

## Análise do escoamento sobre falésias realizado com Velocimetria por Imagem de Partículas

Luciana Pires, Gilberto Fisch, Ana Cristina Avelar,  
Ralf Gielow, Roberto Girardi

*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)  
e-mail: luciana.bassi@cpfec.inpe.br*

### 1. Introdução

As falésias, que são uma forma geográfica existente no litoral, caracterizada por um desnível abrupto da terra com o mar, ainda são pouco estudadas sob o ponto de vista micrometeorológico. Elas se encontram espalhadas pelos litorais do mundo com as mais diversas formas e tamanhos. No Brasil elas ocorrem desde o Rio Grande do Sul até o Maranhão. A existência dessas falésias causa a alteração dos campos de vento sobre elas, gerando uma Camada Limite Interna (CLI), situada na parte junto à superfície da Camada Limite Atmosférica (CLA) local, quando o vento sopra do oceano. É importante conhecer características da CLI, para entender as influências que ela pode ocasionar quando há, a jusante das falésias: cidades, balneários, fábricas, usinas eólicas, aeroportos e outros.

O objetivo desse trabalho é estudar através de experimentos em túnel de vento, utilizando Velocimetria por Imagem de Partículas (VIP), o escoamento atmosférico modificado pelo surgimento de uma falésia. Foram analisados os campos de vento e de vorticidade a jusante de falésias litorâneas de diversas alturas.

### 2. Material e método

Os experimentos foram realizados em um dos túneis de vento aeronáuticos instalado no Laboratório Prof. Kwein Lien Feng no Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA, construído pela *Plint & Partners LDD Whokingham Bershire England* (Serial nº TE 44/5065), que é um modelo convencional de circuito aberto, subsônico (LOREDO-SOUZA et al. 2004). A seção de testes desse túnel é quadrada (465 mm x 465 mm) com comprimento de 1200 mm. Para esse experimento foi utilizado um canal para prolongar a seção de testes para a formação da CLA. O

escoamento atmosférico é simulado por ventiladores elétricos com a potência de 30 hp (22 kW). A velocidade máxima atingida pelo vento gerado no túnel é de até  $33 \text{ m s}^{-1}$ , equivalente a aproximadamente  $120 \text{ km h}^{-1}$ .

### 3. Velocimetria por Imagem de Partículas (VIP)

Os campos de velocidade média local e da vorticidade do escoamento foram obtidos utilizando-se um sistema VIP (AZEVEDO e ALMEIDA, 2002) bidimensional, o qual consiste de subsistemas de iluminação e de aquisição de imagens, este último muito rápido, permitindo a análise da turbulência. O sistema de iluminação é composto por um laser pulsado New Wave Nd-YAG 200 mJ com duas cavidades e frequência de emissão de 15 Hz cada, e um sistema óptico. Pequenas partículas de fumaça de aproximadamente  $5 \text{ m}$  de diâmetro foram espalhadas na seção de testes, usando o gerador de fumaça Rosco. Um laser Nd-YAG, 200 mJ/pulso de comprimento de onda de  $532 \text{ nm}$  foi usado para iluminar o campo do escoamento. Um plano laser vertical foi criado utilizando-se um braço articulado e um conjunto de lentes com ajuste de espessura do plano laser. As imagens foram obtidas com uma câmera digital HiSense 4M (fabricada por Hamamatsu Photonics, Inc) com lentes Nikkor  $f\# 2.8$  e distância focal de  $60 \text{ mm}$  com  $2048 \text{ pixels} \times 2048 \text{ pixels}$  e  $7,4 \text{ } \mu\text{m}$  pixel para a imagem do campo do escoamento. A parede do TV, na seção de teste próxima à câmera é de plexiglas incolor com a espessura de  $4 \text{ mm}$ . As imagens instantâneas, obtidas em intervalos de 4 fotos por segundo, foram processadas usando a opção “adaptive-correlation” do software comercial desenvolvido pela Dantec Dynamics (Flow Manager 4.50.17).

### 4. Resultados e discussão

A Figura 1 mostra os campos de vento e de vorticidade para falésias de 10, 30 e 50 m de altura e com a incidência de vento com a maior velocidade gerada no TV, que é de  $28 \text{ m s}^{-1}$ . A vorticidade máxima horária, registrada como negativa pelo sistema PIV, ocorre na bolha de recirculação e varia de  $1600 \text{ s}^{-1}$  para a falésia de 10 m a  $2000 \text{ s}^{-1}$  para a falésia de 50 m, com comportamento espacial similar a resultados simulados numericamente (PIRES, 2009).

### 5. Conclusões

O aumento da altura da falésia causa o aumento: da vorticidade,

da altura da CLI e da bolha de recirculação, constituindo assim um fator importante na geração de turbulência a jusante das mesmas.

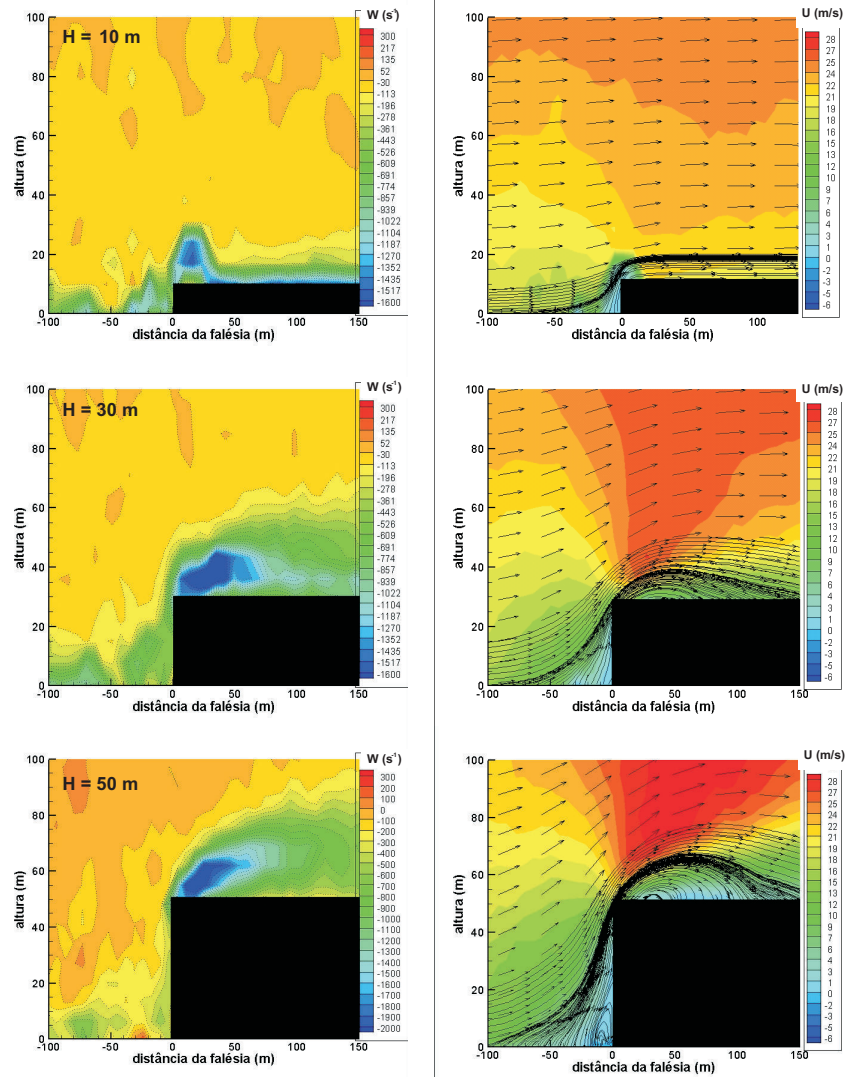


Figura 1. Campos de vento e de vorticidade para falésias de 10, 30 e 50 m de altura.

## 6. Bibliografia

AZEVEDO, L F A, ALMEIDA, J A. Velocimetria por Imagem de Partículas In: III Escola de Primavera em Transição & Turbulência, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, pag. 191-214, 2002.

LOREDO-SOUZA, A M, SCHETTINI, E B C, PALUCH, M J. Simulação da camada limite atmosférica em túnel de vento In: Möler, S.M, Silvestrini, J., IV Turbulência, v. 4, p.137-163. Porto Alegre, Brasil, 2004.

PIRES, L. B. M. Estudo da Camada Limite Interna desenvolvida em falésias com aplicação para o Centro de Lançamento de Alcântara. 2009 150f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, Brasil, 2009.