Walsh, 1982 e Bechert et al., 1997).

Objetivos

Estudar experimentalmente a influência de rugosidades superficiais, alinhadas longitudinalmente com o escoamento, sobre o coeficiente de arrasto do escoamento turbulento em um canal. Apesar do efeito de redução de arraste com a utilização de *riblets* ser estudado na literatura há algum tempo, os mecanismos hidrodinâmicos responsáveis por sua ação ainda não são completamente conhecidos. O estudo propõe realização de medições de queda de pressão em canais de seção quadrada fabricados com superfície lisa e com *riblets* para que sejam obtidos valores de redução de arrasto. O estudo deve cobrir diferentes faixas de vazão para a determinação da eficiência dos *riblets* sob diferentes regimes.

Metodologia dos Experimentos

A medição da perda de carga é feita utilizando-se um escoamento de água com vazão conhecida e controlada através do número de Reynolds que varia em torno de 10000. Nas seções de medição o escoamento é completamente desenvolvido e sendo o diâmetro hidráulico constante, então toda a queda de pressão é consequência apenas do atrito superficial. Essa queda pode ser medida através de tomadas de pressão distribuídas ao longo do comprimento da seção de medição. Foi construída para este trabalho uma bancada experimental, cujo desenho esquemático é mostrado na Figura 2. A bancada é composta por um

duto de seção transversal quadrada de 20x20mm. Esse duto é formado por 5 módulos de 500 ± 1 mm, cada um construído com de 4 placas de acrílico coladas. Tomadas de pressão estática foram distribuídas com espaçamento de (50)mm para a medição da perda de carga. Um módulo com superfície lisa e outro com *riblets* foram posicionados, nessa seqüência, a 1500mm da entrada do duto para garantir a condição de escoamento plenamente desenvolvido na região de medição.

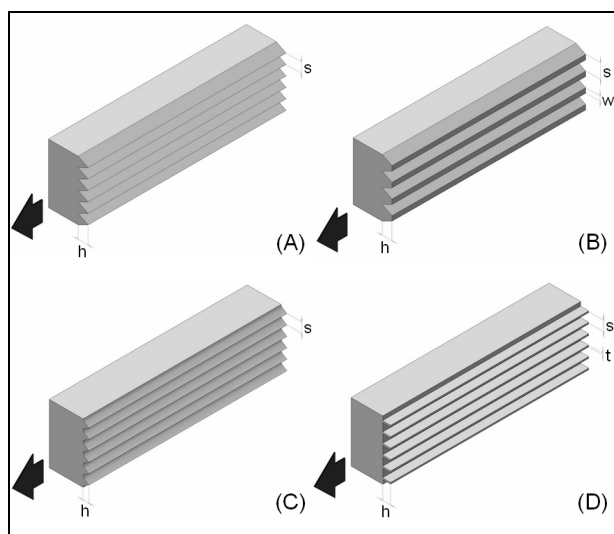


Figura 1 - Alguns dos diversos tipos de *riblets*: de formato triangular com altura h e base s (A), trapezoidal (B), em “U” (C) e em formato de lâmina com espessura t (D).



Figura 2 - Bancada experimental.

O módulo com *riblets* foi composto por 4 placas coladas contendo *riblets* triangulares cuidadosamente usinados em sua superfície interna. Este padrão de ranhuras em “V” com altura $0,50\pm 0,01$ mm e largura $0,50\pm 0,01$ mm foi verificado com o auxílio de um microscópio. A geometria dos *riblets* foi cuidadosamente calculada com base no trabalho de Walsh, pois dependendo dos parâmetros é possível que ao invés de ocorrer redução, ocorra aumento na perda de carga.

O experimento para a medição do atrito superficial consiste na medição da perda de carga do escoamento turbulento ao longo do duto para diferentes vazões. A redução de arraste é dada pela diferença entre o coeficiente de atrito superficial do módulo liso em relação ao módulo com *riblets* para o mesmo escoamento. O coeficiente de atrito é obtido através das propriedades da água nas condições do experimento (temperatura aferida com o termômetro), da vazão (lida com o rotâmetro) e da queda de pressão ao longo do escoamento na seção de interesse (medida através de um micromanômetro de óleo em “U” especialmente construído para tal fim).

Resultados Esperados

No canal com *riblets*, pretende-se obter uma perda de carga em torno de 8% menor em relação ao canal liso, para o melhor caso. A redução de arraste depende fortemente do escoamento, portanto deseja-se verificar esta dependência com o número de Reynolds.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio recebido pela PETROBRAS e CNPq.

Referências Bibliográficas

- Bechert, D.W. et al. – “Experiments on drag-reducing surfaces and their optimization with an adjustable geometry”. J. Fluid Mech., vol. 338, pp. 59-87, Cambridge University Press, 1997.
- Kawaguchi, Y. et al. – “Experimental study on drag-reducing channel flow with surfactant additives–spatial structure of turbulence investigated by PIV system”. International Journal of Heat and Fluid Flow 23, 2002.
- Walsh, M. J. – “Turbulent boundary layer drag reduction using riblets”. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Aerospace Sciences Meeting, 20th, Orlando, FL, Jan. 11-14, pp.9, 1982.