

AVALIAÇÃO DA ESCALA DE TEMPO EM TÚNEIS DE VENTO COM BASE NA ANÁLISE ESPECTRAL E OS CRITÉRIOS DE SEMELHANÇA

Adrián R. Wittwer¹, Guilherme S. Welter², Acir M. Loredou-Souza³.

¹Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.

²Laboratório Nacional de Computação Científica, Petrópolis, Brasil.

³Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Brasil.

e-mail: a_wittwer@yahoo.es

RESUMO

Com base em comparações espectrais, uma metodologia que permite avaliar a escala de tempo em estudos experimentais de túneis de vento é proposta. Os resultados obtidos indicam uma dependência significativa dos parâmetros em função do tempo de duração da rajada considerado. Este comportamento deve ser levado em conta quando a aproximação quase-estática, a partir dos coeficientes de pico, seja utilizada na avaliação das cargas de vento.

ABSTRACT

A methodology based on spectral comparisons to evaluate the time scale factor in wind tunnel tests is proposed. Obtained results shown a significant dependency of these parameters with the gust duration time. This behavior must be considered when the quasi-static approach is used to evaluate wind loads by means of peak coefficients.

INTRODUÇÃO

Nos estudos de laboratório com modelos em escala reduzida, é necessário reproduzir o mais fielmente possível os fenômenos reais. No caso de avaliação das cargas de vento sobre estruturas ou edifícios, existe uma nova metodologia denominada aproximação quase estática, que considera efeitos de rajada de diferente duração. Neste trabalho, é analisado um fator muito importante, em geral para qualquer estudo em túnel de vento, mas em particular

no caso de estudos que requeiram a utilização de parâmetros obtidos a partir de valores flutuantes, o que acontece nos estudos que levam em conta efeitos de rajada.

A ESCALA DE TEMPO

Nos estudos baseados em modelos de escala que se desenvolvem com o fim de obter resultados em escala real, é fundamental a definição precisa das escalas modelo/protótipo de forma que a translação dos resultados de modelo para a situação real seja adequada. No caso de modelos associados a fenômenos turbulentos, como o vento atmosférico, a dinâmica multiescala dificulta a determinação dos fatores de escala. Tradicionalmente, a escala de tempo é obtida pela relação entre a escala geométrica λ_L e a escala de velocidades λ_U , isto é, $\lambda_t = \lambda_L/\lambda_U$, considerando os parâmetros de referência de ensaio e protótipo. Não obstante, este método não é satisfatório quando se consideram nas aproximações quase estáticas que requerem levar em conta a dinâmica das escalas no modelo e protótipo. Aqui é proposta uma avaliação da escala de tempo a partir da comparação espectral. Se utiliza o espectro de Davenport definido em função do número de onda f/U , onde f é a frequência e U a velocidade média. Assim, é possível obter a escala do número de onda conhecendo a duração da rajada e a velocidade na escala real, e depois, a escala de frequências e a escala de tempo.

AValiação Experimental

Os espectros de turbulência analisados correspondem principalmente a medições da componente longitudinal de velocidade u realizadas no túnel “*J. Gorecki*” da UNNE, Argentina, que tem uma câmara de testes de $1.8 \times 2.4 \times 22.8$ m (L). De forma complementar, um registro obtido no túnel de vento “*TV2*”, também da UNNE e cuja câmara de testes têm $0.48 \times 0.48 \times 4.45$ m (L), foi utilizado com fins comparativos. As medições de u correspondem a simulações de camada limite neutra, obtidas pelos métodos de Standen e Counihan, utilizando rugosidade superficial e dispositivos de mistura (Wittwer & Möller, 2000). Para a medição da velocidade de vento, foi utilizado um anemômetro de

fio quente. A frequência de aquisição e a duração das amostras são adequadas para a análise realizada (Wittwer et al., 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, são indicadas algumas características das séries a partir das quais foi realizada a análise espectral, onde a velocidade média U , a variância das flutuações σ_u^2 , e o número de Reynolds Re_L é baseado na escala integral L_u . *TVG* indica que a medição foi obtida no túnel “*J. Gorecki*” e *TV2* indica o registro obtido no túnel menor. Nas três últimas colunas à direita, são indicados os valores das escalas de tempo correspondentes a rajadas de 1, 4 e 16 s, obtidas a partir da comparação dos espectros adimensionais. Na avaliação realizada, a velocidade do vento médio em escala real corresponde a um valor típico de tormenta (20 m/s).

Na Figura 1, está indicado a relação de frequências, ou número de onda, entre os três espectros adimensionais *TVG-STANDEN-1, 2 e 3* e o espectro de Davenport. Pela conformação do espectro, percebe-se um afastamento na definição da região inercial ($-5/3$) no caso da medição a baixa velocidade. Isto é refletido nos valores de λ_t ; nas medições, a alta velocidade se mantém uma relação 1/2 entre os valores de λ_t para rajadas de 16 s e para 1-4 s, mas o mesmo não acontece para baixa velocidade.

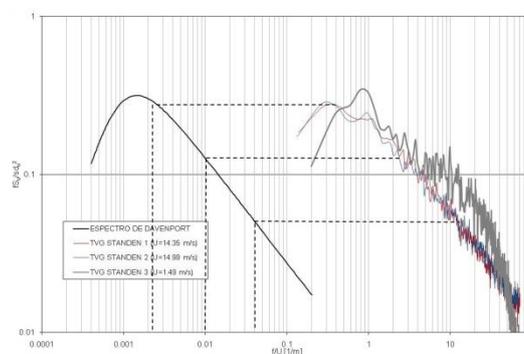


Figura 1. Comparação dos espectros de Standen e Davenport.

Tabela 1. Parâmetros característicos dos espectros analisados e escalas de tempo obtidas.

Registro	U [m/s]	σu^2 [(m/ s) ²]	Re_L	λ_t (1s)	λ_t (4s)	λ_t (16s)
TVG-	14,		$4,28 \times$	1:1	1:2	1:10
STANDEN-1	35	3,055	10^5	93	01	3
TVG-	14,		$4,47 \times$	1:2	1:1	
STANDEN-2	99	3,614	10^5	10	95	1: 96
TVG-	1,4		$1,92 \times$	1:	1:	
STANDEN-3	9	0,046	10^4	43	23	1: 27
TVG-	9,3		$2,30 \times$	1:	1:	
COUNIHAN-1	1	3,036	10^5	91	97	1: 52
TVG-	14,		$4,26 \times$	1:1	1:1	
COUNIHAN-2	90	8,108	10^5	45	49	1: 67
TV2-	13,		$1,27 \times$	1:4	1:4	1:42
STANDEN-1	82	3,498	10^5	21	15	0

Na Figura 2, os espectros *TVG-COUNIHAN-1* e *2* mostram um comportamento semelhante aos anteriores de alta velocidade, mantendo-se a relação 1/2 entre os valores de λ_t (rajadas de 16 e 1-4 s). Finalmente, na Figura 3 se compara o espectro *TVG-STANDEN-1* (mostrado antes) com *TV2-STANDEN-1* obtido no túnel menor. Neste último caso, além dos valores menores de λ_t ($\approx 1:400$), percebe-se que λ_t se mantém quase constante.

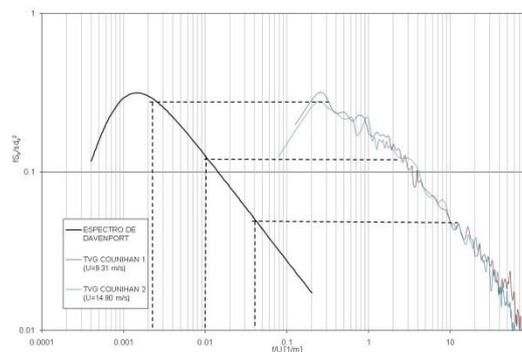


Figura 2. Comparação dos espectros de Coughlin e Davenport.

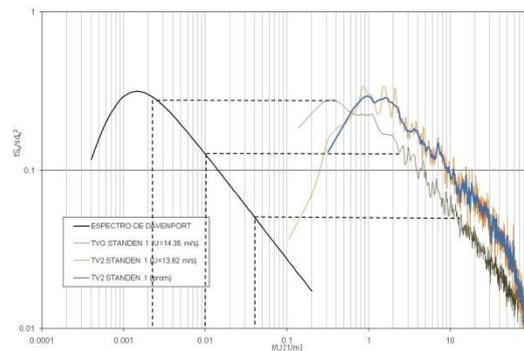


Figura 3. Comparação dos espectros de Standen (túneis TG e TV2) e Davenport.

A análise destes resultados preliminares permite determinar um padrão de comportamento nas simulações a alta velocidade com uma relação quase constante (1/2) entre os valores de λ_t para rajadas de 16 e 1 (ou 4) s. Os valores para rajadas de 16 s. são semelhantes aos obtidos a partir da relação λ_L/λ_U onde λ_L é obtido a partir da altura da camada limite ou da escala integral L_u . Futuramente será realizada uma análise, considerando casos de baixa velocidade onde não foi observado o padrão de comportamento mencionado, assim como na situação particular que acontece no túnel menor.

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.