

Impacto da altura das falésias na geração de turbulência

Luciana Pires, Leandro Souza, Gilberto Fisch, Ralf Gielow

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
e-mail: lubassi@cptec.inpe.br

1. Introdução

Existem muitas falésias espalhadas pelo mundo com as mais diversas formas e tamanhos. A existência dessas falésias causa a alteração das correntes de ar que passam sobre elas, gerando uma zona de recirculação turbulenta, caracterizada como camada limite interna (CLI), conforme Fig. 1. É importante saber qual a dimensão dessa camada para entender as influências que ela pode ocasionar quando há, a jusante dessas falésias, cidades, balneários, fábricas, aeroportos e outros. Esse trabalho mostra o comportamento do escoamento para o caso de falésias simples (ângulo de 90°) de até 30 m de altura, com variações de velocidade do vento de 5 a 10 m s^{-1} a sua jusante (Figura 1).

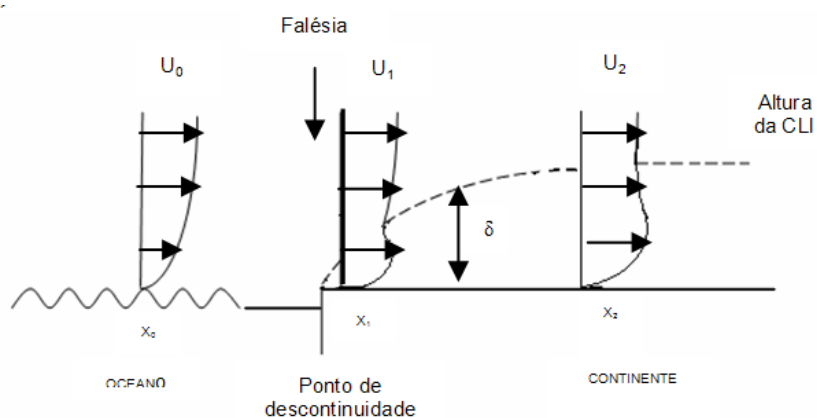


Figura 1. CLI formada por falésias

2. Metodologia

Modelaram-se falésias de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 m de desnível h . Utilizou-se um programa de simulação de escoamentos bi-dimensionais, com formulação vorticidade-velocidade. Usaram-se esquemas compactos de diferenças finitas de alta ordem para a discretização espacial, e a integração temporal foi realizada com um método Runge-Kutta de 4ª ordem; a falésia foi especificada através do método de fronteiras imersas.

O método das fronteiras imersas foi introduzido por Peskin (1972), sendo sua principal vantagem a resolução das equações de Navier Stokes num domínio retangular, modelando-se os efeitos de interface fluido-sólido por uma forçante adicional determinada pela configuração do sólido limitante do escoamento, mas mantendo precisão e eficiência numéricas (Souza, 2005). Os detalhes da metodologia encontram-se em Pires *et al.* (2007).

3. Resultados

As Figs. de 2 a 7 mostram a incidência do vento, a uma mesma velocidade (5 m/s na altura de 10 m), em falésias de diversas alturas, respectivamente, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 m. Nota-se que, quanto mais alta é a falésia, maior é a vorticidade (adimensional, igual à dimensional vezes a altura da falésia dividida pela velocidade de referência) causada pelo vento, variando de 1000 a 7000, mesmo que ele incida com a mesma velocidade. A altura da CLI, não obedece à mesma regra, permanecendo em torno de 20 a 25 m a 200 m da falésia.

As Figs. 8 e 9, mostram o vento atingindo falésias com alturas de 20 e 30 m, respectivamente, a uma velocidade de 10 m/s, notando-se que a vorticidade continua aumentando com o aumento tanto da altura da falésia, quanto da velocidade do vento.

A altura da CLI permaneceu em torno de 15 a 20 m à distância de 200 m da falésia, evidenciando, nestes casos, uma diminuição da altura com o aumento de velocidade.

Analisando as Figs. 5, 7, 8 e 9, correspondentes às alturas de 20 e 30 m da falésia e velocidade do vento de 5 e 10 m/s, observam-se vorticidades de respectivamente 4000 e 8000 para a altura de 20 m, e 7000 e 12000 para a altura de 30 m.

4. Conclusão

A altura da falésia causa aumento da vorticidade, pois esta gera um grau maior de turbulência. Entretanto, ela não influencia a altura da CLI, que permanece a mesma para diferentes desníveis. Nota-se que a altu-

ra da CLI é influenciada apenas pela velocidade do vento, diminuindo com o aumento desta. A velocidade do vento é também um fator para o aumento da vorticidade (turbulência) próximo à superfície.

5. Referências

Peskin, C. S., Flow Patterns Around Heart Valves: A Numerical Method, *J. Computational Physics*, v.10, p. 252–271, 1972.

Pires, L.B.M, Souza, L.F., Fisch, G. e Gielow, R., Numerical Simulation of the Internal Boundary Layer at the Launching Center of Alcantara - CLA, Proceedings of COBEM, *19th International Congress of Mechanical Engineering*, ABCM, Brasília, 2007.

Souza, L. F., Numerical Simulation of a Flow over a Circular Cylinder using Immersed Boundary Method in Vorticity-Velocity Formulation, Proceedings of COBEM, *18th International Congress of Mechanical Engineering*, ABCM, Nov 6-11, Ouro Preto, MG, Brazil, 2005.

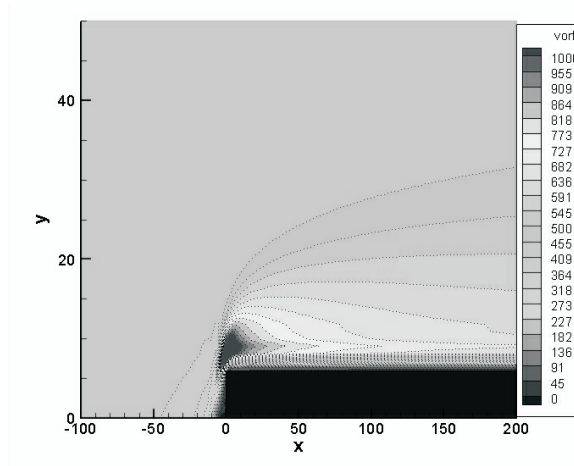


Figura 2. Altura de 5 m e velocidade de $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

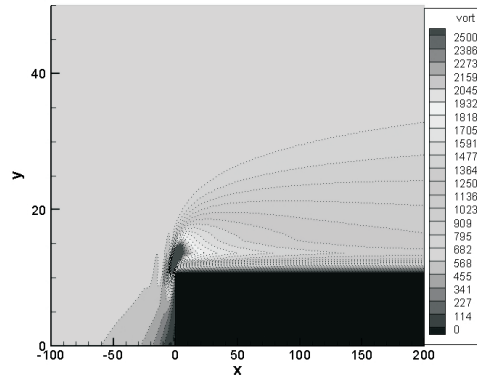


Figura 3. Altura de 10 m e velocidade de 5 m.s^{-1}

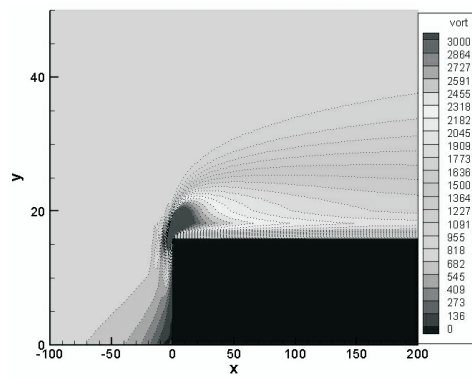


Figura 4. Altura de 15 m e velocidade de 5 m.s^{-1}

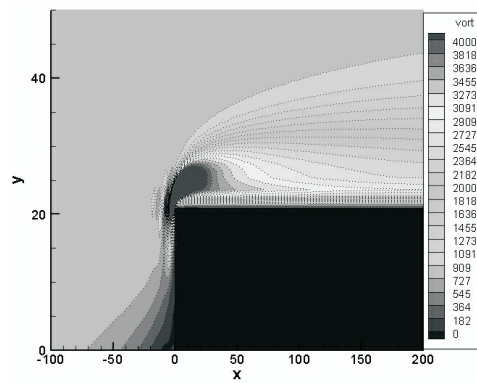


Figura 5. Altura de 20 m e velocidade de 5 m.s^{-1}

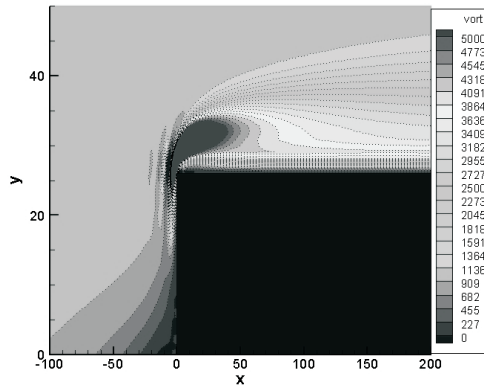


Figura 6. Altura de 25 m e velocidade de 5 m.s^{-1}

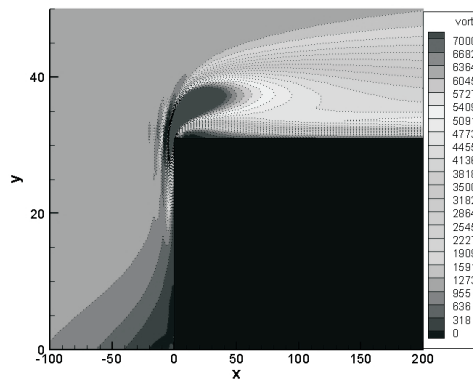


Figura 7. Altura de 30 m e velocidade de 5 m.s^{-1}

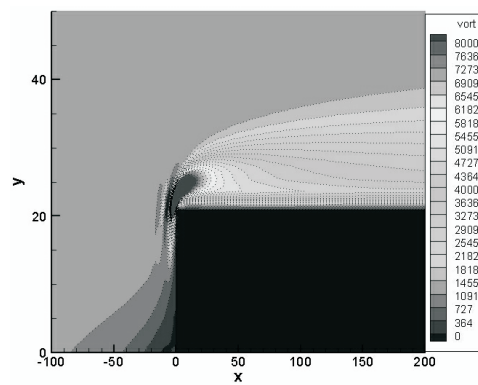


Figura 8. Altura 20 m e velocidade de 10 m.s^{-1}

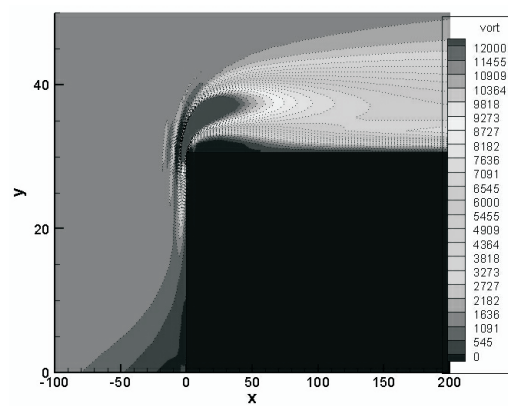


Figura 9. Altura 30 m e velocidade de 10 m.s⁻¹