

J. Blessmann

**Intervalo de Tempo
para Cálculo da
Velocidade Básica do Vento**

SÉRIE ENGENHARIA ESTRUTURAL/3



edições urgs



edições urgs

Série Engenharia Estrutural

EE-1 — *Efeitos do Vento em Edifícios e Cúpulas*

J. Blessmann

EE-2 — *Acidentes Causados pelo Vento*

J. Blessmann

EE-3 — *Intervalo de Tempo para Cálculo da Velocidade Básica do Vento*

J. Blessmann

a seguir:

● *Considerações sobre Alguns Tópicos para uma Norma de Vento*

J. Blessmann

● *Estudo Aerodinâmico do Hotel Tropical de Manaus*

J. Blessmann

● *Vento em Cúpulas*

J. Blessmann

● *Comentários de Alguns Tópicos de Normas de Vento*

J. Blessmann

● *Vento em Construção. Um Estudo Experimental*

J. Blessmann

Pedidos à Editora Vozes Ltda.

Rua Riachuelo, 1280

90000 Porto Alegre, RS - Brasil

4

INTE
IGI

INTERVALO DE TEMPO
PARA CÁLCULO DA
VELOCIDADE BÁSICA DO VENTO

SALDO

002A31

Intervalo de Tempo para Cálculo da Velocidade Básica do Vento

Joaquim Blessmann

- Engenheiro Civil
- Mestre em Ciências pela Divisão de Engenharia Aeronáutica do Instituto Tecnológico de Aeronáutica
- Professor Adjunto da Escola de Engenharia da UFRGS
- Pesquisador-Conferencista do Conselho Nacional de Pesquisa(CNPq)

SALDO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Série Engenharia Estrutural / 3



EDITORA DA URG
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PORTO ALEGRE / 1974

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Prof. IVO WOLFF, Reitor

Prof. HOMERO SÔ JOBIM, Vice-Reitor

Prof. WALTER OTTO CYBIS, Superintendente Acadêmico

Prof. MANOEL MARQUES LEITE, Superintendente Administrativo

Editora da URG

BLASIO HUGO HICKMANN, Coordenador

Conselho Editorial

ANA IRIS DO AMARAL

FLÁVIO LOUREIRO CHAVES

FRANCISCO RIOPARDENSE DE MACEDO

LOTHAR FRANCISCO HESSEL



Blessmann, Joaquim

Intervalo de tempo para cálculo da velocidade básica do vento.
Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1974.

26p. ilust. 29,7cm (Série Engenharia Estrutural, 3)

Bibliografia: p.25-6

I. Título. II. Série.

CDU 624.042

CDD 624.175

© de Joaquim Blessmann, 1974

W^o de registro: 2200

W^o de obra: 562

Data: 20/01/2010

1 – INTRODUÇÃO

1.1 – A primeira pergunta que surge, ao se procurar determinar a força do vento sobre uma construção, é qual a máxima velocidade do vento que solicitará a construção durante sua vida útil.

A resposta tem um alto grau de incerteza, devido à deficiência de dados meteorológicos e por se tratar de um problema aleatório.

São vários os fatores que influem na escolha da velocidade de cálculo.²⁸

1.1.1 – *Vida útil da estrutura*

A velocidade máxima registrada é via de regra tanto maior quanto maior o número de anos de registro. O estudo estatístico do problema indica que a velocidade máxima será tanto maior quanto maior a vida útil da estrutura.

Antigamente fazia-se o cálculo simplesmente adotando a máxima velocidade registrada. Atualmente o estudo estatístico permite prever o número médio de anos de recorrência para qualquer velocidade do vento que se queira. Ou então, prefixada a vida útil da estrutura (em geral 50 ou 100 anos), determinar a velocidade máxima do vento que tem uma certa probabilidade de aparecer 1 vez neste período.

1.1.2 – *Duração das rajadas*

É necessário um certo tempo de atuação da rajada para que se desenvolvam as forças aerodinâmicas e para que a estrutura reaja e se desenvolvam tensões no material.

1.1.3 – *Dimensões da rajada*

As dimensões da rajada são muito variáveis, tanto vertical como horizontalmente. A força máxima do vento (rajadas muito rápidas) não se desenvolvem simultaneamente em toda uma construção muito alta ou muito extensa. Por isto, quanto maior a construção, maior o período de duração da rajada, pois as rajadas mais violentas são de menores dimensões.

1.1.4 — *Varição da velocidade do vento com a altura*

O vento próximo à superfície terrestre é influenciado pela rugosidade desta superfície, constituindo-se uma camada limite, na qual a velocidade do vento é variável, sendo a turbulência e o perfil de velocidade função principalmente desta rugosidade. A partir de uma certa altura (entre 300m e 600m, aproximadamente) a velocidade do vento é constante: estamos fora da camada limite. É o chamado vento gradiente.

1.1.5 — *Varição da velocidade das rajadas com a altura*

Também as rajadas variam com a altura, porém mais lentamente do que a velocidade média.

1.1.6 — *Espectro de rajada*

As rajadas ocorrem em uma seqüência aleatória de freqüência e intensidade. Para estruturas flexíveis, susceptíveis de vibrarem, não se pode calcular na base de uma carga de vento constante, mesmo adotando o pico máximo de rajada para velocidade de cálculo: a resposta dinâmica da estrutura à seqüência de rajadas pode causar solicitações maiores no material.

Este assunto tem sido tratado com muito detalhe pelo Prof. Davenport, em diversos trabalhos. O processo do espectro de rajada atualmente só é utilizável em estruturas muito flexíveis, com períodos naturais de vibração de vários segundos. Isto porque só esta parte do espectro de rajadas é suficientemente conhecida de modo a servir de base para cálculos.¹⁹ Segundo Scruton e Newberry o efeito do espectro de rajada provavelmente não é muito importante para estruturas de freqüência natural acima de 0,5 ciclos por segundo (ou seja, períodos menores que 2 segundos). Para a maioria das construções o seu período natural é pequeno (menos de 2 segundos) quando comparado com a duração da rajada. Não há o problema da vibração da estrutura, mas deve se levar em conta o acréscimo transitório de carga que um pico de rajada pode causar.¹⁹

1.1.7 — *Topografia local*

Detalhes locais podem alterar consideravelmente a velocidade do vento. Por exemplo: afunilamento do vento em vales ou entre edifícios; aumento de velocidade e grande turbulência atrás de montanhas; aumento da velocidade no auge de colinas e morros, etc.

1.2 — Como vemos, o assunto da escolha da velocidade do vento é muito vasto. Abordaremos aqui o problema do qual o intervalo de tempo a adotar para cálculo da velocidade básica.

Este conceito de velocidade básica está muito bem explicado por Davenport.²¹ Como a velocidade do vento está continuamente flutuando, os picos de velocidade registrados dependem grandemente da sensibilidade e da manutenção do anemômetro. A dispersão destes resultados é grande. Diminuirá se calcularmos valores médios em um intervalo de tempo. Sherlock e Stout,²⁸ chamaram a atenção de que devido

à inércia das partes móveis dos anemômetros comerciais os registros podiam ser aceitos como acurados apenas se fosse calculada a média sobre um período mínimo de 10 segundos.¹³

A sensibilidade dos anemômetros de copo é de cerca de 3 segundos para velocidades baixas e de 2 segundos para ventos fortes. Rajadas menores raramente são registradas. Também para os anemômetros de hélice é da mesma ordem de grandeza, embora um pouco menor (porém acima de 1 segundo).¹⁷

As pressões exercidas sobre as estruturas também flutuam, acompanhando as flutuações de velocidade do vento (rajadas), e conduzindo a amplificações dinâmicas das tensões reais na estrutura. Esta amplificação dinâmica depende da intensidade e potência das flutuações, bem como das dimensões e forma da estrutura e da resposta da estrutura e seus materiais às cargas dinamicamente aplicadas. A amplificação dinâmica é pois uma função das dimensões e flexibilidade da estrutura.¹³

Por estas razões, continua Davenport, as cargas do vento serão talvez melhor consideradas em termos de uma força aplicada constante, independente das dimensões, forma e características dinâmicas da estrutura, junto com um coeficiente que denota a amplificação que surge através da interação das superpostas flutuações de pressão e resposta dinâmica da estrutura (este coeficiente Davenport estuda com o espectro de rajadas).

A velocidade do vento básica para cálculo é a velocidade extrema do vento que dá origem a um esforço permanente sobre a construção (solicitação estática). Trata-se de uma velocidade média. As flutuações de pressão e conseqüente resposta dinâmica da estrutura são tratados por um coeficiente especial, obtido pelo espectro de rajadas.

Note-se que Davenport¹⁰ utiliza um fator de pressão de rajada (*gust pressure factor*) que multiplica a pressão média do vento em um ponto da construção:

$$\bar{p} = \sqrt{2} \cdot \rho \bar{V}^2 c_p$$

(sendo \bar{V} a velocidade média no topo da estrutura, c_p o coeficiente de pressão, P a massa específica do ar).

para obter a carga total do vento:

$$P_{\max} = G \bar{p}$$

O estudo deste fator G escapa à finalidade do presente trabalho.

O estudo de Davenport parece ser o mais preciso de todos, porém é o mais trabalhoso.

Também Ferrington¹⁵ julga mais razoável considerar uma pressão constante agindo sobre a estrutura. A esta deve-se superpor uma pressão periódica produzida por rajadas. Sugere a máxima velocidade média horária para cálculo da pressão constante; as rajadas devem ser registradas no mesmo período da média horária.

1.3 — Um dos modos de estudar os efeitos do vento em obras de grande responsabilidade era o seguinte:²

- esforços aerodinâmicos estáticos: expressos pelos coeficientes de pressão, de forma e de força;
- influência das rajadas sobre o vento médio: levada em conta pelo fator de rajada (aplicada à velocidade básica, e não à pressão básica, como Davenport); estes picos de rajada causam aumento transitório nas cargas;

- efeitos dinâmicos das rajadas (impacto): expressos por um coeficiente de efeito dinâmico, K , função das características estruturais e dos materiais usados na construção;
- fenômenos de vibração: por vórtices que se desprendem cadenciadamente da estrutura ou por repetição periódica de rajadas. Só em poucos casos.

Exemplos:

- 1) Torre de Stuttgart, Alemanha, com 212m de altura:
 $q = 120\text{kgf/m}^2$ (inclui efeito estático das rajadas)
 $K = 1,51$
 Coeficiente de repetição: 1,25 (adotado como uma segurança extra para o caso possível mas não provável de ressonância, por repetição periódica de rajadas).

Um dos processos clássicos usados para determinar os efeitos dinâmicos das rajadas deve-se a Rausch. A pressão dinâmica é multiplicada por um coeficiente

$$K = (1 + s) \leq 2$$

s – período próprio de oscilação completa da construção, em segundos.

- 2) Torre Danúbio em Viena, Áustria, com 252m de altura:
 Velocidade básica do vento: $V = 120\text{km/h}$
 Fator de rajada: 1,5 : $V = 180\text{km/h}$ $q = 156\text{kgf/m}^2$
 $K = 1,25$

1.4 – O problema que mais nos interessa é o problema das construções correntes, construídas às centenas, e nas quais os efeitos dinâmicos são desprezáveis. Para estes casos pode-se utilizar os resultados de ensaios em túneis aerodinâmicos, que dão as pressões médias (não determinam as flutuações de pressão devidas às rajadas) em termos de coeficientes de pressão, de forma e de força. Leva-se em conta o efeito das rajadas sobre os ventos médios através do fator de rajada. Davenport⁷ entretanto, salienta que este processo não leva em conta as dimensões espaciais das rajadas e a possibilidade dos coeficientes aerodinâmicos em fluxo não permanente diferirem daqueles em fluxo permanente.

Porém, como salientou Esquillan¹⁴ na sessão de encerramento do Seminário Internacional de Pesquisa sobre Efeitos do Vento em Construções e Estruturas:

“Como engenheiro construtor eu gostaria que estas hipóteses e análises fossem seguidas de conclusões práticas. Não se deve perder de vista que a finalidade é executar construções que apresentem uma margem de segurança suficiente, e mais econômicas por um melhor conhecimento das solicitações que elas suportarão no decorrer de sua vida, podendo estas solicitações ser calculadas sem muitas complicações pelos escritórios de estudos, a fim de assegurar sua produtividade.

Com o fim de simplificar convirá distinguir:

- construções correntes para as quais as ações dinâmicas podem ser transformadas sem perigo em ações estáticas por um método ou por coeficientes apropriados;
- construções alteadas e flexíveis, para as quais os fenômenos vibratórios

têm uma influência considerável e que necessitam um estudo mais aprofundado de seu comportamento.”^a

1.5 — De tudo que foi exposto anteriormente, concluímos que, considerando ou não as ações dinâmicas, é de primordial importância a determinação da velocidade média máxima, denominada também velocidade básica do vento. Quai o intervalo para calculá-la será o assunto do próximo capítulo.

a) ESQUILLAN, N. "Impressions et souhaits". In: INTERNATIONAL RESEARCH SEMINAR: WIND EFFECTS ON BUILDINGS AND STRUCTURES, Ottawa, 1967. *Proceedings*. Ottawa, 1967. v.2,p.353-4.

2 – INTERVALO DE TEMPO

2.1 – Scruton chama a atenção que a análise pelo espectro de rajada (Davenport) “é complicada pelas dimensões finitas das rajadas e pela necessidade de examinar a correlação das velocidades de rajada ao longo do comprimento da estrutura. Mais desenvolvimento e muito mais dados são necessários antes que a influência do espectro de rajada possa ser plenamente analisada e simplificada para aplicação geral. Neste entretanto a maioria das estruturas continuará a ser calculada na base de terem de resistir às cargas devidas a ventos constantes e para isto a determinação de velocidades máximas realistas para uso como velocidade de cálculo é de primeira importância.”^b

Este vento de cálculo vem a ser a velocidade básica multiplicada pelo fator de rajada. Este fator de rajada permite passar da velocidade média (velocidade básica) para as velocidades a considerar no cálculo de uma certa construção.

Quanto mais violenta a rajada, menor seu tempo de atuação e seu tamanho: uma rajada muito pequena não afetará todo o campo aerodinâmico no entorno da construção. Rajadas de poucos segundos já são suficientes para causar pressões correspondentes à sua velocidade em elementos de revestimento e da estrutura secundária; porém é necessária uma rajada de maior duração para a pressão correspondente desenvolver-se em toda a construção, se ela não for muito pequena. Qual o intervalo de tempo para que estas pressões se desenvolvam plenamente? Será tanto maior quanto maiores as dimensões da construção. Já em 1958 Scruton e Gimpel²⁴ consideravam muito longo o intervalo de 1 minuto então recomendado para velocidade de cálculo, uma vez que as estruturas reagem plenamente a rajadas de períodos muito mais curtos. Sugerem para referência a máxima média horária a uma altura de 33 pés (velocidade básica). A velocidade de cálculo seria a velocidade média sobre 15 segundos. Fator de rajada para passar da média horária para média sobre 15 segundos: 1,5.

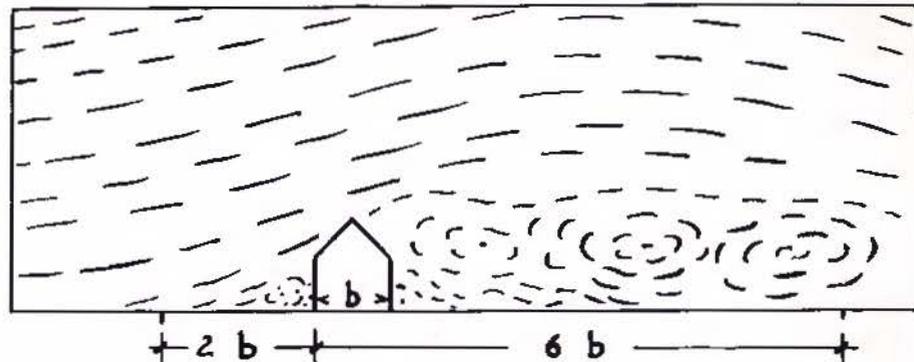
Cohen e Perrin,⁵ em 1957, tomaram como velocidade básica a média em 1 minuto, a uma altura de 30 pés. A velocidade de cálculo será dada por:

$$\text{velocidade básica} \times \text{fator de rajada.}$$

2.2 – Como se pode determinar qual o fator de rajada apropriado para uma certa construção? Cremos que o critério mais difundido é o devido a Sherlock.²⁸ Ele baseou-se em estudos de Farren sobre uma asa de avião em velocidade variável para determinar o intervalo de tempo para uma rajada ser efetiva sobre uma construção. Segundo Farren, a asa deve viajar 6 comprimentos de corda para que a sustentação

seja plenamente desenvolvida. Este mesmo comprimento Sherlock admite necessário a sotavento da construção, para o pleno desenvolvimento das pressões. São acrescentados 2 comprimentos a barlavento (Fig. 1). Sherlock²⁸ levou em consideração também os ensaios sob forma de fluxo realizados por Irminger e Nökkentved, e admitiu que estes ensaios (Fig. 1) se aplicam aceitavelmente bem a construções com outras formas. Sugere que a rajada deve ter uma duração tal que percorra 8 vezes a dimensão da construção na direção do vento.

Fig. 1



Transversalmente a rajada deve ter uma largura cerca de 2 vezes a da construção.¹⁶

Este critério de Sherlock aparece no relatório final da comissão indicada pelo A.S.C.E. para estudar o problema do vento (Sherlock foi o relator desta parte): "Fatores de rajada apropriados serão usados para estruturas que são suficientemente pequenas para responderem a rajadas envolvendo menos que 1 milha de vento passante. O fator de rajada (velocidade de rajada/velocidade da milha mais veloz de vento) deverá guardar alguma relação com o tamanho mínimo de rajada necessária para envolver a estrutura e o fluxo vizinho. Um fator de rajada de 1,3 será considerado para rajadas de aproximadamente 1 segundo de duração, que, a 90 milhas por hora (145km/h) de vento básico, terá um comprimento vento abaixo de cerca de 130 pés (40m). Isto será apropriado para quadros de propaganda e pequenas construções. Um fator de rajada de 1,1 será considerado para rajadas de cerca de 10 segundos de duração, que em um vento básico de 90mph terá um comprimento vento abaixo de 1.300 pés (396m); este fator é adequado para estruturas tendo uma dimensão horizontal, transversal ao vento, de cerca de 125 pés (38m)."^c

2.3 — A velocidade básica não é, portanto, uma velocidade que sempre se aplica diretamente para o cálculo da pressão. As dimensões da construção são levadas em conta com o fator de rajada. E também é levada em conta, quando for o caso, a dinâmica da estrutura, incluindo sua frequência natural e seu amortecimento, pelo processo de Davenport. A velocidade básica conta melhor a história do vento, "ela é um ponto de partida para definir o estado meteorológico das condições do vento."^d

c) AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, Task Committee on Wind Forces, New York. Wind forces on structures final report. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, New York, N. Y., 126:1141, Oct. 1961.

d) DAVENPORT, A. G. "Discussion of paper 2". In: INTERNATIONAL RESEARCH SEMINAR: WIND EFFECTS ON BUILDING AND STRUCTURES, Ottawa, 1967. *Proceedings*. Ottawa, 1957. v.2,p.391. Réplica de Davenport a Newberry.

2.4 — Davenport, em 2 trabalhos apresentados em 1960, expõe o seguinte:

“Para calcular velocidades do vento básicas para o projeto de estruturas certas considerações fundamentais determinam qual intervalo é o mais apropriado:

1 — o intervalo deve coincidir tanto quanto possível com alguma periodicidade natural do vento;

2 — o intervalo deve ser longo comparado tanto com a freqüência natural da estrutura como com o tempo de resposta do instrumento: desta maneira não haverá interação dinâmica entre a estrutura e o vento médio, e as velocidades do vento medidas serão verdadeiras”^e (independente da resposta do instrumento, acrescentou Davenport no 2º trabalho citado);

“3 — o intervalo será suficientemente curto para registrar os picos de tempestades severas;

4 — o intervalo deve corresponder a uma massa de ar de dimensões suficientes para envolver completamente a estrutura e suas regiões de vórtices.”^f

Davenport não considera razoável nem a média horária, por não satisfazer as condições 1 e 3, nem a média em 3 segundos (rajadas), por não satisfazer as condições 1, 2 e 4. Acha mais razoável adotar a milha de vento ou o minuto de vento, pelas seguintes razões, com a numeração correspondente às condições acima:

“1 — por meio de coeficientes de correlação, Durst encontrou que em tempestades os principais grupos de redemoinhos, térmicos em origem, tinham comprimentos de onda de cerca de 4.000 a 6.000 pés (1.200 a 1.800m), correspondendo estreitamente (*closely*) à milha-intervalo ou minuto-intervalo em ventos de 60mph (96km/h);

2 — o período natural da maioria das estruturas é da ordem de 0,1 a 3 segundos; a do Empire State Building é 8,14 segundos. Com o amortecimento presente na maioria das estruturas, flutuações correspondendo a 1 milha (1609m) em ventos extremos terão ação dinâmica infinitesimal.

Sherlock e Stout, referindo-se ao tempo de resposta de anemômetros comerciais, escreveram em 1937 ‘que por causa da inércia das partes móveis dos instrumentos, os registros podiam apenas ser aceitos como acurados se fosse calculada a média sobre 10 segundos ou mais’. Assim, mesmo a 150mph (241km/h), a milha de vento (ou o minuto de vento) satisfaz o 2º item.

3 — A milha de vento é de duração suficientemente curta para registrar o pico de uma rajada de vento com chuva ou neve (*squall*) ou um súbito temporal local;

4 — A milha de vento também representa uma massa de ar muito maior do que a maioria das estruturas, assim que pressões estáticas ao menos equivalentes a esta velocidade média podem ser previstas.”^g

Em resumo: Davenport^{11, 13} recomenda o uso da velocidade média calculada sobre a milha mais veloz ou o minuto mais veloz (*fastest mile* ou *fastest minute*) de vento como uma velocidade básica para projeto, em preferência a velocidades absolutas

e) DAVENPORT, A. G. *Wind loads on structures*. Ottawa, National Research Council of Canada, 1960. p.16. (Technical Paper of the Division of Building Research, 88).

f) DAVENPORT, A. G. Rationale for determining design wind velocities. *Proceeding of American Society of Civil Engineers; Journal of Structural Division*, New York, N. Y., 86(STS):41-2, May 1960.

g) DAVENPORT, *Wind loads on structures*. p.16-7.

Id., *Rationale for determining design wind velocities*, p.42.

de pico que não podem ser consideradas independentemente das dimensões da estrutura e da resposta dinâmica do anemômetro, estrutura e materiais estruturais.

2.5 — Em 1963 Davenport¹² estuda o espectro horizontal do vento próximo ao solo (a 100m de altura). Ele se caracteriza por alguns picos, com zonas intermediárias de baixa amplitude (Fig. 2). Há um grande pico com um máximo entre 1 e 2 minutos por ciclo. Para períodos entre 5 minutos e mais ou menos 4-5 horas o espectro contém muito pouca energia o que significa que há pouca variação na velocidade do vento nesta região. Um pico menor aparece com um período de 12h. Davenport¹² admite que a mesma forma geral de espectro e posição de picos serão encontrados em outras alturas, outros tipos de terreno e em outras localizações geográficas.

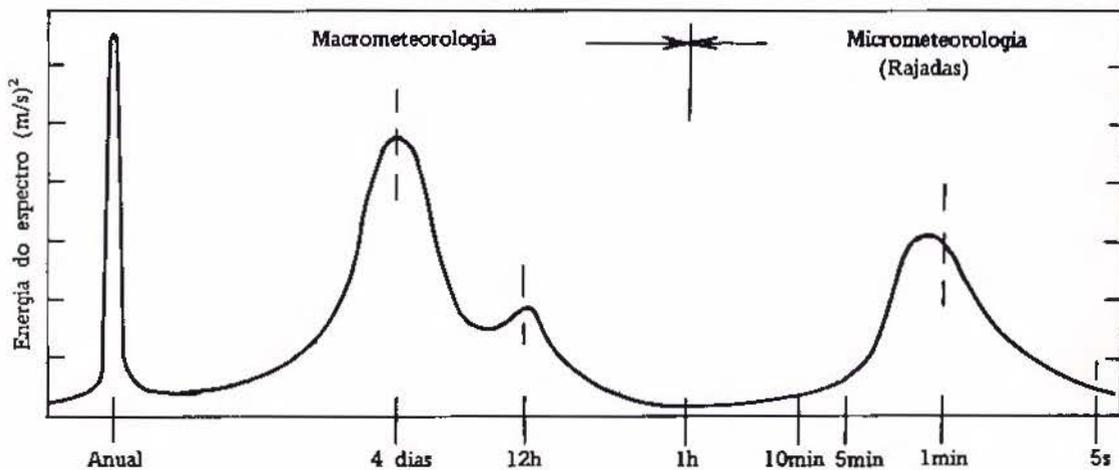


Fig. 2 — Espectro da Velocidade Horizontal do Vento. Medições de Van der Hoven a 100m de altura
Fonte: Davenport — "The relationship of wind..."

Entre os 2 picos citados há um vale que se estende a grosso modo de 5 minutos a 5 horas, com centro em torno de 1h. Isto justifica o emprego da velocidade média horária ou um período algo menor. No final de seu trabalho Davenport sugere, como o parâmetro mais útil para base do estudo do vento, a velocidade média calculada sobre um período entre 5 minutos e 1 hora ("a diferença entre as 2 médias não é provavelmente grande"). Outras medidas tais como velocidade máxima de rajada não seriam, segundo Davenport, quantidades altamente significativas em relação às cargas do vento.

2.6 — Em 1964 Davenport tece novas considerações sobre o intervalo de tempo mais conveniente, baseado também no espectro de energia das rajadas. A velocidade média pode ser calculada para intervalos entre 1 hora e 20 minutos, ou intervalos próximos acima ou abaixo. A média pouco definirá nos diferentes casos. Porém, se for tomado um intervalo de $\frac{1}{2}$ minuto, as velocidades médias calculadas em distintos tempos serão muito diferentes; trata-se de um valor bastante instável. "A razão pode ser atribuída à falta de qualquer periodicidade forte do vento no intervalo de cerca de 1h ou 10min mas há uma forte periodicidade em torno de $\frac{1}{2}$ minuto."^h Outra vantagem de usar a média sobre 1h é que muitos postos meteorológicos determinam este valor.

h) Id., The buffeting of large superficial structures by atmospheric turbulence. *Annals of the New York Academy of Sciences*, New York, N. Y., 116:137, June 1964.

2.7 — Em 1967, examinando novamente o assunto com o espectro de rajadas, Davenport⁸ chama a atenção que o vale no espectro (*spectral gap*), centrado em um período de aproximadamente ½ hora, e situado entre o pico de energia em um período em torno de 4 dias e o pico de energia em um período de aproximadamente 1 minuto (rajadas), permite descrever o vento convenientemente em termos de:

“a) uma velocidade média, refletindo apenas as grandes variações, no tempo, da velocidade do vento (são as variações com períodos de vários dias);

b) as rajadas do vento.”

Os mais importantes fatores para a escolha de um período razoável para definir a velocidade média do vento, alinhados por Davenport, são:

“1 — o período deve ser escolhido para minimizar as variações (i.é, inclinações da curva do espectro) dentro do período;

2 — deve ser suficientemente longo para permitir o desenvolvimento pleno da resposta da estrutura;

3 — deve ser suficientemente curto para refletir o efeito máximo de uma tempestade relativamente curta em duração;

4 — deve, se possível, coincidir com observações meteorológicas padrão.”ⁱ

Os itens 2 e 3 são iguais aos de mesmo número apresentados por Davenport em 1960 ao recomendar a milha ou minuto de vento. A exigência do item 1 do trabalho de 1960 (periodicidade natural do vento) conduziu a um intervalo de cerca de 1 minuto que não serve mais pelo critério do espectro, por cair no pico de energia das rajadas. Foi substituída pela condição de se ficar em uma zona do espectro em que não haja muita variação de energia; com isto, será pequena a variação nas velocidades médias calculadas em qualquer ponto desta região.

Também não interessa mais, explicitamente, impor que a massa de ar envolva completamente a construção e suas regiões de vórtices (em outras palavras, o campo aerodinâmico perturbado sensivelmente pela construção). Os intervalos recomendados satisfazem com grande folga esta condição anterior. Em seu lugar é agora dada uma indicação apenas de ordem prática para facilitar os cálculos.

Baseado nestas condições Davenport conclui que o melhor período para cálculo da velocidade média está entre 5 e 30 minutos, e o melhor ainda entre 10 e 15 minutos (o item 3 não era satisfeito pela indicação em trabalho anterior de 1 hora).

As razões, com a mesma numeração das condições, são:

“1 — este período fica próximo ao centro do vale espectral e isto é uma boa garantia de que as inclinações não serão muito fortes;

2 — o âmbito das frequências naturais das estruturas é de, aproximadamente, 0,1 ciclos/segundo (para construções altas e pontes longas) para mais. Em um período de 15 minutos ao menos 90 ciclos de oscilação ocorrerão, e isto é normalmente bem adequado para o desenvolvimento de condições permanentes;

3 — o período é em geral suficientemente curto para refletir súbitas tempestades, tais como temporais que usualmente duram de 5 a 10 minutos;

4 — Estados Unidos da América costumam usar 5 minutos; Japão, 10 minutos; 1 hora é comum.”^j

i) Id. “The dependence of wind loads on meteorological parameters”. In: INTERNATIONAL RESEARCH SEMINAR: WIND EFFECTS ON BUILDINGS AND STRUCTURES, Ottawa, 1967. *Proceedings*. Ottawa, 1967. v.1,p.26.

j) Ibid., p.27.

Finalizando seu trabalho, Davenport define como velocidade média aquela calculada sobre um período de 10 a 20 minutos. Admite também que não há um erro sensível usando outros períodos, desde que fiquem no vale espectral. Davenport estima que as velocidades médias máximas calculadas sobre 15 minutos ficarão apenas de 2 a 5% acima da média horária.

Nas conclusões finais do seu trabalho Davenport diz o seguinte:

"O vento pode ser definido convenientemente em termos de velocidades médias e rajadas relacionadas ao vento médio. Há fundamentos físicos para preferir um período de cálculo da média entre 10 e 30 minutos.

Estatísticas climáticas devem, se possível, ser expressas em termos destas velocidades médias. A influência de rajadas é melhor determinada por outros meios do que pelo uso da velocidade máxima de rajada."^k

2.8 — De opinião contrária a Davenport é Newberry.¹⁸ Reconhece que, de fato, a curva de energia do espectro do vento mostra um mínimo constante na zona espectral entre 5 e 30 minutos. Embora possa teoricamente ser uma base correta para determinar a velocidade de cálculo do vento, Newberry não a acha significativa praticamente: interessam para o projeto estrutural cargas do vento agindo sobre poucos segundos e às vezes menos. Além disso, atualmente há dificuldade em correlacionar os carregamentos de curta duração com as médias de velocidade calculadas sobre períodos maiores. Há também dificuldades consideráveis para relacionar a velocidade do vento nas alturas normais de edifícios com a velocidade do vento gradiente (Davenport toma para base a velocidade gradiente, fora da camada limite atmosférica).

É preferível basear a velocidade do vento nos dados disponíveis mais próximos para minimizar os erros que surgem ao aplicar grandes correções aos dados do vento mais remoto, mesmo que estes sejam estatisticamente preferíveis. Newberry termina recomendando a velocidade máxima de rajada a uma altura efetiva de 10m como velocidade básica. Oferece a dupla vantagem de ser medida à altura da maioria das construções e de ter duração próxima à duração efetiva da carga de cálculo.

2.9 — Davenport¹⁸ opõe o seguinte: a média sobre poucos segundos não leva em conta a influência dinâmica de seqüências de rajadas ressonantes com a estrutura ou com um elemento estrutural e também a extensão espacial de células de pressão induzidas na estrutura por rajadas. Além disso, estatisticamente as velocidades máximas de rajada são um valor muito mais disperso do que outros parâmetros estatísticos, como, por exemplo, as velocidades médias.

Entretanto, lembremos de que se os efeitos dinâmicos não são considerados, por muito pequenos, não interessa estudar seqüências de rajadas. Embora mais dispersos, a estatística permite fazer uma estimativa razoável da rajada máxima a esperar em um certo intervalo de tempo. Ao passar de um intervalo maior de velocidade básica para a de cálculos, de poucos segundos, teremos não só imprecisão nos fatores de transposição dos intervalos em si, mas também imprecisão por estarem muito afastados os 2 intervalos, o que aumenta a dispersão.

k) *Ibid.*, p.60.

2.10 – Newberry²⁰ apresenta os resultados de ensaios feitos em um edifício, 42 x 18m em planta, de 18 pavimentos. Conclusões a que chega (embora recomende não pôr muita confiança nos resultados de um único exemplo):

Adotar rajada de 3 segundos para cargas locais, em revestimentos, e rajada de 10 segundos para cargas estruturais (isto para edifícios de dimensões da ordem de grandeza do usado nas pesquisas). Newberry²⁰ constatou que mesmo rajadas de 3 segundos são importantes para cargas estruturais: a carga de uma rajada de 3 segundos foi 60% maior do que a carga com 1 minuto de vento (cargas médias, calculadas as médias respectivamente sobre 3s e 1min). Como os valores obtidos em um modelo do edifício, ensaiando em túnel aerodinâmico, foram maiores que os na construção real, Newberry sugere que se usem os valores de ensaios em modelos, corrigindo convenientemente o tempo para calcular a velocidade média: obteve 10 segundos.

2.11 – Vickery²⁹ considerando que, se os efeitos dinâmicos forem desprezados, a duração da rajada de cálculo deve ser relacionada ao tamanho da construção, e levando estas simplificações à teoria do espectro de Davenport, chegou a valor próximo ao recomendado por Newberry: obteve 12 segundos (velocidade média: 30 pés/seg = 9m/s). Para velocidades do vento normalmente usadas nos projetos estruturais, o período para cálculo da velocidade média de rajada situou-se entre 3 e 4 segundos (cálculo de Vickery), o que está de acordo com as recomendações de Scruton e Newberry.²⁵

3 – MUDANÇA DE INTERVALO DE TEMPO

3.1 – Estabelecida uma velocidade básica, seja ela 1h, 15min, 3s, etc., é necessário termos fatores que permitam passar desta velocidade básica para as velocidades de cálculo. Ou então, conhecida uma velocidade básica, podemos estar interessados em saber qual a velocidade básica correspondente a outro intervalo de tempo.

Damos a seguir especificações numéricas e gráficas que permitem passar de um intervalo para outro, tendo em vista não só que os registros meteorológicos não são padronizados no que diz respeito ao intervalo de tempo básico, como também que o tempo de duração da rajada que interessa (velocidade de cálculo) é função das dimensões da construção e, quando for o caso, também de suas características dinâmicas.

3.2 – Scruton e Newberry²⁵ apresentam diversos processos sugeridos para determinar a velocidade de cálculo. Entre eles citamos:

a) *Norma inglesa* – British Standard Code of Practice CP 3 – Chapter V (1952).

Velocidade de cálculo: média máxima sobre 1 minuto.

Os registros meteorológicos dão a média horária V_{1h} . Para obter a velocidade de cálculo a norma indica:

$$V_{1min} = V_{1h} + 10 \text{ milhas/hora}$$

b) *Shellard*²⁶

Mapas com as linhas de máxima velocidade média horária e de máximas rajadas (aproximadamente 3 segundos) prováveis de serem excedidas 1 vez em 50 anos, a 33 pés (10m) de altura.

c) *Scruton e Gimpel*²⁴

Rajadas de 10 – 15 segundos para o cálculo de construções.

$$\bar{V}_{15s} = 1,4 \bar{V}_{1h}$$

d) *Scruton e Newberry*²⁵

Muito interessantes são os dois processos recomendados pelos autores do artigo que estamos comentando.

Um deles baseia-se nas velocidades do vento à altura meteorológica de 33 pés (10m) e outro na altura do vento gradiente. Este último tem as vantagens, já assinaladas por Davenport, de variar pouco de lugar para lugar (menos curvas na carta de velocidades máximas) e de mais exatidão pela tendência de eliminar os efeitos topográficos locais. Entretanto, baseia-se na elaboração de cartas e na determinação de valores auxiliares que necessitariam de explicações especiais.

O 2º processo baseia-se no vento a 33 pés (10m) de altura:

\bar{V}_{33} – máxima velocidade média horária, a uma altura de 33 pés, passível de ser excedida 1 vez em 50 anos (é a velocidade básica).

Esta velocidade é obtida de cartas fornecidas pelo serviço meteorológico ou é calculada a partir de registros locais.

A velocidade de cálculo, a 33 pés de altura, é obtida por:

$$V_z = F \bar{V}_{33}$$

F = fator de rajada.

Este fator de rajada permite passar da velocidade básica (média horária) para as velocidades de cálculo. São utilizadas 2 velocidades de cálculo, uma correspondente a rajadas extremas, 3 segundos, e outra para um intervalo de tempo de 10 segundos. As rajadas representam média em torno de 3 segundos, com ventos moderados, e de aproximadamente 2 segundos com ventos fortes.²⁹

Além disso, este fator de rajada é função da rugosidade do terreno. Davenport utilizou inicialmente 8 diferentes categorias de terreno, que posteriormente reduziu a 3. Na tabela I estão dados os fatores de rajada e as correspondentes categorias:

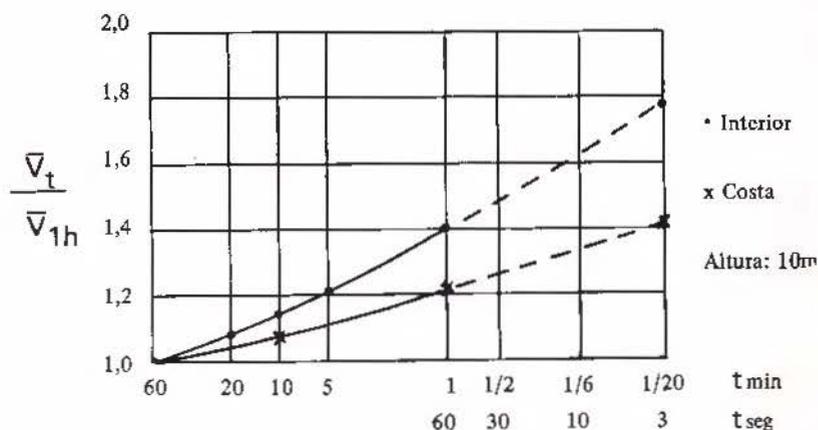
TABELA I

Cate- goria	Topografia	$F = \bar{V}_t / \bar{V}_{1h}$	
		rajada extrema t = 3s	rajada de t = 10s
1	Exposição extrema – grandes extensões de água livre e campos	1,5	1,3
2	Campo aberto com obstruções baixas – árvores, cercas vivas, construções de 2 andares, etc.	1,7	1,4
3	Áreas construídas e áreas com altas obstruções, tais como pequenas e grandes cidades	2,0	1,6
Velocidade básica (\bar{V}_{1h}): máxima velocidade média horária a uma altura de 33 pés, passível de ser excedida 1 vez em 50 anos			

3.3 — Para o edifício Museum Radio Tower, Londres⁶ com 186m de altura, o intervalo foi de 15 segundos, para determinação da velocidade de cálculo. Na cúpula do Hotel Tropical de Manaus, hemisfera com 300m de diâmetro, 1 minuto.

3.4 — Rijkoort e Wieringa²² apresentam o gráfico da Fig. 3, que dá a relação das velocidades médias, $F = \frac{\bar{V}_t}{\bar{V}_{1h}}$, em função do intervalo de tempo, a 10m de altura, na zona costeira e no interior.

Fig. 3 — Relação entre velocidades médias
Fonte: Rijkoort e Wieringa
"Tower Projects..."



3.5 — Shellard²⁶ apresenta resultados obtidos por ele mesmo, por Durst Sherlock e Deacon:

Durst:

Relação da máxima velocidade média provável, calculada em um tempo t' em relação à máxima média horária: $F = \frac{\bar{V}_{t'}}{\bar{V}_{1h}}$

t	1h	10min	1min	30s	20s	10s	5s	1/2s
F	1,00	1,06	1,24	1,33	1,36	1,43	1,47	1,59

TABELA II

Relação entre velocidades máximas médias para vários períodos

	Relação	Tipo de terreno	Fonte de referências
$\bar{V}_{10s}/\bar{V}_{5min}$	1,50	Campo aberto	Sherlock, "Variation of wind velocity and gusts with height"
$\bar{V}_{5s}/\bar{V}_{10min}$	1,44	Campo aberto	Deacon, "Gust variation with height up to 150m"
$\bar{V}_{3-5s}/\bar{V}_{1h}$	1,45 a 1,60	Campo aberto próximo à costa	Shellard, "Extreme wind speeds over the United Kingdom for periods ending 1959"
(3-5s: rajada máxima)	1,60 a 1,80	Campo aberto interior	
	2,00 a 2,20	Centro de grandes cidades	
$\bar{V}_{3-5s}/\bar{V}_{10min}$	1,48	Campo aberto próximo à costa	

Shellard²⁶ conclui, comparando os valores da tabela II com os de Durst, que os deste autor são um pouco baixos. Recomenda, como valores para uso rotineiro, até que mais dados sejam conseguidos:

$$\text{Valores de } F = \bar{V}_t / \bar{V}_{1h}$$

t =	1min	30s	10s
exposição rural (campo aberto):	1,25	1,33	1,45
exposição urbana	1,45	1,60	1,80

Todos os valores do trabalho de Shellard²⁶ referem-se à altura padrão de 33 pés (10m).

3.6 – No Seminário Internacional de Ottawa, Shellard²⁷ apresentou os resultados de outros estudos feitos em Goonhilly e em Londres.

Em Goonhilly as medidas foram feitas a 32 pés (9,75m) acima do solo, em local aberto com colinas, a poucas milhas da costa. Estudou a variação da velocidade máxima média em função do tempo para cálculo desta média. Foram feitos 10 registros, cada um com 1 hora de duração, em dias diferentes. Foi calculada a velocidade média em sucessivos intervalos de 5 segundos e a velocidade máxima de rajada. Na tabela 3 estão os resultados de Shellard²⁷, bem como os obtidos por Durst (Cardington, 1960, anemômetro a 50 pés 15,2m) e por Deacon (Sale, Austrália, 1965, anemômetro a 40 pés 12,2m), que ele apresenta para comparação.

TABELA III
Valores de $F = \bar{V}_t / \bar{V}_{1min}$

Local	t em segundos									
	60	30	20	16	10	8	5	4	(3)	2
Goonhilly	1,00	1,05	1,08		1,12		1,16			1,22
Cardington	1,00	1,07	1,10		1,15		1,19			
Sale	1,00			1,12		1,18		1,22		1,25

Estes mesmos valores serviram para traçar os gráficos da Fig.4.

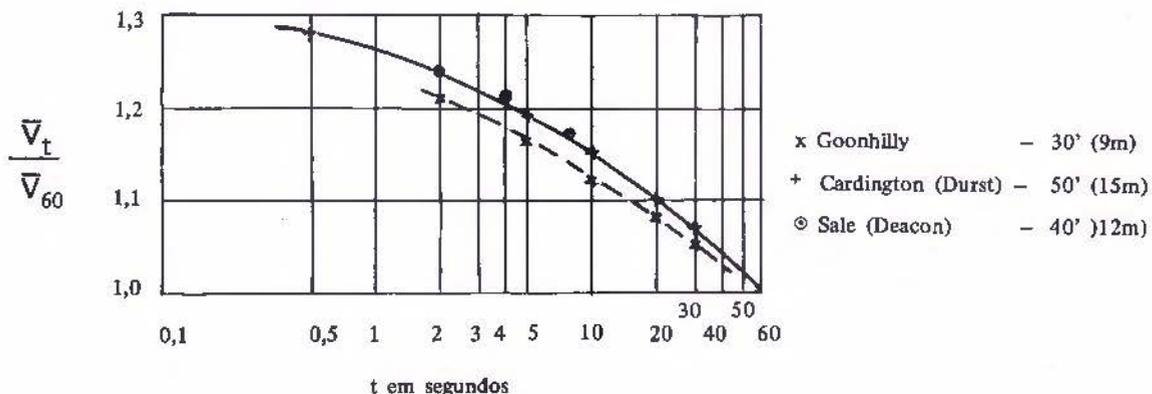


Fig. 4 – Relação entre velocidades médias máximas
Fonte: Shellard – “Results of some...”

3.7 — Em Londres, as medidas foram feitas em uma construção em torre, a 140 pés (43m), 200 pés (61m) e 620 pés (189m) acima do solo. Shellard²⁷ concluiu da análise dos resultados que parece ser desprezável a variação da relação $\bar{V}_{1\text{min}}/\bar{V}_t$ com as diversas velocidades médias.

A tabela IV e a fig. 5 apresentam os resultados obtidos por Shellard²⁷. Na Fig. 5 aparece ainda uma curva referente à situação em campo aberto, para comparação.

TABELA IV
Valores de $F = \bar{V}_t/\bar{V}_{1\text{min}}$ — Londres

Altura		t em segundos					
pés	metros	(2)	5	15	15	20	30
140	43	1,35	1,23	1,18	1,15	1,13	1,07
200	61	1,26	1,17	1,14	1,11	1,10	1,07
620	189	1,14	1,09	1,07	1,06	1,05	1,03

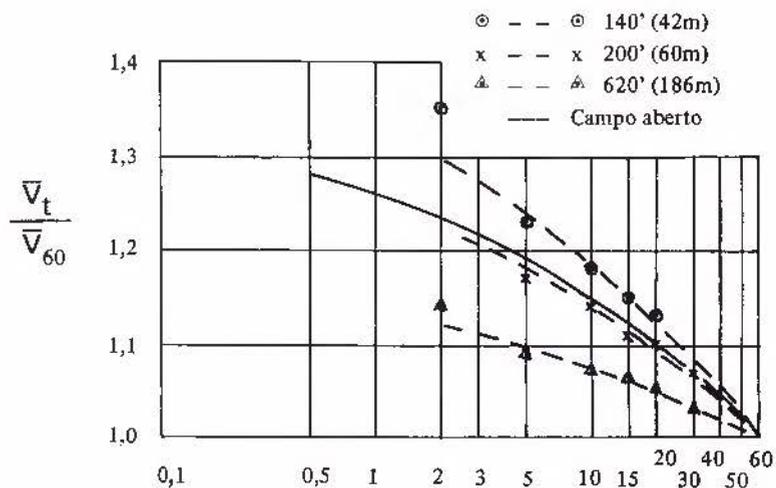


Fig. 5 — Relação entre velocidades médias máximas em diversas alturas.

Fonte: Shellard — "Results of some..."

4 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

4.1 – Resumindo o que foi exposto:

O vento pode ser convenientemente definido em termos de uma velocidade média e de rajadas relacionadas a este vento médio. Esta velocidade média é a chamada *velocidade básica*: é a velocidade extrema do vento que dá origem a um esforço permanente sobre a construção. As flutuações de pressão e conseqüente resposta dinâmica da estrutura são tratados por um coeficiente especial, o *fator de rajada*, que permite passar para a *velocidade de cálculo*. Este fator aplica-se à pressão ou à velocidade, conforme o critério. No caso em que os efeitos dinâmicos não são considerados, o fator de rajada permite determinar o aumento transitório, estático, das cargas, por efeito das rajadas sobre o vento médio.

O grande problema no estudo da velocidade básica é a fixação de um intervalo de tempo razoável para calcular a velocidade média. Davenport inicialmente aconselhava média sobre 1 minuto (*fastest minute*) ou milha mais veloz (*fastest mile*). Por exemplo 120mph significa 2 milhas por minuto para o minuto mais veloz, ou $\frac{1}{2}$ minuto por milha, para a milha mais veloz (mede-se o tempo para que o vento percorra 1 milha).

Passou depois, com o estudo do espectro do vento, a recomendar valores entre 5 minutos e 1 hora, principalmente entre *10 e 30 minutos*. A razão principal é que a média calculada neste intervalo conta melhor a *história* do vento e inclui a energia das rajadas. Além disso, permite incluir temporais curtos. O espectro de rajada permite prever a probabilidade de rajadas repetidas e seus efeitos na estrutura.

É sem dúvida o melhor processo quando quisermos estudar o comportamento dinâmico da estrutura, o que é necessário em estruturas muito flexíveis, de longo período de vibração (acima de 2 segundos), tais como pontes de grandes vãos, edifícios excepcionalmente altos, reservatórios elevados sobre suportes flexíveis, postes esbeltos para iluminação, etc.

Entretanto, para a quase totalidade dos casos estamos mais interessados em determinar as forças estáticas do vento e a majoração destas forças pelo impacto de rajadas isoladas de curta duração. Para esses casos somos de opinião que é melhor o critério defendido por Newberry: a velocidade básica mais recomendada é a da *rajada máxima* a 10m de altura. Desta se passa para as velocidades de cálculo por coeficientes apropriados, função das dimensões da construção (fator de rajada). O erro será menor do que o oriundo de passar de uma velocidade sobre um período muito maior, e distante

daquele que interessa ao cálculo. Além do que aqui também influiria a sensibilidade do anemômetro para se estabelecer o fator de passagem de 1h, ou 30min, etc, para os poucos segundos que interessam ao cálculo dos casos usuais. Naturalmente, será necessário conhecer a sensibilidade dos anemômetros, a fim de fazer a correção para um tempo padrão.

O passo seguinte será o traçado de curvas de igual velocidade máxima de rajadas de 3 segundos, prováveis de aparecer 1 vez em 50 anos. Para obras monumentais, de excepcional importância, é recomendável adotar um período de recorrência maior: 100 anos.

Para passar de um intervalo de tempo para outro temos as indicações dadas em tabelas e gráficos do item anterior. Ou então as recomendações do *Building Research Station*³ transcritas na tabela V e no que expomos a seguir:

Velocidades de rajadas (mais ou menos 3 segundos) são a velocidade básica para cálculo da carga do vento. É dado um mapa com curvas de igual velocidade máxima de rajada a uma altura de 10m, provável de ser excedida não mais de uma vez em 50 anos, em campo aberto. Os efeitos topográficos locais são levados em conta por um fator apropriado, dado na tabela IV.

A rajada registrada (média sobre 2-3s) serve para calcular as cargas do vento em quadros de propaganda, nos elementos de revestimento de paredes e de coberturas, vidraças, qualquer que seja o tamanho ou proporção de toda a construção. A mesma média é usada para o projeto estrutural de construções e estruturas cuja maior dimensão horizontal ou vertical não excede 20m. Estruturas grandes não são afetadas em seu conjunto por estas rajadas máximas de curta duração e de dimensões pequenas. Será necessária uma rajada maior, que agirá sobre um tempo maior. Por exemplo: uma média sobre 5 segundos é mais apropriada para construções de 20 a 50m de dimensões máximas, e sobre 15 segundos para construções com uma dimensão maior do que 50m.³⁻⁴

TABELA V
Valores de \bar{V}_t/\bar{V}_{3s} – Building Research Station

Local	t em segundos		
	2-3	5	15
Campo aberto sem obstrução	1,00	0,95	0,90
Campo aberto com alguma proteção	0,98	0,92	0,87
Campo com muita proteção; pequenas cidades, subúrbios de grandes cidades	0,93	0,86	0,80
Superfícies com grandes e freqüentes obstruções; por exemplo: centros de grandes cidades	0,90	0,81	0,73

TABELA VI
Efeitos topográficos locais – Building Research Station

Topografia	Fator
Sítio protegido topograficamente para qualquer direção do vento	0,9
Terreno plano sem proteção topográfica efetiva	1,0
Sítio adversamente afetado por colinas ou vales	1,1 ou 1,2

A máxima velocidade de rajada, devido às características do instrumento em que é medida, representa a velocidade média do vento em cerca de 3 segundos com ventos moderados, mas próximo a 2 segundos com ventos fortes, que são os de maior interesse para os projetistas. O uso de menores intervalos de tempo para cálculo da média não é presentemente praticável.⁴

4.2 — Para estudos de vibração é mais interessante termos curvas de igual velocidade média máxima determinadas para um intervalo entre 10 e 30 minutos, ou mesmo 1 hora, se for este o fornecido pelos registros meteorológicos.

Se estes registros não forem disponíveis, pode-se tratar de obtê-los no próprio local da obra, no caso de construções excepcionais. Davenport desenvolveu um estudo que permite obter com boa aproximação o comportamento dinâmico da estrutura a partir das máximas médias horárias registradas durante cerca de 3 anos apenas.

4.3 — *Conclusão final*

Sugerimos que seja estudada uma maneira de se fazer um levantamento de quais são os valores registrados nos diversos postos meteorológicos dos países da região. Verificar também se é possível obter com relativa facilidade, consultando os arquivos, outros valores que possam interessar à engenharia estrutural.

O ideal, em nossa opinião, seria obter:

1º — Cartas com curvas de distribuição da velocidade característica (para rajadas de 3 segundos) e ábacos para determinar as velocidades correspondentes a períodos de recorrência arbitrários, em função daquela velocidade característica, segundo o processo apresentado por Riera e Reimundin.²¹

2º — Cartas com curvas de máxima velocidade média, calculadas para um intervalo de tempo entre 10 e 30 minutos. De preferência 10 minutos, pois além de estar no vale do espectro de energia, abrange temporais violentos de curta duração. Em último caso, adotar mesmo 1 hora. A probabilidade de recorrência será obtido pelo processo de Riera e Reimundin.

3º — Estabelecer coeficientes para passar da velocidade básica para as de cálculo, inclusive levando em conta os efeitos topográficos locais.

Entre os itens 1º e 2º, reputamos de maior importância o item 1º. Cremos ser ainda demasiadamente cedo traçar cartas baseadas no vento gradiente, devido à falta de elementos para uma passagem mais ou menos segura desta velocidade para a velocidade próxima ao solo (influência da topografia, rugosidade, perfil de velocidades a adotar, altura do vento gradiente, etc).

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. Task Committee on Wind Forces, New York. Wind forces on structures, final report. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, New York, N. Y., 126: 1124-98, Oct. 1961.
2. BLESSMANN, J. *Efeitos do Vento em Construções Cívicas*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Setor de Biblioteca e Documentação, 1964. Tese apresentada para obtenção do grau de Mestre em Ciência.
3. BUILDING RESEARCH STATION, Garston. *Wind loading on buildings - 1*. Garston, 1968. (Digest, 99).
4. —. *Wind loading on buildings - 3*. Garston, 1969. (Digest, 105).
5. COHEN, E. & PERRIN, H. Design of multi-level guyed towers: wind loading. *Proceedings of the American Society of Civil Engineers; Journal of Structural Division*, New York, N. Y., 83(ST5):1-29, Sept. 1957.
6. CREASY, L. C.; ADAMS, H. C.; LAMPITT, N. Museum Radio Tower; London. *Proceeding of the Institution of Civil Engineers*, London, 30:33-78, Jan. 1965.
7. DAVENPORT, A. G. The buffeting of large superficial structures by atmospheric turbulence. *Annals of the New York Academy of Sciences*, New York, N. Y., 116:135-59, June 1964.
8. —. "The dependence of wind loads on meteorological parameters". In: INTERNATIONAL RESEARCH SEMINAR: WIND EFFECTS ON BUILDINGS AND STRUCTURES; Ottawa, 1967. *Proceedings*. Ottawa, 1967. v.1, p.19-82.
9. —. "Discussion of paper 2". In: INTERNATIONAL RESEARCH SEMINAR: WIND EFFECTS ON BUILDINGS AND STRUCTURES, Ottawa, 1967. *Proceedings*. Ottawa, 1957. v.2, p.389-91. Réplica de Davenport a Newberry.
10. —. Gust Loading factors. *Proceeding of the American Society of Civil Engineers; Journal of Structural Division*, New York, N. Y., 93(ST3): passim, June 1967.
11. —. Rationale for determining design wind velocities. *Proceedings of American Society of Civil Engineers; Journal of Structural Division*, New York, N. Y., 86(ST5):39-67, May 1960.
12. —. "The relationship of wind structure to wind loading". In: NATIONAL PHYSICAL LABORATORY, Symposium, 15., Teddington, 1963. *Proceedings*. London, Her Majesty's Stationery Office, 1965. p.54-102.
13. —. *Wind loads on structures*. Ottawa, National Research Council of Canada, 1960. (Technical Paper of the Division of Building Research, 88).
14. ESQUILLAN, N. "Impressions et souhaits". In: INTERNATIONAL RESEARCH SEMINAR: WIND EFFECTS ON BUILDINGS AND STRUCTURES, Ottawa, 1967. *Proceedings*. Ottawa, 1967. v.2, p.353-5.
15. FERRINGTON, H. Wind loads on buildings. *The Structural Engineers*, London, Dec. 1943/Jan, 1944.
16. GHASWALA, S. K. Aerodynamics aspects of civil engineering. *Civil Engineering and Public Works Review*, London, 45(532):647, Oct. 1950.
17. JONES, M. E. *Wind turbulence and buildings: a literature review*. Garston, Building Research Station, 1968. (Current Paper, 85/68).

18. NEWBERRY, C. W. "Discussion of paper 2". In: INTERNATIONAL RESEARCH SEMINAR: WIND EFFECTS ON BUILDINGS AND STRUCTURES, Ottawa, 1967. *Proceedings*. Ottawa, 1967. v.1,p.19-82.
19. —. *Significant features, of wind loading in relation to the design of estructuras*. Garston, Building Research Station, 1969. (Current Paper, 49/69).
20. NEWBERRY, C. W.; EATON, K. J.; MAYNE, J. R. "The nature of gust loading on tall buildings". In: INTERNATIONAL RESEARCH SEMINAR: WIND EFFECTS ON BUILDINGS AND STRUCTURES, Ottawa, 1967. *Proceedings*. Ottawa, 1967. v.1,p.399-428.
21. RIERA, J. D. & REIMUNDIN, J. C. *Velocidad del viento para el diseño de estructuras en la Republica Argentina; recomendaciones preliminares*. Trabajo presentado no Simpósio Sobre Acciones en Estructuras. San Miguel de Tucumán, jul. 1970. (Publicación, IV, 4).
22. RIJKOORT, P. J. & WIERINGA, J. "Tower projects for meteorological boundary layer research in the Netherlands". In: CONFERENCE ON TOWER SHAPED STRUCTURES, Hague, 1969. *Proceedings*. Hague, 1969. p.21-3.
23. SCRUTON, C. Wind effects on buildings and structures. *The Engineer*, London, 216(5606):14-6, July 1963.
24. SCRUTON, C. & GIMPEL, G. *Memorandum on wind structure with reference to the wind pressure clauses of B. S Code of practice CP-3*. Teddington, National Physical Laboratory, 1958. (NPL/Aero/361).
25. SCRUTON, C. & NEWBERRY, C. W. On the estimation of wind loads for buildings and structural design. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, London, 25:97-126, June 1963.
26. SHELLARD, H. C. "The estimation of design wind speeds". In: NATIONAL PHYSICAL LABORATORY, Symposium., 16., Teddington, 1963. *Proceedings*. London, Her Majesty's Stationery Office, 1965. p.29-51.
27. —. "Results of some recent special measurements in the United Kingdom relevant to wind loading problems". In: INTERNATIONAL RESEARCH SEMINAR: WIND EFFECTS ON BUILDINGS AND STRUCTURES, Ottawa, 1967. *Proceedings*. Ottawa, 1967. v.1,p.515-33.
28. SHERLOCK, R. H. Gust factors for the design of buildings. *Memoires; Association Internationale de Ponts et Charpentes*, Zurich, 8:207-36, 1947.
29. VICKERY, B. J. "Discussion of paper 15". In: INTERNATIONAL RESEARCH SEMINAR: WIND EFFECTS ON BUILDINGS AND STRUCTURES, Ottawa, 1967. *Proceedings*. Ottawa, 1967. v.2, p.413-8.

Impresso na
Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul
para a Editora da URGs
em julho de 1974

