

Análise espectral em turbulência: amostragem, resolução e parâmetros de adimensionalização

Adrián R. Wittwer¹, Guilherme S. Welter², Acir M. Loredo-Souza³,
Oswaldo L. L. de Moraes⁴

¹*Universidad Nacional del Nordeste*

²*Laboratório Nacional de Computação Científica*

³*Universidade Federal de Rio Grande do Sul*

⁴*Universidade Federal de Santa Maria.*

e-mail: a_wittwer@yahoo.es

1. Introdução

Nos estudos de laboratório com modelos em escala reduzida é necessário reproduzir o mais fielmente possível os fenômenos reais. Na avaliação e comparação espectral da turbulência deve-se considerar a amostragem, os parâmetros de adimensionalização, as escalas e o regime do escoamento. Neste trabalho são analisados espectros obtidos em diferentes escoamentos com distintas escalas e velocidades que permitem considerar uma grande variação do número de Reynolds Re .

2. Descrição dos experimentos

Foram selecionadas duas medições da componente longitudinal de velocidade u realizadas no túnel “*J. Gorecki*”, UNNE, Argentina (Wittwer & Möller, 2000), duas obtidas no “*TV2*”, UNNE, e uma realizada no túnel “*J. Blessmann*” da UFRGS, Brasil, que correspondem a ventos de camada limite neutra. A análise foi completada com uma medição realizada em um tubo de 60 mm de diâmetro e um registro atmosférico. As medições nos túneis de vento e no tubo foram realizadas com um anemômetro de fio quente. Os dados atmosféricos foram obtidos em Paraíso do Sul, RS, com um anemômetro sônico. Na Tabela 1 caracterizam-se as series, sendo z a posição, U a velocidade, u_{rms}^2 a variância de u , f_{aq} a frequência de aquisição, L_u a macro-escala e Re_L o número de Reynolds.

3. Resultados e discussão

Os espectros da Figura, obtidos a partir de amostragens diferentes com as frequências de aquisição f_{aq} , de filtragem f_p e o tempo de

registro t_r , indicadas na Tabela 2, correspondem ao ponto $z = 0,21$ m (TV-UNNE-AV). A técnica de superposição empregada permite estender o intervalo de freqüências e definir com maior precisão a região inercial (-5/3) usando series mais curtas. Além disso, é possível otimizar o tempo de medição definindo adequadamente as características das amostras.

Na Figura 2, são apresentados os espectros S_u para as séries indicadas na Tabela 1. Os mesmos espectros são apresentados em forma adimensional fS_u/u_{rms}^2 na Figura 3, com freqüências adimensionais fL_u/U e fz/U , respectivamente, acorde com os parâmetros usados em engenharia do vento.

Os resultados permitem verificar o bom comportamento geral dos espectros obtidos nos túneis de vento e a boa definição da região inercial (declividade -5/3), ainda maior nas séries de alta velocidade (AV). O afastamento que acontece nos casos do tubo e do vento atmosférico manifesta-se também na menor concordância na comparação adimensional. No caso do tubo, é produto do escoamento uniforme, e no caso do vento atmosférico possivelmente existe uma componente de turbulência convectiva nas baixas freqüências. No espectro atmosférico, obtido sem filtragem, percebe-se também o efeito de “aliasing” nas altas freqüências. Em geral, a comparação dos espectros a partir de fL_u/U mostra mais coincidência (Wittwer et al., 2008). Não obstante a análise realizada é preliminar e a seguir se aprofundará na avaliação do parâmetro L_u , na aplicação de outros parâmetros de adimensionalização para as escalas menores e medições em outros escoamentos, visando sempre o objetivo geral de melhorar a reprodução dos fenômenos de estudo a partir de modelos a escala reduzida.

Referências

- Wittwer, A. R., Möller, S. V. (2000), “Characteristics of the low speed wind tunnel of the UNNE”, *J. of Wind Eng. & Ind. Aerodyn.*, 84, pp. 307-320.
- Wittwer, A. R., Welter, G. S., Degrazia, G. A. (2008), “Características espectrales de la turbulencia en vientos de capa superficial”, 1o. Congreso Latinoamericano de Ingeniería del Viento, Montevideo, Uruguay, noviembre de 2008.

Tabela 1. Características das medições para a análise espectral.

Séries	z [m]	U [m/s]	umms ² [m ² /s ²]	f _{aq} [Hz]	Lu [m]	ReL
Tubo	0,03	38,89	1,63	16	0,034	8,83 x 10 ⁴
Atmosfera	10,00	4,51	3,32	16	36,30	1,09 x 10 ⁷
TV-UFRGS-BV	0,15	3,18	0,19	1024	0,51	1,08 x 10 ⁵
TV-UNNE-BV	0,21	2,97	0,26	1024	0,26	5,16 x 10 ⁴
TV-UNNE-AV	0,21	16,77	7,55	2048	0,51	5,71 x 10 ⁵
TV2-UNNE-BV	0,04	0,68	0,03	900	0,07	3,18 x 10 ⁵
TV2-UNNE-AV	0,04	11,69	4,92	3000	0,11	8,59 x 10 ⁴

Tabela 2. Características das diferentes amostragens.

Séries	Esp11c	Esp12c	Esp13c	Esp14c	Esp15c
f _{aq} [Hz]	4096	2048	1024	8192	16348
f _{lp} [Hz]	3000	1000	300	3000	10000
tr[s]	30	60	120	15	7,5

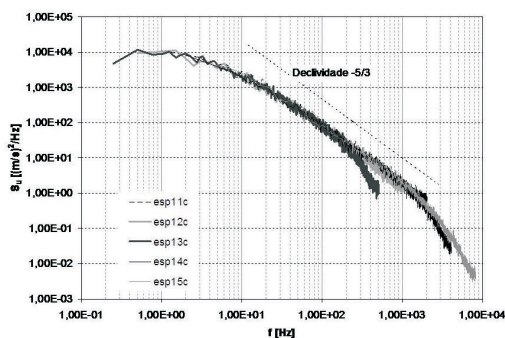


Figura 1. Superposição dos espectros com diferente amostragem.

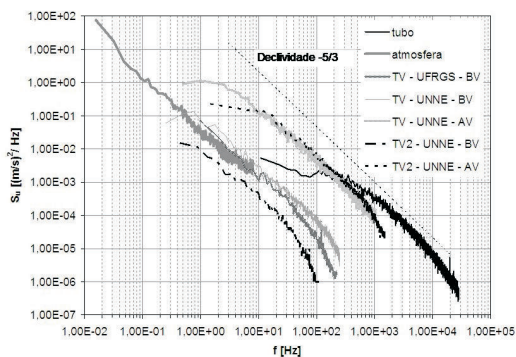


Figura 2. Espectros das séries em forma adimensional.

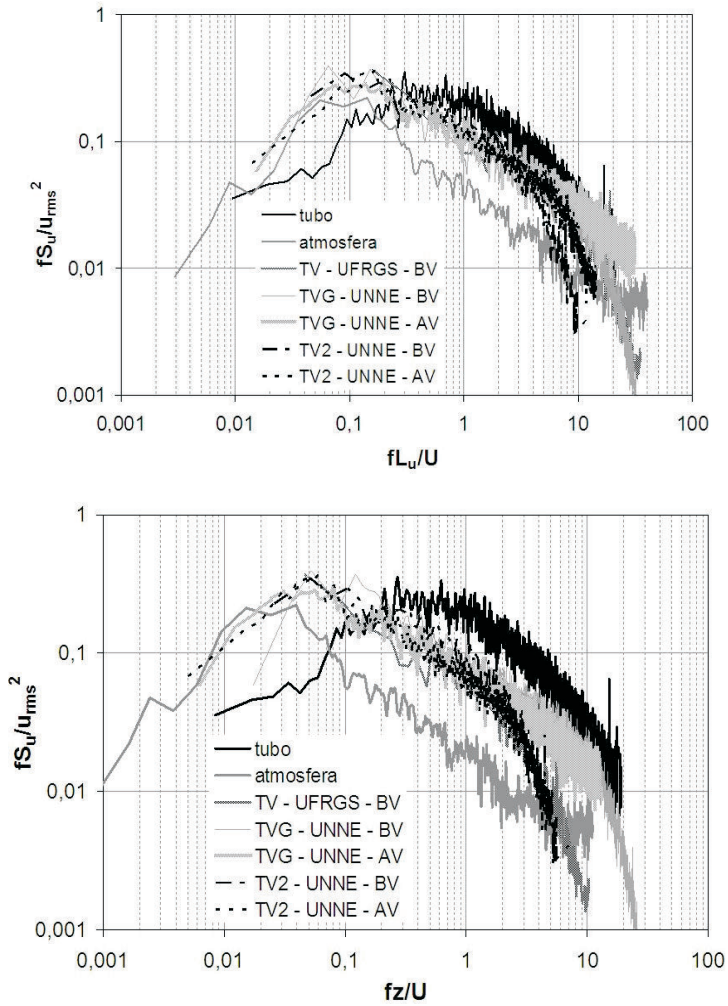


Figura 3. Espectros das séries em forma adimensional.