

**Universidade Federal do Rio Grande do Sul**

Escola de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC

**Estudo comparativo de dimensionamento de uma cobertura metálica submetida à ação do vento pela NBR6123 e pelo Método da Decomposição Ortogonal Própria.**

**Paulo Roberto Cunha de Almeida**

**Porto Alegre  
2009**

Paulo Roberto Cunha de Almeida

**ESTUDO COMPARATIVO DE DIMENSIONAMENTO DE  
UMA COBERTURAA METÁLICA SUBMETIDA À AÇÃO DO  
VENTO PELA NBR6123 E PELO MÉTODO DA  
DECOMPOSIÇÃO ORTOGONAL PRÓPRIA.**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO CORPO DOCENTE DO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, COMO PARTE  
DOS REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE *MESTRE EM  
ENGENHARIA*.

**Porto Alegre  
2009**

A447e Almeida, Paulo Roberto Cunha de

Estudo comparativo de dimensionamento de uma cobertura metálica submetida à ação do vento pela NBR6123 e pelo método da decomposição ortogonal própria / Paulo Roberto Cunha de Almeida. – 2009.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2009.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Maia Rocha; co-orientador: Prof. Dr. Acir Mércio Loredou-Souza

1. Estruturas metálicas. 2. Vento-estruturas-ensaios. 3. Túnel de vento. I. Rocha, Marcelo Maia, orient. II. Loredou-Souza, Acir Mércio, co-orient. III. Título

CDU-624.042.4(043)

**PAULO ROBERTO CUNHA DE ALMEIDA**

**ESTUDO COMPARATIVO DE DIMENSIONAMENTO DE  
UMA COBERTURA METÁLICA SUBMETIDA À AÇÃO DO  
VENTO PELA NBR6123 E PELO MÉTODO DA  
DECOMPOSIÇÃO ORTOGONAL PRÓPRIA.**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de *Mestre em Engenharia na área de Estruturas* e aprovada em sua forma final pelos professores orientadores e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 10 de julho de 2009.

---

Prof. Marcelo Maia Rocha  
Dr. Techn., Universität Innsbruck, Áustria  
Orientador da dissertação

---

Prof. Acir Mércio Loredou-Souza  
Ph.D., University of Western Ontario, Canadá  
Co-orientador da dissertação

---

Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho  
Ph.D., University of LEEDS, Inglaterra  
Coordenador do PPGEC / UFRGS

**Banca Examinadora:**

Prof. Ruy Carlos Ramos de Menezes  
Dr.techn. – Universität Innsbruck – Áustria

Prof. Ignacio Iturrioz  
D.Sc.–UFRGS-Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Eduardo Miranda Batista  
D.Sc.– Université de Liège, Bélgica

À minha esposa Sandra e aos meus filhos  
Guilherme e Eduardo,  
pelo apoio e paciência;  
pelo tempo de convívio roubado;  
dedico este trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores e amigos, Prof. Marcelo Maia Rocha e Prof. Acir Mércio Loredou-Souza, agradeço pela amizade, dedicação e estímulo durante minha formação e realização deste trabalho. Um agradecimento especial ao Prof. Marcelo pela paciência em orientar e discutir esta dissertação esclarecendo minhas dúvidas.

Ao Prof. Jorge Daniel Riera, pelo desprendimento e paciência, em ministrar a disciplina Sistemas dinâmicos submetidos a excitações aleatórias, em caráter exclusivo, cujo conhecimento transmitido enriqueceu e facilitou o desenvolvimento desta dissertação.

Aos meus amigos e colegas do PPGEC, pelo convívio, amizade e companheirismo durante a realização deste mestrado.

Aos colegas e amigos do LAC, pela atenção e coleguismo dispensados, especialmente: ao Gustavo Gustavo Javier Zani Núñez que disponibilizou sua dissertação e outros textos; ao bolsista Guilherme Martins Siqueira pela realização dos ensaios; e ao Paulo Bueno pela confecção do modelo.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pelo conhecimento transmitido, e ao pessoal da secretaria do PPGEC pela atenção e paciência.

## RESUMO

**ALMEIDA, P.R.C. - Estudo comparativo de dimensionamento de uma cobertura metálica submetida à ação do vento pela NBR6123 e pelo Método da Decomposição Ortogonal Própria.** Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre. 2009.

Medições em túnel de vento e em escala real têm mostrado que as pressões do vento natural não estão totalmente correlacionadas espacialmente. O uso da Decomposição Ortogonal Própria (DOP) permite a obtenção dos desvios padrões das respostas da estrutura a partir da matriz de coeficientes de correlação espacial das pressões do vento nos diferentes pontos de tomadas em túnel. O método indicado pela NBR6123 – Forças devido ao vento em edificações supõe um vento de rajada totalmente correlacionado espacialmente dentro das dimensões da edificação.

O objetivo deste trabalho é comparar a resposta estrutural obtida pelos métodos da Decomposição Ortogonal Própria (MDOP) e da NBR6123. Para tal foi escolhida uma estrutura tipo treliça espacial em arco semicircular com 53,00 m de largura, 26,50m de flecha e 92,80m de comprimento. A escolha da estrutura tipo treliça espacial tem o motivo de este tipo de estrutura possuir uma continuidade estrutural capaz de difundir o desvio padrão devido às pressões em uma tomada em uma extremidade da construção para uma resposta em um elemento estrutural na outra extremidade.

Foi construído um modelo em escala reduzida para realização de ensaios no túnel de vento do Laboratório de Aerodinâmica das Construções (LAC) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. A partir daí empregou-se o MDOP para a obtenção da resposta estrutural e comparou-se com a resposta obtida pelo método da NBR6123. Os resultados demonstram que os distintos padrões de escoamento em torno do modelo resultam em um carregamento com níveis também distintos de correlação e que o MDOP é uma poderosa ferramenta de análise, permitindo um projeto mais seguro e otimizado da estrutura.

### Palavras-chave

Palavras-chave: DOP; MDOP; vento; túnel de vento; correlação espacial

## **ABSTRACT**

**ALMEIDA, P.R.C. - Estudo comparativo de dimensionamento de uma cobertura metálica submetida à ação do vento pela NBR6123 e pelo Método da Decomposição Ortogonal Própria.** Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre. 2009.

Both wind tunnel and real scale measurements have been indicating that the natural wind pressures are not entirely correlated spatially. The use of the Proper Orthogonal Decomposition (POD) allows the acquisition of the structural responses standard deviations from the wind pressures spatial correlation coefficients matrix on the various measurement points in a tunnel. The method shown by the “NBR6123 – Forças devido ao vento em edificações”, on the other hand, assumes a gust of wind entirely correlated spatially.

The objective of this study was to compare the structural response obtained by the proper orthogonal decomposition methods (POD) with that obtained by the NBR6123 methods. In order to do that, a spatial truss-type structure in semicircular arch was chosen, with a 53,00 m width, a 26,50 m arrow and a 92,80 m length. The choice for a spatial truss structure was made because it has a structural continuity capable of spreading the pressure's standard deviation from a given measurement point on one extremity of the construction, to a response in a structural element on the other extremity.

A reduced scale model was built in the Laboratório de Aerodinâmica das Construções (LAC) from the Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS -, in order to perform the tests. Then, the POD\ was employed to obtain the structural responses, which were compared to those obtained employing the NBR6123. The results show that the distinct flow patterns around the model result in a load with also distinct levels of correlation. In conclusion, the POD is a powerful analysis tool that allows a safer and optimized structural design.

### **Keywords**

Keywords: POD; MDOP; wind; wind tunnel; spatial correlation.



## SUMÁRIO

|          |  |          |
|----------|--|----------|
| <b>1</b> | <b>Introdução.....</b>   | <b>1</b> |
| 1.1      | Motivação .....  | 1        |
| 1.2      | Objetivos.....   | 3        |
| 1.3      | Organização da dissertação .....                                   | 3        |
| <b>2</b> | <b>Fundamentação teórica .....</b>                                 | <b>4</b> |
| 2.1      | Histórico do método da decomposição ortogonal própria (MDOP) ..... | 4        |
| 2.2      | O método de decomposição ortogonal própria (MDOP) .....            | 4        |
| 2.3      | Influência da correlação no MDOP .....                             | 7        |
| 2.4      | Vento atmosférico .....  | 9        |
| 2.4.1    | Camada limite atmosférica .....                                    | 10       |
| 2.4.2    | Espectro da turbulência na macro-meteorologia .....                | 11       |
| 2.4.3    | Rugosidade superficial .....                                       | 13       |
| 2.4.4    | Perfil vertical da velocidade média .....                          | 14       |
| 2.5      | Simulação do vento natural em túnel de vento .....                 | 15       |
| 2.5.1    | Espectro de Harris .....   | 17       |
| 2.5.2    | Variação do desvio padrão com a altura.....                        | 17       |
| 2.5.3    | Fator de rajada .....  | 18       |
| 2.5.4    | Fator de pico .....  | 18       |
| 2.6      | Propriedades estatísticas da velocidade do vento .....             | 19       |
| 2.6.1    | Média .....  | 19       |
| 2.6.2    | Variância.....   | 19       |
| 2.6.3    | Desvio Padrão.....   | 19       |
| 2.6.4    | Intensidade de turbulência .....                                   | 20       |
| 2.6.5    | Função de auto-correlação.....                                     | 20       |
| 2.6.6    | Escala temporal da turbulência.....                                | 21       |
| 2.6.7    | Função de correlação cruzada.....                                  | 21       |
| 2.6.8    | Escala espacial da turbulência .....                               | 22       |
| 2.6.9    | Escala longitudinal da turbulência.....                            | 23       |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 2.6.10     | Espectro de potência.....  | 23        |
| 2.6.11     | Coeficiente de correlação de Pearson.....  | 23        |
| <b>2.7</b> | <b>Pressão do vento .....</b>  | <b>24</b> |
| 2.7.1      | Teorema de Bernoulli .....   | 24        |
| 2.7.2      | Pressão dinâmica e pressão de obstrução .....  | 24        |
| <b>3</b>   | <b>Estrutura de estudo.....</b>  | <b>27</b> |
| 3.1        | Descrição geral.....   | 27        |
| 3.2        | Numeração do nós e barras .....  | 29        |
| 3.3        | Áreas da barras e restrições nodais .....  | 29        |
| 3.4        | Matriz de rigidez.....   | 29        |
| 3.5        | Comentários sobre a estrutura e o MDOP.....  | 30        |
| 3.6        | Parâmetro de dimensionamento.....  | 31        |
| <b>4</b>   | <b>Ensaio em túnel de vento .....</b>  | <b>32</b> |
| 4.1        | Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann .....   | 32        |
| 4.2        | Modelo de ensaios .....  | 34        |
| 4.3        | Ensaio .....   | 35        |
| <b>5</b>   | <b>Simulações.....</b>   | <b>37</b> |
| 5.1        | Processamento dos dados do túnel de vento.....   | 37        |
| 5.2        | Pressão dinâmica de cálculo .....  | 41        |
| 5.3        | Cálculo das solicitações médias e da variância das solicitações e da solicitação de pico ..... | 46        |
| 5.4        | Fator de pico das solicitações.....  | 47        |
| <b>6</b>   | <b>Análise dos resultados.....</b>   | <b>51</b> |
| 6.1        | Considerações iniciais .....   | 51        |
| 6.2        | Análise do coeficiente de variabilidade $\eta$ .....   | 54        |
| 6.3        | Análise dos parâmetros de dimensionamento.....   | 58        |
| 6.4        | Análise da evolução da variância .....   | 59        |
| 6.5        | Influência da dimensão característica nas respostas.....                                       | 69        |
| 6.6        | Análise do determinante da matriz de correlação $R_p$ .....                                    | 70        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>7</b> | <b>Conclusões.....</b>                 | <b>73</b> |
| 7.1      | Conclusões gerais.....                 | 73        |
| 7.2      | Sugestões para futuros trabalhos ..... | 74        |
|          | <b>Referências .....</b>               | <b>75</b> |
|          | <b>Apêndices.....</b>                  | <b>77</b> |

## Lista de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 : Estrutura Expovest (foto do autor).....   | 1  |
| Figura 2 : Fase de montagem (foto do autor) .....  | 1  |
| Figura 3 : Nó da estrutura (foto do autor).....  | 2  |
| Figura 4 : Ensaio de materiais (foto do autor) .....   | 2  |
| Figura 5 : Revestimento em lona (foto do autor) .....  | 2  |
| Figura 6: Perfis de velocidades médias e tensões de Reynolds da Camada limite atmosférica.<br>(Loredo-Souza, et al., 2005) ..... | 11 |
| Figura 7: Espectro de Van der Honven (Blessmann, 1995) .....   | 12 |
| Figura 8: Espectros de Davenport, Harris, Kármán Kaimal.....   | 15 |
| Figura 9 : Dispositivos para simulação do vento natural .....  | 16 |
| Figura 10 : Vista Superior da treliça.....   | 27 |
| Figura 11 : Perspectiva da estrutura .....   | 28 |
| Figura 12 : Vista frontal .....  | 28 |
| Figura 13 : Túnel de vento Prof. Joaquim Blessmann (foto do autor) .....   | 32 |
| Figura 14 : Circuito aerodinâmico do Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann (Blessmann,<br>1983).....                            | 33 |
| Figura 15: Modelo sobre a mesa giratória, esc 1/250 (foto do autor) .....  | 34 |
| Figura 16 : Vista superior desenvolvida com posição das 255 tomadas. ....  | 35 |
| Figura 17: Foto do gráfico de (Blessmann, 1988) pág. 27 .....  | 38 |
| Figura 18: Tabela 21 da NBR 6123.....  | 46 |
| Figura 19: Evolução da variância - vento suave (p=0.11) - direção 0° .....   | 60 |
| Figura 20: Evolução da variância - vento suave (p=0.11) - direção 15° .....  | 60 |
| Figura 21: Evolução da variância - vento suave (p=0.11) - direção 30° .....  | 61 |
| Figura 22: Evolução da variância - vento suave (p=0.11) - direção 45° .....  | 61 |
| Figura 23: Evolução da variância - vento suave (p=0.11) - direção 60° .....  | 62 |
| Figura 24: Evolução da variância - vento suave (p=0.11) – direção 75° .....  | 62 |
| Figura 25: Evolução da variância - vento suave (p=0.11) - direção 90° .....  | 63 |
| Figura 26: Evolução da variância - vento turbulento (p=0.23) - direção 0° .....  | 63 |
| Figura 27: Evolução da variância - vento turbulento (p=0.23) - direção 15° .....   | 64 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 28: Evolução da variância - vento turbulento ( $p=0.23$ ) - direção $30^\circ$ ..... | 64 |
| Figura 29: Evolução da variância - vento turbulento ( $p=0.23$ ) - direção $45^\circ$ ..... | 65 |
| Figura 30: Evolução da variância - vento turbulento ( $p=0.23$ ) - direção $60^\circ$ ..... | 65 |
| Figura 31: Evolução da variância - vento turbulento ( $p=0.23$ ) - direção $75^\circ$ ..... | 66 |
| Figura 32: Evolução da variância - vento turbulento ( $p=0.23$ ) - direção $90^\circ$ ..... | 66 |

## Lista de tabelas

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 : Numeração das barras.....  | 29 |
| Tabela 2: Valores do intervalo de tempo $\Delta t$ e velocidade do vento $v(h)$ para vento suave<br>( $p=0.11$ ) .....                                      | 43 |
| Tabela 3: Valores do intervalo de tempo $\Delta t$ e velocidade do vento $v(h)$ para vento turbulento<br>( $p=0.23$ ) .....                                 | 44 |
| Tabela 4: Valores de intervalo de tempo e pressão dinâmica - vento suave .....  | 45 |
| Tabela 5: Valores de intervalo de tempo e pressão dinâmica - vento turbulento.....  | 45 |
| Tabela 6: Fatores de pico da velocidade e solicitações. ....  | 50 |
| Tabela 7: Parâmetros de dimensionamento para vento suave em 24 direções.....  | 52 |
| Tabela 8: Parâmetros de dimensionamento para vento turbulento em 24 direções.....   | 53 |
| Tabela 9: Vento suave - quantidade de modos calculados para atingir um percentual de<br>variância.....  | 68 |
| Tabela 10: Vento turbulento - quantidade de modos calculados para atingir um percentual de<br>variância.....  | 68 |
| Tabela 11: Dimensão característica, pressão dinâmica e fator de pico - vento suave.....   | 69 |
| Tabela 12: Dimensão característica, pressão dinâmica e fator de pico - vento turbulento.....  | 69 |
| Tabela 13: Comparação entre resultados da dissertação (1) e resultados considerando<br>dimensão característica conforme direção(2) - vento suave.....       | 70 |
| Tabela 14: Comparação entre resultados da dissertação (1) e resultados considerando<br>dimensão característica conforme direção(2) - vento turbulento ..... | 70 |
| Tabela 15: Determinante da matriz de correlação .....   | 71 |

# 1 Introdução

## 1.1 Motivação

A escolha da estrutura para estudo no presente trabalho foi motivada por uma construção real, executada no ano de 2006 em Gramado-RS, para abrigar uma feira da indústria do vestuário, a EXPOVEST. Trata-se de uma treliça espacial, construída em barras de tubos redondos de alumínio, cuja geratriz é um arco pleno com 53,00 m de vão, 26,50 m de flecha, e comprimento é de 105,00 m (Figura 1, Figura 2 e Figura 5).



Figura 1 : Estrutura Expovest (foto do autor)

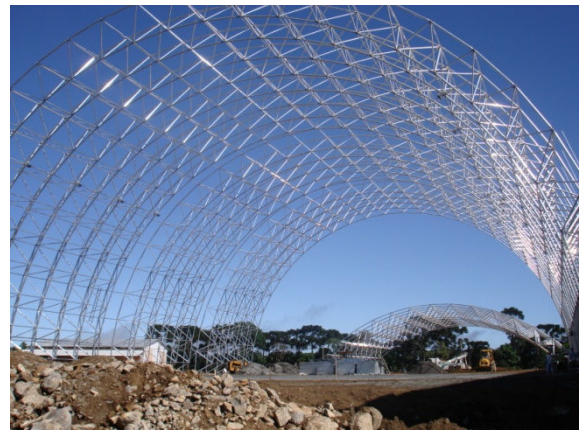


Figura 2 : Fase de montagem (foto do autor)

O sistema construtivo dos nós já havia sido usado, com sucesso, no Aeroporto Salgado Filho, em Porto Alegre-RS, em aço patinável, e na empresa Malwee, em Jaraguá do Sul-SC, em aço INOX. O desafio desta feita, foi executar as ponteiros das barras com alumínio fundido que pudesse ser soldado com segurança. Vários testes e ensaios foram executados para garantir a segurança desejada (Figura 3 e Figura 4).

O cálculo estrutural foi executado para o vento de rajada e coeficientes de pressão retirados da NBR6123. Não foram feitos ensaios em túnel de vento, ou estudos para levar em conta a correlação espacial do campo de pressões, devido ao exíguo prazo de entrega dos trabalhos, já consumido em boa parte pelos estudos de viabilização das ligas de alumínio fundido soldável. Entretanto, sempre ficou a impressão de que algum estudo poderia ser feito a respeito, e assim escolhemos esta estrutura como objeto de estudo desta dissertação.



Figura 3 : Nó da estrutura (foto do autor)



Figura 4 : Ensaio de materiais (foto do autor)

Existem vantagens em se utilizar o método da decomposição ortogonal própria (MPOD) para uma treliça espacial de grandes dimensões. A continuidade estrutural confere à estrutura a propriedade de levar a influência de uma excitação em uma extremidade para uma resposta na extremidade oposta. Isto significa que uma diminuição da correlação se difundirá por todas as barras da estrutura. Estruturas de grandes dimensões tem o campo espacial das pressões menos correlacionado o que também refletirá nas respostas estruturais das barras.

A estrutura utilizada para esta dissertação foi levemente alterada para adaptar-se às medidas do modelo reduzido e aumentar a continuidade estrutural. Ficando com 53,00m x 92,80m e flecha de 26,50 m.

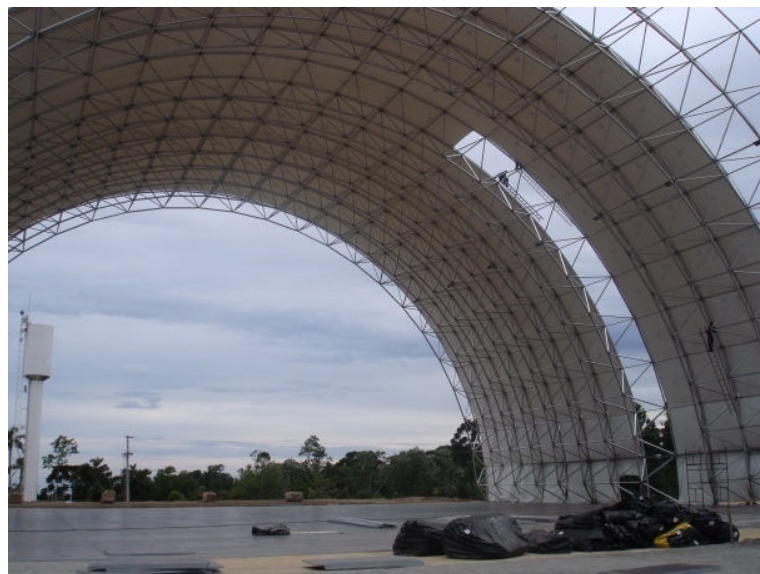


Figura 5 : Revestimento em lona (foto do autor)



## 1.2 Objetivos

O objetivo desta dissertação é estudar o método da decomposição ortogonal própria (MDOP) para aplicações em estruturas de obras de construções civis e avaliar o seu significado em termos de esforço computacional, conformidade com o fenômeno da correlação do campo de pressões, segurança de cálculo e economia dimensional.

Para tal, utiliza-se a metodologia de estudar a teoria do MDOP e após utilizá-lo em uma estrutura real e analisar os resultados. No desenvolvimento dos trabalhos surge a necessidade de se executar um cálculo completo, com todos os modos de pressão, para que se possa analisar a precisão do MDOP para o cálculo truncado. Esta necessidade exige um esforço computacional enorme que é superado pelo re-ordenamento e inversão prévios da matriz de rigidez (matriz banda esparsa), transformando cada solução estrutural dos modos de pressões em uma multiplicação matricial.

## 1.3 Organização da dissertação

O texto desta dissertação está organizado na ordem natural do desenvolvimento da dissertação.

No próximo capítulo, de número 2, temos a fundamentação teórica onde é feito um breve histórico do MDOP, a conceituação do MDOP propriamente dito e a conceituação de outros conhecimentos utilizados na dissertação. No capítulo 3 é feita uma descrição da estrutura de estudo e definido um parâmetro de dimensionamento usado para comparação dos métodos. No capítulo 4 é descrito o túnel de vento, o modelo de ensaio e os ensaios realizados.

O capítulo 5 refere-se ao processamento dos dados obtidos nos ensaios. Contempla a metodologia utilizada, a descrição de um programa em linguagem MATLAB e 3 programas em linguagem QBX (BASIC) utilizados para o cálculo dos incrementos da variância da resposta estrutural em todas as barras da estrutura.

No capítulo 6 é feita a análise dos resultados obtidos com os programas descritos no capítulo 5 e, finalmente, no capítulo 7 é concluída a dissertação com sugestões para futuros trabalhos.

No apêndice A constam as listagens de saída dos programas descritos no capítulo 5.

## 2 Fundamentação teórica

### 2.1 Histórico do método da decomposição ortogonal própria (MDOP)

A decomposição ortogonal própria (DOP) foi introduzida por Karl Pearson em 1901 sob o nome de análise dos principais componentes (Principal Components Analysis - PCA). Posteriormente foi desenvolvida independentemente, por Hotelling em 1953 (Hotelling Analysis), por Karhunen em 1946 e Loève em 1955 (Karhunen-Loève Transform - KLT), por Lorenz em 1956 (Empirical Component Analysis) e por Lumley em 1967 (Proper Orthogonal Decomposition – POD).

O método ganhou força ao final século XX, com o advento do computador, sendo desenvolvido por vários outros autores.

### 2.2 O método de decomposição ortogonal própria (MDOP)

O método de decomposição ortogonal própria (MDOP) permite a determinação dos desvios padrões das solicitações, deslocamentos ou qualquer resposta estrutural desejada, a partir da covariância espacial das forças externas do vento aplicadas em diferentes pontos da estrutura.

No caso deste trabalho, trata-se de uma treliça espacial reticulada de barras em que as solicitações a serem determinadas são os esforços normais em cada barra em termos de valores médios e desvios padrão.

Descrevemos a seguir o método de decomposição ortogonal própria (MDOP) para os efeitos do vento em sistemas estruturais que não apresentam resposta significativa de ressonância conforme (Rocha, et al., 2000).

Seja  $\mathbf{p}(t) = [p_1(t), p_2(t), \dots, p_n(t)]^T$  o vetor de séries temporais da pressão do vento em  $n$  pontos de uma determinada superfície, obtidos de ensaios em túnel de vento com um modelo em escala reduzida. A partir do vetor  $\mathbf{p}(t)$ , podemos definir  $\boldsymbol{\mu}(t) = [\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n]^T$  como sendo o vetor média de pressões, associadas aos  $n$  pontos da superfície e a matriz  $C_p$  como sendo a matriz de covariância definida como segue:

$$C_p = \mathbf{S}_p \mathbf{R}_p \mathbf{S}_p^T, \text{ onde}$$

$$S_p = \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sigma_n \end{bmatrix} \text{ e } R_p = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \cdots & \rho_{1n} \\ \rho_{21} & 1 & \cdots & \rho_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{n1} & \rho_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \text{ são a matriz diagonal dos}$$

desvios padrões da pressão do ventos nos diversos pontos da superfície e a matriz simétrica dos coeficientes de correlação de Pearson (item 2.6.11) entre os diversos pontos.

É importante levar em conta que os coeficientes de correlação da matriz  $C_p$  são definidos para um intervalo de tempo “time gap” zero e, assim sendo, dados pela equação:

$$C_{p,ij} = \rho_{ij}\sigma_i\sigma_j = E\{[p_i(t)-\mu_i][p_j(t)-\mu_j]\} = E\{p_i(t)p_j(t)\} - \mu_i\mu_j .$$

Submetendo-se a matriz dos coeficientes de correlação (de Pearson) à chamada decomposição ortogonal, resolvida através da solução do seguinte problema de autovalores e auto-vetores:

$$\mathbf{R}_p \vec{q}_j = \lambda_j \vec{q}_j$$

que tem n soluções  $(\lambda_j, \vec{q}_j)$ ,  $j=1,2,\dots,n$ , podemos montar as matrizes

$$A_p = \begin{bmatrix} \sqrt{\lambda_1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sqrt{\lambda_2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & \sqrt{\lambda_n} \end{bmatrix} \text{ e } Q_p = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & \cdots & q_{1n} \\ q_{21} & q_{22} & \cdots & q_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ q_{n1} & q_{n2} & \cdots & q_{nn} \end{bmatrix} \text{ que são a matriz diagonal da}$$

raiz quadrada dos autovalores  $\lambda_j$ , e a matriz cujas colunas são os correspondentes auto-vetores  $\vec{q}_j$  (ortonormais entre si).

Assim sendo, estas matrizes podem ser usadas para reconstituir a matriz de correlação  $\mathbf{R}_p$  e também a matriz de covariância  $\mathbf{C}_p$  conforme a seguir:

$$\mathbf{R}_p = (\mathbf{Q}_p \mathbf{\Lambda}_p) (\mathbf{Q}_p \mathbf{\Lambda}_p)^T \text{ e}$$

$$\mathbf{C}_p = (\mathbf{S}_p \mathbf{Q}_p \mathbf{\Lambda}_p) (\mathbf{S}_p \mathbf{Q}_p \mathbf{\Lambda}_p)^T .$$

Um termo genérico da matriz de covariância  $\mathbf{C}_p$  é obtido pelo seguinte somatório:

$$C_{p,ij} = \sigma_i \sigma_j \sum_{k=1}^n \lambda_k q_{ik} q_{jk} \quad (1)$$

Neste somatório podemos perceber a principal vantagem do método da decomposição ortogonal própria (MDOP). Se ordenarmos os autovalores (e seus correspondentes auto-

vetores) em ordem decrescente ( $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_n$ ) e o campo de pressões apresentar correlação espacial significativa, o produto  $\lambda_k q_{ik} q_{jk}$  decresce rapidamente. Isto significa que o somatório pode ser truncado a um número menor de termos ao admitirmos um limite superior para o erro.

Este fato pode simplificar consideravelmente a análise estrutural de carga de vento para obtenção dos desvios padrão da resposta estrutural.

Inicialmente, representaremos um elemento do vetor pressão, na forma desacoplada:

$$p_i(t) = \mu_i + \sum_{k=1}^n a_k(t) b_{ik}, i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

onde  $a_k(t)$  é dependente somente o tempo e  $b_{ik}$  dependente somente da posição.

Sendo  $a_k(t)$  processos ortogonais, isto é, sendo  $E\{a_i(t)a_j(t)\} \equiv 0$  para todo  $i \neq j$ , então, os momentos estatísticos de segunda ordem dos processos podem ser avaliados como:

$$E\{p_i(t)p_j(t)\} = \mu_i \mu_j + \sum_{k=1}^n b_{ik} b_{jk} E\{a_k^2(t)\} \quad (3)$$

Comparando-se as equações pode-se concluir que:

$$E\{a_k(t)\} = 0$$

$$E\{a_k^2(t)\} = \lambda_k$$

$$b_{ik} = \sigma_i q_{ik}$$

Agora, vamos supor que a estrutura não apresente resposta ressonante significativa, e que as respostas estruturais sejam uma transformação linear do vetor de pressões do vento. Assim sendo, qualquer quantidade de resposta estrutural genérica,  $d(t)$ , pode ser expressa como:

$$d(t) = \sum_{i=1}^n \phi_i p_i(t) \quad (4)$$

em que  $\phi_i$  é um fator de conversão da pressão para a resposta.

Substituindo a equação de  $p_i(t)$  na equação acima e desenvolvendo chegaremos no seguinte:

$$d(t) = \sum_{i=1}^n \phi_i \left[ \mu_i + \sum_{k=1}^n a_k(t) b_{ik} \right] = \sum_{i=1}^n \phi_i \mu_i + \sum_{k=1}^n a_k(t) \sum_{i=1}^n \phi_i b_{ik} = \mu_d + \sum_{k=1}^n a_k(t) d_k \quad (5)$$

onde  $\mu_d$  é a média da resposta estrutural e  $d_k$  é a resposta estrutural ao vetor de pressões  $\vec{b}_k = [b_{1k}, b_{2k}, \dots, b_{nk}]^T$ .

Finalmente, a variância da resposta estrutural  $\sigma_d^2$  pode ser avaliada, considerando a ortogonalidade de  $a_k(t)$ , através da expressão:

$$\sigma_d^2 = E \{ [d(t) - \mu_d]^2 \} = \sum_{k=1}^n d_k^2 \lambda_k \quad (6)$$

que fecha a formulação do método de decomposição ortogonal própria (MDOP). A vantagem do MDOP está na possibilidade de limitar o somatório da equação (6), estimando a variância da resposta, e por conseguinte o desvio padrão, admitindo um limite superior para o erro. Assim sendo, um pequeno número de análises estruturais são necessárias para a determinação do desvio padrão  $\sigma_d$ .

### 2.3 Influência da correlação no MDOP

No caso do campo de pressões do vento, podemos ter um maior ou menor grau de correlação.

Podemos pensar em um campo totalmente correlacionado (ou 100% correlacionado) que gera uma matriz de correlação  $\mathbf{R}_p$  onde todos os coeficientes de correlação são iguais a unidade, como segue:

$$R_p = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Calcular os autovalores da matriz  $\mathbf{R}_p$ , significa calcular os valores de  $\lambda$  que resolvem a equação  $|\mathbf{R}_p - \lambda \mathbf{I}| = 0$ , isto é :

$$\det \begin{bmatrix} 1 - \lambda & 1 & \cdots & 1 \\ 1 & 1 - \lambda & \cdots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & \cdots & 1 - \lambda \end{bmatrix} = 0 \quad (8)$$

que fornece a equação  $-\lambda^n + n\lambda^{n-1} = 0$ , onde  $n$  é o grau da matriz  $\mathbf{R}_p$ .

A solução da equação tem o seguinte resultado:

$$\lambda_1 = n \text{ e o auto-vetor é } q_1 = \left[ \sqrt{\frac{1}{n}}, \dots, \sqrt{\frac{1}{n}} \right]^T$$

$$\lambda_i = 0 \text{ para } i = 2, \dots, n$$

Na aplicação do MDOP, isto significa que a variância será plenamente desenvolvida no primeiro modo, e os modos seguintes não incrementarão a variância. Entretanto, supõe também, que o campo é totalmente correlacionado, concordando com o critério para o vento de rajada indicado pelo método da NBR6123 (ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1988).

Em contrapartida, podemos pensar em um campo de pressões sem qualquer correlação (ou 0% correlacionado) que gera uma matriz de correlação  $\mathbf{R}_p$  onde todos os coeficientes de correlação da diagonal principal são iguais a unidade, e os restantes iguais a zero, como segue:

$$\mathbf{R}_p = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Calcular os autovalores da matriz  $\mathbf{R}_p$ , significa calcular os valores de  $\lambda$  que resolvem a equação  $|\mathbf{R}_p - \lambda \mathbf{I}| = 0$ , isto é :

$$\det \begin{bmatrix} 1 - \lambda & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 - \lambda & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 - \lambda \end{bmatrix} = 0 \quad (10)$$

que fornece a equação  $(1 - \lambda)^n = 0$  onde  $n$  é o grau da matriz  $\mathbf{R}_p$ .

A solução da equação tem o seguinte resultado:

$\lambda_i = 1$  para  $i = 1, \dots, n$  e os auto-vetores correspondentes tem o valor 1 na posição  $i$  e zero nas outras posições:  $q_i = [0, \dots, q_{ii} = 1, \dots, 0]^T$ , isto é, a matriz  $\mathbf{Q}_p$  é a matriz identidade.

Na aplicação do MDOP, isto significa que a variância estará distribuída em todos os modos de pressão de forma equivalente e será necessário calcular a variância para todos os modos. A situação de um campo sem qualquer correlação é contrário ao critério da NBR6123 para o vento de rajada.

Diante disso, podemos dizer que em campos de maior correlação o número de modos a serem calculados para incrementar a variância é menor (menor esforço computacional); em campos menos correlacionados será necessário um maior número de modos calculados para estimar a variância.

A correlação do campo de pressões pode ser medida pelo determinante da matriz  $\mathbf{R}_p$ . Em campos totalmente correlacionados, a matriz de correlação terá todos os coeficientes iguais à unidade e seu determinante será zero. Em campos sem qualquer correlação, a matriz de correlação terá os coeficientes da diagonal principal iguais à unidade, e os restantes iguais a zero, e seu determinante será igual a 1.

Portanto, quando o determinante de  $\mathbf{R}_p$  for zero, significa que o campo é totalmente correlacionado, e quando o determinante de  $\mathbf{R}_p$  igual a 1, significa que o campo é sem qualquer correlação. Determinantes intermediários (entre 0 e 1) da matriz  $\mathbf{R}_p$ , determinam maior ou menor grau de correlação, onde os determinantes mais próximos de 1 significam menos correlação e os mais próximos de zero significam mais correlação.

## 2.4 Vento atmosférico

Chamamos de vento atmosférico ao vento que ocorre na natureza. O vento é o movimento do ar sobre a superfície terrestre e tem como causa imediata as diferenças de

pressão atmosférica causadas pelas diferenças de temperatura originadas pela energia do sol, e a própria rotação da terra.

O movimento inicia-se com o ar deslocando-se dos pontos alta pressão para os pontos de baixa pressão. Iniciado o movimento, a aceleração de Coriolis age perpendicularmente à direção do movimento da partícula causando desvio em sua trajetória para um observador situado na Terra. Devido a esse desvio do movimento a trajetória torna-se curva. O equilíbrio das forças inerciais e de Coriolis faz com que o movimento seja tangente às isóbaras. Quando as isóbaras são paralelas temos o vento geostrófico, quando são curvas temos o vento gradiente.

#### **2.4.1 Camada limite atmosférica**

Em baixas altitudes o movimento do ar (vento) é afetado pela rugosidade da superfície terrestre (rugosidade superficial) e o movimento não será tangente às isóbaras. Devido às forças de atrito superficial o vetor velocidade será oblíquo à isóbara, quer seja esta reta ou curva. Acima de uma determinada altura, o vento não é mais afetado pela rugosidade superficial, e é designado por vento gradiente. Chamamos esta altura de altura gradiente,  $z_g$ , que em geral situa-se entre 250 e 600m (Blessmann, 1995). Este valor pode chegar a 2500 m para ventos fortes, dependendo da rugosidade do terreno e do *fetch*, que é a distância a barlavento disponível para a formação do perfil (Loredou-Souza, et al., 2005). A camada de ar situada abaixo da altura gradiente é chamada de camada limite atmosférica.

O que ocorre dentro da camada limite é de especial interesse da engenharia estrutural. De uma maneira geral, as nossas construções estarão totalmente dentro da camada limite. Dentro desta camada o vento é turbulento. Em ventos fortes a turbulência é maior, e durante as tormentas (ventos de alta velocidade, superiores a 10 m/s), a turbulência é tão intensa que provoca uma mistura do ar suficiente para que o processo seja considerado adiabático e, portanto de estabilidade neutra. Desta forma, considera-se o vento como uma superposição de turbilhões de dimensões bem diversas, desde os maiores, da ordem da grandeza da camada limite, até os menores, da ordem de grandeza do milímetro. A energia cinética do escoamento médio é transferida fundamentalmente pelas tensões de Reynolds (tensões turbulentas), dos maiores turbilhões até os menores em um processo de cascata, terminando por dissipar-se em calor pela viscosidade do ar.



Este comportamento define duas camadas dentro da camada limite atmosférica: a camada superficial e a camada de Eckman. A camada superficial é próxima da superfície, onde os fluxos e tensões variam menos de 10 % de seu valor médio. Ainda nesta camada, há uma fina subcamada (subcamada interfacial), onde as tensões moleculares dominam sobre as tensões turbulentas. A espessura desta subcamada é chamada de deslocamento do plano zero e denotada por  $z_d$  (Figura 6).

A partir da camada superficial até a altura gradiente está a camada de Eckman. Nesta camada a tensão de Reynolds ( $-\rho_{ar} \overline{uw}$ ) é máxima junto à camada superficial, decrescendo com a altitude, até zero, na altura gradiente. Em vista disto a velocidade do vento é menor e com direção oblíqua à isóbara junto à camada superficial, aumentando e tornando-se menos oblíqua com a altura, até tornar-se constante (velocidade gradiente) e com direção paralela à isóbara a partir da altura gradiente.

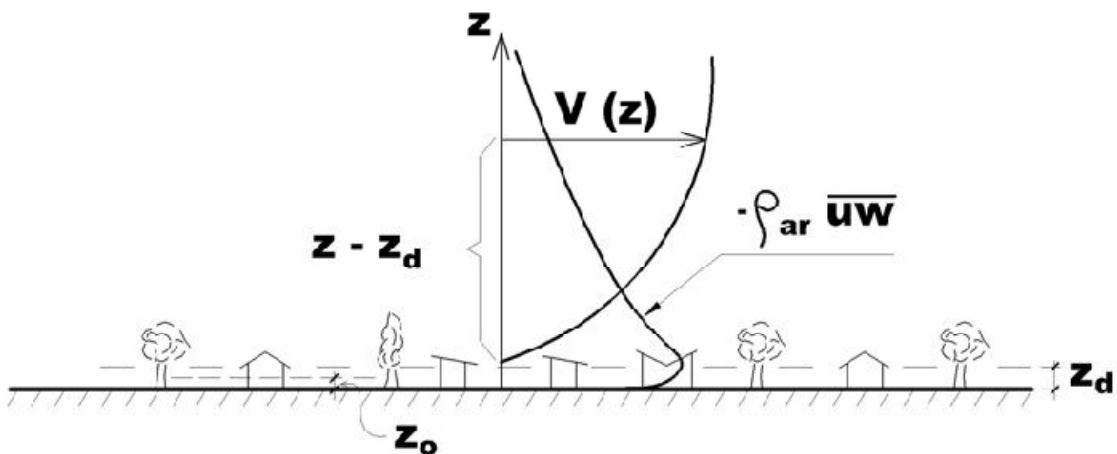


Figura 6: Perfis de velocidades médias e tensões de Reynolds da Camada limite atmosférica. (Loredou-Souza, et al., 2005)

#### 2.4.2 Espectro da turbulência na macro-meteorologia

Para a engenharia estrutural o interesse concentra-se no conhecimento das propriedades estatísticas da velocidade do vento dentro da camada limite. Neste sentido, a informação mais completa e importante do vento atmosférico é o espectro de turbulência. Van der Hoven determinou o espectro da componente longitudinal da velocidade do vento a 100 m de altura, em Brookhaven, Long island, EUA (Figura 7). Esta figura inclui flutuações que vão desde um

ano por ciclo a um segundo por ciclo. Do ponto de vista da construção civil este espectro é dividido em duas partes: a macro-meteorologia com flutuações de períodos superiores a uma hora por ciclo, e a micro meteorologia com períodos inferiores a uma hora por ciclo. Na macro-meteorologia as flutuações são lentas, com um pico anual, um pico em 4 dias e um pico menor em 12 horas. Nesta faixa as alterações da velocidade do vento são vistas na engenharia como alterações na velocidade média. Na micro-meteorologia temos um pico em 1 minuto e as alterações da velocidade do vento são vistas como rajadas. As flutuações mais importantes situam-se entre 10 minutos por ciclo e 1 segundo por ciclo. Entre 1 minuto por ciclo e 12 horas por ciclo temos um vale centrado em 1 hora por ciclo, o que justifica ensaios em túnel de vento com escala correspondente a 1 hora em tempo real. A altura do pico em 1 minuto por ciclo depende da velocidade do vento. Considerando-se que a energia cinética da turbulência é proporcional ao quadrado da velocidade, este pico será mais alto para maiores velocidades. No gráfico (Figura 7) a linha tracejada representa o pico provocado por uma brisa.

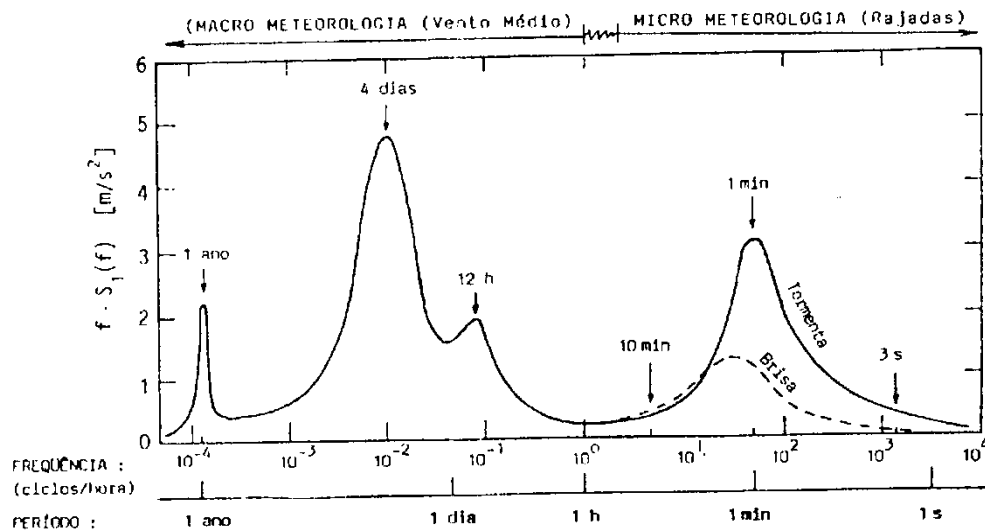


Figura 7: Espectro de Van der Honven (Blessmann, 1995)

### 2.4.3 Rugosidade superficial

A rugosidade da superfície terrestre é a principal causa da turbulência dentro da camada limite atmosférica. É caracterizada pelos efeitos acumulados estatisticamente de diversos obstáculos naturais e artificiais, de diferentes dimensões, formas e densidades, como edificações, bosques, florestas, campos cultivados, muros, lagos, mares, etc.

Dentro da camada limite o vento é frenado pelas forças de arrasto causadas tanto pelo atrito direto com a superfície terrestre rugosa como pela transferência de energia entre as camadas horizontais de ar. Esta transferência de energia entre as camadas acontece em termos de quantidade de movimento gerando as tensões de Reynolds, que são muito superiores às tensões de fricção. O maior interesse concentra-se na componente das tensões de Reynolds na direção do escoamento do ar, expressa por:

$$\tau_t = -\rho\overline{uv} \quad (11)$$

onde :

$\tau_t$  – tensão de Reynolds na direção do escoamento;

$u$  – componente das flutuações na direção do vento;

$v$  – componente vertical das flutuações;

$\rho$  – massa específica do ar.

Nas regiões próximas da superfície a componente vertical  $v$  é muito pequena, o que anula as tensões de Reynolds. Será necessário considerar as tensões de deslizamento do regime laminar dada pela expressão:

$$\tau_l = \mu \frac{\delta \bar{V}}{\delta z} \quad (12)$$

onde :

$\bar{V}$  – velocidade média;

$\mu$  - viscosidade dinâmica;

$z$  – altura.

A tensão de deslizamento total será a soma:

$$\tau = \tau_l + \tau_t = \mu \frac{\delta \bar{V}}{\delta z} - \rho \bar{u} \bar{v} \quad (13)$$

que nas proximidades da superfície terrestre ( $z=0$ ) reduz-se a

$$\tau_0 = \mu \left( \frac{\delta \bar{V}}{\delta z} \right) \quad (14)$$

Quanto mais rugosa for a superfície, maior será a tensão de cisalhamento junto à superfície e maior será o déficit de quantidade de movimento na camada limite atmosférica. A distância necessária para que um perfil sobre um dado terreno alcance o equilíbrio depende da rugosidade superficial. Se for suave, como no caso de campo aberto, o déficit de quantidade de movimento é menor que para o caso de superfícies mais rugosas, como cidades. Cada um produzirá um perfil de velocidades médias do vento diferente.

A adaptação do escoamento à mudança de rugosidade não é instantâneo. Quando a superfície passa de uma rugosidade suave para uma mais rugosa, há uma diminuição da velocidade média e são geradas maiores tensões de cisalhamento, próximo do terreno. Esta transferência de quantidade de movimento (negativa para cima) só atingirá o equilíbrio quando o perfil de velocidades médias alcance a altura gradiente,  $z_g$ , e o novo perfil esteja completamente estabelecido.

#### 2.4.4 Perfil vertical da velocidade média

Na área da engenharia estrutural existem diversas expressões deduzidas para determinar a lei de variação da velocidade média do vento com a altura, que podem ser resumidas em duas formas de perfis: o perfil logarítmico e o perfil potencial. A norma NBR 6123 utiliza o perfil potencial a seguir:

$$\frac{v(z)}{v(z_{ref})} = \left( \frac{z}{z_{ref}} \right)^p \quad (15)$$

onde:

$v(z)$  - velocidade média na altura  $z$ ;

$v(z_{ref})$  - velocidade média na altura de referência,  $z_{ref}$ ;

$p$  – expoente da lei de potência

A norma brasileira NBR 6123 adota a altura de referência,  $z_{ref}$ , 10 m.

## 2.5 Simulação do vento natural em túnel de vento

O vento simulado em túnel é chamado de vento natural e difere em parte do vento atmosférico. Na verdade a simulação contempla somente um pedaço do espectro de velocidades do vento atmosférico situado entre 1 segundo por ciclo e 1 hora por ciclo (Figura 7). Isto significa que nesta simulação de 1 hora em tempo real teremos todas as rajadas com duração e periodicidade inferiores a 1 hora, existentes no vento atmosférico no momento da rajada de 1 hora.

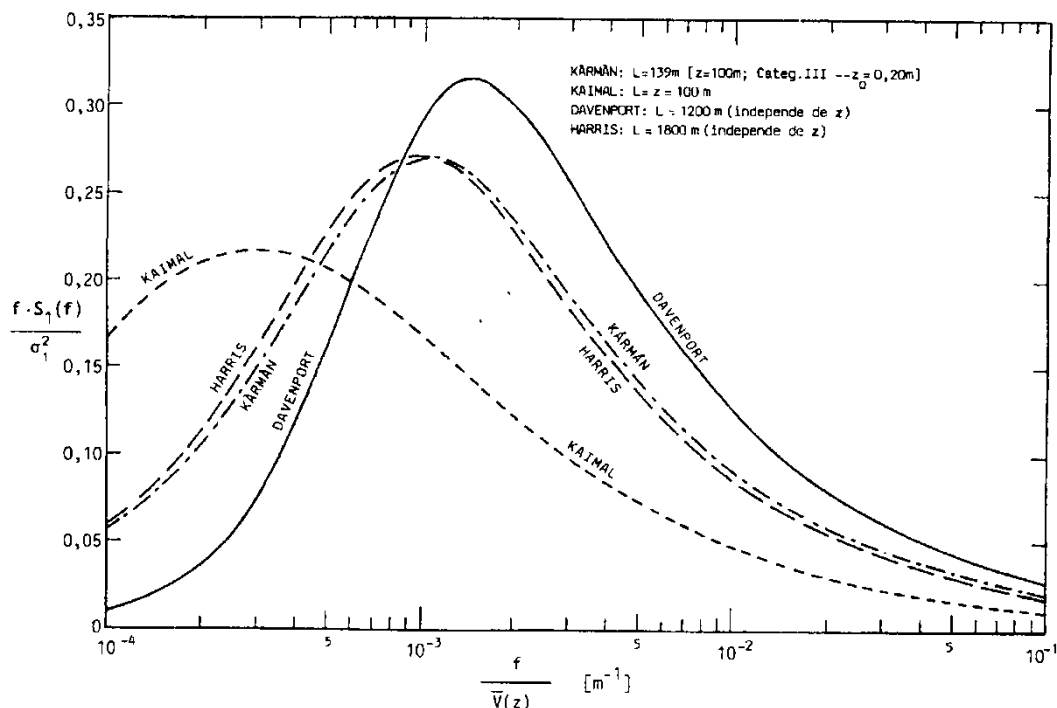


Figura 8: Espectros de Davenport, Harris, Kármán Kaimal

O vento natural é aquele que contém as características estatísticas (média, desvio padrão, correlação e espectro de potência) do vento atmosférico no momento de uma rajada.

Este é o vento que procuramos simular em túneis de vento para ensaios de modelos. A simulação correta destas características é fundamental para aplicações em Engenharia Civil (The Application of The Boundary Layer Wind Tunnel to the Prediction of Wind Load, 1967), sem a qual os resultados obtidos não refletem a realidade.

Há um grande número de expressões matemáticas, de diversos autores, para representar o espectro de energia da velocidade do vento. As mais importantes para a engenharia estrutural são as expressões que representam o espectro de Davenport, o espectro e Harris, o espectro de Von Kármán e o espectro de Kaimal (Figura 8).

Através de uma combinação adequada de obstáculos e/ou jatos de ar e/ou telas e grelhas e/ou blocos disseminados no piso do túnel reproduzimos as características estatísticas do vento natural (Figura 9).

Informações adicionais sobre a simulação das características estatísticas do vento natural em túnel podem ser obtidas em (Blessmann, 1983) e (Blessmann, 1982).

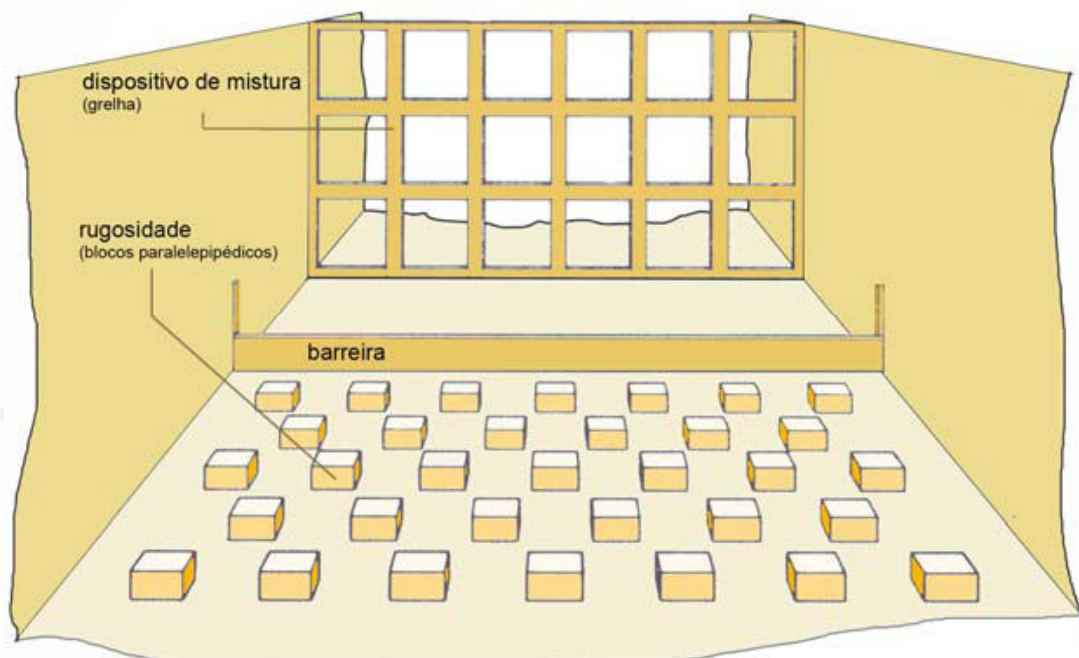


Figura 9 : Dispositivos para simulação do vento natural

### 2.5.1 Espectro de Harris

Harris (Measurements of wind structures at heights up 598ft above ground level, 1968) *apud* (Blessmann, 1995)) sugere a seguinte expressão para descrever o espectro de potência da velocidade do vento:

$$\frac{f S_1(f)}{[C_{as} \bar{V}^2(10)]} = \frac{4X_1}{(2 + X_1^2)^{5/6}} \quad (16)$$

onde:

$f$  – frequência em Hz

$S_1(f)$  – densidade espectral da componente longitudinal da velocidade na frequência  $f$

$\bar{V}(10)$  – velocidade média a 10 m de altura, em m/s

$C_{as}$  – coeficiente de arrasto superficial

$X_1$  – frequência adimensional,  $X_1 = \frac{fL}{\bar{V}(10)}$

$L$  – escala longitudinal do espectro, em m.

Por integração do espectro de potência da velocidade podemos obter a variância

$$\sigma_1^2 = \int_0^{\infty} S_1(f) df = 6.66 C_{as} \bar{V}^2(10) \quad (17)$$

### 2.5.2 Variação do desvio padrão com a altura

Harris (The nature of the wind, 1970) baseado em estudos de Davenport (The spectrum of horizontal gustiness near the ground in high winds, 1961), chegou à seguinte expressão para o desvio padrão da componente longitudinal da velocidade do vento:

$$\sigma_1 = \sqrt{\sigma_1^2} = 2.58(C_{as})^{1/2} \bar{V}(10) \quad (18)$$

Observa-se pela expressão, que o desvio padrão é invariante com a altura sobre o terreno. Na realidade, comentado pelo próprio Harris (Blessmann, 1995), o desvio padrão decresce muito lentamente com a altura e, para fins de projeto estrutural, pode ser considerado invariável com a altura e igual ao valor medido a 10 m para alturas inferiores a 180 m.

### 2.5.3 Fator de rajada

Considerando que dentro de uma rajada de vento temos flutuações da velocidade com um determinado intervalo de tempo  $\Delta t$ , o fator de rajada, referido a este intervalo de tempo, é a relação entre a máxima velocidade média das flutuações com duração  $\Delta t$  e a velocidade média da rajada, dado pela expressão:

$$G = \frac{v_{max,\Delta t}}{\bar{v}} \quad (19)$$

onde:

G- fator de rajada

$v_{max, \Delta t}$  – máxima velocidade média das flutuações com duração  $\Delta t$ .

$\bar{v}$  - velocidade média da rajada

### 2.5.4 Fator de pico

Considerando que dentro de uma rajada de vento temos flutuações da velocidade com um determinado intervalo de tempo  $\Delta t$ , o fator de pico, referido a este intervalo de tempo, é a quantidade de desvios padrões que devemos acrescentar à velocidade média da rajada para obtermos a máxima velocidade média das flutuações com duração  $\Delta t$ , dado pela expressão:

$$g = \frac{v_{max,\Delta t} - \bar{v}}{\sigma} \quad (20)$$

onde:



g- fator de pico

$v_{\max}, \Delta t$  – máxima velocidade média das flutuações com duração  $\Delta t$ .

$\bar{v}$  - velocidade média da rajada

## 2.6 Propriedades estatísticas da velocidade do vento

### 2.6.1 Média

A velocidade média de uma rajada é dada por:

$$v_{\mu} = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt \quad (21)$$

onde:

$v_{\mu}$  - velocidade média

$v(t)$  – velocidade instantânea no tempo  $t$

$T$  – duração da rajada

### 2.6.2 Variância

A variância de uma rajada é dada por:

$$\sigma^2 = \frac{1}{T} \int_0^T (v(t) - v_{\mu})^2 dt \quad (22)$$

onde,

$\sigma^2$  – variância

$v_{\mu}$  - velocidade média

$v(t)$  – velocidade instantânea no tempo  $t$

$T$  – duração da rajada

### 2.6.3 Desvio Padrão

O desvio padrão  $\sigma$  é a raiz quadrada da variância.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (v(t) - v_\mu)^2 dt} \quad (23)$$

onde,

$\sigma$  – desvio padrão

$v_\mu$  - velocidade média

$v(t)$  – velocidade instantânea no tempo  $t$

$T$  – duração da rajada

#### 2.6.4 Intensidade de turbulência

A intensidade de turbulência é dada por:

$$I = \frac{\sigma}{v_\mu} \quad (24)$$

onde,

$I$  – intensidade de turbulência

$\sigma$  – desvio padrão

$v_\mu$  - velocidade média

#### 2.6.5 Função de auto-correlação

A função de auto-correlação, ou função de auto-covariância, descreve a dependência geral entre o valor da função (ou fenômeno) em um instante de tempo  $t$  e em um outro instante de tempo  $(t+\tau)$ , é dada por:

$$R_x(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t)x(t + \tau)dt \quad (25)$$

onde :

$x(t)$  – valor da função no instante  $t$ ;

$x(t+\tau)$  – valor da função no instante  $(t+\tau)$ ;

$T$  – tempo de duração do fenômeno;

$R_x(\tau)$  – função de auto-correlação dos valores da função  $x$  para um deslocamento no tempo de  $\tau$ ;

$\tau$  – deslocamento no tempo.

A função de auto-correlação normalizada é dada pela equação:

$$\rho_x(\tau) = \frac{R_x(\tau)}{R_x(0)} \quad (26)$$

onde:

$\rho_x(\tau)$  - função de auto-correlação normalizada para um deslocamento no tempo de  $\tau$ .

### 2.6.6 Escala temporal da turbulência

A escala temporal da turbulência, ou tempo característico é a área sob a curva de auto-correlação normalizada, dada pela equação:

$$T_c = \int_0^{\infty} \rho_x(\tau) d\tau \quad (27)$$

onde:

$T_c$  – escala temporal de turbulência ou tempo característico.

A escala temporal da turbulência caracteriza o tempo em que as medidas do sinal do processo aleatório têm alguma memória.

### 2.6.7 Função de correlação cruzada

A função de correlação cruzada, ou função de correlação espacial, descreve a dependência geral entre o valor da função (ou fenômeno) em um ponto no espaço, no instante de tempo  $t$ , e em um outro ponto no instante de tempo  $t$ , é dada por:

$$R_x(s) = \lim_{S \rightarrow \infty} \frac{1}{S} \int_0^S x(r)x(r+s) ds \quad (28)$$

onde :

$x(r)$  – valor da função na posição  $r$ ;

$x(r+s)$  – valor da função na posição  $(r+s)$ ;

$S$  – distância atingida pelo fenômeno;

$R(s)$  – função de correlação cruzada dos valores da função para um deslocamento no espaço de  $s$ ;

$s$  – deslocamento no espaço.

A função de correlação cruzada normalizada é dada pela equação:

$$\rho_x(s) = \frac{R_x(s)}{R_x(0)} \quad (29)$$

onde:

$\rho_x(s)$  - função de correlação cruzada normalizada para um deslocamento no espaço de  $s$ .

### 2.6.8 Escala espacial da turbulência

A escala espacial da turbulência, ou distância característica é a área sob a curva de correlação cruzada normalizada, dada pela equação:

$$L_c = \int_0^{\infty} \rho_x(s) ds \quad (30)$$

onde:

$L_c$  – escala espacial de turbulência ou distância característica.

A escala espacial da turbulência caracteriza a distância em que as medidas do sinal do processo aleatório têm alguma memória.

### 2.6.9 Escala longitudinal da turbulência

A escala espacial da velocidade longitudinal do vento pode ser obtida multiplicando-se a escala temporal pela velocidade média do vento:

$$L_c = \bar{V} T_c \quad (31)$$

### 2.6.10 Espectro de potência

O espectro de potência ou densidade espectral de potência da velocidade do vento é a transformada de Fourier de sua função de auto-correlação, dado por:

$$\tilde{S}_x(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} R_x(\tau) e^{-i\omega\tau} d\tau \quad (32)$$

onde :

$R(\tau)$  – função de auto-correlação dos valores da função para um deslocamento no tempo de  $\tau$ ;

$S_x(f)$  – função de densidade espectral de potência.

Pela fórmula de inversão de Fourier podemos expressar a função de auto-correlação  $R(\tau)$ , em termos da função de densidade espectral de potência  $S_x(f)$ :

$$R_x(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} \tilde{S}_x(f) e^{i\omega\tau} df \quad (33)$$

O par de Fourier (32) e (33) é conhecido como “teorema de Wiener-Khintchine”.

### 2.6.11 Coeficiente de correlação de Pearson

O coeficiente de correlação de Pearson, ou covariância normalizada, é dada pela expressão:

$$\rho_{12} = \frac{cov(x_1, x_2)}{\sigma_1 \sigma_2} \quad (34)$$

onde:

$\rho_{12}$  – coeficiente de correlação de Pearson entre a posição 1 e 2;

$\text{cov}(x_1, x_2)$  – covariância entre os valores da função nas posição 1 e 2;

$\sigma_1$  - desvio padrão da função na posição 1;

$\sigma_2$  - desvio padrão da função na posição 2.

## 2.7 Pressão do vento

### 2.7.1 Teorema de Bernoulli

Para escoamento permanente de fluidos com viscosidade e compressibilidade desprezível, o teorema de Bernoulli tem o seguinte enunciado:

$$\frac{1}{2}\rho v^2 + p + \rho g z = \text{constante} \quad (35)$$

onde:

$\rho$  – massa específica do fluido;

$p$  – pressão estática;

$g$  – aceleração da gravidade;

$v$  – velocidade do escoamento;

$z$  – cota de altura.

A parcela  $\frac{1}{2}\rho v^2$  é definida como pressão dinâmica e a parcela  $p$  como pressão estática.

### 2.7.2 Pressão dinâmica e pressão de obstrução

Pelo teorema de Bernoulli, considerando dois pontos em um escoamento permanente de um fluido, com viscosidade e compressibilidade desprezível podemos escrever a seguinte igualdade:

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + p_1 + \rho g z_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + p_2 + \rho g z_2 = \text{constante} \quad (36)$$

onde:

$\rho$  – massa específica do fluido;

$p_1$  e  $p_2$  – pressão estática nos ponto 1 e 2, respectivamente;

$g$  – aceleração da gravidade;

$v_1$  e  $v_2$  – velocidade do escoamento nos ponto 1 e 2, respectivamente;

$z_1$  e  $z_2$  – cota de altura nos ponto 1 e 2, respectivamente.

Se admitirmos um escoamento horizontal então  $z_1$  será igual a  $z_2$ , ou no caso do ar e dos gases, se desprezarmos as forças de massa, a igualdade (27) fica:

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + p_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + p_2 = \text{constante} \quad (37)$$

Agora, se imaginarmos que o ponto 1 está a barlavento do ponto 2, e que neste ponto tenha um obstáculo que torne a velocidade  $v_2$  igual a zero, definimos como pressão de obstrução a variação de pressão do ponto 1 para o ponto 2, dada por:

$$p_{\text{obst}} = \Delta p = p_2 - p_1 = \frac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_2^2) \quad (38)$$

onde:

$p_{\text{obst}}$  – pressão de obstrução.

Considerando que  $v_2$  é igual a zero, temos:

$$p_{\text{obst}} = \frac{1}{2}\rho v_1^2 \quad (39)$$

Concluimos que a pressão de obstrução que ocorre no ponto 2 é igual a pressão dinâmica no ponto 1.

Considerando a massa específica do ar,  $\rho=1.2253 \text{ kg/m}^3$ , chegamos a :

$$p_{obst} = 0.613v^2 \quad (40)$$

sendo:

$v$  – velocidade em m/s;

$p_{obst}$  – pressão de obstrução em  $N/m^2$ .



### 3 Estrutura de estudo

#### 3.1 Descrição geral

Esta dissertação usa como estrutura de estudo uma treliça espacial conformada por um semi-cilindro horizontal com 53,00 m de diâmetro e 92,80 m de comprimento (figuras 6, 7 e 8). O modelo da treliça tem 1564 nós e 6032 barras com seção circular tubular e é composto por uma malha superior e uma malha inferior. As duas malhas são defasadas de modo que o nó da malha inferior localize-se a uma distância de 1,961 m do centro geométrico do quadrado da malha superior em direção ao centro da circunferência (figura 12). Os nós da malha superior e inferior são ligados por diagonais.

A malha superior é formada por quadrados de 3,20 m de lado, e a distancia entre a malha superior e a malha inferior é de 1,961 m, produzindo uma malha inferior de retângulos com 3,20m x 2,963m. Assim as diagonais tem o mesmo comprimento que as barras transversais da malha inferior, que é 2,963 m (Figura 10, Figura 11 e Figura 12).

Desenvolve-se um programa em linguagem QBX(BASIC) que gera as coordenada dos nós, as conectividades e áreas das barras, onde os dados gerados são guardados em arquivo eletrônico para utilização posterior .

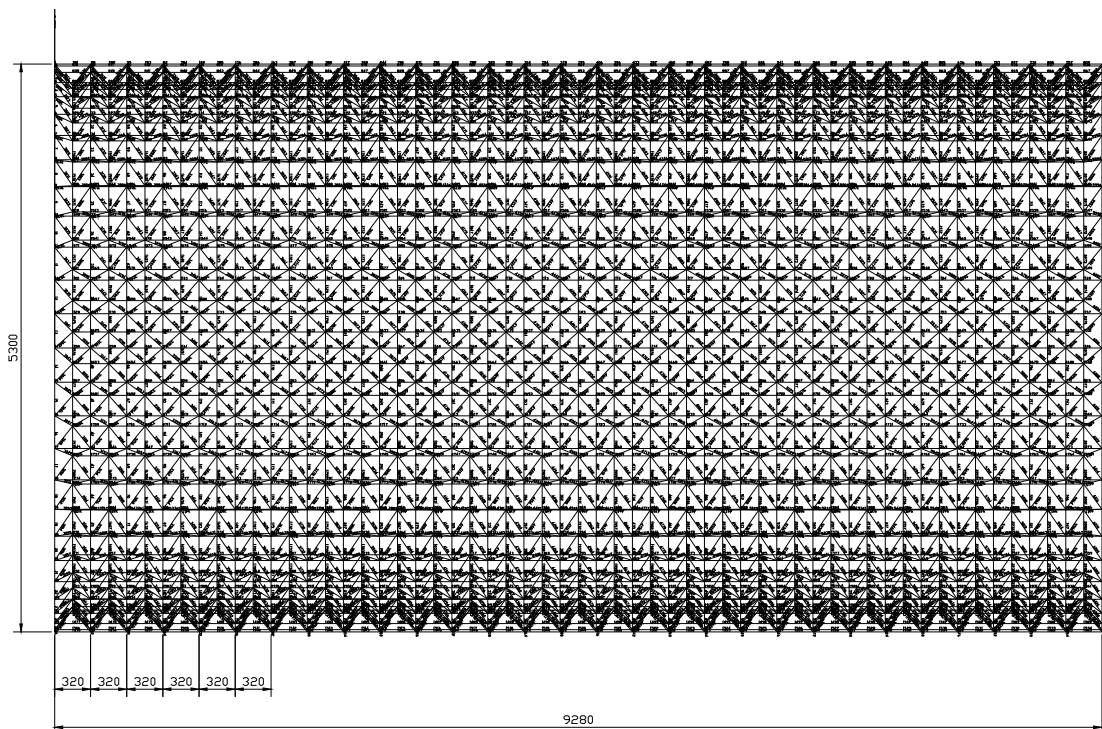


Figura 10 : Vista Superior da treliça

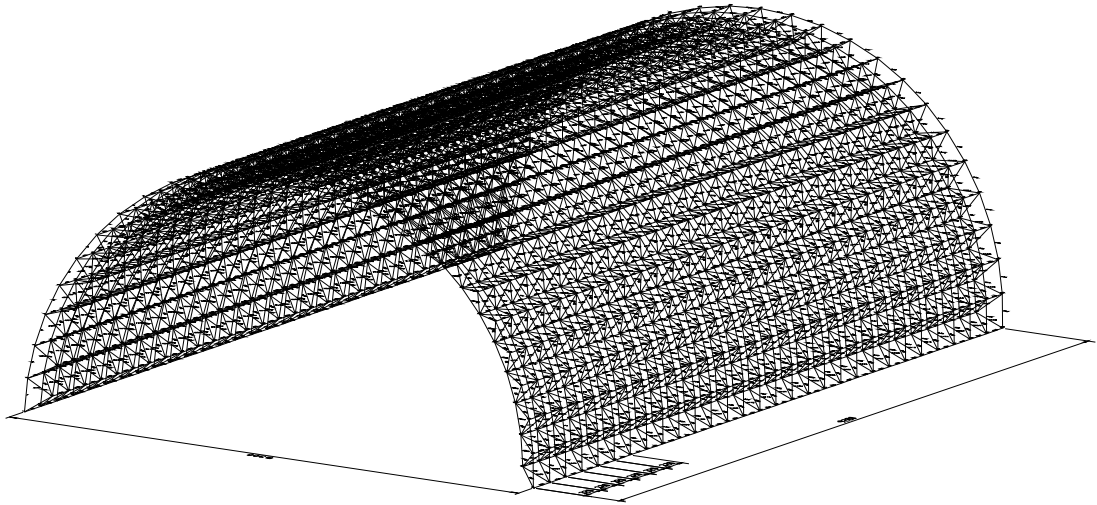


Figura 11 : Perspectiva da estrutura

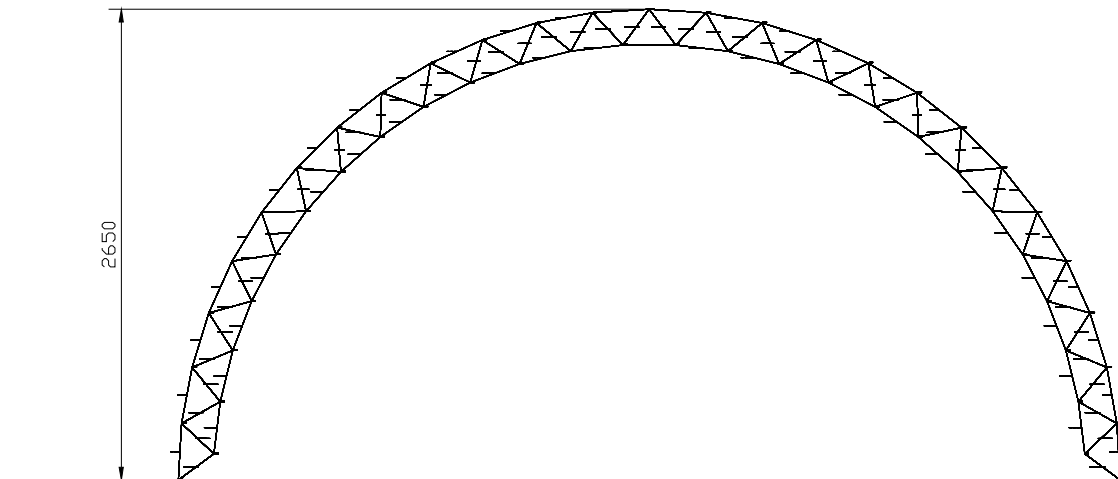


Figura 12 : Vista frontal

### 3.2 Numeração do nós e barras

A numeração dos nós para a malha superior inicia no canto superior esquerdo da vista superior da estrutura (Figura 10), seguindo no sentido transversal até o canto inferior esquerdo e daí, seqüencialmente, até o canto inferior direito, de 1 a 810.

A numeração dos nós para a malha inferior segue o mesmo método acima, indo de 811 a 1564.

A numeração das barras inicia no canto superior esquerdo, segue no sentido transversal até o canto inferior esquerdo e em seqüência até o canto inferior direito, por tipo de barra conforme Tabela 1.

Tabela 1 : Numeração das barras

| Posição da barra      |              | Quantidade | Numeração   |
|-----------------------|--------------|------------|-------------|
| <b>Malha superior</b> | Transversal  | 780        | 1 a 780     |
|                       | Longitudinal | 783        | 781 a 1563  |
| <b>Malha inferior</b> | Transversal  | 725        | 1564 a 2288 |
|                       | Longitudinal | 728        | 2289 a 3016 |
| <b>Diagonais</b>      |              | 3016       | 3016 a 6032 |

### 3.3 Áreas da barras e restrições nodais

Arbitra-se a seção transversal de todas as barras em 5 cm<sup>2</sup>. Como a metodologia escolhida para comparação dos dois métodos (NBR e MDOP) é através de um parâmetro definido em 3.6, obtido a partir das solicitações, as alterações de área das barras por motivo de dimensionamento não alteram os propósitos desta dissertação.

Todos os nós em contato com o solo, num total de 60, estão restritos nas três direções, x, y e z.

### 3.4 Matriz de rigidez

Sendo a estrutura uma treliça espacial, com 1564 nós, temos em princípio uma matriz de rigidez de 4692x4692 elementos. Desenvolve-se um programa de computador em linguagem QBX (BASIC) que trabalha com uma matriz banda. Neste caso, a semi-largura de banda (SLB) é dada por:

$$SLB = 3(D + 1) \quad (41)$$

onde:

SLB – semi-largura de banda;

D – maior diferença entre o nó inicial e final de todas as barras da estrutura.

Para esta estrutura temos  $D=810$ , que fornece uma semi-largura de banda,  $SLB=2433$  e uma matriz de rigidez banda com  $4692 \times 2433$  elementos. Para a linguagem QBX(BASIC) a inversão desta matriz é muito demorado, levando dias de processamento, mesmo nos computadores atuais.

Utiliza-se então, um método para matrizes esparsas (com muitos zeros), alterando a ordem das equações de forma a compactar a matriz e gerando um vetor índice para re-ordenamento posterior das equações. Chega-se a uma semi-largura de banda,  $SLB=164$  para a matriz banda com  $4692 \times 164$  elementos. Inverte-se a matriz (em 40 min em um processador Pentium 4 - 3.0GHz) e armazena-se em meio eletrônico a matriz inversa e o vetor índice, para uso em outro programa que calcula a evolução da variância das solicitações para os modos do MDOP (capítulo 6). Assim, a solução de cada modo de pressão fica resumida a uma simples multiplicação matricial e re-ordenamento dos resultados (em 10 s cada modo).

### 3.5 Comentários sobre a estrutura e o MDOP

Cabe aqui tecer alguns comentários sobre as propriedades da estrutura escolhida com referência ao método da decomposição ortogonal própria (MDOP).

O tamanho da estrutura (53m x 92,80m em planta e 26,50m de altura) é bastante significativo em relação ao tamanho dos turbilhões gerados pela turbulência atmosférica. Segundo (Blessmann, 1995), as dimensões dos turbilhões são caracterizadas pelas correspondentes escalas espaciais e são definidas pelo comprimento L de um retângulo de mesma área que a área sob a curva de correlação espacial das velocidades do vento. A norma brasileira NBR6123 (ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1988), para determinação do fator  $S_2$ , classifica as edificações em classes A (menor que 20 m), B (entre 20 m e 50 m) e C (maior que 50 m). A edificação está classificada, então, com classe C (ou

superior) indicando um campo de pressões menos correlacionado. A importância disto para o MDOP é que necessitamos considerar um número maior de modos de pressão para atingirmos a variância das solicitações.

A treliça espacial tem uma continuidade estrutural plena, isto é, a estrutura tem a propriedade de transmitir uma ação em qualquer ponto para solicitações em todas as barras. Para o MDOP isto significa que a variância da solicitação de uma barra recebe contribuições da totalidade do campo de pressões.

A treliça espacial, por ser treliça, admite apenas um tipo de solicitação por barra, o esforço normal, que é constante em todo o comprimento da barra. Este fato simplifica consideravelmente a análise dos resultados do MDOP para os propósitos desta dissertação

### 3.6 Parâmetro de dimensionamento

Um dos objetivos desta dissertação é o estudo comparativo de dimensionamento entre o prescrito pela NBR6123 e o método da decomposição ortogonal própria (MDOP). Para isto torna-se necessário definir um parâmetro de dimensionamento (isto é, uma quantidade que possa reunir as informações do dimensionamento de todas as barras), e usá-lo como valor comparativo entre as diversas hipóteses e modalidades de cálculo.

É de especial interesse que este parâmetro seja uma transformação linear do vetor de solicitações, pois sendo o vetor de solicitações uma transformação linear do vetor de carregamentos nodais, o parâmetro de dimensionamento também será. Assim sendo, na aplicação do MDOP, as propriedades da evolução da variância das solicitações serão estendidas também ao parâmetro de dimensionamento.

Assim, escolhe-se como parâmetro de dimensionamento a média do valor absoluto das solicitações das barras, ponderada pelo comprimento, dada a seguir:

$$P = \frac{\sum_{i=0}^n ABS(N_i) l_i}{\sum_{i=0}^n l_i} \quad (42)$$

onde:

P – parâmetro de dimensionamento

$N_i$  – solicitação normal da barra  $i$

$l_i$  – comprimento da barra  $i$

## 4 Ensaios em túnel de vento

### 4.1 Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann

Os ensaios são realizados no Túnel de Vento *Prof. Joaquim Blessmann* da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Blessmann, 1982), mostrado na Figura 13.

Trata-se de um túnel de vento de camada limite de retorno fechado, projetado especificamente para ensaios estáticos e dinâmicos de modelos de construções civis. Este túnel permite a simulação das principais características de ventos naturais. Tem relação comprimento/altura da câmara principal de ensaios superior a 10,3, e dimensões 1,30m de largura, 0,90m de altura e 9,32m de comprimento.

A velocidade máxima do escoamento de ar nesta câmara, com vento uniforme e suave, sem modelos, é de 42 m/s. As hélices do ventilador são acionadas por um motor elétrico de 100 HP e a velocidade do escoamento é controlada manualmente através de aletas radiais metálicas que obstruem a passagem do ar.



Figura 13 : Túnel de vento Prof. Joaquim Blessmann (foto do autor)

Atualmente o túnel de vento dispõe de três mesas giratórias para a realização de ensaios estáticos e dinâmicos. A localização destas mesas e outras características físicas do túnel de vento podem ser vistas na Figura 14. Maiores detalhes e outras informações sobre o túnel de vento podem ser encontrados em (Blessmann, 1982) e (Blessmann, 1983)

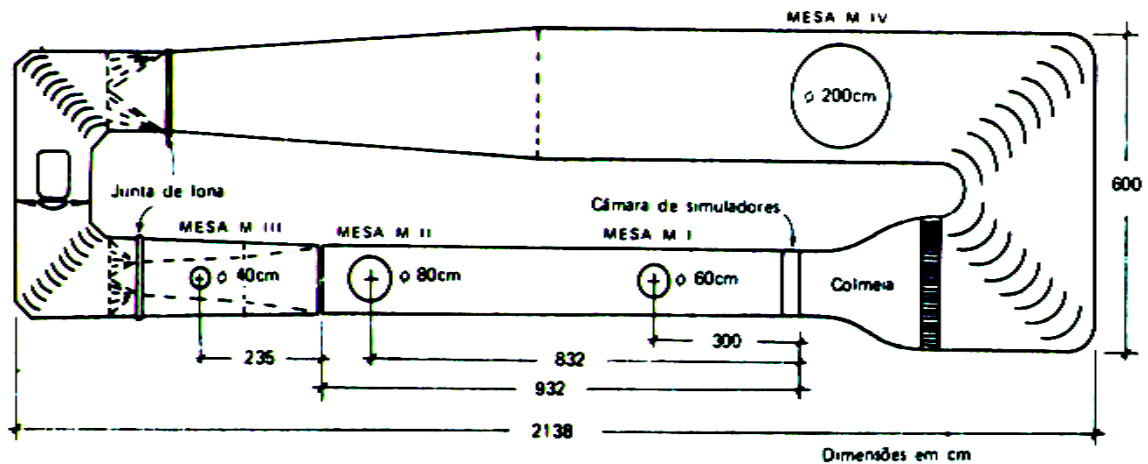


Figura 14 : Circuito aerodinâmico do Túnel de Vento Prof. Joaquim Blessmann (Blessmann, 1983)

Durante a realização dos testes a velocidade do túnel é monitorada através da medida diferencial de pressão estática,  $\Delta p_a$ , lida em dois anéis piezométricos situados nos extremos do convergente situado na entrada da seção principal de trabalho. Estas leituras são sempre feitas por meio de transdutores eletrônicos de pressão, e armazenadas em arquivo eletrônico por meio de um software.

Para os diversos perfis de velocidade dos ventos simulados no túnel foram determinados os coeficientes  $k_o$ , que vinculam a pressão dinâmica,  $q$ , no eixo do túnel, e a pressão de referência  $\Delta p_a$ . Desta forma é possível calcular a pressão dinâmica e a velocidade do escoamento em qualquer ponto da seção transversal, devidamente mapeada, pela simples leitura da pressão de referência. Esta relação é mostrada na equação:

$$q = k_o \Delta p_a \quad (43)$$

onde:  $q$  – pressão dinâmica ao longe  $= (1/2)\rho V^2$  [Pa];

$V$  – velocidade média do vento [m/s];

$k_o$  – coeficiente que vincula  $q$  e  $\Delta pa$ ;

$\Delta pa$  – pressão de referência (diferença de pressão entre os anéis piezométricos) [Pa].

## 4.2 Modelo de ensaios

É construído um modelo para ensaios, na escala 1/250, em alumínio, com 255 tomadas de pressão distribuídas estrategicamente sobre a superfície cilíndrica do modelo (Figura 15).

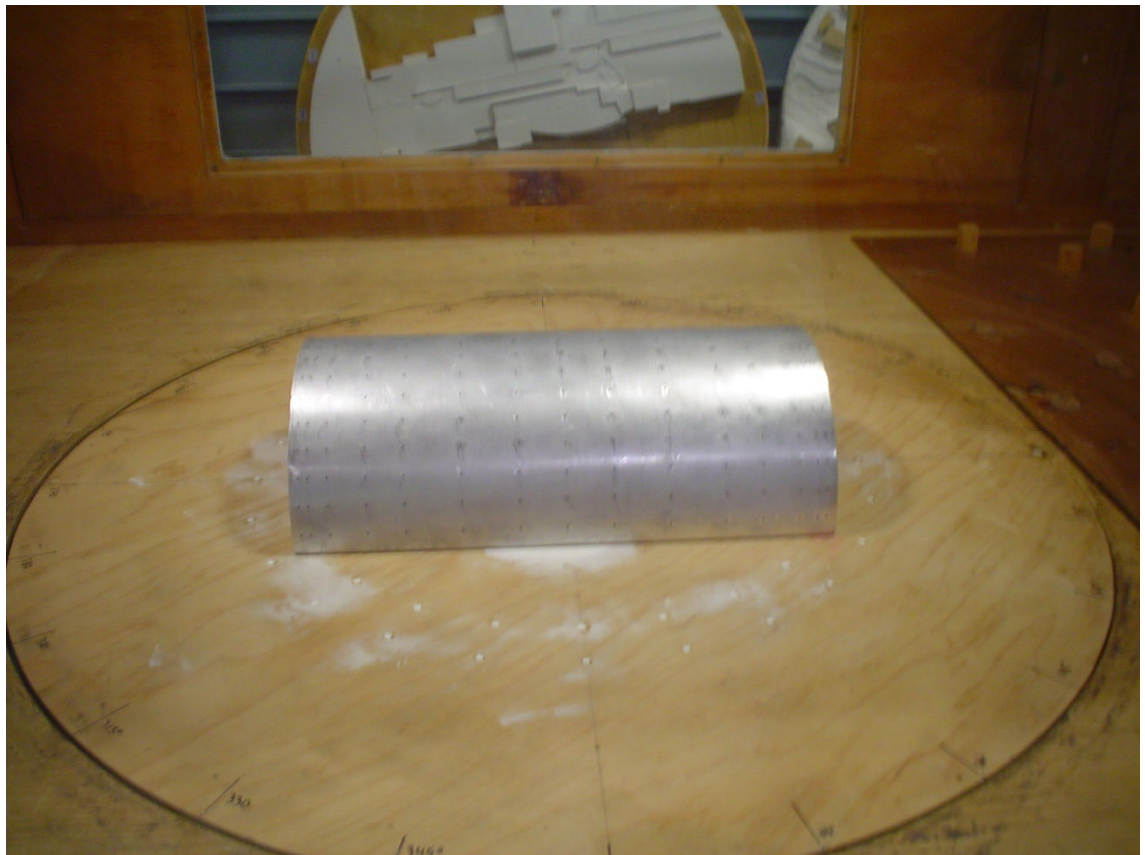


Figura 15: Modelo sobre a mesa giratória, esc 1/250 (foto do autor)



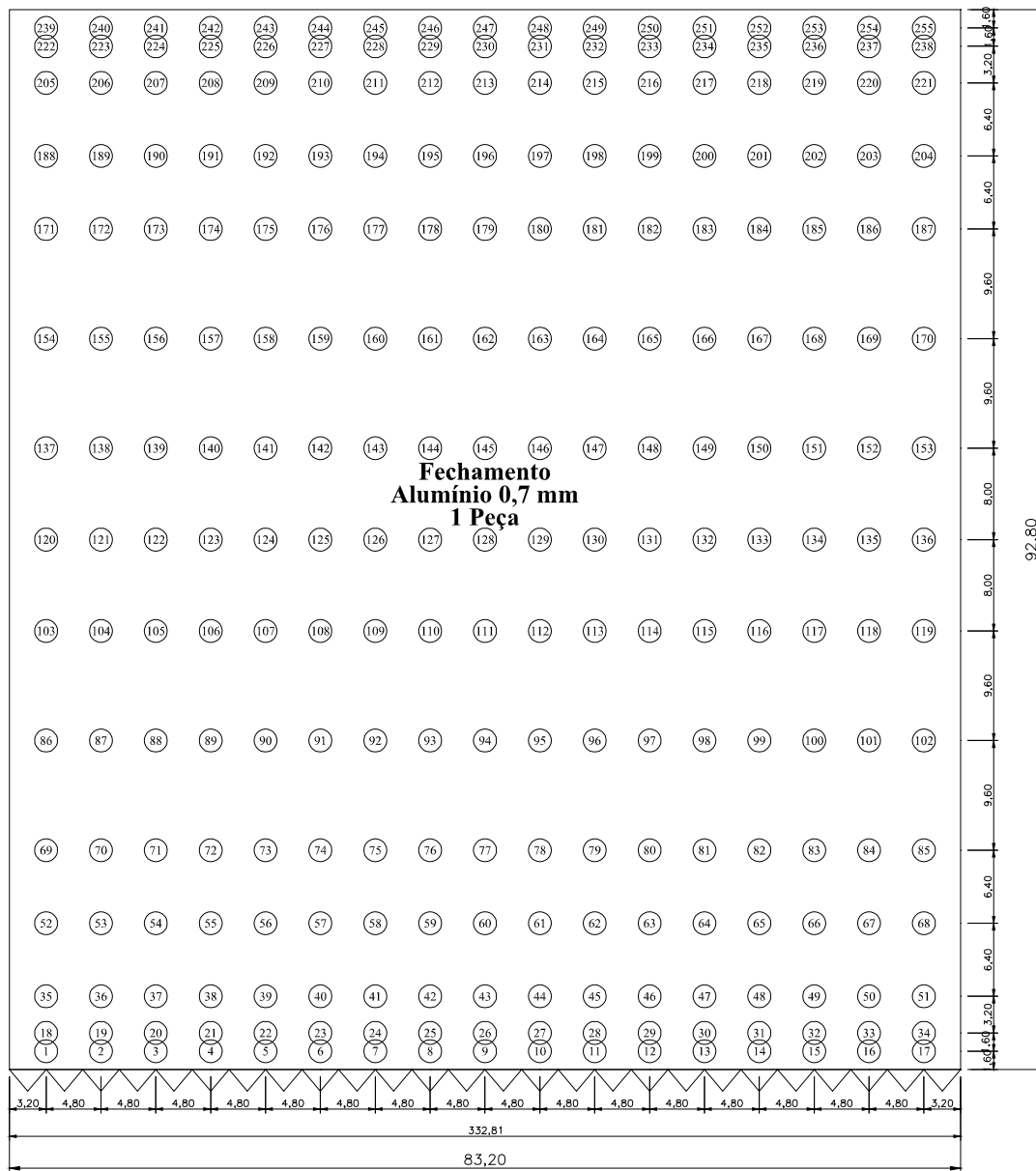


Figura 16 : Vista superior desenvolvida com posição das 255 tomadas.

As posições das tomadas podem ser observadas na Figura 15, e estão definidas (numeradas e cotadas) na vista desenvolvida da superfície do modelo (Figura 16).

### 4.3 Ensaios

O modelo é ensaiado mesa giratória M-II para escoamento suave ( $p=0.11$ , aproximadamente classe I da NBR 6123) e escoamento turbulento ( $p=0.23$ , classe entre III e

IV da NBR 6123). Para cada escoamento ( $p=0.11$  e  $p=0.23$ ) são ensaiadas 24 direções do vento, girando-se a mesa em  $15^\circ$  para cada direção, totalizando  $360^\circ$ .

Para cada ensaio, são feitas 8192 medidas instantâneas e simultâneas para as 255 posições de tomadas na superfície do modelo, durante 16s aproximadamente (equivalente ao tempo de 1h na escala real).

São gerados 24 arquivos eletrônicos (um para cada direção do vento) para vento suave ( $p=0.11$ ), e 24 arquivos eletrônicos (um para cada direção do vento) para vento turbulento ( $p=0.23$ ), totalizando 48 arquivos. Os arquivos contem seqüencialmente as 255 tomadas de pressão no instante  $t_1, t_2, \dots, t_{8192}$ . Note que os 8192 instantes de tempo acontecem em um período de 16 s, o que significa que é feito uma medida a cada 2 milésimos de segundo, simultaneamente para as 255 tomadas. Cada arquivo tem, então,  $(8192 \times 255)$  2.088.960 dados.

Estes arquivos são os dados de túnel de vento necessários para a realização do cálculo pelo vento de rajada da NBR 6123 e pelo método da decomposição ortogonal própria (MDOP).

## 5 Simulações

### 5.1 Processamento dos dados do túnel de vento

É necessário o processamento prévio dos dados gerados em túnel de vento de forma que possam ser ligados ao programa de cálculo do método da NBR6123 e do MDOP. Cabem aqui algumas considerações que direcionam as decisões a tomar.

O método da NBR 6123 supõe um vento de rajada que é função das dimensões da estrutura. Supõe também que esta rajada está totalmente correlacionada dentro das dimensões da estrutura e estabelece um intervalo de tempo  $\Delta t$ , de duração da rajada. Este intervalo de tempo determina a velocidade característica do vento ( $v_k$ ), referida às dimensões da edificação.

A partir da velocidade de rajada ( $v_k$ ), calculamos a pressão dinâmica ( $P_{din}$ ) usada nos cálculos:

$$P_{din} = 0.613v_k^2 \quad (44)$$

onde:

$P_{din}$  – pressão dinâmica em  $N/m^2$

$v_k$  - velocidade característica em m/s.

O intervalo de tempo  $\Delta t$  é a escala temporal da turbulência referida à escala espacial de 7.5 vezes a dimensão característica da edificação, dado pela expressão:

$$\Delta t = 7.5 \frac{d}{v_k} \quad (45)$$

onde:

$d$  – dimensão característica da edificação;

$v_k$  – velocidade característica.

Em vento suave a velocidade  $v_k$  é maior, gerando um intervalo de tempo  $\Delta t$  menor para percorrer 7.5 vezes a dimensão característica da construção. Em vento turbulento a velocidade

$v_k$  é menor, gerando um intervalo de tempo  $\Delta t$  maior para percorrer 7.5 vezes a dimensão característica da construção. Percebe-se, então, que a NBR 6123 ajusta a escala temporal à escala espacial da turbulência.

Esta metodologia aumenta a complexidade do problema tendo em vista que a dimensão característica da edificação se altera para diferentes direções do vento gerando distintas velocidades características e pressões dinâmicas. No item 6.5 é feito um estudo a respeito, onde se conclui que essas variações da pressão dinâmica e do fator de pico são pequenas e insuficientes para alterar a análise da presente dissertação. Em vista disto, admite-se o valor do maior lado em planta como representativo da dimensão característica da edificação, igual a 92.80 m.

O método da decomposição ortogonal própria MDOP não está normatizado. As premissas de cálculo utilizadas são consequência da lógica e entendimento do fenômeno. Segundo (The relationship of wind structure to wind loading, 1963) *apud* (Blessmann, 1988) o espectro de potência da velocidade do vento natural apresenta um grande pico entre 1 e 2 minutos por ciclo; entre 5 minutos por ciclo e 4 a 5 horas por ciclo o espectro contém muito pouca energia; e em 12 horas por ciclo apresenta um pico menor. Entre os dois picos citados há um vale que se estende desde 5 minutos por ciclo a 5 horas por ciclo, com centro em torno de uma hora (Figura 17).

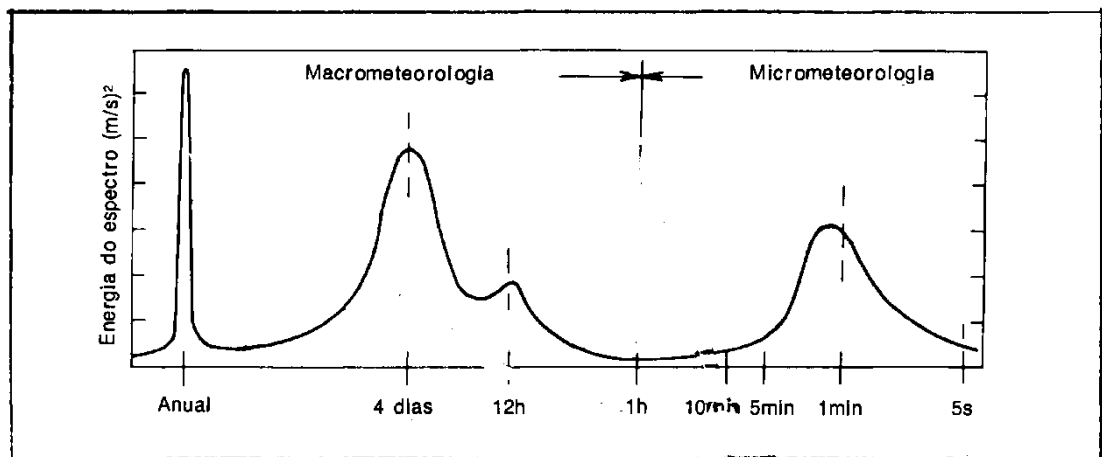


Fig. 3.6 — Espectro da velocidade horizontal do vento medições de van der Haven a 100m de altura. Fonte: Davenport<sup>16</sup>

Figura 17: Foto do gráfico de (Blessmann, 1988) pág. 27

Isto significa que ao tomarmos o tempo de duração do ensaio em 1 hora na escala real (16 s na escala do modelo), estamos recolhendo informações do vento natural (vento da tormenta), referentes a todas as rajadas com período e duração inferiores a 1 h. Isto justifica o emprego do tempo de 1 hora de simulação do vento natural na escala real e tomamos esta duração de ensaio para realização do MDOP.

Assim sendo, temos duas velocidades do vento (vento suave e vento turbulento) para o MDOP, referente à média em 1 h (3600s), e várias velocidades do vento (uma para cada direção e tipo de vento) para o método da NBR 6123, todas gerando distintas pressões dinâmicas. Entretanto queremos trabalhar com o mesmo banco de dados para todos os cálculos, o que nos leva a normalizar as pressões tomadas nos ensaios para uma pressão dinâmica unitária ( $P_{din}=1$ ). Isto equivale a usar os coeficientes de pressão ( $C_{pi}$ ) ao invés das pressões ( $P_i$ ) das tomadas. Usamos, posteriormente, a pressão dinâmica correspondente em cada caso.

Utiliza-se um programa desenvolvido em linguagem MATLAB, devidamente adaptado para as necessidades desta dissertação, que executa o seguinte:

1. Gera uma matriz  $C_p$  [8192x255] com 8192 linhas e 255 colunas, a partir da matriz  $P$  [8192x255] das pressões instantâneas nas tomadas do túnel de vento, onde  $C_{p_{ij}}$  é o coeficiente de pressão que acontece no instante  $i$ , na posição  $j$ , diminuído do coeficiente de pressão médio da posição  $j$ , dado por:

$$C_{p_{ij}} = \frac{P_{ij}}{k_0 \Delta p a_i} - C_{pm_j} \quad (46)$$

sendo:

$P_{ij}$  – pressão no instante  $i$ , na posição  $j$

$k_0$  - constante de proporcionalidade entre a pressão dinâmica e  $\Delta p a$

$\Delta p a$  – diferença de pressão entre os anéis piezométricos do túnel de vento

$C_{pm_j}$  – coeficiente de pressão médio da posição  $j$ .

2. A partir da matriz  $P$ [8192,255], gera as matrizes  $C_{pm}$ [255,1],  $C_{ps}$ [255,1],  $C_{pax}$ [255,1] e  $C_{pin}$ [255,1] que contem coeficientes de pressão médios, desvios

padrão, coeficientes de pressão máximos e coeficientes de pressão mínimos das 255 tomadas de pressão do túnel de vento.

3. A partir da matriz  $C_p[8192 \times 255]$ , gera a matriz dos coeficientes de correlação  $R_p[255 \times 255]$  (matriz de auto-correlação), onde  $R_{ij}$  são os coeficientes de correlação de Pearson dados por:

$$R_{ij} = \frac{\text{cov}(i,j)}{\sigma_i \sigma_j} \quad (47)$$

onde:

$\text{cov}(i,j)$  – covariância entre o coeficiente da posição  $i$  e o coeficiente da posição  $j$

$\sigma_i$  e  $\sigma_j$  – desvios padrão do coeficiente da posição  $i$  e  $j$  respectivamente.

4. Calcula os autovalores e auto-vetores da matriz  $R_p$ , ordena os autovalores e correspondentes auto-vetores em ordem decrescente, e gera a matriz  $Q_p[255 \times 255]$ , onde as colunas são os auto-vetores ordenados, e o vetor  $L_p[255]$  com os correspondentes autovalores.
5. Gera a matriz diagonal  $S_p[255,255]$  com os desvios padrões dos coeficientes de pressão das tomadas.
6. Calcula a matriz  $B[255 \times 255]$  dos modos de pressão através da multiplicação matricial  $B = S_p * Q_p$ .
7. Gera uma matriz **out**[256x257] (matriz de saída), com todos os dados calculados organizados da seguinte forma:

Na primeira coluna o valor 1 e após os coeficientes de pressão médios das 255 tomadas;

Na segunda coluna o valor 1 e após os desvios padrão das 255 tomadas;

Na terceira coluna até a coluna 257 o autovalor e o correspondente vetor modo de pressão.

$$out = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \lambda_1 & \lambda_2 & \cdots & \lambda_{255} \\ C_{pm1} & \sigma_1 & b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1\ 255} \\ C_{pm2} & \sigma_2 & b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2\ 255} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \ddots & \vdots \\ C_{pm255} & \sigma_{255} & b_{255\ 1} & b_{255\ 2} & \cdots & b_{255\ 255} \end{bmatrix} \quad (48)$$

A matriz **out** é gravada em um arquivo eletrônico para utilização no programa que calcula a evolução da variância. Este procedimento é feito 24 vezes para vento suave (1 vez para cada direção do vento, de 0° a 345° com avanço de 15°) e 24 vezes para vento turbulento, gerando 48 matrizes **out**.

Isto conclui a primeira parte do MDOP, que é calcular o autovalores (matriz **Lp**) e os correspondentes modos de pressão (matriz **B**). Este cálculo pode ser feito independentemente do restante, e pode ser entregue pronto aos calculistas pelos laboratórios de túneis de vento.

## 5.2 Pressão dinâmica de cálculo

Nesta seção definimos as pressões dinâmicas utilizadas no cálculo das solicitações para o MDOP e para o método da NBR 6123.

A velocidade básica do vento,  $v_0$  é tomada igual a 45 m/s (Gramado-RS) e a altura do topo da edificação é 26,50 m.

Para efeitos de cálculo conforme a NBR6123, determinamos o intervalo de tempo da rajada,  $\Delta t$ , o fator  $S_2$  da NBR 6123, e a velocidade característica  $v_k$ , para vento suave e turbulento, conforme o método iterativo indicado em (Blessmann, 1988), como segue

1. Calcula-se o intervalo de tempo pela equação

$$\Delta t = 7.5 \frac{d}{v_0} \quad (49)$$

onde:

$d$  – dimensão característica da edificação tomada igual a 92.80 m

$v_0$  – velocidade básica em Gramado-RS,  $v_0 = 45$  m/s.

2. Calcula-se o fator  $S_2$  pela equação

$$S_2 = b \cdot F_{r,II} \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^p \quad (50)$$

onde

$S_2$  – fator  $S_2$  da NBR 6123

$b$  – parâmetro da tabela 21 da NBR 6123 (Figura 18), interpolado para o correspondente  $p$  e correspondente  $\Delta t$

$F_{r,II}$  – fator de rajada da categoria II referido ao intervalo de tempo  $\Delta t$ , obtido por interpolação linear da tabela 21 da NBR 6123 (Figura 18).

$z$  – altura sobre o terreno,  $z=26.50$  m

$p$  – expoente da lei de potência, função do tipo de turbulência ( $p=0.11$  para vento suave e  $p=0.23$  para vento turbulento), interpolado para o correspondente  $\Delta t$  na tabela 21 da NBR 6123 (Figura 18).

3. A partir do fator  $S_2$ , calcula-se a velocidade característica,  $v_k$ , pela equação

$$v_k = S_2 \cdot v_0 \quad (51)$$

4. Calcula-se um novo  $\Delta t$ , pela equação do passo 1, substituindo-se  $v_0$  por  $v_k$  calculado no passo 3. Repetem-se os passos até que  $\Delta t$  convirja para um valor.

Definidas as velocidades características,  $v_k$ , calcula-se pela equação (44) as pressões dinâmicas para vento suave e turbulento.

Para o MDOP tomamos  $\Delta t$  igual a 3600s, e interpolamos o parâmetro  $b$  conforme o expoente  $p$  ( $p=0.11$  para vento suave e  $p=0.23$  para vento turbulento) na tabela 21 da NBR 6123 (Figura 18). O fator de rajada  $F_{r,II}$ , é tomado igual a 0.65 (correspondente ao tempo de 3600 s).

Desenvolve-se uma planilha eletrônica (EXCELL) para o cálculo iterativo da determinação do intervalo de tempo  $\Delta t$ , da velocidade de rajada e correspondente pressão dinâmica,  $P_{din}$ , para o método da NBR6123, e da velocidade média de 3600s e correspondente pressão dinâmica para o MDOP. Os dados para as devidas interpolações foram transcritos da tabela 21 da NBR 6123 (Figura 18). A planilha contempla também o cálculo do fator de pico das solicitações conforme explicado em 6.4. Exemplos da planilha para dimensão característica  $d=92,80$  m encontram-se na Tabela 2 para vento suave e na Tabela 3 para vento turbulento.



Tabela 2: Valores do intervalo de tempo  $\Delta t$  e velocidade do vento  $v(h)$  para vento suave ( $p=0.11$ )

| Pressão dinâmica - fator de pico - $p=0.11$ |                |               |                       |                |               |                      |                |
|---|----------------|---------------|-----------------------|----------------|---------------|----------------------|----------------|
| $\Delta t$                                  | $b_{\Delta t}$ |               |                       | $p_{\Delta t}$ |               |                      | $Fr, II$       |
|   | $p=0.10$       | $p=0.11$      | $p=0.16$              | $p=0.10$       | $p=0.11$      | $p=0.16$             |                |
| 5.00  | 1.1100         |               | 1.0000                | 0.0650         |               | 0.0900               | 0.9800         |
| 0.00  | 0.0000         | <b>0.0000</b> | 1.0000                | 0.0000         | <b>0.0000</b> | 0.0000               | <b>0.0000</b>  |
| 10.00                                       | 1.1200         |               | 1.0000                | 0.0700         |               | 0.1000               | 0.9500         |
| 13.85                                       | 1.1277         | <b>1.1064</b> | 1.0000                | 0.0739         | <b>0.0789</b> | 0.1039               | <b>0.9346</b>  |
| 15.00                                       | 1.1300         |               | 1.0000                | 0.0750         |               | 0.1050               | 0.9300         |
| 0.00  | 0.0000         | <b>0.0000</b> | 1.0000                | 0.0000         | <b>0.0000</b> | 0.0000               | <b>0.0000</b>  |
| 20.00                                       | 1.1400         |               | 1.0000                | 0.0750         |               | 0.1100               | 0.9000         |
| 3600.00                                     | 1.2500         | 1.2083        | 1.0000                |                | 0.1100        |                      | 0.6500         |
| $p_{3600} =$                                | 0.11           |               | $p_{\Delta t} =$      | 0.0789         |               | $Fr, II =$           | 0.9346         |
| $H =$                                       | 26.50          |               | $S_{2\Delta t}(10) =$ | <b>1.034</b>   |               | $b_{\Delta t} =$     | 1.1064         |
| $V_0 =$                                     | 45.00          |               | $S_{23600}(10) =$     | <b>0.785</b>   |               | $V_{\Delta t}(10) =$ | 46.53          |
| $d =$                                       | <b>92.80</b>   |               | $S_{23600}(h) =$      | <b>0.874</b>   |               | $V_{3600}(10) =$     | 35.34          |
| $\Delta t =$                                | <b>13.85</b>   |               | $S_{2\Delta t}(h) =$  | <b>1.117</b>   |               | $V_{3600}(h) =$      | 39.34          |
|   |                |               |                       |                |               | $V_{\Delta t}(h) =$  | 50.25          |
| kármán $k =$                                | 0.40           |               |                       |                |               |                      |                |
| $z_0(mm) =$                                 | <b>15.8333</b> | $p =$         | <b>0.10</b>           | <b>0.16</b>    | <b>0.20</b>   | <b>0.25</b>          | <b>0.35</b>    |
| $C_{as} =$                                  | 0.0038         | $z_0(mm) =$   | <b>5.00</b>           | <b>70.00</b>   | <b>200.00</b> | <b>700.00</b>        | <b>1750.00</b> |
| Harris - $\sigma =$                         | 0.126          | $C_{as} =$    | <b>0.0028</b>         | <b>0.0065</b>  | <b>0.0105</b> | <b>0.0226</b>        | <b>0.0527</b>  |
| $\eta =$                                    | 0.160          |               |                       |                |               |                      |                |
| $g_v(10) =$                                 | 1.98           | $g_p(10) =$   |                       | 2.12           |               | $P_{din3600} =$      | <b>948.85</b>  |
| $g_v(h) =$                                  | 1.93           | $g_p(h) =$    |                       | <b>2.05</b>    |               | $P_{din-t} =$        | <b>1547.81</b> |

Os valores calculados através da planilha eletrônica, para as diversas direções de ensaio e correspondentes dimensões características da edificação, estão sintetizados na Tabela 4 para vento suave, e na Tabela 5 para vento turbulento.

Tabela 3: Valores do intervalo de tempo  $\Delta t$  e velocidade do vento  $v(h)$  para vento turbulento ( $p=0.23$ )

| Pressão dinâmica - fator de pico - $p=0.23$ |                 |                    |                       |                   |               |                      |                |
|---|-----------------|--------------------|-----------------------|-------------------|---------------|----------------------|----------------|
| $\Delta t$                                  | $b_{\Delta t}$  |                    |                       | $\rho_{\Delta t}$ |               |                      | Fr,II          |
|   | $p=0.20$        | $p=0.23$           | $p=0.25$              | $p=0.20$          | $p=0.23$      | $p=0.25$             |                |
| 5.00  | 0.9400          |                    | 0.8500                | 0.1050            |               | 0.1250               | 0.9800         |
| 0.00  | 0.0000          | <b>0.0000</b>      | 0.8600                | 0.0000            | <b>0.0000</b> | 0.0000               | <b>0.0000</b>  |
| 10.00                                       | 0.9300          |                    | 0.8400                | 0.1150            |               | 0.1350               | 0.9500         |
| 0.00  | 0.0000          | <b>0.0000</b>      | 0.8600                | 0.0000            | <b>0.0000</b> | 0.0000               | <b>0.0000</b>  |
| 15.00                                       | 0.9200          |                    | 0.8300                | 0.1250            |               | 0.1450               | 0.9300         |
| 16.99                                       | 0.9200          | <b>0.8660</b>      | 0.8300                | 0.1270            | <b>0.1390</b> | 0.1470               | <b>0.9181</b>  |
| 20.00                                       | 0.9200          |                    | 0.8300                | 0.1300            |               | 0.1500               | 0.9000         |
| 3600.00                                     | 0.8500          | 0.7480             | 0.6800                |                   | 0.2300        |                      | 0.6500         |
| $p_{3600} =$                                | 0.23            |                    | $p_{\Delta t} =$      | 0.1390            |               | Fr,II =              | 0.9181         |
| H =   | 26.50           |                    | $S_{2\Delta t}(10) =$ | <b>0.795</b>      |               | $V_{\Delta t}(10) =$ | 35.78          |
| $V_0 =$                                     | 45.00           |                    | $S_{23600}(10) =$     | <b>0.486</b>      |               | $V_{3600}(10) =$     | 21.88          |
| d =   | <b>92.80</b>    |                    | $S_{23600}(h) =$      | <b>0.608</b>      |               | $V_{3600}(h) =$      | 27.38          |
| $\Delta t =$                                | <b>16.99</b>    |                    | $S_{2\Delta t}(h) =$  | <b>0.910</b>      |               | $V_{\Delta t}(h) =$  | 40.97          |
| kármán k =                                  | 0.40            |                    |                       |                   |               |                      |                |
| $z_0(\text{mm}) =$                          | <b>500.0000</b> | $p =$              | <b>0.10</b>           | <b>0.16</b>       | <b>0.20</b>   | <b>0.25</b>          | <b>0.35</b>    |
| $C_{as} =$                                  | 0.0178          | $z_0(\text{mm}) =$ | <b>5.00</b>           | <b>70.00</b>      | <b>200.00</b> | <b>700.00</b>        | <b>1750.00</b> |
| Harris - $\sigma =$                         | 0.168           | $C_{as} =$         | <b>0.0028</b>         | <b>0.0065</b>     | <b>0.0105</b> | <b>0.0226</b>        | <b>0.0527</b>  |
| $\eta =$                                    | 0.345           |                    |                       |                   |               |                      |                |
| $g_v(10) =$                                 | 1.84            | $g_p(10) =$        |                       | 2.07              |               | $P_{din3600} =$      | <b>459.42</b>  |
| $g_v(h) =$                                  | 1.80            | $g_p(h) =$         |                       | <b>1.98</b>       |               | $P_{din-t} =$        | <b>1028.77</b> |

Tabela 4: Valores de intervalo de tempo e pressão dinâmica - vento suave

| <b>Pressão dinâmica – Vento suave – h=26.50m</b> |              |        |            |        |        |            |       |       |             |
|--|--------------|--------|------------|--------|--------|------------|-------|-------|-------------|
| Método   | Direção      | d      | $\Delta t$ | b      | p      | $F_{r,II}$ | $S_2$ | $v_k$ | $P_{din}$   |
| <b>NBR6123</b>                                   | <b>0°</b>    | 53.00  | 7.79       | 1.0963 | 0.0724 | 0.9632     | 1.133 | 51.00 | <b>1594</b> |
|  | <b>15°</b>   | 75.21  | 11.17      | 1.1020 | 0.0762 | 0.9453     | 1.122 | 50.49 | <b>1563</b> |
|  | <b>30°</b>   | 92.30  | 13.77      | 1.1063 | 0.0788 | 0.9349     | 1.117 | 50.26 | <b>1548</b> |
|  | <b>45°</b>   | 103.10 | 15.45      | 1.1091 | 0.0801 | 0.9273     | 1.112 | 50.04 | <b>1535</b> |
|  | <b>60°</b>   | 106.87 | 16.07      | 1.1101 | 0.0802 | 0.9236     | 1.109 | 49.89 | <b>1526</b> |
|  | <b>75°</b>   | 103.36 | 15.50      | 1.1092 | 0.0801 | 0.9270     | 1.112 | 50.03 | <b>1534</b> |
|  | <b>90°</b>   | 92.80  | 13.85      | 1.1064 | 0.0789 | 0.9346     | 1.117 | 50.25 | <b>1548</b> |
| <b>MDOP</b>                                      | <b>TODAS</b> |        | 3600.00    | 1.2083 | 0.1100 | 0.6500     | 0.874 | 39.34 | <b>949</b>  |

Tabela 5: Valores de intervalo de tempo e pressão dinâmica - vento turbulento

| <b>Pressão dinâmica – Vento turbulento – h=26.50m</b> |              |        |            |        |        |            |       |       |             |
|---|--------------|--------|------------|--------|--------|------------|-------|-------|-------------|
| Método  | Direção      | d      | $\Delta t$ | b      | p      | $F_{r,II}$ | $S_2$ | $v_k$ | $P_{din}$   |
| <b>NBR6123</b>  | <b>0°</b>    | 53.00  | 9.34       | 0.8773 | 0.1257 | 0.9540     | 0.946 | 42.57 | <b>1111</b> |
|   | <b>15°</b>   | 75.21  | 13.53      | 0.8689 | 0.1341 | 0.9359     | 0.927 | 41.70 | <b>1066</b> |
|   | <b>30°</b>   | 92.30  | 16.89      | 0.8660 | 0.1389 | 0.9187     | 0.911 | 40.99 | <b>1030</b> |
|   | <b>45°</b>   | 103.10 | 19.10      | 0.8660 | 0.1411 | 0.9054     | 0.900 | 40.48 | <b>1005</b> |
|   | <b>60°</b>   | 106.87 | 19.89      | 0.8660 | 0.1419 | 0.9007     | 0.896 | 40.30 | <b>996</b>  |
|   | <b>75°</b>   | 103.36 | 19.15      | 0.8660 | 0.1412 | 0.9051     | 0.899 | 40.47 | <b>1004</b> |
|   | <b>90°</b>   | 92.80  | 16.99      | 0.8660 | 0.1390 | 0.9181     | 0.910 | 40.97 | <b>1029</b> |
| <b>MDOP</b>   | <b>TODAS</b> |        | 3600.00    | 0.7480 | 0.2300 | 0.6500     | 0.608 | 27.38 | <b>459</b>  |

Tabela 21 - Parâmetros b, p, F<sub>r</sub>

| Cct. | t(s)           | 3     | 5     | 10    | 15    | 20    | 30    | 45    | 60    | 120   | 300   | 600   | 3600 |
|------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| I    | b              | 1,10  | 1,11  | 1,12  | 1,13  | 1,14  | 1,15  | 1,16  | 1,17  | 1,19  | 1,21  | 1,23  | 1,25 |
|      | p              | 0,06  | 0,065 | 0,07  | 0,075 | 0,075 | 0,08  | 0,085 | 0,085 | 0,09  | 0,095 | 0,095 | 0,10 |
| II   | b              | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00 |
|      | p              | 0,085 | 0,09  | 0,10  | 0,105 | 0,11  | 0,115 | 0,12  | 0,125 | 0,135 | 0,145 | 0,15  | 0,16 |
|      | F <sub>r</sub> | 1,00  | 0,98  | 0,95  | 0,93  | 0,90  | 0,87  | 0,84  | 0,82  | 0,77  | 0,72  | 0,69  | 0,65 |
| III  | b              | 0,94  | 0,94  | 0,93  | 0,92  | 0,92  | 0,91  | 0,90  | 0,90  | 0,89  | 0,87  | 0,86  | 0,85 |
|      | p              | 0,10  | 0,105 | 0,115 | 0,125 | 0,13  | 0,14  | 0,145 | 0,15  | 0,16  | 0,175 | 0,185 | 0,20 |
| IV   | b              | 0,86  | 0,85  | 0,84  | 0,83  | 0,83  | 0,82  | 0,80  | 0,79  | 0,76  | 0,73  | 0,71  | 0,68 |
|      | p              | 0,12  | 0,125 | 0,135 | 0,145 | 0,15  | 0,16  | 0,17  | 0,175 | 0,195 | 0,215 | 0,23  | 0,25 |
| V    | b              | 0,74  | 0,73  | 0,71  | 0,70  | 0,69  | 0,67  | 0,64  | 0,62  | 0,58  | 0,53  | 0,50  | 0,44 |
|      | p              | 0,15  | 0,16  | 0,175 | 0,185 | 0,19  | 0,205 | 0,22  | 0,23  | 0,255 | 0,285 | 0,31  | 0,35 |

Figura 18: Tabela 21 da NBR 6123

### 5.3 Cálculo das solicitações médias e da variância das solicitações e da solicitação de pico

O passo seguinte é calcular a resposta média e a variância da resposta. A resposta média é calculada com os coeficientes médios de pressão que estão na primeira coluna da matriz **out**. A variância da resposta,  $\sigma_d^2$ , é um somatório do valor quadrado da resposta relativa a cada um dos 255 modos de pressão multiplicado pelo correspondente autovalor, conforme equação abaixo.

$$\sigma_d^2 = E \{ [d(t) - \mu_d]^2 \} = \sum_{k=1}^n d_k^2 \lambda_k \quad (52)$$

onde:

$d_k$  – resposta relativa ao modo de pressão  $b_k$

$\lambda_k$  – autovalor correspondente ao modo  $b_k$

$n$  – número de modos igual a 255

Os 255 modos de pressão e os correspondentes autovalores estão nas colunas 3 a 257 da matriz **out**.

O cálculo da sollicitação de pico (MDOP) das barras da estrutura é feito através da equação:

$$N_p = N_\mu + g_s N_\sigma \quad (53)$$

onde

$N_p$  – sollicitação de pico

$N_\mu$  - sollicitação média

$g_s$  – fator de pico da sollicitação

$N_\sigma$  - desvio padrão da sollicitação

## 5.4 Fator de pico das sollicitações

A determinação correta do fator de pico das sollicitações,  $g_s$ , está associada ao problema de ultrapassagem de limites. Por tratar-se de um processo aleatório, admitido como ergódico, significa que queremos conhecer a probabilidade da sollicitação exceder um valor fixo dentro do intervalo de tempo da rajada ( $\Delta t=3600s$ , especificamente neste caso). Conhecida a função de probabilidades e arbitrada a probabilidade, podemos encontrar um valor limite para a sollicitação e, em seqüência o fator de pico a ser aplicado sobre o desvio padrão das sollicitações.

Entretanto, levando em consideração que, entre os objetivos desta dissertação, consta a comparação entre MDOP e o método da NBR 6123, ajustamos o fator de pico do MDOP ao fator de pico usado no vento de rajada do método da NBR 6123.

Para explicar o caminho percorrido para ajustar o fator de pico para o MDOP ao fator de pico da NBR 6123 segue as considerações abaixo:

1. O fator de pico da NBR 6123 é aplicado ao desvio padrão da velocidade do vento. O fator de pico do MDOP é aplicado ao desvio padrão da solicitação da barra, que é uma transformação linear da pressão dinâmica, que, por sua vez, é uma transformação não-linear da velocidade de pico do vento.
2. A velocidade de pico (do vento) é a máxima velocidade média das rajadas de duração  $\Delta t$  (intervalo de tempo definido conforme as dimensões da edificação), que ocorre dentro da rajada de duração 3600s .
3. A velocidade média do vento, utilizada no MDOP, é referida a um intervalo de tempo  $\Delta t=3600s$ , que é o intervalo de tempo real utilizado nas simulações em túnel de vento.
4. Segundo Harris em (The nature of the wind, 1970), o desvio padrão da velocidade do vento é constante ao longo da altura e dado pela expressão abaixo:

$$\sigma_1 = \sqrt{\sigma_1^2} = 2.58(C_{as})^{1/2}\bar{V}(10) \quad (54)$$

onde:

$\sigma_1$  - desvio padrão da componente longitudinal da velocidade do vento;

$C_{as}$  – coeficiente de arrasto superficial;

$V(10)$  – velocidade média sobre 3600s, a dez metros de altura.

Assim sendo, calculamos o fator de pico da velocidade do vento pela equação:

$$g_v(h) = \frac{v_{\Delta t}(h) - v_{3600}(h)}{\sigma_1} \quad (55)$$

onde:

$g_v(h)$  – fator de pico da velocidade na altura h

$v_{\Delta t}(h)$ – velocidade de pico referente à rajada com duração  $\Delta t$ , na altura  $h$

$v_{3600}(h)$ – velocidade média referente a rajada com duração 3600s, na altura  $h$

$\sigma_1$  – desvio padrão da velocidade

Sendo as solicitações uma transformação linear das pressões, tomamos para o fator de pico das solicitações (respostas) das barras o mesmo valor do fator de pico da pressão dinâmica, pela equação:

$$g_p(h) = g_s(h) = \frac{v_{\Delta t}^2(h) - v_{3600}^2(h)}{(v_{3600}(h) + \sigma_1)^2 - v_{3600}^2(h)} \quad (56)$$

onde:

$g_p(h)$  – fator de pico da pressão dinâmica referido a velocidade característica na altura  $h$ ;

$g_s(h)$  – fator de pico da solicitação referido a velocidade característica na altura  $h$ ;

$v_{\Delta t}(h)$ – velocidade de pico referente à rajada com duração  $\Delta t$ , na altura  $h$

$v_{3600}(h)$ – velocidade média referente a rajada com duração 3600s, na altura  $h$

$\sigma_1$  – desvio padrão da velocidade, conforme Harris (54).

Os valores dos fatores de pico,  $g_v(h)$  e  $g_s(h)$ , são calculados através da planilha eletrônica (Tabelas 2 e 3, item 6.2), para a altura  $h=26,50m$ , e estão sintetizados na Tabela 6, onde:

$p$  – expoente da lei de potência do perfil do vento, referido ao intervalo de tempo  $\Delta t=3600s$ .

$k$  – constante de kármán –  $k=0.4$ ;

$z_0$  – comprimento de rugosidade – interpolado conforme o valor do parâmetro  $p$  ( $p=0.11$  para vento suave e  $p=0.23$  para vento turbulento) dos valores de comprimento de rugosidade  $z_0$ , das categorias da NBR6123, transcritos para planilha eletrônica (Tabelas 2 e 3, item 6.2);

$C_{as}$  – coeficiente de arrasto superficial, dado por  $C_{as} = \frac{k^2}{\ln^2(z/z_0)}$ ;

Tabela 6: Fatores de pico da velocidade e solicitações.

| Vento      | p    | k   | $z_0$ (mm) | $C_{as}$ | $\sigma_1$ | $g_v(h)$ | $g_s(h)$    |
|------------|------|-----|------------|----------|------------|----------|-------------|
| Suave      | 0.11 | 0.4 | 15.83      | 0.0038   | 0.126      | 1.93     | <b>2.05</b> |
| Turbulento | 0.23 | 0.4 | 500        | 0.0178   | 0.168      | 1.80     | <b>1.98</b> |

Desenvolve-se então, um programa de computador em linguagem QBX (BASIC) que calcula as solicitações das 6032 barras para os coeficientes médios de pressão e para os 255 modos de pressão incrementando o somatório da variância e, em continuidade, calcula o desvio padrão e a solicitação de pico e de rajada de cada barra, bem como o parâmetro de dimensionamento definido em 3.6, para a solicitação média, desvio padrão, solicitação de pico e solicitação de rajada conforme NBR 6123. Tudo isto é feito para 2 tipos de vento (suave e turbulento) e para 24 direções do vento (de 0° a 345° com avanço de 15°). Assim sendo, calcula-se a estrutura ((1+255)x2x24) 12288 vezes e, a cada vez, calcula-se solicitações para 6032 barras. Os relatórios de saída deste programa encontram-se no Apêndice A.

Os valores dos fatores de pico,  $g_s(h)$ , da Tabela 6 são usados no programa descrito acima, para o cálculo das solicitações de pico do MDOP para vento suave e turbulento.



## 6 Análise dos resultados

Os relatórios de saída do programa de cálculo do MDOP encontram-se no Apêndice A. No programa utiliza-se a opção sintética de relatório que contempla informações de caráter global, como os parâmetros de dimensionamento e evolução da variância (ou desvio padrão) dos mesmos. Suprime informações mais locais, como forças nodais, reações nodais, solicitações nas barras, etc. Constam somente os relatórios referentes às direções do vento de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  (com avanço de  $15^\circ$ ) para vento suave e vento turbulento. Os relatórios referentes às outras direções foram suprimidos por constituírem repetições daqueles.

Embora o MDOP permita a truncagem do somatório da variância, nesta dissertação utiliza-se o somatório dos 255 modos de pressão justamente para estudo das premissas teóricas de evolução da variância.

### 6.1 Considerações iniciais

Nas Tabelas 7 e 8 estão sintetizados os parâmetros de dimensionamento definidos em 3.6 e constantes nos relatórios de saída do processamento do MDOP (Apêndice A), para as direções  $0^\circ$  a  $90^\circ$  (com avanço de  $15^\circ$ ), para vento suave e turbulento, onde:

$N_\mu$  - parâmetro de dimensionamento calculado sobre a solicitação média das barras;

$N_\sigma$  - parâmetro de dimensionamento calculado sobre o desvio padrão das solicitações das barras;

$N_{\text{pico}}$  - parâmetro de dimensionamento calculado sobre a solicitação de pico do MDOP das barras;

$\eta$  - coeficiente de variabilidade do parâmetro de dimensionamento ( $\eta = N_\sigma / N_\mu$ );

$N_{\text{rajada}}$  - parâmetro de dimensionamento calculado sobre a solicitação obtida pelo vento de rajada da NBR 6123;

$N_{\text{pico}} / N_{\text{rajada}}$  - relação entre o parâmetro calculado sobre a solicitação de pico e o parâmetro calculado sobre a solicitação de rajada.

Analisando as tabelas, observamos o seguinte:

1. Os resultados, obtidos a partir da direção  $90^\circ$ , são repetições dos resultados obtidos para as direções de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , portanto a análise feita para estas direções deve ser estendida para as outras correspondentes.

Tabela 7: Parâmetros de dimensionamento para vento suave em 24 direções

| Direção | Parâmetro de dimensionamento $p=0.11 - g=2.05$ |              |            |                               |              |                         |
|---------|--|--------------|------------|-------------------------------|--------------|-------------------------|
|         | MDOP   |              |            |                               | NBR6123      | $N_{pico} / N_{rajada}$ |
|         | $N_{\mu}$                                      | $N_{\sigma}$ | $N_{pico}$ | $\eta = N_{\sigma} / N_{\mu}$ | $N_{rajada}$ |                         |
| 0°      | 3.640  | 1.926        | 7.588      | 0.529                         | 5.929        | 1.278                   |
| 15°     | 9.473  | 1.779        | 13.121     | 0.188                         | 15.456       | 0.849                   |
| 30°     | 16.298   | 2.001        | 20.401     | 0.123                         | 26.591       | 0.767                   |
| 45°     | 19.657   | 2.200        | 24.167     | 0.112                         | 32.071       | 0.754                   |
| 60°     | 24.147   | 2.346        | 28.956     | 0.097                         | 39.397       | 0.735                   |
| 75°     | 22.464   | 2.577        | 27.747     | 0.115                         | 36.651       | 0.757                   |
| 90°     | 19.234   | 2.421        | 24.197     | 0.126                         | 31.381       | 0.771                   |
| 105°    | 22.770   | 2.545        | 27.988     | 0.112                         | 37.151       | 0.753                   |
| 120°    | 24.195   | 2.334        | 28.979     | 0.096                         | 39.476       | 0.734                   |
| 135°    | 19.573   | 2.215        | 24.115     | 0.113                         | 31.934       | 0.755                   |
| 150°    | 16.443   | 1.928        | 20.395     | 0.117                         | 26.827       | 0.760                   |
| 165°    | 9.564  | 1.715        | 13.080     | 0.179                         | 15.604       | 0.838                   |
| 180°    | 3.771  | 1.973        | 7.815      | 0.523                         | 6.153        | 1.270                   |
| 195°    | 9.395  | 1.763        | 13.009     | 0.188                         | 15.329       | 0.849                   |
| 210°    | 16.744   | 2.025        | 20.895     | 0.121                         | 27.319       | 0.765                   |
| 225°    | 20.144   | 2.220        | 24.694     | 0.110                         | 32.866       | 0.751                   |
| 240°    | 24.675   | 2.303        | 29.395     | 0.093                         | 40.258       | 0.730                   |
| 255°    | 23.642   | 2.526        | 28.820     | 0.107                         | 38.573       | 0.747                   |
| 270°    | 18.737   | 2.290        | 23.431     | 0.122                         | 30.571       | 0.766                   |
| 285°    | 22.651   | 2.511        | 27.797     | 0.111                         | 36.956       | 0.752                   |
| 300°    | 25.330   | 2.319        | 30.084     | 0.092                         | 41.328       | 0.728                   |
| 315°    | 20.002   | 2.211        | 24.535     | 0.111                         | 32.635       | 0.752                   |
| 330°    | 16.821   | 1.973        | 20.865     | 0.117                         | 27.444       | 0.760                   |
| 345°    | 10.069   | 1.717        | 13.589     | 0.170                         | 16.429       | 0.827                   |

2. O máximo coeficiente de variabilidade do parâmetro de dimensionamento do MDOP ocorre na direção (do vento) 0°, diminuindo sensivelmente na direção 15° e tornando-se praticamente constante nas outras direções, com um mínimo na direção 60°.

Tabela 8: Parâmetros de dimensionamento para vento turbulento em 24 direções

| Direção | Parâmetro de dimensionamento $p=0.23 - g=1.98$ |              |            |                               |              |                         |
|---------|--|--------------|------------|-------------------------------|--------------|-------------------------|
|         | MDOP   |              |            |                               | NBR6123      | $N_{pico} / N_{rajada}$ |
|         | $N_{\mu}$                                      | $N_{\sigma}$ | $N_{pico}$ | $\eta = N_{\sigma} / N_{\mu}$ | $N_{rajada}$ |                         |
| 0°      | 1.326  | 1.288        | 3.877      | 0.972                         | 2.969        | 1.306                   |
| 15°     | 4.760  | 1.293        | 7.321      | 0.272                         | 10.659       | 0.687                   |
| 30°     | 8.403  | 1.470        | 11.313     | 0.175                         | 18.816       | 0.601                   |
| 45°     | 10.551   | 1.631        | 13.780     | 0.155                         | 23.625       | 0.582                   |
| 60°     | 12.527   | 1.897        | 16.284     | 0.151                         | 28.048       | 0.581                   |
| 75°     | 10.871   | 1.887        | 14.607     | 0.174                         | 24.340       | 0.600                   |
| 90°     | 9.146  | 1.789        | 12.688     | 0.196                         | 20.478       | 0.620                   |
| 105°    | 10.850   | 1.889        | 14.590     | 0.174                         | 24.295       | 0.601                   |
| 120°    | 12.147   | 1.905        | 15.918     | 0.157                         | 27.197       | 0.585                   |
| 135°    | 10.560   | 1.642        | 13.811     | 0.155                         | 23.644       | 0.584                   |
| 150°    | 8.523  | 1.435        | 11.365     | 0.168                         | 19.083       | 0.596                   |
| 165°    | 4.864  | 1.260        | 7.358      | 0.259                         | 10.891       | 0.676                   |
| 180°    | 1.387  | 1.313        | 3.987      | 0.946                         | 3.106        | 1.283                   |
| 195°    | 4.957  | 1.262        | 7.455      | 0.255                         | 11.099       | 0.672                   |
| 210°    | 8.559  | 1.443        | 11.417     | 0.169                         | 19.165       | 0.596                   |
| 225°    | 10.729   | 1.657        | 14.010     | 0.154                         | 24.022       | 0.583                   |
| 240°    | 12.471   | 1.877        | 16.188     | 0.151                         | 27.923       | 0.580                   |
| 255°    | 11.456   | 1.904        | 15.225     | 0.166                         | 25.650       | 0.594                   |
| 270°    | 9.426  | 1.814        | 13.018     | 0.192                         | 21.105       | 0.617                   |
| 285°    | 10.930   | 1.838        | 14.570     | 0.168                         | 24.474       | 0.595                   |
| 300°    | 12.622   | 1.882        | 16.348     | 0.149                         | 28.262       | 0.578                   |
| 315°    | 11.006   | 1.641        | 14.255     | 0.149                         | 24.643       | 0.578                   |
| 330°    | 8.677  | 1.438        | 11.525     | 0.166                         | 19.428       | 0.593                   |
| 345°    | 5.115  | 1.259        | 7.607      | 0.246                         | 11.452       | 0.664                   |

3. Os resultados obtidos pelo MDOP para a solicitação de pico ( $N_{pico}$ ) são superiores aos resultados obtidos pelo método da NBR 6123 na direção 0°, e inferiores nas outras direções. Isto também pode ser observado através da relação entre o parâmetro de dimensionamento calculado sobre as solicitações de pico e sobre as solicitações da rajada, na última coluna das tabelas.

4. Nas direções onde o coeficiente de variabilidade ( $\eta$ ) é maior, a relação entre o parâmetro sobre a solicitação de pico e o parâmetro sobre a solicitação de rajada ( $N_{\text{pico}}/N_{\text{rajada}}$ ) também é maior.
5. O coeficiente de variabilidade ( $\eta$ ) em vento suave é menor que o coeficiente de variabilidade ( $\eta$ ) para vento turbulento quando comparado na mesma direção do vento.
6. O parâmetro de dimensionamento máximo sobre as solicitações de pico e de rajada ocorre em  $60^\circ$  e o mínimo em  $0^\circ$ .

## 6.2 Análise do coeficiente de variabilidade $\eta$

De acordo com as transformações estabelecidas e aceitas na engenharia do vento, cabe aqui demonstrar, para esta análise, a forma como o desvio padrão da velocidade do vento em túnel evolui para o desvio padrão das solicitações nas barras da estrutura. Iniciamos pela transformação da velocidade do vento em pressões na superfície do modelo, dada pela expressão:

$$P = 0.613v^2C_p \quad (57)$$

onde

$P$  – pressão média na superfície do modelo;

$v$  – velocidade média do vento no túnel;

$C_p$  – coeficiente de pressão.

O desvio padrão da pressão,  $\sigma_p$ , é obtido evoluindo-se a expressão abaixo:

$$P + \sigma_p = 0.613C_p(v + \sigma_v)^2 \quad (58)$$

onde

$\sigma_p$  – desvio padrão da pressão;

$\sigma_v$  – desvio padrão da velocidade.

Desenvolvendo-se a expressão acima temos:

$$\sigma_p = 0.613C_p(2v\sigma_v + \sigma_v^2) \quad (59)$$

O coeficiente de variabilidade,  $\eta_p$ , da pressão é dado pela expressão:

$$\eta_p = \frac{\sigma_p}{P} = \frac{0.613C_p(2v\sigma_v + \sigma_v^2)}{0.613v^2C_p} = \frac{2v\sigma_v + \sigma_v^2}{v^2} \quad (60)$$

Analisamos a seguir a evolução do desvio padrão da pressão na superfície para o desvio padrão da solicitação na barra, dada pela expressão:

$$S = \phi P \quad (61)$$

S – solicitação média na barra;

$\phi$  - constante de proporcionalidade entre pressão e solicitação;

P – pressão média na superfície do modelo.

O desvio padrão da solicitação,  $\sigma_s$ , é obtido evoluindo-se a expressão abaixo:

$$S + \sigma_s = \phi(P + \sigma_p) \quad (62)$$

onde

$\sigma_s$  – desvio padrão da solicitação

Desenvolvendo-se a expressão acima temos:

$$\phi(0.613v^2C_p) + \sigma_s = \phi\left(0.613v^2C_p + 0.613C_p(2v\sigma_v + \sigma_v^2)\right) \quad (63)$$

chegamos a

$$\sigma_s = 0.613 \phi C_p (2v\sigma_v + \sigma_v^2) \quad (64)$$

O coeficiente de variabilidade,  $\eta_s$ , da solicitação é dado pela expressão:

$$\eta_s = \frac{\sigma_s}{S} = \frac{0.613 \phi C_p (2v\sigma_v + \sigma_v^2)}{0.613 \phi v^2 C_p} = \frac{2v\sigma_v + \sigma_v^2}{v^2} \quad (65)$$

Pelas expressões (60) e (65) acima, devemos dizer que, o coeficiente de variabilidade das pressões,  $\eta_p$ , é igual ao coeficiente de variabilidade das solicitações,  $\eta_s$ , e mais, sendo a velocidade média do vento em túnel,  $v$ , constante, e sendo o desvio padrão da velocidade do vento,  $\sigma_v$ , também constante, para qualquer direção de ensaio, os coeficientes de variabilidade das pressões e solicitações,  $\eta_p$  e  $\eta_s$ , também são constantes.

Ainda, sendo a velocidade média e o desvio padrão da velocidade do vento, constantes para qualquer direção do vento, devemos dizer que o desvio padrão das pressões,  $\sigma_p$ , é afetado pelos coeficientes de pressões,  $C_p$  (conforme(59)). E o desvio padrão das solicitações,  $\sigma_s$ , é afetado pelos coeficientes de pressões,  $C_p$ , e pela constante de proporcionalidade  $\phi$  (conforme(64)).

Porém, examinando o resultado dos ensaios, nas Tabelas 7 e 8, verificamos que os coeficientes de variabilidade do parâmetro de dimensionamento das solicitações variam para diferentes direções de ensaio. Tem um valor alto para direção  $0^\circ$ , diminui consideravelmente na direção  $15^\circ$ , e torna-se praticamente constante nas outras direções.

Parece que as premissas teóricas usadas para a evolução do desvio padrão, implícitas nas expressões acima, funcionam adequadamente em um modelo aerodinâmico (direção  $90^\circ$ ), mas apresentam distorções quando o modelo é menos aerodinâmico (direção  $0^\circ$ ). Existe uma diferença significativa entre o coeficiente de variabilidade da direção  $0^\circ$  e o coeficiente de variabilidade das outras direções.

O desvio padrão constante da velocidade do vento, não evolui da mesma forma para o campo de pressões, como pode ser visto na Tabela 7 e

Tabela 8, pois se assim fosse teríamos um coeficiente de variabilidade constante para as solicitações em qualquer direção do vento, o que não ocorre. Isto sugere que o modelo interfere no fluxo provocando uma turbulência local que reflete no campo de pressões, alterando a variância (energia). No caso da direção 0° a variância (energia) é aumentada reforçando a idéia de que a energia da turbulência é transferida em processo de cascata dos maiores para os menores turbilhões. Se assim for, há alterações no espectro das pressões para diferentes direções do vento. As expressões (60) e (65) acima foram desenvolvidas com a premissa de sistema com energia constante, e por isto não contemplam acréscimos de variância.

Esta tese, sendo confirmada, lança a idéia de que um fator de pico para o campo de pressões calculado como a evolução do fator de pico da velocidade do vento não é adequado e apresenta distorções. Mostra-se mais adequada a idéia de se estudar um fator de pico adequado ao MDOP calculado a partir do espectro do campo de pressões, pela expressão de Davenport abaixo:

$$\bar{\eta}_{max} = (2\ln(vT))^{0.5} + \frac{\gamma}{(2\ln(vT))^{0.5}} \quad (66)$$

onde:

$\bar{\eta}_{max}$  - valor médio do fator de pico

$\gamma$  - constante de Euler=0.5772

$v$  - frequência representativa da faixa de frequências na qual está concentrada a maior parte da variância do espectro.

$T$  - intervalo de tempo da rajada, neste caso 3600 s.

A frequência representativa da faixa de frequências na qual está concentrada a maior parte da variância do espectro ( $v$ ) pode ser diferente para cada direção do vento, portanto, gerar diferentes fatores de pico para cada direção.

Esta dissertação procurou-se encontrar um fator de pico equivalente ao fator de rajada usado pela NBR6123 para efeitos comparativos.

### 6.3 Análise dos parâmetros de dimensionamento

O parâmetro de dimensionamento sobre a solicitação de pico e sobre a solicitação de rajada mede, de forma global, a magnitude das respostas estruturais (solicitações), e, indiretamente, a quantidade material a ser empregada na estrutura para aquela direção do vento. A relação entre os dois parâmetros (última coluna das tabelas 7 e 8) mostra a diferença nas respostas estruturais do MDOP em relação ao método da NBR 6123.

Observam-se respostas maiores para o MDOP em vento na direção  $0^\circ$ , quando o coeficiente de variabilidade é maior, e respostas menores nas outras direções, quando o coeficiente de variabilidade é menor. Isto significa que, se admitirmos o MDOP como correto, temos uma avaliação menos segura pelo método da NBR 6123, para vento a  $0^\circ$ . Por outro lado, para vento nas outras direções temos uma avaliação mais conservadora pelo método da NBR 6123.

O valor máximo do parâmetro de dimensionamento sobre a solicitação média ( $N_\mu$ ) ocorre na direção  $60^\circ$  e o mínimo na direção  $0^\circ$ , tanto para vento suave como para vento turbulento.

O valor máximo do parâmetro de dimensionamento calculado sobre o desvio padrão das solicitações ( $N_\sigma$ ) também ocorre na direção  $60^\circ$  (e o mínimo na direção  $0^\circ$ ), porém mudando a proporção com relação ao parâmetro sobre a solicitação média. Isto pode ser visto pelo coeficiente de variabilidade ( $\eta$ ). O coeficiente de variabilidade apresenta um valor máximo significativo na direção  $0^\circ$ , diminuindo nas outras direções, e tornando-se praticamente constante de  $30^\circ$  a  $90^\circ$ , com um mínimo em  $60^\circ$ .

Os resultados mostram que o coeficiente de variabilidade do parâmetro de dimensionamento das solicitações se altera para diferentes direções do vento. Embora o desvio padrão da velocidade do vento seja constante (The nature of the wind, 1970) para qualquer velocidade do vento, o mesmo não acontece com o coeficiente de variabilidade das pressões na superfície do modelo para todas as direções.

O desvio padrão das pressões e das solicitações se altera ao girarmos o modelo dentro do túnel. Isto porque são afetados pelos coeficientes de pressão na superfície do modelo. Porém, a pressão média e a solicitação média são afetadas na mesma proporção pelos



coeficientes de pressão, logo, o coeficiente de variabilidade não é afetado pelos coeficientes de pressão.

#### **6.4 Análise da evolução da variância**

A partir dos dados relatórios de saída (Apêndice A) do programa de cálculo do MDOP foram montados os gráficos da evolução da variância (ou desvio padrão).

Os gráficos (Figuras 19 a 32) mostram a evolução do parâmetro de dimensionamento calculado sobre o desvio padrão das solicitações das barras (linha azul), e a evolução da variância máxima das solicitações das 6032 barras (linha vermelha), para vento suave e turbulento, nas as direções de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  com avanço de  $15^\circ$ , para as 255 iterações.

Observa-se, nos gráficos (Figuras 19 a 32) que existe uma diferença considerável na evolução da variância e nos desvios padrão entre os ensaios a  $0^\circ$  e outras direções. Se pensarmos neste significado olhando para o modelo, vemos que a  $0^\circ$  o vento incide diretamente sobre o oitão do modelo, que é uma superfície vertical e perpendicular à direção do vento. A transição desta superfície para a cobertura do modelo (onde são feitas as medições) é brusca e angular. Já, para vento a  $90^\circ$ , o vento incide sobre a cobertura, que é uma superfície cilíndrica, onde a mudança de inclinação é contínua sem inflexões. Podemos então conceituar o modelo a  $0^\circ$  como rombudo, e o modelo a  $90^\circ$  como aerodinâmico.

Verificamos pelas tabelas 9 e 10 e pelos gráficos das figuras 19 a 32 que a presença do modelo rombudo (direção  $0^\circ$ ), descorrelaciona o campo de pressões, tornando a evolução da variância mais lenta, e aumenta o coeficiente de variabilidade das solicitações, tendo como consequência uma amplificação da solicitação de pico. A presença do modelo aerodinâmico no fluxo provoca um campo de pressões mais correlacionado, com uma evolução da variância mais rápida e um coeficiente de variabilidade das solicitações menor, gerando solicitações de pico menores e, conseqüentemente, uma avaliação mais econômica em relação ao método da NBR 6123.

Vemos ainda que em vento na direção  $15^\circ$ , a evolução da variância é mais rápida do que em vento a  $0^\circ$ , mas ainda mais lenta do que em vento nas outras direções. Isto sugere que o modelo passa de uma forma rombuda para uma forma aerodinâmica à medida que vai girando da direção  $0^\circ$  para  $90^\circ$  dentro do túnel.

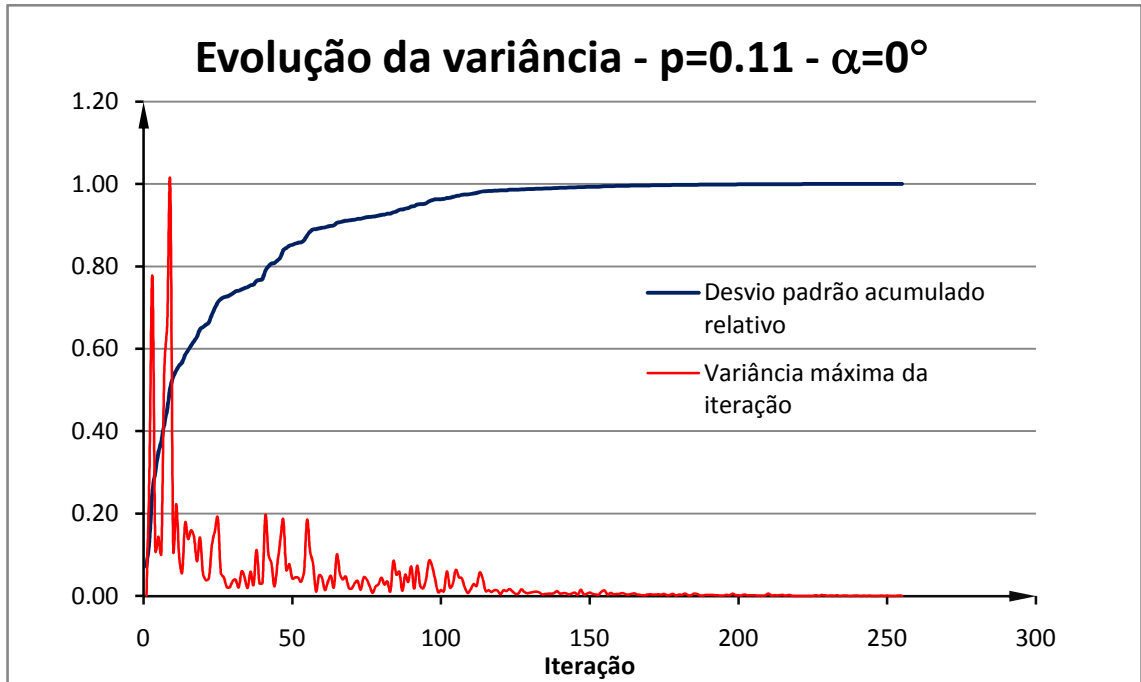


Figura 19: Evolução da variância - vento suave ( $p=0.11$ ) - direção  $0^\circ$

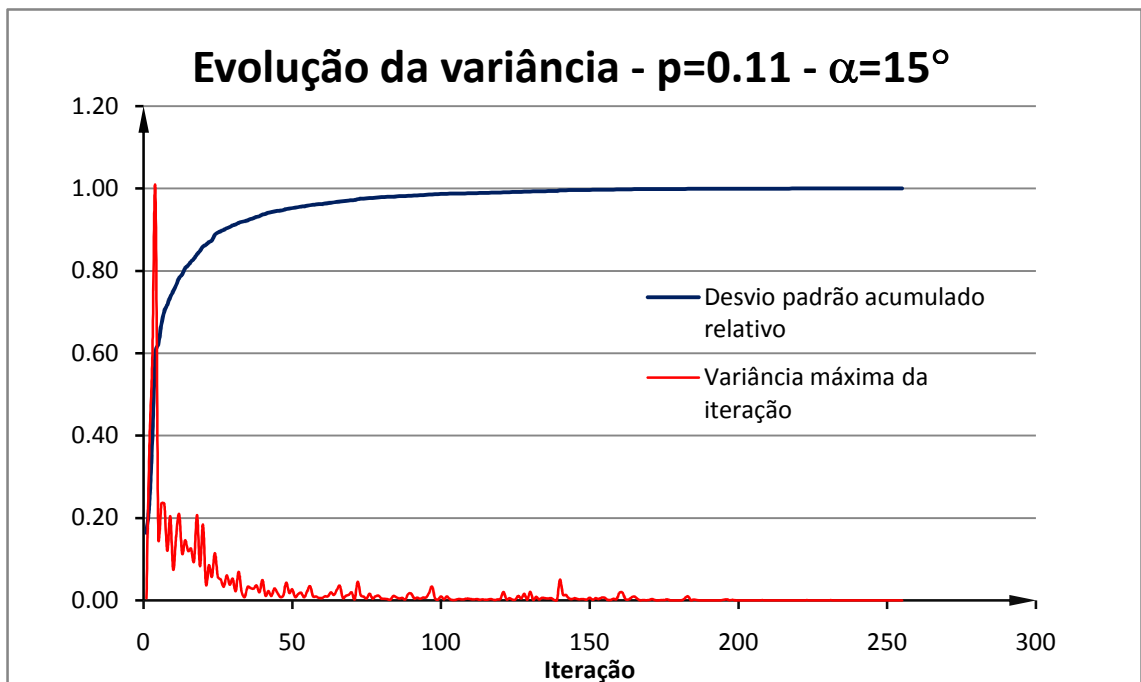


Figura 20: Evolução da variância - vento suave ( $p=0.11$ ) - direção  $15^\circ$

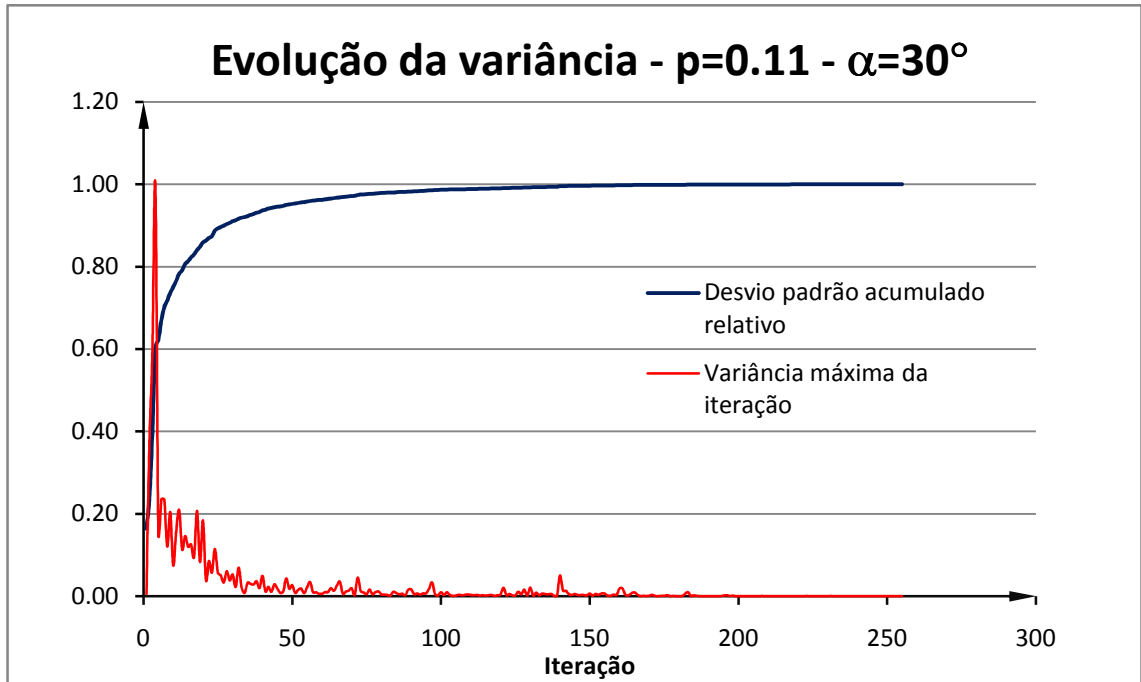


Figura 21: Evolução da variância - vento suave ( $p=0.11$ ) - direção  $30^\circ$

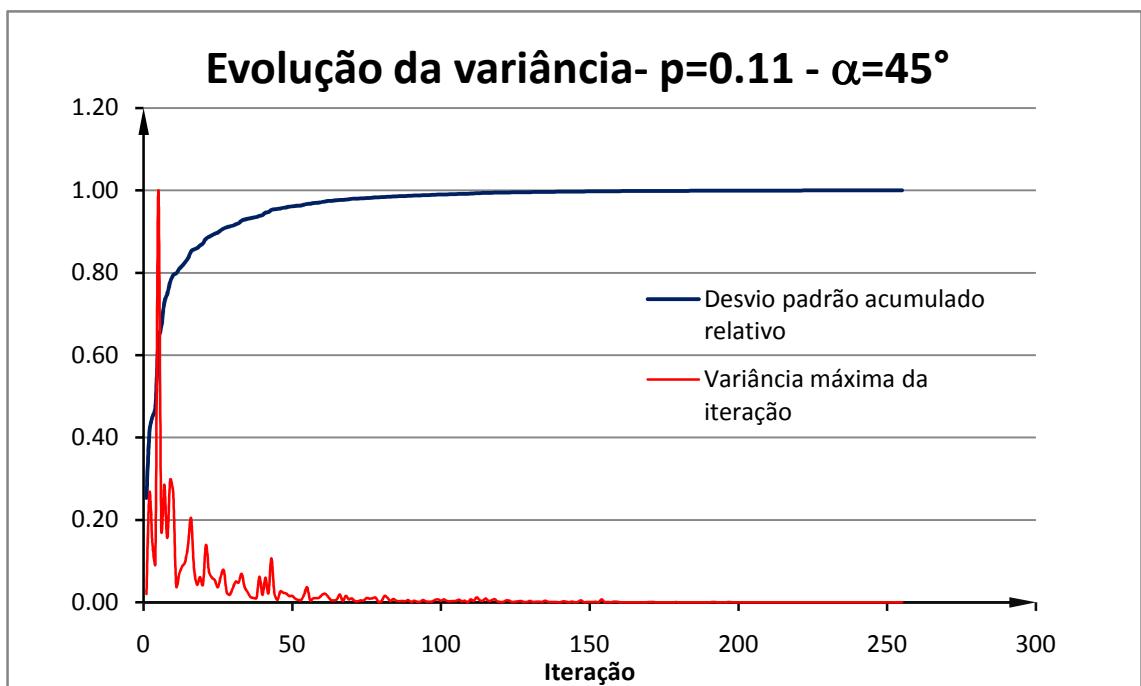


Figura 22: Evolução da variância - vento suave ( $p=0.11$ ) - direção  $45^\circ$

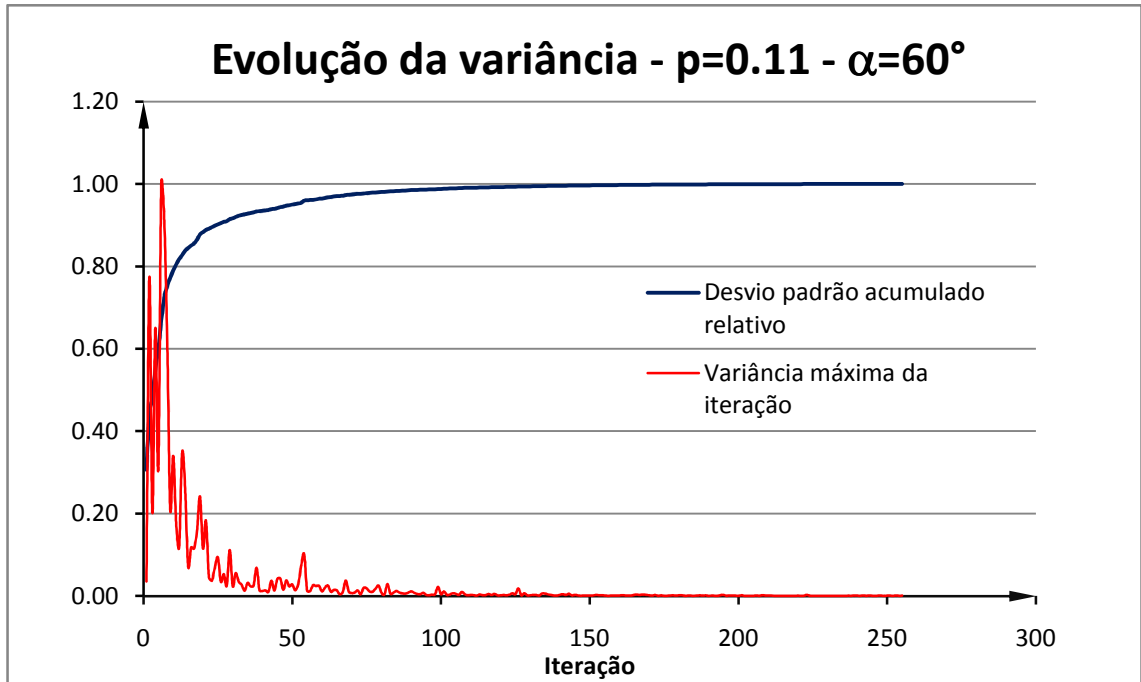


Figura 23: Evolução da variância - vento suave ( $p=0.11$ ) - direção  $60^\circ$

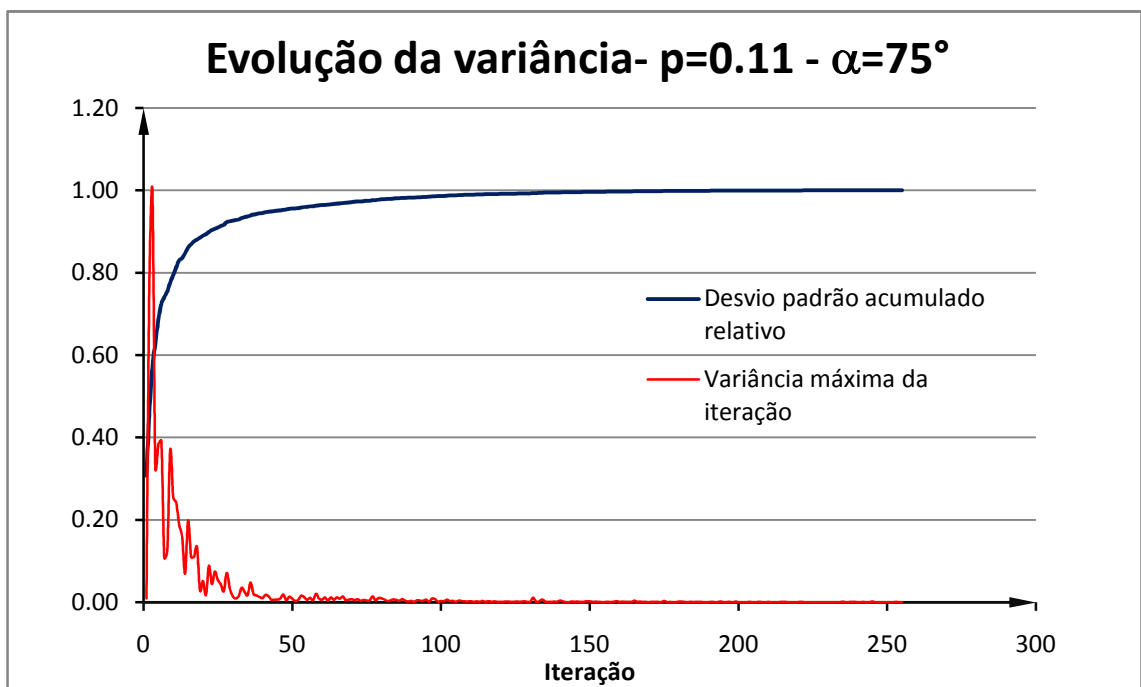


Figura 24: Evolução da variância - vento suave ( $p=0.11$ ) - direção  $75^\circ$

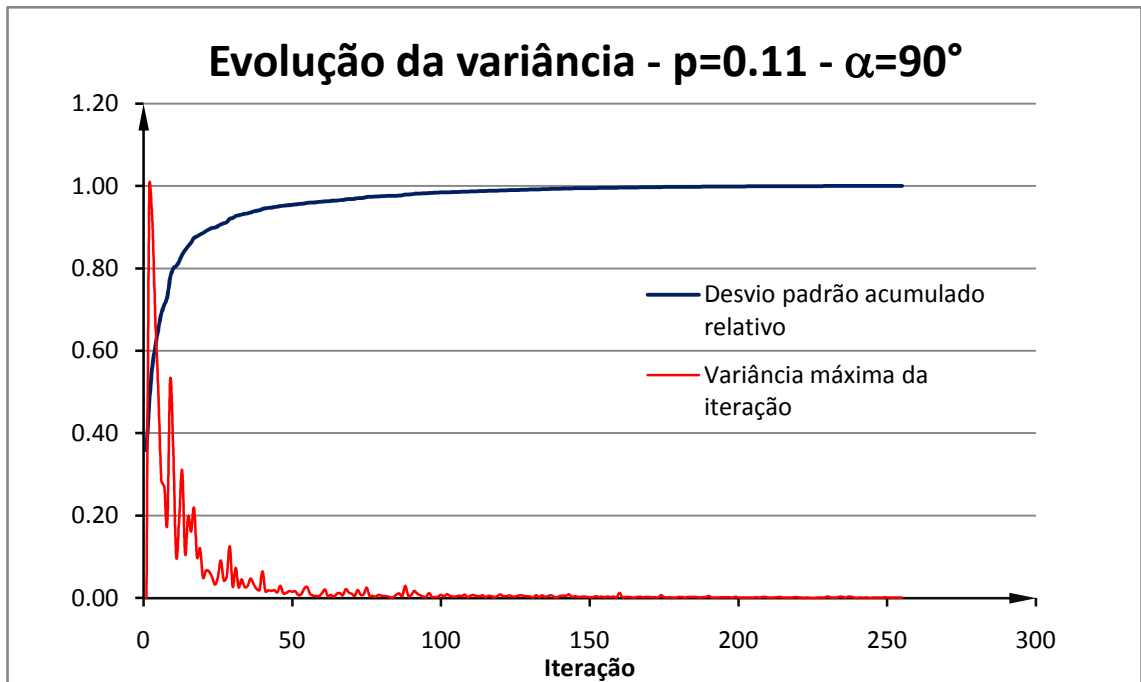


Figura 25: Evolução da variância - vento suave ( $p=0.11$ ) - direção  $90^\circ$

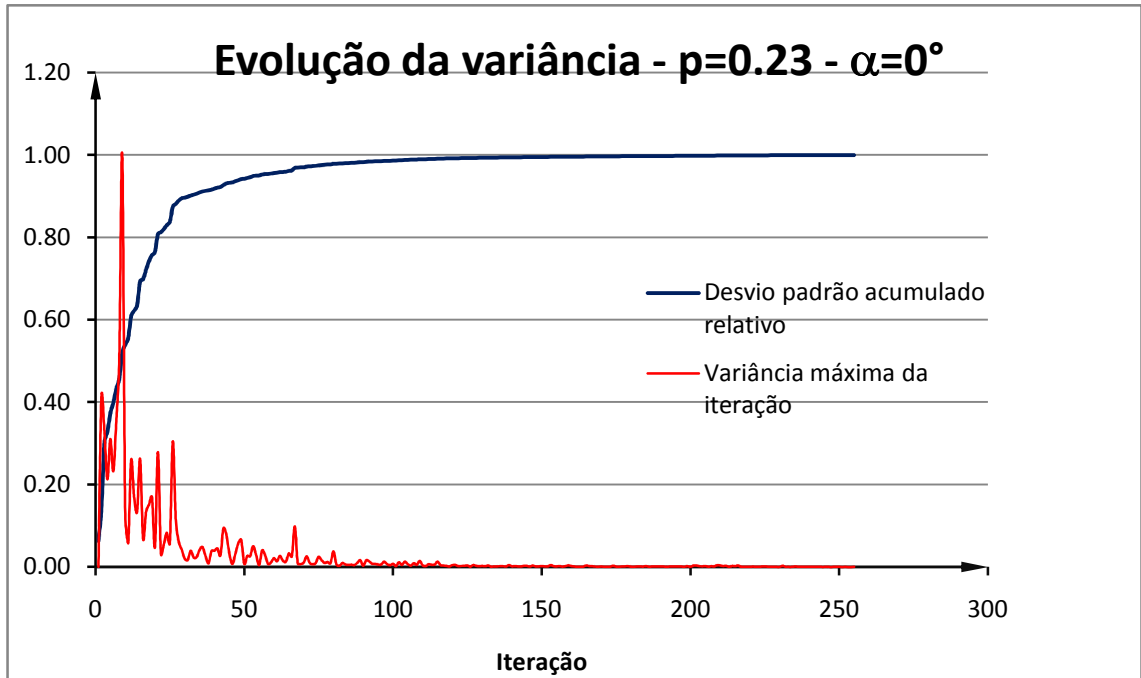


Figura 26: Evolução da variância - vento turbulento ( $p=0.23$ ) - direção  $0^\circ$

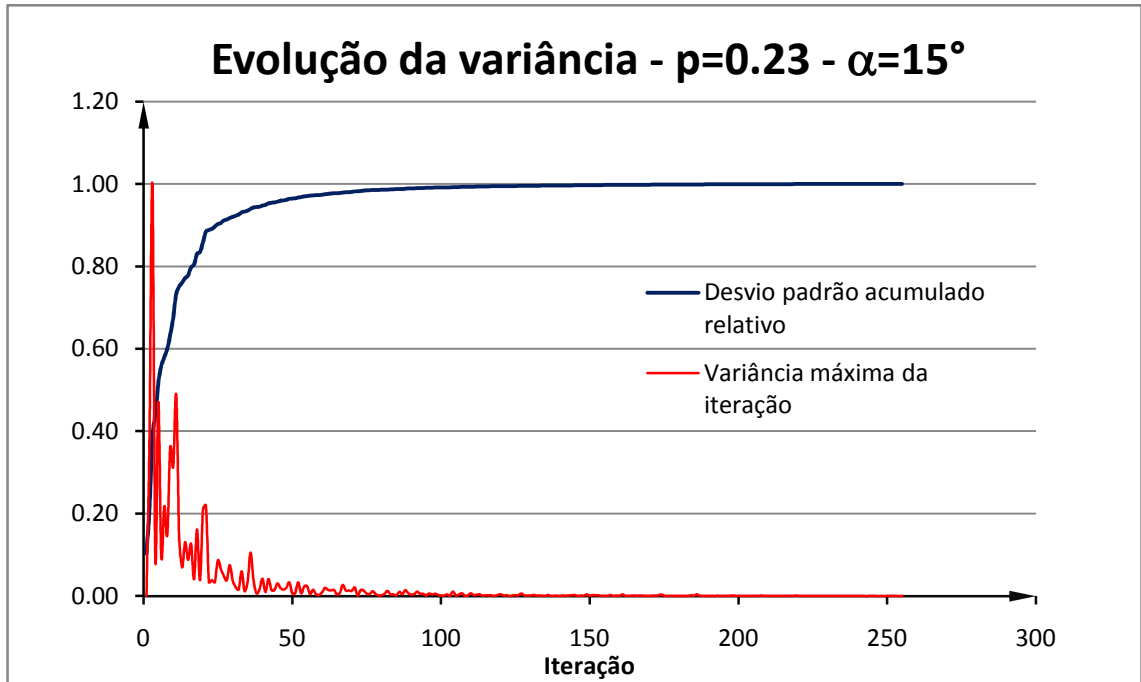


Figura 27: Evolução da variância - vento turbulento ( $p=0.23$ ) - direção  $15^\circ$

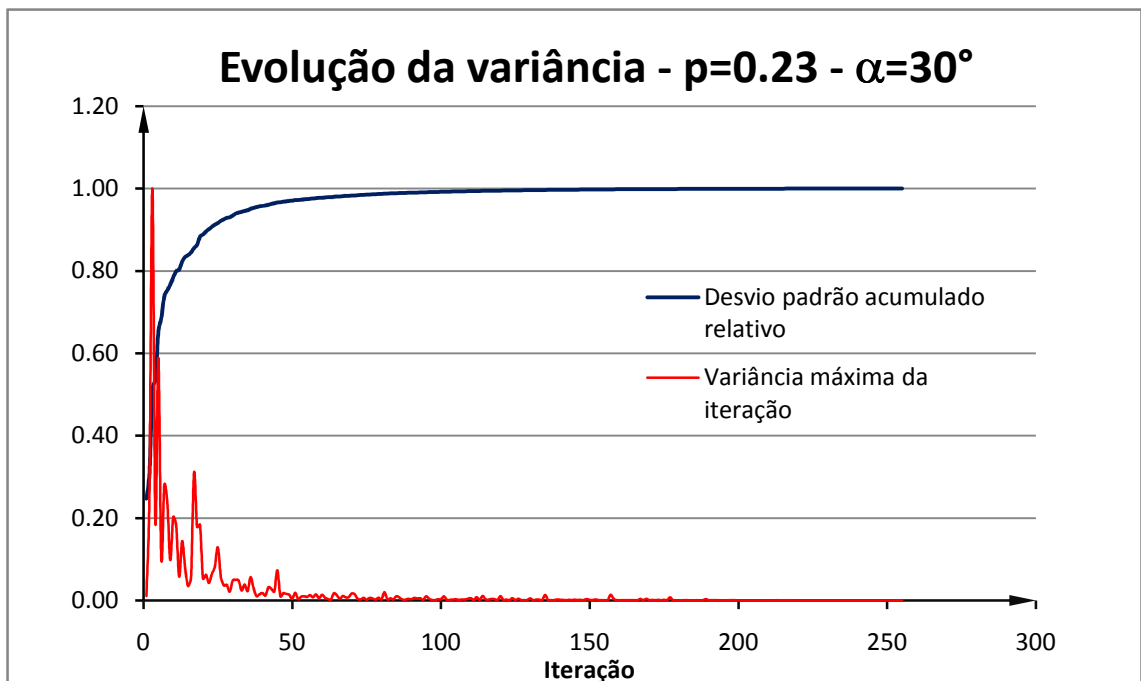
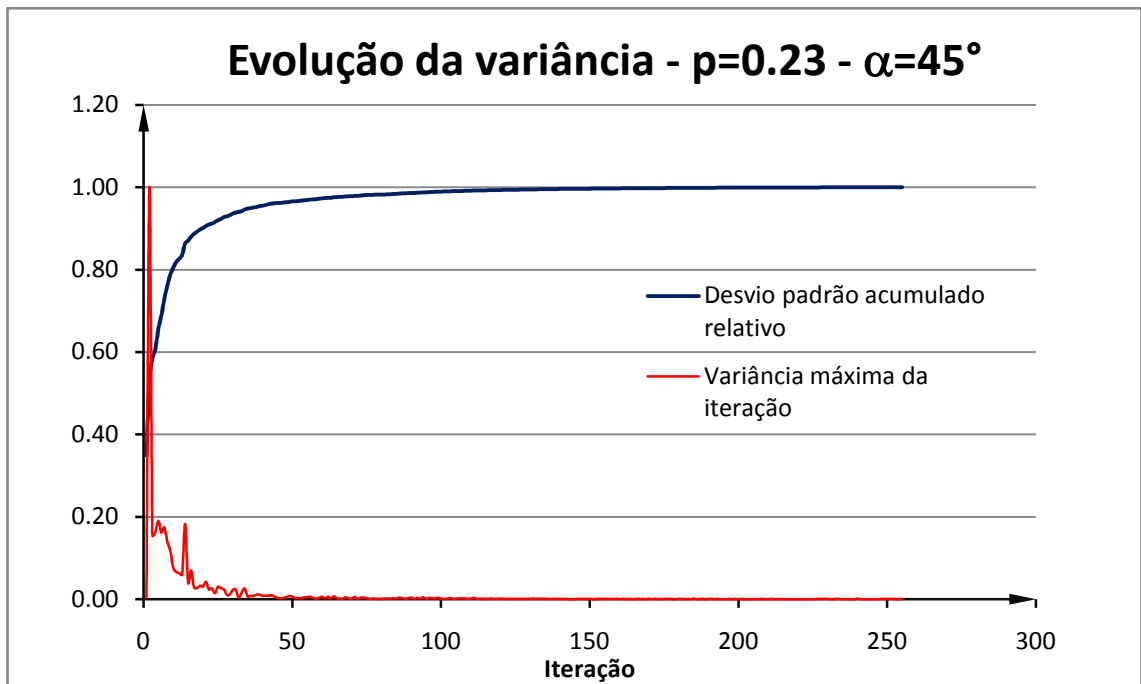
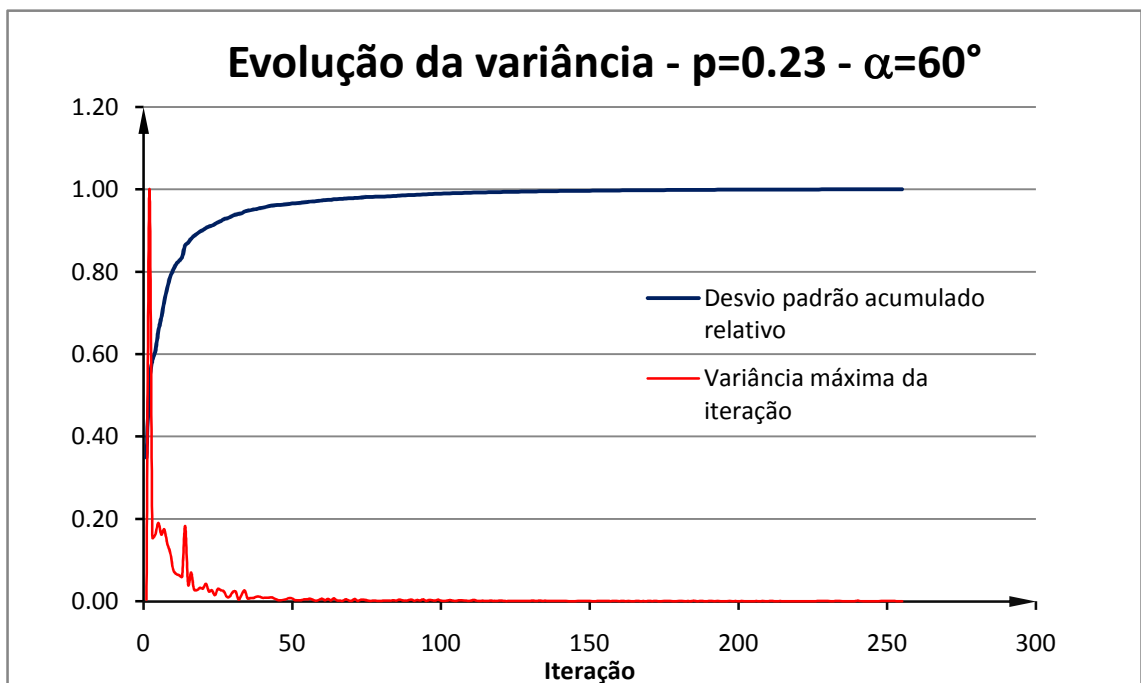


Figura 28: Evolução da variância - vento turbulento ( $p=0.23$ ) - direção  $30^\circ$

Figura 29: Evolução da variância - vento turbulento ( $p=0.23$ ) - direção  $45^\circ$ Figura 30: Evolução da variância - vento turbulento ( $p=0.23$ ) - direção  $60^\circ$

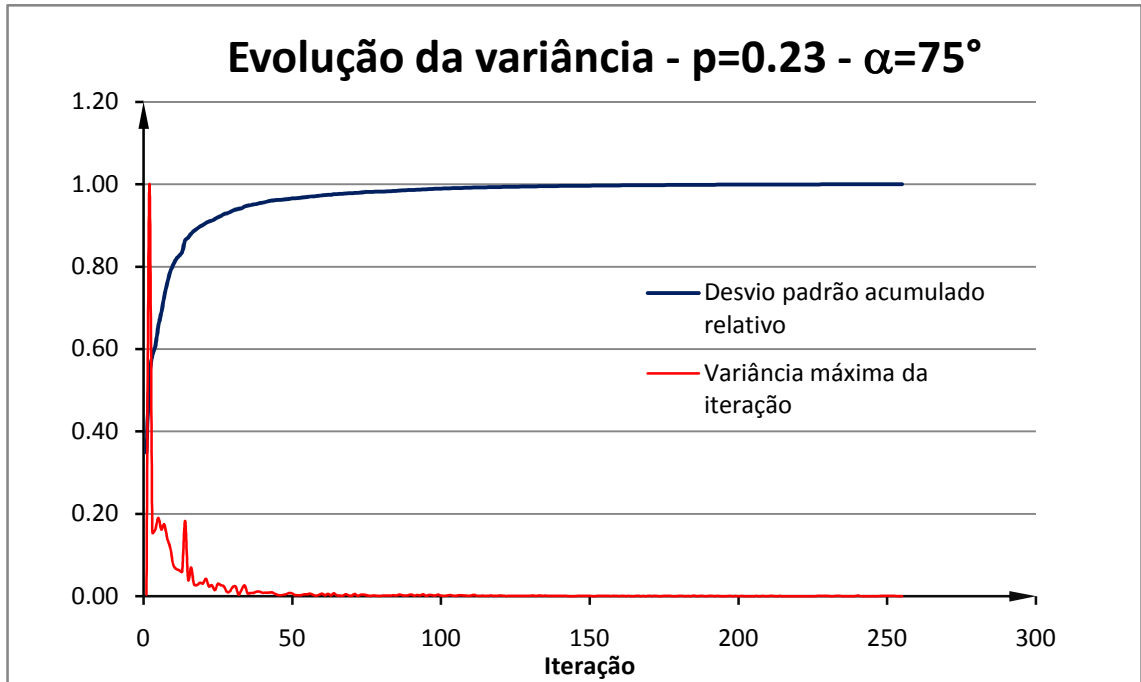


Figura 31: Evolução da variância - vento turbulento ( $p=0.23$ ) - direção  $75^\circ$

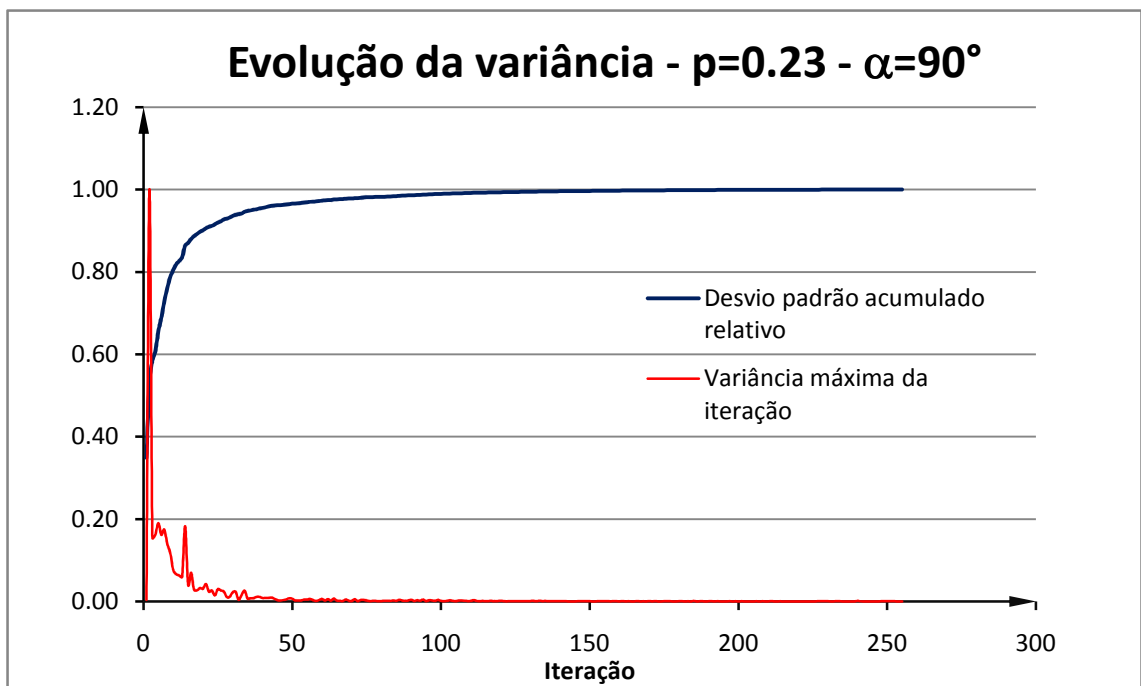


Figura 32: Evolução da variância - vento turbulento ( $p=0.23$ ) - direção  $90^\circ$



Percebe-se, pelas Tabelas 9 e 10, que a evolução do parâmetro de dimensionamento calculado sobre o desvio padrão das solicitações das barras é muito acelerada nas primeiras iterações (primeiros modos) atingindo o percentil de 90% já nas primeiras iterações e depois, tornando-se mais lenta, até completar 100%. A velocidade desta evolução é maior para vento turbulento do que para vento suave (ver Tabela 9 e 10), sugerindo um campo mais correlacionado para vento turbulento. Para direção do vento  $0^\circ$  a evolução é mais lenta do que nas outras direções sugerindo que o campo de pressões é menos correlacionado.

A variância máxima das solicitações na iteração tende a diminuir a cada iteração, porém apresentando picos decrescentes. Nesta análise salientamos que o desvio padrão do parâmetro da solicitação (linha azul) refere-se a uma variável global, que sintetiza o desvio padrão das solicitações de todas as barras. Já, a variância máxima da iteração (linha vermelha) refere-se necessariamente a uma variável local, ou seja, o incremento máximo de variância que acontece em uma das 6032 barras na iteração (modo).

É importante observar que, mesmo que os modos forneçam incrementos de variância decrescente de forma global, aparecem picos de incremento em uma ou outra barra, de forma localizada. Isto porque aquele modo (carregamento) provoca uma grande solicitação em uma determinada barra e, porém, não provoca, da mesma forma, uma grande solicitação na média de todas as barras.

A característica do MDOP de que os modos incrementam variância de forma decrescente ao longo do processo tendendo a uma assíntota horizontal, é o que nos permite truncar o somatório da variância. Isto pode ser observado pela linha vermelha dos gráficos que mede o comportamento de uma variável local e também pela linha azul, que indica o comportamento global destas variáveis.

As Tabelas 9 e 10 apresentam a quantidade de modos calculados para atingir os percentuais de 90%, 95% e 99% do desvio padrão, e o modo em que acontece o máximo incremento de variância da solicitação em uma barra, para direções  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , e para vento suave e turbulento.

Observa-se uma quantidade maior de modos para atingir-se um determinado percentual do desvio padrão total na direção  $0^\circ$  na comparação com as outras direções. Isto sugere um campo de pressões menos correlacionado para vento na direção  $0^\circ$ .

Observa-se uma quantidade maior de modos para atingir-se um determinado percentual do desvio padrão total em vento suave na comparação com vento turbulento. Isto sugere um campo de pressões menos correlacionado para vento suave.

Tabela 9: Vento suave - quantidade de modos calculados para atingir um percentual de variância.

| Direção | Iteração que atinge o percentual do desvio padrão total - Vento suave – p=0.11 |     |     | Iteração da variância máxima |
|---------|--|-----|-----|------------------------------|
|         | 90%  | 95% | 99% |                              |
| 0°      | 65   | 92  | 139 | 9                            |
| 15°     | 42   | 55  | 121 | 3                            |
| 30°     | 28   | 49  | 120 | 4                            |
| 45°     | 26   | 43  | 101 | 5                            |
| 60°     | 25   | 51  | 107 | 7                            |
| 75°     | 23   | 45  | 114 | 3                            |
| 90°     | 25   | 46  | 125 | 2                            |

Tabela 10: Vento turbulento - quantidade de modos calculados para atingir um percentual de variância.

| Direção | Iteração que atinge o percentual do desvio padrão total Vento turbulento – p=0.23 |     |     | Iteração da variância máxima |
|---------|---|-----|-----|------------------------------|
|         | 90%   | 95% | 99% |                              |
| 0°      | 32  | 54  | 110 | 9                            |
| 15°     | 25  | 42  | 94  | 3                            |
| 30°     | 22  | 36  | 91  | 3                            |
| 45°     | 23  | 36  | 91  | 2                            |
| 60°     | 21  | 40  | 96  | 2                            |
| 75°     | 20  | 38  | 102 | 2                            |
| 90°     | 20  | 37  | 103 | 2                            |

## 6.5 Influência da dimensão característica nas respostas

A dimensão característica da edificação é a maior dimensão frontal à direção do vento incidente. No caso da estrutura de estudo, para vento a  $0^\circ$  (incidindo sobre o oitão), temos duas dimensões: a altura  $h=26,50$  m e a largura  $b=53,00$ m. A dimensão característica é  $d=53,00$  m.

À medida que a direção do vento é alterada, a dimensão característica também se altera. Para vento a  $90^\circ$ , a dimensão característica é  $d=92,80$  m. Isto significa que a escala temporal é diferente para cada direção do vento, e, como consequência, a velocidade de rajada e a pressão dinâmica também se alteram. Ainda, como o fator de pico está ajustado à velocidade de rajada, este também se altera.

Nesta dissertação adotamos uma única dimensão característica para todas as direções do vento,  $d=92,80$ m, gerando uma única velocidade de rajada e pressão dinâmica.

É feito um estudo calculando-se para todas as direções do vento, a dimensão característica, a velocidade de rajada, a pressão dinâmica e o fator de pico (Tabela 11 para vento suave e Tabela 12 para vento turbulento).

Tabela 11: Dimensão característica, pressão dinâmica e fator de pico - vento suave

| Direção          | d      | vk     | P <sub>din</sub> | gp    |
|------------------|--------|--------|------------------|-------|
| 0°               | 53.00  | 51.000 | 1,594.4          | 2.210 |
| 15°              | 75.21  | 50.490 | 1,562.7          | 2.100 |
| 30°              | 92.30  | 50.260 | 1,548.5          | 2.050 |
| 45°              | 103.10 | 50.040 | 1,535.0          | 2.000 |
| 60°              | 106.87 | 49.390 | 1,495.3          | 1.970 |
| 75°              | 103.36 | 50.030 | 1,534.3          | 2.000 |
| 90°              | 92.80  | 50.250 | 1,547.9          | 2.050 |
| $\Delta t=3600s$ |        | 39.340 | 948.7            |       |

Tabela 12: Dimensão característica, pressão dinâmica e fator de pico - vento turbulento

| Direção          | d      | vk     | P <sub>din</sub> | gp    |
|------------------|--------|--------|------------------|-------|
| 0°               | 53.00  | 42.570 | 1,110.9          | 2.260 |
| 15°              | 75.21  | 41.700 | 1,065.9          | 2.110 |
| 30°              | 92.30  | 40.990 | 1,030.0          | 1.980 |
| 45°              | 103.10 | 40.480 | 1,004.5          | 1.890 |
| 60°              | 106.87 | 40.300 | 995.6            | 1.860 |
| 75°              | 103.36 | 40.470 | 1,004.0          | 1.890 |
| 90°              | 92.80  | 40.970 | 1,028.9          | 1.980 |
| $\Delta t=3600s$ |        | 27.380 | 459.5            |       |

A partir destes valores é calculado os parâmetros sobre as solicitações de pico e de rajada, e feita comparação destes resultados com os obtidos nesta dissertação com uma única dimensão característica (Tabelas 13 e 14). Nas Tabelas 13 e 14 os valores referente à dissertação são denotados por (1) e os valores referentes às diversas dimensões características são denotados por (2). A comparação é feita dividindo-se (2) por (1). Verifica-se que as diferenças encontradas são pequenas e não alteram a análise e conclusões desta dissertação.

Tabela 13: Comparação entre resultados da dissertação (1) e resultados considerando dimensão característica conforme direção(2) - vento suave

| Direção | $N_{pico(1)}$ | $N_{pico(2)}$ | (2)/(1)<br>Pico | $N_{rajada(1)}$ | $N_{rajada(2)}$ | (2)/(1)<br>Rajada | $\frac{N_{pico}}{N_{rajada(1)}}$ | $\frac{N_{pico}}{N_{rajada(2)}}$ | (2)/(1)     |
|---------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------|
| 0°      | 7.588         | 7.896         | <b>1.04</b>     | 5.929           | 6.117           | <b>1.03</b>       | 1.278                            | 1.291                            | <b>1.01</b> |
| 15°     | 13.121        | 13.209        | <b>1.01</b>     | 15.456          | 15.604          | <b>1.01</b>       | 0.849                            | 0.847                            | <b>1.00</b> |
| 30°     | 20.401        | 20.400        | <b>1.00</b>     | 26.591          | 26.602          | <b>1.00</b>       | 0.767                            | 0.767                            | <b>1.00</b> |
| 45°     | 24.167        | 24.057        | <b>1.00</b>     | 32.071          | 31.804          | <b>0.99</b>       | 0.754                            | 0.756                            | <b>1.00</b> |
| 60°     | 28.956        | 28.769        | <b>0.99</b>     | 39.397          | 38.060          | <b>0.97</b>       | 0.735                            | 0.756                            | <b>1.03</b> |
| 75°     | 27.747        | 27.618        | <b>1.00</b>     | 36.651          | 36.331          | <b>0.99</b>       | 0.757                            | 0.760                            | <b>1.00</b> |
| 90°     | 24.197        | 24.197        | <b>1.00</b>     | 31.381          | 31.381          | <b>1.00</b>       | 0.771                            | 0.771                            | <b>1.00</b> |

Tabela 14: Comparação entre resultados da dissertação (1) e resultados considerando dimensão característica conforme direção(2) - vento turbulento

| Direção | $N_{pico(1)}$ | $N_{pico(2)}$ | (2)/(1)<br>Pico | $N_{rajada(1)}$ | $N_{rajada(2)}$ | (2)/(1)<br>Rajada | $\frac{N_{pico}}{N_{rajada(1)}}$ | $\frac{N_{pico}}{N_{rajada(2)}}$ | (2)/(1)     |
|---------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------|
| 0°      | 3.877         | 4.237         | <b>1.09</b>     | 2.969           | 3,205           | <b>1,08</b>       | 1,306                            | 1,322                            | <b>1,01</b> |
| 15°     | 7.321         | 7.488         | <b>1.02</b>     | 10.659          | 11,041          | <b>1,04</b>       | 0,687                            | 0,678                            | <b>0,99</b> |
| 30°     | 11.313        | 11.314        | <b>1.00</b>     | 18.816          | 18,833          | <b>1,00</b>       | 0,601                            | 0,601                            | <b>1,00</b> |
| 45°     | 13.780        | 13.634        | <b>0.99</b>     | 23.625          | 23,063          | <b>0,98</b>       | 0,582                            | 0,591                            | <b>1,02</b> |
| 60°     | 16.284        | 16.055        | <b>0.99</b>     | 28.048          | 27,139          | <b>0,97</b>       | 0,581                            | 0,592                            | <b>1,02</b> |
| 75°     | 14.607        | 14.437        | <b>0.99</b>     | 24.340          | 23,750          | <b>0,98</b>       | 0,600                            | 0,608                            | <b>1,01</b> |
| 90°     | 12.688        | 12.688        | <b>1.00</b>     | 20.478          | 20,478          | <b>1,00</b>       | 0,620                            | 0,620                            | <b>1,00</b> |

## 6.6 Análise do determinante da matriz de correlação $R_p$

No item 2.3 é feita uma demonstração matemática relacionando o determinante da matriz de correlação com o maior ou menor grau de correlação do campo de pressões. Em campos totalmente correlacionados o determinante é igual a zero e, em campos sem qualquer correlação o determinante é igual a 1. Valores intermediários, entre zero e 1, definem o grau de correlação do campo. Valores mais próximos de 0 significam mais correlação, valores mais próximos de 1 significam menos correlação.

A matriz de correlação desta dissertação tem dimensão 255x255. O determinante é um somatório de multiplicações de 255 elementos. O fato de estes elementos serem menores do que 1 torna o determinante um número muito pequeno.

Temos uma matriz de correlação para cada direção do vento, podemos comparar estes determinantes entre si.

Tabela 15: Determinante da matriz de correlação

| Direção | Vento suave   |   |     |     | Vento Turbulento |   |     |     |
|---------|---------------|---|-----|-----|------------------|---|-----|-----|
|         | Det ( $R_p$ ) | Quantidade de modos p/atingir o percentual do desvio padrão |     |     | Det ( $R_p$ )    | Quantidade de modos p/atingir o percentual do desvio padrão |     |     |
|         |               | 90%   | 95% | 99% |                  | 90%   | 95% | 99% |
| 0°      | 2.54E-132     | 65  | 92  | 139 | 4.20E-141        | 32  | 54  | 110 |
| 15°     | 4.84E-176     | 42  | 55  | 121 | 5.11E-182        | 25  | 42  | 94  |
| 30°     | 1.10E-214     | 28  | 49  | 120 | 4.19E-215        | 22  | 36  | 91  |
| 45°     | 2.22E-222     | 26  | 43  | 101 | 7.15E-220        | 23  | 36  | 91  |
| 60°     | 1.01E-207     | 25  | 51  | 107 | 6.23E-221        | 21  | 40  | 96  |
| 75°     | 1.03E-196     | 23  | 45  | 114 | 2.51E-217        | 20  | 38  | 102 |
| 90°     | 2.54E-192     | 25  | 46  | 125 | 3.05E-211        | 20  | 37  | 103 |

A Tabela15 apresenta o determinante da matriz de correlação e a quantidade de modos incrementados para atingir os percentuais de 90%, 95% e 99% do desvio padrão, para vento suave e turbulento.

Na direção 0° temos o maior determinante (o mais próximo de 1) e a maior quantidade de modos para incrementar 90% do desvio padrão, indicando o campo menos correlacionado.

Na direção 15° o determinante diminui e a quantidade de modos para incrementar 90% do desvio padrão também diminui, indicando que o campo tornou-se mais correlacionado.

Nas outras direções verificam-se determinantes menores ainda e menos modos para incrementar um determinado percentual do desvio padrão, indicando campos mais correlacionados.

## 7 Conclusões

### 7.1 Conclusões gerais

O método da decomposição ortogonal própria (MDOP) demonstrou ser uma poderosa ferramenta de análise estatística estrutural, produzindo projetos mais seguros e otimizados.

A correlação determinada diretamente a partir do campo de pressões mostrou-se mais correta do que a correlação evoluída a partir da velocidade do fluxo do vento. Quando a correlação é determinada diretamente, contempla variações de energia no espectro que a correlação evoluída a partir da velocidade do fluxo não prevê.

O campo de pressões mostrou correlações distintas para diferentes direções do vento e diferentes turbulências do vento.

O coeficiente de variabilidade do campo de pressões se altera para diferentes direções do vento, o que nos leva a concluir que a presença do modelo no fluxo altera o espectro de pressões.

O esforço computacional para este tipo de abordagem é grande, e será maior ainda quando o tipo estrutural for pórtico espacial, ao invés de treliça espacial. No caso de pórtico espacial teremos 6 respostas estruturais para cada barra e estas respostas não serão constantes ao longo da barra. Admitindo-se a avaliação de 10 seções por barra teremos 60 respostas por barra (1 resposta por barra na treliça).

O uso do MDOP em projetos estruturais (com vistas a atender os prazos esperados pelo mercado) exige a utilização de softwares automatizados para receber os dados do túnel de vento e realizar todas as operações até o dimensionamento da estrutura.

O MDOP comportou-se adequadamente ao esperado conforme a fundamentação teórica colocada em 2.2 e 2.3 desta dissertação. A evolução da variância das variáveis globais ocorreu de forma suave tendendo a uma assíntota horizontal, porém atenção especial deve ser dispensada às variáveis locais. A evolução da variância das variáveis locais tendeu a uma assíntota horizontal, mas não de forma suave.

O MDOP, na comparação com o método da NBR 6123, apresentou na direção  $0^\circ$  solicitações maiores e nas outras direções, solicitações menores. O método da NBR 6123, na direção  $0^\circ$ , não contempla os acréscimos de energia no campo de pressões decorrentes da

presença do modelo (na direção  $0^\circ$ ). Nas outras direções o campo de pressões é mais descorrelacionado que o campo considerado pelo método da NBR 6123.

Durante o desenvolvimento desta dissertação sentiu-se falta de uma normatização do MDOP, principalmente no que se refere ao fator de pico a ser usado no cálculo das solicitações.

## **7.2 Sugestões para futuros trabalhos**

Como sugestões para futuros trabalhos e continuidade deste indicamos os seguintes temas:

Estudo do espectro do campo de pressões e determinação de um fator de pico adequado para as solicitações.

Influência do modelo no espectro do campo de pressões, transferência de energia entre os turbilhões.



## Referências

**ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1988.** *NBR 6123 - Forças devidas ao vento em edificações.* Rio de Janeiro - RJ : s.n., 1988.

**Bienkiewicz, B., et al. 1995.** Proper orthogonal decomposition and reconstruction of multi-channel roof pressure. *Journal of wind engineering and industrial aerodynamics* 54/55. 1995, pp. 369-381.

**Blessmann, J. 1983.** *Aerodinâmica das construções.* Porto Alegre : Ed. da Universidade, UFRGS, 1983.

— **1988.** *Intervalo de tempo para cálculo da velocidade básica do vento.* Porto Alegre : Ed. Universidade/UFRGS, 1988.

— **1995.** *O vento na engenharia estrutural.* Porto Alegre - RS : Ed. Universidade/UFRGS, 1995.

— **1982.** The Boundary Layer Wind Tunnel of UFRGS. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics.* 1982, pp. 231-248.

**Loredo-Souza, A.M., Schettinii, E.B.C. e Paluch, M.J. 2005.** *Simulação da camada limite atmosférica em túnel de vento.* Porto Alegre : s.n., 2005.

*Measurements of wind structures at heights up 598ft above ground level.* **Harris, R.I. 1968.** Loughborough : Loughborough University Tecnology, 1968. Symposium of Wind Effects on Buildings and Structures. pp. v.1, Paper 1.

**Rocha, Marcelo M., Cabral, Sando V.S. and Riera, Jorge D. 2000.** A comparison of proper orthogonal decomposition and Monte Carlo simulation of wind pressure data. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics.* 2000, pp. 329-344.

**Tennekes, H. and Lumley, J.L. 1972.** *A first course in turbulence.* Massachussets, USA : s.n., 1972.

*The Application of The Boundary Layer Wind Tunnel to the Prediction of Wind Load.* **Davenport, A. G. e Isyumov, N. 1967.** Ottawa, Canada : s.n., 1967. Wind Effects on Buildings and Structures. pp. 201-230.

*The nature of the wind.* **Harris, R.I. 1970.** London : s.n., 1970. The Modern Design of Wind Sensitive Structures. pp. Paper 3, p.29-55 .

*The relationship of wind structure to wind loading.* **Davenport, A.G. 1963.** Teddington : s.n., 1963. National Physical Laboratory, Symposium. pp. 54-102.

*The spectrum of horizontal gustiness near the ground in high winds.* **Davenport, A.G. 1961.** London : s.n., 1961. Quarterly Journal of Meteorological Society. pp. V.87, n.372, 9.194-211.

# Apêndices

## Apêndice A

### Relatórios do MDOP para vento suave ( $p=0,11$ )

#### Vento a 0°

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS  
CURSO DE POS-GRADUACAO ENGENHARIA CIVIL

DISSERTACAO DE MESTRADO : PAULO ROBERTO CUNHA DE ALMEIDA

CLIENTE : UFRGS-CPGEC  
OBRA : DISSERTACAO MESTRADO  
ARQUIVO : C:UFRGS-01.RTF  
DATA : 05-16-2009  
HORA : 13:17:28

SEMI-LARGURA DE BANDA INICIAL : 2433  
SEMI-LARGURA DE BANDA FINAL : 164

ARQUIVO DE SAIDA : C:PS11-000.RTF

\*\*\* CARREGAMENTO :

TURBULENCIA DO VENTO NO TUNEL : CLASSE = 11

VELOCIDADE DE RAJADA DO VENTO CONFORME NBR6123 = 50.25 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO DE RAJADA = 1.5479 kN/m<sup>2</sup>

VELOCIDADE MEDIA DO VENTO EM 3600s - POD = 39.34 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO MEDIO EM 3600s - POD = 0.9487 kN/m<sup>2</sup>  
FATOR DE PICO PARA SOLICITACOES - POD = 2.050

COEFICIENTES DE PRESSAO - ARQUIVO : C:PD11-000.TXT

\*\*\* ITERACOES :

NUMERO DE ITERACOES : 255  
LIMITE MINIMO DO INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA : 0.000%  
INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA NA ULTIMA ITERACAO : 0.027 - BARRA : 1071

\*\*\* PARAMETRO DE DIMENSIONAMENTO :

(MEDIA PONDERADA PELO COMPRIMENTO DA BARRA DO VALOR ABSOLUTO DAS SOLICITACOES)

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO MEDIA - Nmed = 3.640 kN  
PARAMETRO SOBRE DESVIO PADRAO - Ndpd = 1.926 kN  
PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE PICO - Npic = 7.588 kN  
COEFICIENTE DE VARIABILIDADE DO PARAMETRO - Ndpd/Nmed = 0.529

COEFICIENTE DE VARIABILIDADE MAXIMO = 8689.740 - BARRA : 2651

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE RAJADA - NBR6123 = 5.939 kN

RELACAO (PARAMETRO DE PICO -POD)/(PARAMETRO DE RAJADA-NBR6123) : 1.278

## \*\*\* PARAMETRO DE DIMENSIONAMENTO :

(MEDIA PONDERADA PELO COMPRIMENTO DA BARRA DO VALOR ABSOLUTO DAS SOLICITACOES)

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO MEDIA - Nmed = 3.640 kN  
 PARAMETRO SOBRE DESVIO PADRAO - Ndpd = 1.926 kN  
 PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE PICO - Npic = 7.588 kN  
 COEFICIENTE DE VARIABILIDADE DO PARAMETRO - Ndpd/Nmed = 0.529

COEFICIENTE DE VARIABILIDADE MAXIMO = 8689.740 - BARRA : 2651

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE RAJADA - NBR6123 = 5.939 kN

RELACAO (PARAMETRO DE PICO -POD)/(PARAMETRO DE RAJADA-NBR6123) : 1.278

## \*\*\*\* EVOLUCAO DO PARAMETRO DESVIO PADRAO :

| ITERACAO  | DPD.ACUMUL    | DPD.AC.REL    | VAR.MAXIMA     | VAR.MINIMA    |
|-----------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 1         | 0.1374        | 0.0714        | 0.0082         | 0.0082        |
| 2         | 0.2647        | 0.1374        | 4.7621         | 0.0000        |
| 3         | 0.4854        | 0.2520        | 12.2891        | 0.0000        |
| 4         | 0.5811        | 0.3017        | 1.7439         | 0.0000        |
| 5         | 0.6673        | 0.3465        | 2.2706         | 0.0000        |
| 6         | 0.7240        | 0.3759        | 1.6413         | 0.0000        |
| 7         | 0.8054        | 0.4182        | 8.6507         | 0.0000        |
| 8         | 0.8741        | 0.4538        | 10.5550        | 0.0000        |
| <b>9</b>  | <b>0.9718</b> | <b>0.5046</b> | <b>15.8478</b> | <b>0.0000</b> |
| 10        | 1.0238        | 0.5316        | 1.8226         | 0.0000        |
| 11        | 1.0530        | 0.5467        | 3.5234         | 0.0000        |
| <b>12</b> | <b>1.0770</b> | <b>0.5592</b> | <b>1.5330</b>  | <b>0.0000</b> |
| 13        | 1.0918        | 0.5669        | 0.8931         | 0.0000        |
| 14        | 1.1259        | 0.5846        | 2.8062         | 0.0000        |
| 15        | 1.1476        | 0.5958        | 2.1859         | 0.0000        |
| 16        | 1.1707        | 0.6078        | 2.5230         | 0.0000        |
| 17        | 1.1909        | 0.6183        | 2.2667         | 0.0000        |
| 18        | 1.2122        | 0.6294        | 1.3279         | 0.0000        |
| 19        | 1.2464        | 0.6471        | 2.2420         | 0.0000        |
| 20        | 1.2564        | 0.6523        | 0.8692         | 0.0000        |
| 21        | 1.2675        | 0.6581        | 0.5988         | 0.0000        |
| 22        | 1.2785        | 0.6638        | 0.6843         | 0.0000        |
| 23        | 1.3150        | 0.6828        | 1.9452         | 0.0000        |
| 24        | 1.3456        | 0.6986        | 2.4897         | 0.0000        |
| 25        | 1.3723        | 0.7125        | 2.9861         | 0.0000        |
| 26        | 1.3872        | 0.7202        | 0.8910         | 0.0000        |
| 27        | 1.3959        | 0.7248        | 0.7146         | 0.0000        |
| 28        | 1.3996        | 0.7267        | 0.3410         | 0.0000        |
| 29        | 1.4054        | 0.7297        | 0.3287         | 0.0000        |
| 30        | 1.4139        | 0.7341        | 0.5671         | 0.0000        |
| 31        | 1.4237        | 0.7392        | 0.6165         | 0.0000        |
| 32        | 1.4272        | 0.7410        | 0.3280         | 0.0000        |
| 33        | 1.4330        | 0.7440        | 0.9391         | 0.0000        |
| 34        | 1.4392        | 0.7473        | 0.7038         | 0.0000        |
| 35        | 1.4433        | 0.7494        | 0.3039         | 0.0000        |
| 36        | 1.4519        | 0.7538        | 0.9295         | 0.0000        |
| 37        | 1.4552        | 0.7555        | 0.4209         | 0.0000        |
| 38        | 1.4729        | 0.7647        | 1.7620         | 0.0000        |
| 39        | 1.4769        | 0.7668        | 0.4817         | 0.0000        |
| 40        | 1.4819        | 0.7694        | 0.5064         | 0.0000        |
| 41        | 1.5201        | 0.7892        | 3.1111         | 0.0000        |

|           |               |               |               |               |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 42        | 1.5409        | 0.8000        | 1.6042        | 0.0000        |
| 43        | 1.5536        | 0.8066        | 1.2601        | 0.0000        |
| 44        | 1.5559        | 0.8079        | 0.3628        | 0.0000        |
| 45        | 1.5680        | 0.8141        | 1.2052        | 0.0000        |
| 46        | 1.5818        | 0.8213        | 2.1353        | 0.0000        |
| 47        | 1.6157        | 0.8389        | 2.9340        | 0.0000        |
| 48        | 1.6262        | 0.8443        | 0.9993        | 0.0000        |
| 49        | 1.6367        | 0.8498        | 1.2209        | 0.0000        |
| 50        | 1.6410        | 0.8520        | 0.6731        | 0.0000        |
| 51        | 1.6464        | 0.8548        | 0.7091        | 0.0000        |
| 52        | 1.6510        | 0.8572        | 0.6977        | 0.0000        |
| 53        | 1.6535        | 0.8585        | 0.5477        | 0.0000        |
| 54        | 1.6627        | 0.8633        | 0.9736        | 0.0000        |
| 55        | 1.6851        | 0.8749        | 2.9251        | 0.0000        |
| 56        | 1.7030        | 0.8842        | 1.7255        | 0.0000        |
| 57        | 1.7131        | 0.8895        | 1.2366        | 0.0000        |
| 58        | 1.7145        | 0.8902        | 0.1692        | 0.0000        |
| 59        | 1.7178        | 0.8919        | 0.7793        | 0.0000        |
| 60        | 1.7211        | 0.8936        | 0.6949        | 0.0000        |
| 61        | 1.7227        | 0.8944        | 0.2219        | 0.0000        |
| 62        | 1.7266        | 0.8965        | 0.5442        | 0.0000        |
| 63        | 1.7297        | 0.8981        | 0.7648        | 0.0000        |
| 64        | 1.7322        | 0.8994        | 0.3304        | 0.0000        |
| <b>65</b> | <b>1.7445</b> | <b>0.9057</b> | <b>1.5894</b> | <b>0.0000</b> |
| 66        | 1.7469        | 0.9070        | 0.8617        | 0.0000        |
| 67        | 1.7507        | 0.9090        | 0.6335        | 0.0000        |
| 68        | 1.7540        | 0.9107        | 0.7364        | 0.0000        |
| 69        | 1.7552        | 0.9113        | 0.3091        | 0.0000        |
| 70        | 1.7574        | 0.9124        | 0.2792        | 0.0000        |
| 71        | 1.7589        | 0.9132        | 0.4845        | 0.0000        |
| 72        | 1.7624        | 0.9150        | 0.5713        | 0.0000        |
| 73        | 1.7637        | 0.9157        | 0.2380        | 0.0000        |
| 74        | 1.7667        | 0.9173        | 0.7012        | 0.0000        |
| 75        | 1.7701        | 0.9191        | 0.6368        | 0.0000        |
| 76        | 1.7721        | 0.9201        | 0.3790        | 0.0000        |
| 77        | 1.7727        | 0.9204        | 0.1115        | 0.0000        |
| 78        | 1.7749        | 0.9216        | 0.3539        | 0.0000        |
| 79        | 1.7777        | 0.9230        | 0.4468        | 0.0000        |
| 80        | 1.7808        | 0.9246        | 0.6970        | 0.0000        |
| 81        | 1.7828        | 0.9257        | 0.4348        | 0.0000        |
| 82        | 1.7867        | 0.9277        | 0.5513        | 0.0000        |
| 83        | 1.7873        | 0.9280        | 0.1778        | 0.0000        |
| 84        | 1.7934        | 0.9312        | 1.3377        | 0.0000        |
| 85        | 1.7971        | 0.9331        | 0.8139        | 0.0000        |
| 86        | 1.8047        | 0.9370        | 0.9220        | 0.0000        |
| 87        | 1.8062        | 0.9378        | 0.1943        | 0.0000        |
| 88        | 1.8101        | 0.9398        | 0.8128        | 0.0000        |
| 89        | 1.8132        | 0.9414        | 0.5360        | 0.0000        |
| 90        | 1.8207        | 0.9453        | 1.1287        | 0.0000        |
| 91        | 1.8225        | 0.9463        | 0.2771        | 0.0000        |
| <b>92</b> | <b>1.8296</b> | <b>0.9500</b> | <b>1.1605</b> | <b>0.0000</b> |
| 93        | 1.8312        | 0.9508        | 0.3958        | 0.0000        |
| 94        | 1.8323        | 0.9513        | 0.2873        | 0.0000        |
| 95        | 1.8354        | 0.9530        | 0.6404        | 0.0000        |
| 96        | 1.8448        | 0.9578        | 1.3523        | 0.0000        |
| 97        | 1.8499        | 0.9605        | 1.1507        | 0.0000        |
| 98        | 1.8537        | 0.9625        | 0.6572        | 0.0000        |
| 99        | 1.8542        | 0.9627        | 0.1426        | 0.0000        |
| 100       | 1.8550        | 0.9631        | 0.2231        | 0.0000        |
| 101       | 1.8557        | 0.9635        | 0.1795        | 0.0000        |
| 102       | 1.8600        | 0.9657        | 0.9336        | 0.0000        |
| 103       | 1.8616        | 0.9665        | 0.3200        | 0.0000        |
| 104       | 1.8643        | 0.9679        | 0.4724        | 0.0000        |
| 105       | 1.8688        | 0.9703        | 0.9961        | 0.0000        |
| 106       | 1.8713        | 0.9716        | 0.7199        | 0.0000        |
| 107       | 1.8749        | 0.9735        | 0.6750        | 0.0000        |

|            |               |               |               |               |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 108        | 1.8767        | 0.9744        | 0.3217        | 0.0000        |
| 109        | 1.8772        | 0.9746        | 0.1101        | 0.0000        |
| 110        | 1.8789        | 0.9755        | 0.2534        | 0.0000        |
| 111        | 1.8813        | 0.9768        | 0.4570        | 0.0000        |
| 112        | 1.8836        | 0.9780        | 0.3852        | 0.0000        |
| 113        | 1.8881        | 0.9803        | 0.8939        | 0.0000        |
| 114        | 1.8907        | 0.9817        | 0.6672        | 0.0000        |
| 115        | 1.8916        | 0.9821        | 0.1860        | 0.0000        |
| 116        | 1.8926        | 0.9826        | 0.2176        | 0.0000        |
| 117        | 1.8932        | 0.9829        | 0.1471        | 0.0000        |
| 118        | 1.8940        | 0.9834        | 0.2208        | 0.0000        |
| 119        | 1.8952        | 0.9840        | 0.1983        | 0.0000        |
| 120        | 1.8955        | 0.9842        | 0.0644        | 0.0000        |
| 121        | 1.8961        | 0.9844        | 0.2138        | 0.0000        |
| 122        | 1.8967        | 0.9848        | 0.1833        | 0.0000        |
| 123        | 1.8985        | 0.9857        | 0.2616        | 0.0000        |
| 124        | 1.8991        | 0.9860        | 0.1730        | 0.0000        |
| 125        | 1.8995        | 0.9862        | 0.0759        | 0.0000        |
| 126        | 1.8999        | 0.9864        | 0.0861        | 0.0000        |
| 127        | 1.9007        | 0.9868        | 0.2469        | 0.0000        |
| 128        | 1.9012        | 0.9871        | 0.1514        | 0.0000        |
| 129        | 1.9016        | 0.9873        | 0.1008        | 0.0000        |
| 130        | 1.9020        | 0.9875        | 0.1184        | 0.0000        |
| 131        | 1.9027        | 0.9879        | 0.1414        | 0.0000        |
| 132        | 1.9033        | 0.9882        | 0.1597        | 0.0000        |
| 133        | 1.9038        | 0.9885        | 0.1348        | 0.0000        |
| 134        | 1.9042        | 0.9887        | 0.0553        | 0.0000        |
| 135        | 1.9045        | 0.9888        | 0.0666        | 0.0000        |
| 136        | 1.9052        | 0.9892        | 0.0853        | 0.0000        |
| 137        | 1.9055        | 0.9894        | 0.0790        | 0.0000        |
| 138        | 1.9059        | 0.9896        | 0.1060        | 0.0000        |
| <b>139</b> | <b>1.9068</b> | <b>0.9900</b> | <b>0.1799</b> | <b>0.0000</b> |
| 140        | 1.9075        | 0.9904        | 0.0839        | 0.0000        |
| 141        | 1.9079        | 0.9906        | 0.0984        | 0.0000        |
| 142        | 1.9086        | 0.9910        | 0.1003        | 0.0000        |
| 143        | 1.9089        | 0.9911        | 0.0505        | 0.0000        |
| 144        | 1.9095        | 0.9914        | 0.0937        | 0.0000        |
| 145        | 1.9102        | 0.9918        | 0.1258        | 0.0000        |
| 146        | 1.9103        | 0.9919        | 0.0416        | 0.0000        |
| 147        | 1.9113        | 0.9924        | 0.2334        | 0.0000        |
| 148        | 1.9116        | 0.9925        | 0.0524        | 0.0000        |
| 149        | 1.9119        | 0.9927        | 0.0741        | 0.0000        |
| 150        | 1.9125        | 0.9930        | 0.1268        | 0.0000        |
| 151        | 1.9128        | 0.9931        | 0.0765        | 0.0000        |
| 152        | 1.9131        | 0.9933        | 0.0535        | 0.0000        |
| 153        | 1.9133        | 0.9934        | 0.0393        | 0.0000        |
| 154        | 1.9142        | 0.9938        | 0.1632        | 0.0000        |
| 155        | 1.9153        | 0.9944        | 0.2008        | 0.0000        |
| 156        | 1.9155        | 0.9946        | 0.0416        | 0.0000        |
| 157        | 1.9159        | 0.9948        | 0.1133        | 0.0000        |
| 158        | 1.9162        | 0.9949        | 0.0613        | 0.0000        |
| 159        | 1.9166        | 0.9951        | 0.0720        | 0.0000        |
| 160        | 1.9169        | 0.9952        | 0.0778        | 0.0000        |
| 161        | 1.9172        | 0.9954        | 0.1043        | 0.0000        |
| 162        | 1.9175        | 0.9956        | 0.0642        | 0.0000        |
| 163        | 1.9177        | 0.9957        | 0.0429        | 0.0000        |
| 164        | 1.9180        | 0.9958        | 0.0770        | 0.0000        |
| 165        | 1.9184        | 0.9960        | 0.0912        | 0.0000        |
| 166        | 1.9186        | 0.9961        | 0.0474        | 0.0000        |
| 167        | 1.9188        | 0.9963        | 0.0397        | 0.0000        |
| 168        | 1.9189        | 0.9963        | 0.0190        | 0.0000        |
| 169        | 1.9191        | 0.9964        | 0.0329        | 0.0000        |
| 170        | 1.9192        | 0.9965        | 0.0583        | 0.0000        |
| 171        | 1.9194        | 0.9966        | 0.0480        | 0.0000        |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 172 | 1.9195 | 0.9966 | 0.0425 | 0.0000 |
| 173 | 1.9198 | 0.9968 | 0.0583 | 0.0000 |
| 174 | 1.9199 | 0.9968 | 0.0412 | 0.0000 |
| 175 | 1.9202 | 0.9970 | 0.0715 | 0.0000 |
| 176 | 1.9203 | 0.9970 | 0.0251 | 0.0000 |
| 177 | 1.9205 | 0.9972 | 0.0352 | 0.0000 |
| 178 | 1.9208 | 0.9973 | 0.0732 | 0.0000 |
| 179 | 1.9209 | 0.9973 | 0.0114 | 0.0000 |
| 180 | 1.9211 | 0.9974 | 0.0476 | 0.0000 |
| 181 | 1.9212 | 0.9975 | 0.0387 | 0.0000 |
| 182 | 1.9214 | 0.9976 | 0.0886 | 0.0000 |
| 183 | 1.9215 | 0.9977 | 0.0258 | 0.0000 |
| 184 | 1.9217 | 0.9977 | 0.0208 | 0.0000 |
| 185 | 1.9219 | 0.9979 | 0.0853 | 0.0000 |
| 186 | 1.9222 | 0.9980 | 0.0780 | 0.0000 |
| 187 | 1.9223 | 0.9981 | 0.0189 | 0.0000 |
| 188 | 1.9224 | 0.9981 | 0.0155 | 0.0000 |
| 189 | 1.9226 | 0.9982 | 0.0327 | 0.0000 |
| 190 | 1.9227 | 0.9983 | 0.0337 | 0.0000 |
| 191 | 1.9228 | 0.9983 | 0.0345 | 0.0000 |
| 192 | 1.9229 | 0.9984 | 0.0249 | 0.0000 |
| 193 | 1.9230 | 0.9985 | 0.0181 | 0.0000 |
| 194 | 1.9231 | 0.9985 | 0.0094 | 0.0000 |
| 195 | 1.9233 | 0.9986 | 0.0109 | 0.0000 |
| 196 | 1.9234 | 0.9986 | 0.0337 | 0.0000 |
| 197 | 1.9235 | 0.9987 | 0.0176 | 0.0000 |
| 198 | 1.9236 | 0.9987 | 0.0820 | 0.0000 |
| 199 | 1.9238 | 0.9988 | 0.0303 | 0.0000 |
| 200 | 1.9239 | 0.9989 | 0.0220 | 0.0000 |
| 201 | 1.9239 | 0.9989 | 0.0149 | 0.0000 |
| 202 | 1.9240 | 0.9990 | 0.0480 | 0.0000 |
| 203 | 1.9242 | 0.9990 | 0.0164 | 0.0000 |
| 204 | 1.9243 | 0.9991 | 0.0267 | 0.0000 |
| 205 | 1.9244 | 0.9992 | 0.0262 | 0.0000 |
| 206 | 1.9245 | 0.9992 | 0.0092 | 0.0000 |
| 207 | 1.9245 | 0.9992 | 0.0046 | 0.0000 |
| 208 | 1.9246 | 0.9993 | 0.0129 | 0.0000 |
| 209 | 1.9246 | 0.9993 | 0.0150 | 0.0000 |
| 210 | 1.9248 | 0.9994 | 0.0850 | 0.0000 |
| 211 | 1.9249 | 0.9994 | 0.0124 | 0.0000 |
| 212 | 1.9250 | 0.9995 | 0.0217 | 0.0000 |
| 213 | 1.9250 | 0.9995 | 0.0155 | 0.0000 |
| 214 | 1.9251 | 0.9995 | 0.0267 | 0.0000 |
| 215 | 1.9252 | 0.9996 | 0.0300 | 0.0000 |
| 216 | 1.9252 | 0.9996 | 0.0051 | 0.0000 |
| 217 | 1.9253 | 0.9996 | 0.0348 | 0.0000 |
| 218 | 1.9253 | 0.9996 | 0.0031 | 0.0000 |
| 219 | 1.9253 | 0.9996 | 0.0030 | 0.0000 |
| 220 | 1.9253 | 0.9996 | 0.0031 | 0.0000 |
| 221 | 1.9253 | 0.9996 | 0.0014 | 0.0000 |
| 222 | 1.9253 | 0.9997 | 0.0021 | 0.0000 |
| 223 | 1.9254 | 0.9997 | 0.0016 | 0.0000 |
| 224 | 1.9254 | 0.9997 | 0.0012 | 0.0000 |
| 225 | 1.9254 | 0.9997 | 0.0015 | 0.0000 |
| 226 | 1.9254 | 0.9997 | 0.0207 | 0.0000 |
| 227 | 1.9254 | 0.9997 | 0.0010 | 0.0000 |
| 228 | 1.9255 | 0.9997 | 0.0299 | 0.0000 |
| 229 | 1.9256 | 0.9998 | 0.0182 | 0.0000 |
| 230 | 1.9256 | 0.9998 | 0.0015 | 0.0000 |
| 231 | 1.9256 | 0.9998 | 0.0087 | 0.0000 |
| 232 | 1.9257 | 0.9998 | 0.0043 | 0.0000 |
| 233 | 1.9257 | 0.9998 | 0.0177 | 0.0000 |
| 234 | 1.9257 | 0.9999 | 0.0025 | 0.0000 |
| 235 | 1.9258 | 0.9999 | 0.0042 | 0.0000 |
| 236 | 1.9258 | 0.9999 | 0.0077 | 0.0000 |
| 237 | 1.9258 | 0.9999 | 0.0018 | 0.0000 |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 238 | 1.9258 | 0.9999 | 0.0013 | 0.0000 |
| 239 | 1.9258 | 0.9999 | 0.0050 | 0.0000 |
| 240 | 1.9259 | 0.9999 | 0.0058 | 0.0000 |
| 241 | 1.9259 | 0.9999 | 0.0019 | 0.0000 |
| 242 | 1.9259 | 0.9999 | 0.0042 | 0.0000 |
| 243 | 1.9259 | 0.9999 | 0.0012 | 0.0000 |
| 244 | 1.9259 | 0.9999 | 0.0041 | 0.0000 |
| 245 | 1.9259 | 1.0000 | 0.0027 | 0.0000 |
| 246 | 1.9259 | 1.0000 | 0.0010 | 0.0000 |
| 247 | 1.9259 | 1.0000 | 0.0020 | 0.0000 |
| 248 | 1.9260 | 1.0000 | 0.0054 | 0.0000 |
| 249 | 1.9260 | 1.0000 | 0.0021 | 0.0000 |
| 250 | 1.9260 | 1.0000 | 0.0053 | 0.0000 |
| 251 | 1.9260 | 1.0000 | 0.0019 | 0.0000 |
| 252 | 1.9260 | 1.0000 | 0.0012 | 0.0000 |
| 253 | 1.9260 | 1.0000 | 0.0012 | 0.0000 |
| 254 | 1.9260 | 1.0000 | 0.0082 | 0.0000 |
| 255 | 1.9260 | 1.0000 | 0.0037 | 0.0000 |



## Vento a 15°

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS  
CURSO DE POS-GRADUACAO ENGENHARIA CIVIL

DISSERTACAO DE MESTRADO : PAULO ROBERTO CUNHA DE ALMEIDA

CLIENTE : UFRGS-CPGEC  
OBRA : DISSERTACAO MESTRADO  
ARQUIVO : C:UFRGS-01.RTF  
DATA : 05-16-2009  
HORA : 13:50:47

SEMI-LARGURA DE BANDA INICIAL : 2433  
SEMI-LARGURA DE BANDA FINAL : 164

ARQUIVO DE SAIDA : C:PS11-015.RTF

\*\*\* CARREGAMENTO :

TURBULENCIA DO VENTO NO TUNEL : CLASSE = 11

VELOCIDADE DE RAJADA DO VENTO CONFORME NBR6123 = 50.25 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO DE RAJADA = 1.5479 kN/m<sup>2</sup>

VELOCIDADE MEDIA DO VENTO EM 3600s - POD = 39.34 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO MEDIO EM 3600s - POD = 0.9487 kN/m<sup>2</sup>  
FATOR DE PICO PARA SOLICITACOES - POD = 2.050

COEFICIENTES DE PRESSAO - ARQUIVO : C:PD11-015.TXT

\*\*\* ITERACOES :

NUMERO DE ITERACOES : 255  
LIMITE MINIMO DO INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA : 0.000%  
INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA NA ULTIMA ITERACAO : 0.023 - BARRA : 2540

\*\*\* PARAMETRO DE DIMENSIONAMENTO :  
(MEDIA PONDERADA PELO COMPRIMENTO DA BARRA DO VALOR ABSOLUTO DAS SOLICITACOES)

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO MEDIA - Nmed = 9.473 kN  
PARAMETRO SOBRE DESVIO PADRAO - Ndpd = 1.779 kN  
PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE PICO - Npic = 13.121 kN  
COEFICIENTE DE VARIABILIDADE DO PARAMETRO - Ndpd/Nmed = 0.188

COEFICIENTE DE VARIABILIDADE MAXIMO = 253.137 - BARRA : 5081

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE RAJADA - NBR6123 = 15.456 kN

RELACAO (PARAMETRO DE PICO -POD)/(PARAMETRO DE RAJADA-NBR6123) : 0.849

\*\*\*\* EVOLUCAO DO PARAMETRO DESVIO PADRAO :

| ITERACAO | DPD.ACUMUL    | DPD.AC.REL    | VAR.MAXIMA     | VAR.MINIMA    |
|----------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 1        | 0.1614        | 0.0907        | 0.0219         | 0.0219        |
| 2        | 0.3511        | 0.1973        | 8.2958         | 0.0000        |
| <b>3</b> | <b>0.5599</b> | <b>0.3147</b> | <b>20.3650</b> | <b>0.0000</b> |
| 4        | 0.7016        | 0.3943        | 5.1309         | 0.0000        |
| 5        | 0.8298        | 0.4664        | 7.2645         | 0.0000        |
| 6        | 0.9225        | 0.5185        | 4.9584         | 0.0000        |

|           |               |               |               |               |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 7         | 0.9840        | 0.5530        | 8.7326        | 0.0000        |
| 8         | 1.0197        | 0.5731        | 7.5322        | 0.0000        |
| 9         | 1.0512        | 0.5908        | 2.7249        | 0.0000        |
| 10        | 1.1295        | 0.6348        | 5.7694        | 0.0000        |
| 11        | 1.1738        | 0.6597        | 13.7502       | 0.0000        |
| 12        | 1.2002        | 0.6745        | 2.9710        | 0.0000        |
| 13        | 1.2238        | 0.6878        | 1.3748        | 0.0000        |
| 14        | 1.2366        | 0.6950        | 1.3276        | 0.0000        |
| 15        | 1.2487        | 0.7018        | 2.5676        | 0.0000        |
| 16        | 1.2675        | 0.7124        | 2.6123        | 0.0000        |
| 17        | 1.2844        | 0.7219        | 2.5288        | 0.0000        |
| 18        | 1.2938        | 0.7272        | 1.0817        | 0.0000        |
| 19        | 1.3368        | 0.7513        | 5.5943        | 0.0000        |
| 20        | 1.3436        | 0.7552        | 0.7655        | 0.0000        |
| 21        | 1.3892        | 0.7808        | 5.3905        | 0.0000        |
| 22        | 1.4032        | 0.7886        | 2.3487        | 0.0000        |
| 23        | 1.4102        | 0.7926        | 1.3450        | 0.0000        |
| 24        | 1.4424        | 0.8107        | 4.0420        | 0.0000        |
| 25        | 1.4518        | 0.8160        | 1.3717        | 0.0000        |
| 26        | 1.4577        | 0.8193        | 1.0399        | 0.0000        |
| 27        | 1.4630        | 0.8223        | 1.4429        | 0.0000        |
| 28        | 1.4735        | 0.8282        | 4.0503        | 0.0000        |
| 29        | 1.4978        | 0.8418        | 2.1381        | 0.0000        |
| 30        | 1.5260        | 0.8577        | 2.9079        | 0.0000        |
| 31        | 1.5423        | 0.8668        | 2.3473        | 0.0000        |
| 32        | 1.5510        | 0.8717        | 1.5919        | 0.0000        |
| 33        | 1.5561        | 0.8746        | 0.8490        | 0.0000        |
| 34        | 1.5636        | 0.8788        | 1.2697        | 0.0000        |
| 35        | 1.5698        | 0.8823        | 2.0897        | 0.0000        |
| 36        | 1.5728        | 0.8840        | 0.4345        | 0.0000        |
| 37        | 1.5775        | 0.8866        | 0.5326        | 0.0000        |
| 38        | 1.5811        | 0.8887        | 0.9207        | 0.0000        |
| 39        | 1.5936        | 0.8957        | 2.0148        | 0.0000        |
| 40        | 1.5988        | 0.8986        | 0.7237        | 0.0000        |
| 41        | 1.6003        | 0.8995        | 0.2216        | 0.0000        |
| <b>42</b> | <b>1.6079</b> | <b>0.9037</b> | <b>1.2644</b> | <b>0.0000</b> |
| 43        | 1.6154        | 0.9079        | 1.8392        | 0.0000        |
| 44        | 1.6655        | 0.9361        | 5.2565        | 0.0000        |
| 45        | 1.6698        | 0.9385        | 0.8866        | 0.0000        |
| 46        | 1.6728        | 0.9402        | 0.5372        | 0.0000        |
| 47        | 1.6750        | 0.9414        | 0.2013        | 0.0000        |
| 48        | 1.6762        | 0.9421        | 0.1613        | 0.0000        |
| 49        | 1.6776        | 0.9429        | 0.1975        | 0.0000        |
| 50        | 1.6813        | 0.9450        | 0.5118        | 0.0000        |
| 51        | 1.6831        | 0.9460        | 0.2931        | 0.0000        |
| 52        | 1.6847        | 0.9469        | 0.1793        | 0.0000        |
| 53        | 1.6875        | 0.9484        | 0.4860        | 0.0000        |
| 54        | 1.6894        | 0.9495        | 0.3130        | 0.0000        |
| <b>55</b> | <b>1.6915</b> | <b>0.9507</b> | <b>0.2879</b> | <b>0.0000</b> |
| 56        | 1.6952        | 0.9528        | 0.9381        | 0.0000        |
| 57        | 1.6999        | 0.9554        | 0.9964        | 0.0000        |
| 58        | 1.7020        | 0.9566        | 0.2981        | 0.0000        |
| 59        | 1.7047        | 0.9581        | 0.6116        | 0.0000        |
| 60        | 1.7071        | 0.9595        | 0.7200        | 0.0000        |
| 61        | 1.7079        | 0.9599        | 0.0909        | 0.0000        |
| 62        | 1.7100        | 0.9611        | 0.8214        | 0.0000        |
| 63        | 1.7106        | 0.9615        | 0.1187        | 0.0000        |
| 64        | 1.7138        | 0.9632        | 0.9182        | 0.0000        |
| 65        | 1.7164        | 0.9647        | 1.2138        | 0.0000        |
| 66        | 1.7179        | 0.9655        | 0.6489        | 0.0000        |
| 67        | 1.7211        | 0.9673        | 1.2802        | 0.0000        |
| 68        | 1.7222        | 0.9679        | 0.1491        | 0.0000        |
| 69        | 1.7234        | 0.9686        | 0.2608        | 0.0000        |
| 70        | 1.7244        | 0.9692        | 0.2482        | 0.0000        |

|            |               |               |               |               |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 71         | 1.7265        | 0.9703        | 0.5171        | 0.0000        |
| 72         | 1.7275        | 0.9709        | 0.2902        | 0.0000        |
| 73         | 1.7281        | 0.9712        | 0.0869        | 0.0000        |
| 74         | 1.7288        | 0.9716        | 0.1055        | 0.0000        |
| 75         | 1.7302        | 0.9724        | 0.5251        | 0.0000        |
| 76         | 1.7311        | 0.9729        | 1.0498        | 0.0000        |
| 77         | 1.7321        | 0.9735        | 0.2517        | 0.0000        |
| 78         | 1.7327        | 0.9739        | 0.1344        | 0.0000        |
| 79         | 1.7335        | 0.9743        | 0.1583        | 0.0000        |
| 80         | 1.7339        | 0.9746        | 0.0852        | 0.0000        |
| 81         | 1.7343        | 0.9748        | 0.1050        | 0.0000        |
| 82         | 1.7359        | 0.9757        | 0.3524        | 0.0000        |
| 83         | 1.7364        | 0.9760        | 0.1288        | 0.0000        |
| 84         | 1.7369        | 0.9762        | 0.0709        | 0.0000        |
| 85         | 1.7379        | 0.9768        | 0.2486        | 0.0000        |
| 86         | 1.7386        | 0.9772        | 0.2788        | 0.0000        |
| 87         | 1.7391        | 0.9774        | 0.1206        | 0.0000        |
| 88         | 1.7397        | 0.9778        | 0.2248        | 0.0000        |
| 89         | 1.7410        | 0.9785        | 0.3908        | 0.0000        |
| 90         | 1.7426        | 0.9794        | 0.8493        | 0.0000        |
| 91         | 1.7429        | 0.9796        | 0.0356        | 0.0000        |
| 92         | 1.7442        | 0.9803        | 0.4036        | 0.0000        |
| 93         | 1.7455        | 0.9810        | 0.5342        | 0.0000        |
| 94         | 1.7460        | 0.9813        | 0.0900        | 0.0000        |
| 95         | 1.7466        | 0.9817        | 0.2434        | 0.0000        |
| 96         | 1.7474        | 0.9821        | 0.3467        | 0.0000        |
| 97         | 1.7488        | 0.9829        | 0.3377        | 0.0000        |
| 98         | 1.7493        | 0.9832        | 0.0490        | 0.0000        |
| 99         | 1.7498        | 0.9834        | 0.2960        | 0.0000        |
| 100        | 1.7503        | 0.9838        | 0.1027        | 0.0000        |
| 101        | 1.7517        | 0.9846        | 0.4582        | 0.0000        |
| 102        | 1.7525        | 0.9850        | 0.3720        | 0.0000        |
| 103        | 1.7529        | 0.9852        | 0.0614        | 0.0000        |
| 104        | 1.7533        | 0.9855        | 0.1336        | 0.0000        |
| 105        | 1.7541        | 0.9859        | 0.3883        | 0.0000        |
| 106        | 1.7546        | 0.9861        | 0.0478        | 0.0000        |
| 107        | 1.7548        | 0.9863        | 0.0398        | 0.0000        |
| 108        | 1.7557        | 0.9868        | 0.5557        | 0.0000        |
| 109        | 1.7562        | 0.9871        | 0.2240        | 0.0000        |
| 110        | 1.7570        | 0.9875        | 0.3535        | 0.0000        |
| 111        | 1.7573        | 0.9877        | 0.1400        | 0.0000        |
| 112        | 1.7577        | 0.9879        | 0.0817        | 0.0000        |
| 113        | 1.7582        | 0.9882        | 0.1116        | 0.0000        |
| 114        | 1.7588        | 0.9885        | 0.3202        | 0.0000        |
| 115        | 1.7591        | 0.9887        | 0.0372        | 0.0000        |
| 116        | 1.7592        | 0.9888        | 0.0225        | 0.0000        |
| 117        | 1.7595        | 0.9889        | 0.1792        | 0.0000        |
| 118        | 1.7598        | 0.9891        | 0.0276        | 0.0000        |
| 119        | 1.7602        | 0.9893        | 0.0867        | 0.0000        |
| 120        | 1.7611        | 0.9898        | 0.3441        | 0.0000        |
| <b>121</b> | <b>1.7616</b> | <b>0.9901</b> | <b>0.2153</b> | <b>0.0000</b> |
| 122        | 1.7618        | 0.9902        | 0.0331        | 0.0000        |
| 123        | 1.7623        | 0.9905        | 0.1957        | 0.0000        |
| 124        | 1.7625        | 0.9906        | 0.0452        | 0.0000        |
| 125        | 1.7627        | 0.9907        | 0.0380        | 0.0000        |
| 126        | 1.7629        | 0.9908        | 0.0205        | 0.0000        |
| 127        | 1.7634        | 0.9911        | 0.1954        | 0.0000        |
| 128        | 1.7636        | 0.9912        | 0.0420        | 0.0000        |
| 129        | 1.7639        | 0.9914        | 0.0678        | 0.0000        |
| 130        | 1.7641        | 0.9915        | 0.0285        | 0.0000        |
| 131        | 1.7643        | 0.9916        | 0.0418        | 0.0000        |
| 132        | 1.7647        | 0.9918        | 0.1466        | 0.0000        |
| 133        | 1.7649        | 0.9919        | 0.0907        | 0.0000        |
| 134        | 1.7651        | 0.9921        | 0.0313        | 0.0000        |
| 135        | 1.7659        | 0.9925        | 0.3776        | 0.0000        |
| 136        | 1.7663        | 0.9927        | 0.1472        | 0.0000        |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 137 | 1.7669 | 0.9931 | 0.3607 | 0.0000 |
| 138 | 1.7673 | 0.9933 | 0.2177 | 0.0000 |
| 139 | 1.7679 | 0.9937 | 0.3466 | 0.0000 |
| 140 | 1.7683 | 0.9938 | 0.2356 | 0.0000 |
| 141 | 1.7686 | 0.9940 | 0.0697 | 0.0000 |
| 142 | 1.7688 | 0.9941 | 0.0274 | 0.0000 |
| 143 | 1.7692 | 0.9943 | 0.2227 | 0.0000 |
| 144 | 1.7693 | 0.9944 | 0.0161 | 0.0000 |
| 145 | 1.7694 | 0.9945 | 0.0573 | 0.0000 |
| 146 | 1.7696 | 0.9946 | 0.0200 | 0.0000 |
| 147 | 1.7697 | 0.9947 | 0.0161 | 0.0000 |
| 148 | 1.7700 | 0.9948 | 0.0449 | 0.0000 |
| 149 | 1.7701 | 0.9949 | 0.0169 | 0.0000 |
| 150 | 1.7711 | 0.9954 | 0.5998 | 0.0000 |
| 151 | 1.7712 | 0.9955 | 0.0308 | 0.0000 |
| 152 | 1.7714 | 0.9956 | 0.0649 | 0.0000 |
| 153 | 1.7716 | 0.9957 | 0.0780 | 0.0000 |
| 154 | 1.7719 | 0.9959 | 0.1521 | 0.0000 |
| 155 | 1.7721 | 0.9960 | 0.0597 | 0.0000 |
| 156 | 1.7722 | 0.9961 | 0.0493 | 0.0000 |
| 157 | 1.7727 | 0.9963 | 0.3741 | 0.0000 |
| 158 | 1.7730 | 0.9965 | 0.1736 | 0.0000 |
| 159 | 1.7732 | 0.9966 | 0.0810 | 0.0000 |
| 160 | 1.7735 | 0.9968 | 0.0572 | 0.0000 |
| 161 | 1.7736 | 0.9968 | 0.0552 | 0.0000 |
| 162 | 1.7738 | 0.9969 | 0.0942 | 0.0000 |
| 163 | 1.7742 | 0.9971 | 0.3785 | 0.0000 |
| 164 | 1.7744 | 0.9973 | 0.1654 | 0.0000 |
| 165 | 1.7745 | 0.9974 | 0.0396 | 0.0000 |
| 166 | 1.7746 | 0.9974 | 0.0172 | 0.0000 |
| 167 | 1.7751 | 0.9977 | 0.1876 | 0.0000 |
| 168 | 1.7751 | 0.9977 | 0.0079 | 0.0000 |
| 169 | 1.7752 | 0.9977 | 0.0091 | 0.0000 |
| 170 | 1.7753 | 0.9978 | 0.0223 | 0.0000 |
| 171 | 1.7754 | 0.9978 | 0.0345 | 0.0000 |
| 172 | 1.7755 | 0.9979 | 0.0108 | 0.0000 |
| 173 | 1.7756 | 0.9979 | 0.0510 | 0.0000 |
| 174 | 1.7757 | 0.9980 | 0.0162 | 0.0000 |
| 175 | 1.7758 | 0.9980 | 0.0147 | 0.0000 |
| 176 | 1.7759 | 0.9981 | 0.1133 | 0.0000 |
| 177 | 1.7760 | 0.9982 | 0.0138 | 0.0000 |
| 178 | 1.7761 | 0.9982 | 0.0382 | 0.0000 |
| 179 | 1.7761 | 0.9982 | 0.0211 | 0.0000 |
| 180 | 1.7763 | 0.9983 | 0.1291 | 0.0000 |
| 181 | 1.7764 | 0.9984 | 0.1861 | 0.0000 |
| 182 | 1.7766 | 0.9985 | 0.0942 | 0.0000 |
| 183 | 1.7767 | 0.9986 | 0.0163 | 0.0000 |
| 184 | 1.7768 | 0.9986 | 0.0393 | 0.0000 |
| 185 | 1.7768 | 0.9986 | 0.0079 | 0.0000 |
| 186 | 1.7769 | 0.9987 | 0.0130 | 0.0000 |
| 187 | 1.7771 | 0.9988 | 0.1336 | 0.0000 |
| 188 | 1.7775 | 0.9990 | 0.2603 | 0.0000 |
| 189 | 1.7775 | 0.9990 | 0.0064 | 0.0000 |
| 190 | 1.7776 | 0.9991 | 0.0211 | 0.0000 |
| 191 | 1.7777 | 0.9991 | 0.0144 | 0.0000 |
| 192 | 1.7777 | 0.9991 | 0.0083 | 0.0000 |
| 193 | 1.7777 | 0.9992 | 0.0051 | 0.0000 |
| 194 | 1.7778 | 0.9992 | 0.0066 | 0.0000 |
| 195 | 1.7778 | 0.9992 | 0.0057 | 0.0000 |
| 196 | 1.7778 | 0.9992 | 0.0030 | 0.0000 |
| 197 | 1.7779 | 0.9992 | 0.0102 | 0.0000 |
| 198 | 1.7779 | 0.9993 | 0.0072 | 0.0000 |
| 199 | 1.7779 | 0.9993 | 0.0059 | 0.0000 |
| 200 | 1.7780 | 0.9993 | 0.0057 | 0.0000 |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 201 | 1.7781 | 0.9994 | 0.0650 | 0.0000 |
| 202 | 1.7781 | 0.9994 | 0.0033 | 0.0000 |
| 203 | 1.7782 | 0.9994 | 0.0031 | 0.0000 |
| 204 | 1.7782 | 0.9994 | 0.0034 | 0.0000 |
| 205 | 1.7782 | 0.9994 | 0.0061 | 0.0000 |
| 206 | 1.7783 | 0.9995 | 0.0210 | 0.0000 |
| 207 | 1.7784 | 0.9995 | 0.0079 | 0.0000 |
| 208 | 1.7784 | 0.9995 | 0.0018 | 0.0000 |
| 209 | 1.7784 | 0.9995 | 0.0014 | 0.0000 |
| 210 | 1.7784 | 0.9995 | 0.0017 | 0.0000 |
| 211 | 1.7785 | 0.9996 | 0.0023 | 0.0000 |
| 212 | 1.7785 | 0.9996 | 0.0049 | 0.0000 |
| 213 | 1.7785 | 0.9996 | 0.0045 | 0.0000 |
| 214 | 1.7786 | 0.9996 | 0.0271 | 0.0000 |
| 215 | 1.7786 | 0.9996 | 0.0025 | 0.0000 |
| 216 | 1.7786 | 0.9996 | 0.0025 | 0.0000 |
| 217 | 1.7786 | 0.9997 | 0.0038 | 0.0000 |
| 218 | 1.7787 | 0.9997 | 0.0108 | 0.0000 |
| 219 | 1.7787 | 0.9997 | 0.0111 | 0.0000 |
| 220 | 1.7787 | 0.9997 | 0.0049 | 0.0000 |
| 221 | 1.7788 | 0.9997 | 0.0022 | 0.0000 |
| 222 | 1.7788 | 0.9997 | 0.0015 | 0.0000 |
| 223 | 1.7788 | 0.9998 | 0.0026 | 0.0000 |
| 224 | 1.7788 | 0.9998 | 0.0021 | 0.0000 |
| 225 | 1.7788 | 0.9998 | 0.0068 | 0.0000 |
| 226 | 1.7789 | 0.9998 | 0.0061 | 0.0000 |
| 227 | 1.7789 | 0.9998 | 0.0038 | 0.0000 |
| 228 | 1.7789 | 0.9998 | 0.0070 | 0.0000 |
| 229 | 1.7789 | 0.9998 | 0.0022 | 0.0000 |
| 230 | 1.7790 | 0.9999 | 0.0048 | 0.0000 |
| 231 | 1.7790 | 0.9999 | 0.0057 | 0.0000 |
| 232 | 1.7790 | 0.9999 | 0.0014 | 0.0000 |
| 233 | 1.7790 | 0.9999 | 0.0032 | 0.0000 |
| 234 | 1.7790 | 0.9999 | 0.0010 | 0.0000 |
| 235 | 1.7790 | 0.9999 | 0.0030 | 0.0000 |
| 236 | 1.7791 | 0.9999 | 0.0016 | 0.0000 |
| 237 | 1.7791 | 0.9999 | 0.0041 | 0.0000 |
| 238 | 1.7791 | 0.9999 | 0.0016 | 0.0000 |
| 239 | 1.7791 | 0.9999 | 0.0022 | 0.0000 |
| 240 | 1.7791 | 0.9999 | 0.0016 | 0.0000 |
| 241 | 1.7791 | 0.9999 | 0.0035 | 0.0000 |
| 242 | 1.7791 | 0.9999 | 0.0016 | 0.0000 |
| 243 | 1.7791 | 1.0000 | 0.0054 | 0.0000 |
| 244 | 1.7791 | 1.0000 | 0.0011 | 0.0000 |
| 245 | 1.7792 | 1.0000 | 0.0006 | 0.0000 |
| 246 | 1.7792 | 1.0000 | 0.0012 | 0.0000 |
| 247 | 1.7792 | 1.0000 | 0.0009 | 0.0000 |
| 248 | 1.7792 | 1.0000 | 0.0021 | 0.0000 |
| 249 | 1.7792 | 1.0000 | 0.0008 | 0.0000 |
| 250 | 1.7792 | 1.0000 | 0.0014 | 0.0000 |
| 251 | 1.7792 | 1.0000 | 0.0051 | 0.0000 |
| 252 | 1.7792 | 1.0000 | 0.0008 | 0.0000 |
| 253 | 1.7792 | 1.0000 | 0.0009 | 0.0000 |
| 254 | 1.7792 | 1.0000 | 0.0022 | 0.0000 |
| 255 | 1.7792 | 1.0000 | 0.0015 | 0.0000 |

## Vento a 30°

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS  
CURSO DE POS-GRADUACAO ENGENHARIA CIVIL

DISSERTACAO DE MESTRADO : PAULO ROBERTO CUNHA DE ALMEIDA

CLIENTE : UFRGS-CPGEC  
OBRA : DISSERTACAO MESTRADO  
ARQUIVO : C:UFRGS-01.RTF  
DATA : 05-16-2009  
HORA : 14:23:55

SEMI-LARGURA DE BANDA INICIAL : 2433  
SEMI-LARGURA DE BANDA FINAL : 164

ARQUIVO DE SAIDA : C:PS11-030.RTF

\*\*\* CARREGAMENTO :

TURBULENCIA DO VENTO NO TUNEL : CLASSE = 11

VELOCIDADE DE RAJADA DO VENTO CONFORME NBR6123 = 50.25 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO DE RAJADA = 1.5479 kN/m<sup>2</sup>

VELOCIDADE MEDIA DO VENTO EM 3600s - POD = 39.34 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO MEDIO EM 3600s - POD = 0.9487 kN/m<sup>2</sup>  
FATOR DE PICO PARA SOLICITACOES - POD = 2.050

COEFICIENTES DE PRESSAO - ARQUIVO : C:PD11-030.TXT

\*\*\* ITERACOES :

NUMERO DE ITERACOES : 255  
LIMITE MINIMO DO INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA : 0.000%  
INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA NA ULTIMA ITERACAO : 0.003 - BARRA : 2588

\*\*\* PARAMETRO DE DIMENSIONAMENTO :  
(MEDIA PONDERADA PELO COMPRIMENTO DA BARRA DO VALOR ABSOLUTO DAS SOLICITACOES)

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO MEDIA - Nmed = 16.298 kN  
PARAMETRO SOBRE DESVIO PADRAO - Ndpd = 2.001 kN  
PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE PICO - Npic = 20.401 kN  
COEFICIENTE DE VARIABILIDADE DO PARAMETRO - Ndpd/Nmed = 0.123

COEFICIENTE DE VARIABILIDADE MAXIMO = 1253.736 - BARRA : 1262

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE RAJADA - NBR6123 = 26.591 kN

RELACAO (PARAMETRO DE PICO -POD)/(PARAMETRO DE RAJADA-NBR6123) : 0.767

\*\*\*\* EVOLUCAO DO PARAMETRO DESVIO PADRAO :

| ITERACAO | DPD.ACUMUL | DPD.AC.REL | VAR.MAXIMA | VAR.MINIMA |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| 1        | 0.3277     | 0.1637     | 0.1652     | 0.1652     |
| 2        | 0.4794     | 0.2395     | 11.6216    | 0.0000     |
| 3        | 0.7966     | 0.3980     | 18.4378    | 0.0000     |

|           |               |               |                |               |
|-----------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| <b>4</b>  | <b>1.2051</b> | <b>0.6022</b> | <b>30.8752</b> | <b>0.0000</b> |
| 5         | 1.2444        | 0.6218        | 4.7059         | 0.0000        |
| 6         | 1.3388        | 0.6690        | 7.2548         | 0.0000        |
| 7         | 1.4039        | 0.7015        | 7.2332         | 0.0000        |
| 8         | 1.4365        | 0.7178        | 3.7230         | 0.0000        |
| 9         | 1.4728        | 0.7359        | 6.2959         | 0.0000        |
| 10        | 1.5017        | 0.7504        | 2.3070         | 0.0000        |
| 11        | 1.5326        | 0.7658        | 4.8611         | 0.0000        |
| 12        | 1.5658        | 0.7824        | 6.4679         | 0.0000        |
| 13        | 1.5837        | 0.7913        | 3.5130         | 0.0000        |
| 14        | 1.6132        | 0.8061        | 4.5088         | 0.0000        |
| 15        | 1.6276        | 0.8133        | 3.7090         | 0.0000        |
| 16        | 1.6459        | 0.8224        | 3.8786         | 0.0000        |
| 17        | 1.6602        | 0.8295        | 2.9495         | 0.0000        |
| 18        | 1.6812        | 0.8401        | 6.3879         | 0.0000        |
| 19        | 1.6978        | 0.8483        | 2.5661         | 0.0000        |
| 20        | 1.7186        | 0.8587        | 5.6681         | 0.0000        |
| 21        | 1.7276        | 0.8632        | 1.2152         | 0.0000        |
| 22        | 1.7402        | 0.8695        | 2.6392         | 0.0000        |
| 23        | 1.7488        | 0.8738        | 1.7717         | 0.0000        |
| 24        | 1.7760        | 0.8874        | 3.5399         | 0.0000        |
| 25        | 1.7868        | 0.8928        | 1.7677         | 0.0000        |
| 26        | 1.7942        | 0.8965        | 1.5626         | 0.0000        |
| 27        | 1.7997        | 0.8993        | 1.0288         | 0.0000        |
| <b>28</b> | <b>1.8080</b> | <b>0.9034</b> | <b>1.8742</b>  | <b>0.0000</b> |
| 29        | 1.8134        | 0.9061        | 1.1802         | 0.0000        |
| 30        | 1.8217        | 0.9102        | 1.6299         | 0.0000        |
| 31        | 1.8267        | 0.9127        | 0.6928         | 0.0000        |
| 32        | 1.8344        | 0.9166        | 2.1363         | 0.0000        |
| 33        | 1.8387        | 0.9187        | 0.6266         | 0.0000        |
| 34        | 1.8419        | 0.9204        | 0.2433         | 0.0000        |
| 35        | 1.8458        | 0.9223        | 1.0084         | 0.0000        |
| 36        | 1.8522        | 0.9255        | 0.9264         | 0.0000        |
| 37        | 1.8568        | 0.9278        | 0.8787         | 0.0000        |
| 38        | 1.8630        | 0.9309        | 1.1215         | 0.0000        |
| 39        | 1.8665        | 0.9326        | 0.6132         | 0.0000        |
| 40        | 1.8745        | 0.9366        | 1.5286         | 0.0000        |
| 41        | 1.8771        | 0.9380        | 0.3633         | 0.0000        |
| 42        | 1.8833        | 0.9410        | 0.6994         | 0.0000        |
| 43        | 1.8859        | 0.9423        | 0.3303         | 0.0000        |
| 44        | 1.8890        | 0.9439        | 0.8977         | 0.0000        |
| 45        | 1.8921        | 0.9454        | 0.5788         | 0.0000        |
| 46        | 1.8937        | 0.9462        | 0.2473         | 0.0000        |
| 47        | 1.8962        | 0.9475        | 0.3597         | 0.0000        |
| 48        | 1.9008        | 0.9498        | 1.3331         | 0.0000        |
| <b>49</b> | <b>1.9036</b> | <b>0.9512</b> | <b>0.5593</b>  | <b>0.0000</b> |
| 50        | 1.9057        | 0.9522        | 0.8339         | 0.0000        |
| 51        | 1.9079        | 0.9533        | 0.2462         | 0.0000        |
| 52        | 1.9104        | 0.9545        | 0.4749         | 0.0000        |
| 53        | 1.9132        | 0.9560        | 0.5750         | 0.0000        |
| 54        | 1.9142        | 0.9565        | 0.2371         | 0.0000        |
| 55        | 1.9170        | 0.9579        | 0.6679         | 0.0000        |
| 56        | 1.9196        | 0.9592        | 1.0665         | 0.0000        |
| 57        | 1.9219        | 0.9603        | 0.3120         | 0.0000        |
| 58        | 1.9231        | 0.9609        | 0.2971         | 0.0000        |
| 59        | 1.9246        | 0.9617        | 0.1858         | 0.0000        |
| 60        | 1.9255        | 0.9621        | 0.1714         | 0.0000        |
| 61        | 1.9280        | 0.9634        | 0.3096         | 0.0000        |
| 62        | 1.9299        | 0.9643        | 0.3094         | 0.0000        |
| 63        | 1.9318        | 0.9653        | 0.6004         | 0.0000        |
| 64        | 1.9337        | 0.9662        | 0.4134         | 0.0000        |
| 65        | 1.9360        | 0.9674        | 0.7885         | 0.0000        |
| 66        | 1.9381        | 0.9684        | 1.0953         | 0.0000        |
| 67        | 1.9394        | 0.9691        | 0.1841         | 0.0000        |
| 68        | 1.9413        | 0.9700        | 0.3442         | 0.0000        |
| 69        | 1.9423        | 0.9705        | 0.4197         | 0.0000        |

|            |               |               |               |               |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 70         | 1.9443        | 0.9715        | 0.6021        | 0.0000        |
| 71         | 1.9449        | 0.9718        | 0.0852        | 0.0000        |
| 72         | 1.9493        | 0.9740        | 1.4000        | 0.0000        |
| 73         | 1.9510        | 0.9749        | 0.3933        | 0.0000        |
| 74         | 1.9522        | 0.9754        | 0.2859        | 0.0000        |
| 75         | 1.9533        | 0.9760        | 0.1466        | 0.0000        |
| 76         | 1.9544        | 0.9765        | 0.5032        | 0.0000        |
| 77         | 1.9552        | 0.9770        | 0.1348        | 0.0000        |
| 78         | 1.9570        | 0.9778        | 0.3076        | 0.0000        |
| 79         | 1.9582        | 0.9784        | 0.3564        | 0.0000        |
| 80         | 1.9591        | 0.9789        | 0.1321        | 0.0000        |
| 81         | 1.9600        | 0.9793        | 0.1273        | 0.0000        |
| 82         | 1.9604        | 0.9795        | 0.0979        | 0.0000        |
| 83         | 1.9608        | 0.9797        | 0.0507        | 0.0000        |
| 84         | 1.9615        | 0.9801        | 0.3374        | 0.0000        |
| 85         | 1.9624        | 0.9805        | 0.2279        | 0.0000        |
| 86         | 1.9632        | 0.9810        | 0.1418        | 0.0000        |
| 87         | 1.9638        | 0.9812        | 0.1878        | 0.0000        |
| 88         | 1.9644        | 0.9815        | 0.0778        | 0.0000        |
| 89         | 1.9649        | 0.9818        | 0.4843        | 0.0000        |
| 90         | 1.9662        | 0.9825        | 0.5099        | 0.0000        |
| 91         | 1.9668        | 0.9827        | 0.1400        | 0.0000        |
| 92         | 1.9676        | 0.9832        | 0.2104        | 0.0000        |
| 93         | 1.9682        | 0.9834        | 0.1243        | 0.0000        |
| 94         | 1.9691        | 0.9839        | 0.2151        | 0.0000        |
| 95         | 1.9700        | 0.9843        | 0.2194        | 0.0000        |
| 96         | 1.9711        | 0.9849        | 0.5746        | 0.0000        |
| 97         | 1.9722        | 0.9855        | 1.0315        | 0.0000        |
| 98         | 1.9733        | 0.9860        | 0.1580        | 0.0000        |
| 99         | 1.9736        | 0.9862        | 0.0583        | 0.0000        |
| 100        | 1.9743        | 0.9865        | 0.2990        | 0.0000        |
| 101        | 1.9747        | 0.9867        | 0.0849        | 0.0000        |
| 102        | 1.9752        | 0.9870        | 0.2995        | 0.0000        |
| 103        | 1.9757        | 0.9872        | 0.0897        | 0.0000        |
| 104        | 1.9759        | 0.9873        | 0.0363        | 0.0000        |
| 105        | 1.9762        | 0.9874        | 0.0540        | 0.0000        |
| 106        | 1.9766        | 0.9876        | 0.1119        | 0.0000        |
| 107        | 1.9768        | 0.9878        | 0.0683        | 0.0000        |
| 108        | 1.9771        | 0.9879        | 0.0896        | 0.0000        |
| 109        | 1.9775        | 0.9881        | 0.1391        | 0.0000        |
| 110        | 1.9780        | 0.9883        | 0.0947        | 0.0000        |
| 111        | 1.9783        | 0.9885        | 0.0671        | 0.0000        |
| 112        | 1.9788        | 0.9887        | 0.1085        | 0.0000        |
| 113        | 1.9791        | 0.9889        | 0.0441        | 0.0000        |
| 114        | 1.9795        | 0.9891        | 0.0884        | 0.0000        |
| 115        | 1.9798        | 0.9892        | 0.0443        | 0.0000        |
| 116        | 1.9801        | 0.9894        | 0.0805        | 0.0000        |
| 117        | 1.9804        | 0.9896        | 0.0908        | 0.0000        |
| 118        | 1.9807        | 0.9897        | 0.0332        | 0.0000        |
| 119        | 1.9809        | 0.9898        | 0.0706        | 0.0000        |
| <b>120</b> | <b>1.9813</b> | <b>0.9900</b> | <b>0.1262</b> | <b>0.0000</b> |
| 121        | 1.9825        | 0.9906        | 0.6298        | 0.0000        |
| 122        | 1.9827        | 0.9907        | 0.0789        | 0.0000        |
| 123        | 1.9831        | 0.9909        | 0.1689        | 0.0000        |
| 124        | 1.9835        | 0.9911        | 0.0574        | 0.0000        |
| 125        | 1.9837        | 0.9912        | 0.0690        | 0.0000        |
| 126        | 1.9844        | 0.9915        | 0.3348        | 0.0000        |
| 127        | 1.9847        | 0.9917        | 0.1461        | 0.0000        |
| 128        | 1.9855        | 0.9921        | 0.4941        | 0.0000        |
| 129        | 1.9857        | 0.9922        | 0.0486        | 0.0000        |
| 130        | 1.9865        | 0.9926        | 0.6441        | 0.0000        |
| 131        | 1.9867        | 0.9927        | 0.0425        | 0.0000        |
| 132        | 1.9872        | 0.9929        | 0.2689        | 0.0000        |
| 133        | 1.9874        | 0.9930        | 0.0692        | 0.0000        |



|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 134 | 1.9876 | 0.9932 | 0.2020 | 0.0000 |
| 135 | 1.9879 | 0.9933 | 0.1676 | 0.0000 |
| 136 | 1.9885 | 0.9936 | 0.1466 | 0.0000 |
| 137 | 1.9890 | 0.9938 | 0.1771 | 0.0000 |
| 138 | 1.9892 | 0.9939 | 0.0389 | 0.0000 |
| 139 | 1.9894 | 0.9940 | 0.0387 | 0.0000 |
| 140 | 1.9917 | 0.9952 | 1.5519 | 0.0000 |
| 141 | 1.9921 | 0.9954 | 0.4198 | 0.0000 |
| 142 | 1.9927 | 0.9957 | 0.4143 | 0.0000 |
| 143 | 1.9930 | 0.9958 | 0.1518 | 0.0000 |
| 144 | 1.9932 | 0.9959 | 0.1026 | 0.0000 |
| 145 | 1.9934 | 0.9960 | 0.1714 | 0.0000 |
| 146 | 1.9936 | 0.9961 | 0.0917 | 0.0000 |
| 147 | 1.9938 | 0.9962 | 0.0882 | 0.0000 |
| 148 | 1.9939 | 0.9963 | 0.0959 | 0.0000 |
| 149 | 1.9941 | 0.9964 | 0.0584 | 0.0000 |
| 150 | 1.9942 | 0.9965 | 0.2005 | 0.0000 |
| 151 | 1.9944 | 0.9966 | 0.0482 | 0.0000 |
| 152 | 1.9947 | 0.9967 | 0.1711 | 0.0000 |
| 153 | 1.9950 | 0.9968 | 0.0992 | 0.0000 |
| 154 | 1.9952 | 0.9969 | 0.2135 | 0.0000 |
| 155 | 1.9954 | 0.9971 | 0.2018 | 0.0000 |
| 156 | 1.9956 | 0.9971 | 0.0373 | 0.0000 |
| 157 | 1.9957 | 0.9972 | 0.0303 | 0.0000 |
| 158 | 1.9958 | 0.9972 | 0.1240 | 0.0000 |
| 159 | 1.9959 | 0.9973 | 0.0928 | 0.0000 |
| 160 | 1.9964 | 0.9976 | 0.5683 | 0.0000 |
| 161 | 1.9969 | 0.9978 | 0.5854 | 0.0000 |
| 162 | 1.9971 | 0.9979 | 0.1106 | 0.0000 |
| 163 | 1.9972 | 0.9979 | 0.0683 | 0.0000 |
| 164 | 1.9974 | 0.9980 | 0.2147 | 0.0000 |
| 165 | 1.9976 | 0.9981 | 0.3003 | 0.0000 |
| 166 | 1.9977 | 0.9982 | 0.1242 | 0.0000 |
| 167 | 1.9978 | 0.9982 | 0.0088 | 0.0000 |
| 168 | 1.9979 | 0.9983 | 0.0338 | 0.0000 |
| 169 | 1.9979 | 0.9983 | 0.0143 | 0.0000 |
| 170 | 1.9980 | 0.9983 | 0.0360 | 0.0000 |
| 171 | 1.9981 | 0.9984 | 0.1070 | 0.0000 |
| 172 | 1.9982 | 0.9984 | 0.0153 | 0.0000 |
| 173 | 1.9982 | 0.9985 | 0.0093 | 0.0000 |
| 174 | 1.9983 | 0.9985 | 0.0170 | 0.0000 |
| 175 | 1.9983 | 0.9985 | 0.0221 | 0.0000 |
| 176 | 1.9985 | 0.9986 | 0.0796 | 0.0000 |
| 177 | 1.9986 | 0.9986 | 0.0085 | 0.0000 |
| 178 | 1.9986 | 0.9986 | 0.0157 | 0.0000 |
| 179 | 1.9987 | 0.9987 | 0.0083 | 0.0000 |
| 180 | 1.9987 | 0.9987 | 0.0065 | 0.0000 |
| 181 | 1.9988 | 0.9987 | 0.0089 | 0.0000 |
| 182 | 1.9989 | 0.9988 | 0.1665 | 0.0000 |
| 183 | 1.9991 | 0.9989 | 0.3075 | 0.0000 |
| 184 | 1.9992 | 0.9989 | 0.0105 | 0.0000 |
| 185 | 1.9993 | 0.9990 | 0.0658 | 0.0000 |
| 186 | 1.9993 | 0.9990 | 0.0244 | 0.0000 |
| 187 | 1.9994 | 0.9990 | 0.0063 | 0.0000 |
| 188 | 1.9994 | 0.9990 | 0.0045 | 0.0000 |
| 189 | 1.9995 | 0.9991 | 0.0139 | 0.0000 |
| 190 | 1.9995 | 0.9991 | 0.0051 | 0.0000 |
| 191 | 1.9995 | 0.9991 | 0.0050 | 0.0000 |
| 192 | 1.9996 | 0.9991 | 0.0051 | 0.0000 |
| 193 | 1.9996 | 0.9991 | 0.0131 | 0.0000 |
| 194 | 1.9997 | 0.9992 | 0.0134 | 0.0000 |
| 195 | 1.9997 | 0.9992 | 0.0414 | 0.0000 |
| 196 | 1.9998 | 0.9993 | 0.0871 | 0.0000 |
| 197 | 1.9999 | 0.9993 | 0.0153 | 0.0000 |
| 198 | 2.0000 | 0.9993 | 0.0438 | 0.0000 |
| 199 | 2.0000 | 0.9993 | 0.0044 | 0.0000 |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 200 | 2.0000 | 0.9994 | 0.0104 | 0.0000 |
| 201 | 2.0001 | 0.9994 | 0.0072 | 0.0000 |
| 202 | 2.0001 | 0.9994 | 0.0109 | 0.0000 |
| 203 | 2.0002 | 0.9994 | 0.0049 | 0.0000 |
| 204 | 2.0002 | 0.9994 | 0.0105 | 0.0000 |
| 205 | 2.0002 | 0.9995 | 0.0034 | 0.0000 |
| 206 | 2.0003 | 0.9995 | 0.0038 | 0.0000 |
| 207 | 2.0003 | 0.9995 | 0.0041 | 0.0000 |
| 208 | 2.0003 | 0.9995 | 0.0163 | 0.0000 |
| 209 | 2.0004 | 0.9995 | 0.0033 | 0.0000 |
| 210 | 2.0004 | 0.9995 | 0.0094 | 0.0000 |
| 211 | 2.0004 | 0.9996 | 0.0067 | 0.0000 |
| 212 | 2.0005 | 0.9996 | 0.0030 | 0.0000 |
| 213 | 2.0005 | 0.9996 | 0.0032 | 0.0000 |
| 214 | 2.0005 | 0.9996 | 0.0093 | 0.0000 |
| 215 | 2.0005 | 0.9996 | 0.0040 | 0.0000 |
| 216 | 2.0006 | 0.9996 | 0.0039 | 0.0000 |
| 217 | 2.0006 | 0.9996 | 0.0043 | 0.0000 |
| 218 | 2.0006 | 0.9997 | 0.0069 | 0.0000 |
| 219 | 2.0006 | 0.9997 | 0.0012 | 0.0000 |
| 220 | 2.0007 | 0.9997 | 0.0041 | 0.0000 |
| 221 | 2.0007 | 0.9997 | 0.0020 | 0.0000 |
| 222 | 2.0007 | 0.9997 | 0.0027 | 0.0000 |
| 223 | 2.0008 | 0.9997 | 0.0220 | 0.0000 |
| 224 | 2.0008 | 0.9997 | 0.0061 | 0.0000 |
| 225 | 2.0008 | 0.9997 | 0.0027 | 0.0000 |
| 226 | 2.0008 | 0.9998 | 0.0052 | 0.0000 |
| 227 | 2.0009 | 0.9998 | 0.0035 | 0.0000 |
| 228 | 2.0009 | 0.9998 | 0.0026 | 0.0000 |
| 229 | 2.0009 | 0.9998 | 0.0050 | 0.0000 |
| 230 | 2.0009 | 0.9998 | 0.0037 | 0.0000 |
| 231 | 2.0010 | 0.9998 | 0.0167 | 0.0000 |
| 232 | 2.0010 | 0.9998 | 0.0031 | 0.0000 |
| 233 | 2.0010 | 0.9998 | 0.0041 | 0.0000 |
| 234 | 2.0010 | 0.9998 | 0.0010 | 0.0000 |
| 235 | 2.0010 | 0.9999 | 0.0038 | 0.0000 |
| 236 | 2.0010 | 0.9999 | 0.0032 | 0.0000 |
| 237 | 2.0011 | 0.9999 | 0.0016 | 0.0000 |
| 238 | 2.0011 | 0.9999 | 0.0033 | 0.0000 |
| 239 | 2.0011 | 0.9999 | 0.0026 | 0.0000 |
| 240 | 2.0011 | 0.9999 | 0.0016 | 0.0000 |
| 241 | 2.0011 | 0.9999 | 0.0108 | 0.0000 |
| 242 | 2.0011 | 0.9999 | 0.0062 | 0.0000 |
| 243 | 2.0011 | 0.9999 | 0.0037 | 0.0000 |
| 244 | 2.0012 | 0.9999 | 0.0043 | 0.0000 |
| 245 | 2.0012 | 0.9999 | 0.0072 | 0.0000 |
| 246 | 2.0012 | 0.9999 | 0.0067 | 0.0000 |
| 247 | 2.0012 | 0.9999 | 0.0021 | 0.0000 |
| 248 | 2.0012 | 1.0000 | 0.0016 | 0.0000 |
| 249 | 2.0012 | 1.0000 | 0.0033 | 0.0000 |
| 250 | 2.0013 | 1.0000 | 0.0068 | 0.0000 |
| 251 | 2.0013 | 1.0000 | 0.0038 | 0.0000 |
| 252 | 2.0013 | 1.0000 | 0.0035 | 0.0000 |
| 253 | 2.0013 | 1.0000 | 0.0036 | 0.0000 |
| 254 | 2.0013 | 1.0000 | 0.0032 | 0.0000 |
| 255 | 2.0013 | 1.0000 | 0.0055 | 0.0000 |

## Vento a 45°

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS  
CURSO DE POS-GRADUACAO ENGENHARIA CIVIL

DISSERTACAO DE MESTRADO : PAULO ROBERTO CUNHA DE ALMEIDA

CLIENTE : UFRGS-CPGEC  
OBRA : DISSERTACAO MESTRADO  
ARQUIVO : C:UFRGS-01.RTF  
DATA : 05-16-2009  
HORA : 14:57:03

SEMI-LARGURA DE BANDA INICIAL : 2433  
SEMI-LARGURA DE BANDA FINAL : 164

ARQUIVO DE SAIDA : C:PS11-045.RTF

\*\*\* CARREGAMENTO :

TURBULENCIA DO VENTO NO TUNEL : CLASSE = 11

VELOCIDADE DE RAJADA DO VENTO CONFORME NBR6123 = 50.25 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO DE RAJADA = 1.5479 kN/m<sup>2</sup>

VELOCIDADE MEDIA DO VENTO EM 3600s - POD = 39.34 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO MEDIO EM 3600s - POD = 0.9487 kN/m<sup>2</sup>  
FATOR DE PICO PARA SOLICITACOES - POD = 2.050

COEFICIENTES DE PRESSAO - ARQUIVO : C:PD11-045.TXT

\*\*\* ITERACOES :

NUMERO DE ITERACOES : 255  
LIMITE MINIMO DO INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA : 0.000%  
INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA NA ULTIMA ITERACAO : 0.008 - BARRA : 2672

\*\*\* PARAMETRO DE DIMENSIONAMENTO :  
(MEDIA PONDERADA PELO COMPRIMENTO DA BARRA DO VALOR ABSOLUTO DAS SOLICITACOES)

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO MEDIA - Nmed = 19.657 kN  
PARAMETRO SOBRE DESVIO PADRAO - Ndpd = 2.200 kN  
PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE PICO - Npic = 24.167 kN  
COEFICIENTE DE VARIABILIDADE DO PARAMETRO - Ndpd/Nmed = 0.112

COEFICIENTE DE VARIABILIDADE MAXIMO = 4401.100 - BARRA : 68

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE RAJADA - NBR6123 = 32.071 kN

RELACAO (PARAMETRO DE PICO -POD)/(PARAMETRO DE RAJADA-NBR6123) : 0.754

\*\*\*\* EVOLUCAO DO PARAMETRO DESVIO PADRAO :

| ITERACAO | DPD.ACUMUL    | DPD.AC.REL    | VAR.MAXIMA     | VAR.MINIMA    |
|----------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 1        | 0.5574        | 0.2533        | 0.7269         | 0.7269        |
| 2        | 0.9071        | 0.4123        | 9.3228         | 0.0000        |
| 3        | 0.9903        | 0.4501        | 5.0172         | 0.0000        |
| 4        | 1.0383        | 0.4719        | 3.3368         | 0.0000        |
| <b>5</b> | <b>1.3868</b> | <b>0.6303</b> | <b>34.9734</b> | <b>0.0000</b> |
| 6        | 1.4720        | 0.6690        | 6.2886         | 0.0000        |

|           |               |               |               |               |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 7         | 1.6012        | 0.7277        | 9.9963        | 0.0000        |
| 8         | 1.6476        | 0.7489        | 5.4792        | 0.0000        |
| 9         | 1.7123        | 0.7783        | 10.4255       | 0.0000        |
| 10        | 1.7478        | 0.7944        | 9.2344        | 0.0000        |
| 11        | 1.7570        | 0.7986        | 1.4003        | 0.0000        |
| 12        | 1.7807        | 0.8094        | 2.3929        | 0.0000        |
| 13        | 1.7968        | 0.8167        | 3.0561        | 0.0000        |
| 14        | 1.8166        | 0.8257        | 3.4306        | 0.0000        |
| 15        | 1.8384        | 0.8356        | 4.9120        | 0.0000        |
| 16        | 1.8742        | 0.8518        | 7.1406        | 0.0000        |
| 17        | 1.8853        | 0.8569        | 2.8391        | 0.0000        |
| 18        | 1.8915        | 0.8597        | 1.5084        | 0.0000        |
| 19        | 1.9050        | 0.8658        | 2.1532        | 0.0000        |
| 20        | 1.9173        | 0.8714        | 1.5145        | 0.0000        |
| 21        | 1.9416        | 0.8825        | 4.8692        | 0.0000        |
| 22        | 1.9513        | 0.8869        | 2.6589        | 0.0000        |
| 23        | 1.9602        | 0.8909        | 2.1120        | 0.0000        |
| 24        | 1.9686        | 0.8947        | 1.8852        | 0.0000        |
| 25        | 1.9748        | 0.8976        | 1.2906        | 0.0000        |
| <b>26</b> | <b>1.9873</b> | <b>0.9032</b> | <b>2.2032</b> | <b>0.0000</b> |
| 27        | 1.9967        | 0.9075        | 2.7218        | 0.0000        |
| 28        | 2.0032        | 0.9105        | 0.8571        | 0.0000        |
| 29        | 2.0074        | 0.9124        | 0.6453        | 0.0000        |
| 30        | 2.0116        | 0.9143        | 1.2040        | 0.0000        |
| 31        | 2.0183        | 0.9174        | 1.7620        | 0.0000        |
| 32        | 2.0250        | 0.9204        | 1.6894        | 0.0000        |
| 33        | 2.0381        | 0.9263        | 2.4265        | 0.0000        |
| 34        | 2.0447        | 0.9293        | 1.3078        | 0.0000        |
| 35        | 2.0482        | 0.9309        | 0.8716        | 0.0000        |
| 36        | 2.0519        | 0.9326        | 0.4597        | 0.0000        |
| 37        | 2.0551        | 0.9340        | 0.3792        | 0.0000        |
| 38        | 2.0576        | 0.9352        | 0.3822        | 0.0000        |
| 39        | 2.0640        | 0.9381        | 2.1794        | 0.0000        |
| 40        | 2.0678        | 0.9398        | 0.6495        | 0.0000        |
| 41        | 2.0813        | 0.9460        | 2.0977        | 0.0000        |
| 42        | 2.0841        | 0.9472        | 0.7755        | 0.0000        |
| <b>43</b> | <b>2.0956</b> | <b>0.9525</b> | <b>3.7417</b> | <b>0.0000</b> |
| 44        | 2.0992        | 0.9541        | 0.7962        | 0.0000        |
| 45        | 2.1003        | 0.9546        | 0.2121        | 0.0000        |
| 46        | 2.1030        | 0.9558        | 0.9236        | 0.0000        |
| 47        | 2.1071        | 0.9577        | 0.8118        | 0.0000        |
| 48        | 2.1088        | 0.9585        | 0.7564        | 0.0000        |
| 49        | 2.1129        | 0.9603        | 0.5388        | 0.0000        |
| 50        | 2.1148        | 0.9612        | 0.5598        | 0.0000        |
| 51        | 2.1165        | 0.9620        | 0.3248        | 0.0000        |
| 52        | 2.1183        | 0.9628        | 0.2152        | 0.0000        |
| 53        | 2.1198        | 0.9635        | 0.2054        | 0.0000        |
| 54        | 2.1235        | 0.9651        | 0.6645        | 0.0000        |
| 55        | 2.1274        | 0.9669        | 1.2898        | 0.0000        |
| 56        | 2.1284        | 0.9674        | 0.1912        | 0.0000        |
| 57        | 2.1311        | 0.9686        | 0.3364        | 0.0000        |
| 58        | 2.1329        | 0.9694        | 0.3706        | 0.0000        |
| 59        | 2.1345        | 0.9702        | 0.3946        | 0.0000        |
| 60        | 2.1379        | 0.9717        | 0.6301        | 0.0000        |
| 61        | 2.1402        | 0.9728        | 0.7427        | 0.0000        |
| 62        | 2.1431        | 0.9741        | 0.5058        | 0.0000        |
| 63        | 2.1443        | 0.9746        | 0.2039        | 0.0000        |
| 64        | 2.1457        | 0.9752        | 0.1776        | 0.0000        |
| 65        | 2.1471        | 0.9759        | 0.2546        | 0.0000        |
| 66        | 2.1487        | 0.9766        | 0.6765        | 0.0000        |
| 67        | 2.1496        | 0.9770        | 0.1194        | 0.0000        |
| 68        | 2.1510        | 0.9777        | 0.5585        | 0.0000        |
| 69        | 2.1525        | 0.9783        | 0.2638        | 0.0000        |
| 70        | 2.1548        | 0.9794        | 0.3401        | 0.0000        |

|            |               |               |               |               |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 71         | 2.1555        | 0.9797        | 0.1215        | 0.0000        |
| 72         | 2.1562        | 0.9800        | 0.0907        | 0.0000        |
| 73         | 2.1571        | 0.9804        | 0.1774        | 0.0000        |
| 74         | 2.1579        | 0.9808        | 0.1608        | 0.0000        |
| 75         | 2.1588        | 0.9812        | 0.3769        | 0.0000        |
| 76         | 2.1598        | 0.9816        | 0.3176        | 0.0000        |
| 77         | 2.1610        | 0.9822        | 0.3491        | 0.0000        |
| 78         | 2.1624        | 0.9828        | 0.4196        | 0.0000        |
| 79         | 2.1631        | 0.9831        | 0.0602        | 0.0000        |
| 80         | 2.1639        | 0.9835        | 0.1047        | 0.0000        |
| 81         | 2.1650        | 0.9840        | 0.5481        | 0.0000        |
| 82         | 2.1661        | 0.9845        | 0.3991        | 0.0000        |
| 83         | 2.1666        | 0.9847        | 0.1114        | 0.0000        |
| 84         | 2.1673        | 0.9851        | 0.2959        | 0.0000        |
| 85         | 2.1681        | 0.9854        | 0.1305        | 0.0000        |
| 86         | 2.1690        | 0.9858        | 0.1058        | 0.0000        |
| 87         | 2.1697        | 0.9861        | 0.1123        | 0.0000        |
| 88         | 2.1702        | 0.9864        | 0.1126        | 0.0000        |
| 89         | 2.1709        | 0.9867        | 0.2007        | 0.0000        |
| 90         | 2.1711        | 0.9868        | 0.0385        | 0.0000        |
| 91         | 2.1721        | 0.9872        | 0.1426        | 0.0000        |
| 92         | 2.1725        | 0.9874        | 0.0526        | 0.0000        |
| 93         | 2.1730        | 0.9876        | 0.0560        | 0.0000        |
| 94         | 2.1742        | 0.9882        | 0.2093        | 0.0000        |
| 95         | 2.1748        | 0.9885        | 0.0671        | 0.0000        |
| 96         | 2.1752        | 0.9886        | 0.0646        | 0.0000        |
| 97         | 2.1759        | 0.9890        | 0.0745        | 0.0000        |
| 98         | 2.1766        | 0.9893        | 0.2056        | 0.0000        |
| 99         | 2.1773        | 0.9896        | 0.2680        | 0.0000        |
| 100        | 2.1778        | 0.9898        | 0.1349        | 0.0000        |
| <b>101</b> | <b>2.1783</b> | <b>0.9901</b> | <b>0.2617</b> | <b>0.0000</b> |
| 102        | 2.1789        | 0.9903        | 0.1237        | 0.0000        |
| 103        | 2.1793        | 0.9905        | 0.1022        | 0.0000        |
| 104        | 2.1797        | 0.9907        | 0.1101        | 0.0000        |
| 105        | 2.1801        | 0.9909        | 0.1252        | 0.0000        |
| 106        | 2.1806        | 0.9911        | 0.2317        | 0.0000        |
| 107        | 2.1812        | 0.9914        | 0.0939        | 0.0000        |
| 108        | 2.1817        | 0.9916        | 0.1419        | 0.0000        |
| 109        | 2.1819        | 0.9917        | 0.0222        | 0.0000        |
| 110        | 2.1828        | 0.9921        | 0.2601        | 0.0000        |
| 111        | 2.1831        | 0.9923        | 0.1233        | 0.0000        |
| 112        | 2.1848        | 0.9930        | 0.4321        | 0.0000        |
| 113        | 2.1853        | 0.9932        | 0.1868        | 0.0000        |
| 114        | 2.1858        | 0.9935        | 0.1383        | 0.0000        |
| 115        | 2.1864        | 0.9937        | 0.3329        | 0.0000        |
| 116        | 2.1867        | 0.9939        | 0.1122        | 0.0000        |
| 117        | 2.1870        | 0.9940        | 0.1779        | 0.0000        |
| 118        | 2.1874        | 0.9942        | 0.2764        | 0.0000        |
| 119        | 2.1877        | 0.9943        | 0.0784        | 0.0000        |
| 120        | 2.1880        | 0.9945        | 0.0511        | 0.0000        |
| 121        | 2.1882        | 0.9946        | 0.0430        | 0.0000        |
| 122        | 2.1886        | 0.9948        | 0.1847        | 0.0000        |
| 123        | 2.1889        | 0.9949        | 0.1447        | 0.0000        |
| 124        | 2.1891        | 0.9950        | 0.0412        | 0.0000        |
| 125        | 2.1893        | 0.9951        | 0.0673        | 0.0000        |
| 126        | 2.1896        | 0.9952        | 0.0955        | 0.0000        |
| 127        | 2.1899        | 0.9953        | 0.1140        | 0.0000        |
| 128        | 2.1900        | 0.9954        | 0.0262        | 0.0000        |
| 129        | 2.1903        | 0.9955        | 0.0508        | 0.0000        |
| 130        | 2.1906        | 0.9957        | 0.1306        | 0.0000        |
| 131        | 2.1910        | 0.9958        | 0.0392        | 0.0000        |
| 132        | 2.1912        | 0.9959        | 0.0573        | 0.0000        |
| 133        | 2.1915        | 0.9960        | 0.0773        | 0.0000        |
| 134        | 2.1917        | 0.9962        | 0.0412        | 0.0000        |
| 135        | 2.1920        | 0.9963        | 0.1479        | 0.0000        |
| 136        | 2.1922        | 0.9964        | 0.0475        | 0.0000        |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 137 | 2.1923 | 0.9964 | 0.0329 | 0.0000 |
| 138 | 2.1925 | 0.9965 | 0.0451 | 0.0000 |
| 139 | 2.1927 | 0.9966 | 0.0333 | 0.0000 |
| 140 | 2.1928 | 0.9966 | 0.0160 | 0.0000 |
| 141 | 2.1930 | 0.9967 | 0.0950 | 0.0000 |
| 142 | 2.1933 | 0.9969 | 0.0719 | 0.0000 |
| 143 | 2.1934 | 0.9969 | 0.0131 | 0.0000 |
| 144 | 2.1935 | 0.9970 | 0.0760 | 0.0000 |
| 145 | 2.1936 | 0.9970 | 0.0232 | 0.0000 |
| 146 | 2.1938 | 0.9971 | 0.0499 | 0.0000 |
| 147 | 2.1939 | 0.9972 | 0.1784 | 0.0000 |
| 148 | 2.1941 | 0.9972 | 0.0270 | 0.0000 |
| 149 | 2.1942 | 0.9973 | 0.0433 | 0.0000 |
| 150 | 2.1944 | 0.9973 | 0.0473 | 0.0000 |
| 151 | 2.1945 | 0.9974 | 0.0389 | 0.0000 |
| 152 | 2.1946 | 0.9975 | 0.0549 | 0.0000 |
| 153 | 2.1947 | 0.9975 | 0.0179 | 0.0000 |
| 154 | 2.1950 | 0.9976 | 0.2569 | 0.0000 |
| 155 | 2.1952 | 0.9977 | 0.0230 | 0.0000 |
| 156 | 2.1953 | 0.9978 | 0.0351 | 0.0000 |
| 157 | 2.1955 | 0.9979 | 0.0244 | 0.0000 |
| 158 | 2.1956 | 0.9979 | 0.0569 | 0.0000 |
| 159 | 2.1958 | 0.9980 | 0.0544 | 0.0000 |
| 160 | 2.1959 | 0.9980 | 0.0090 | 0.0000 |
| 161 | 2.1960 | 0.9981 | 0.0124 | 0.0000 |
| 162 | 2.1960 | 0.9981 | 0.0087 | 0.0000 |
| 163 | 2.1961 | 0.9981 | 0.0107 | 0.0000 |
| 164 | 2.1962 | 0.9982 | 0.0073 | 0.0000 |
| 165 | 2.1962 | 0.9982 | 0.0074 | 0.0000 |
| 166 | 2.1963 | 0.9983 | 0.0113 | 0.0000 |
| 167 | 2.1964 | 0.9983 | 0.0099 | 0.0000 |
| 168 | 2.1965 | 0.9983 | 0.0088 | 0.0000 |
| 169 | 2.1966 | 0.9984 | 0.0184 | 0.0000 |
| 170 | 2.1967 | 0.9984 | 0.0259 | 0.0000 |
| 171 | 2.1968 | 0.9985 | 0.0478 | 0.0000 |
| 172 | 2.1969 | 0.9985 | 0.0125 | 0.0000 |
| 173 | 2.1970 | 0.9985 | 0.0164 | 0.0000 |
| 174 | 2.1970 | 0.9986 | 0.0072 | 0.0000 |
| 175 | 2.1971 | 0.9986 | 0.0081 | 0.0000 |
| 176 | 2.1972 | 0.9986 | 0.0104 | 0.0000 |
| 177 | 2.1972 | 0.9987 | 0.0092 | 0.0000 |
| 178 | 2.1973 | 0.9987 | 0.0101 | 0.0000 |
| 179 | 2.1973 | 0.9987 | 0.0327 | 0.0000 |
| 180 | 2.1974 | 0.9987 | 0.0111 | 0.0000 |
| 181 | 2.1974 | 0.9988 | 0.0062 | 0.0000 |
| 182 | 2.1975 | 0.9988 | 0.0202 | 0.0000 |
| 183 | 2.1976 | 0.9988 | 0.0096 | 0.0000 |
| 184 | 2.1977 | 0.9989 | 0.0057 | 0.0000 |
| 185 | 2.1977 | 0.9989 | 0.0116 | 0.0000 |
| 186 | 2.1978 | 0.9989 | 0.0199 | 0.0000 |
| 187 | 2.1979 | 0.9990 | 0.0177 | 0.0000 |
| 188 | 2.1979 | 0.9990 | 0.0061 | 0.0000 |
| 189 | 2.1980 | 0.9990 | 0.0074 | 0.0000 |
| 190 | 2.1980 | 0.9990 | 0.0069 | 0.0000 |
| 191 | 2.1981 | 0.9991 | 0.0254 | 0.0000 |
| 192 | 2.1982 | 0.9991 | 0.0272 | 0.0000 |
| 193 | 2.1982 | 0.9991 | 0.0176 | 0.0000 |
| 194 | 2.1983 | 0.9991 | 0.0084 | 0.0000 |
| 195 | 2.1983 | 0.9992 | 0.0096 | 0.0000 |
| 196 | 2.1984 | 0.9992 | 0.0162 | 0.0000 |
| 197 | 2.1985 | 0.9992 | 0.0451 | 0.0000 |
| 198 | 2.1985 | 0.9992 | 0.0039 | 0.0000 |
| 199 | 2.1986 | 0.9993 | 0.0155 | 0.0000 |
| 200 | 2.1986 | 0.9993 | 0.0051 | 0.0000 |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 201 | 2.1987 | 0.9993 | 0.0071 | 0.0000 |
| 202 | 2.1987 | 0.9993 | 0.0037 | 0.0000 |
| 203 | 2.1988 | 0.9994 | 0.0058 | 0.0000 |
| 204 | 2.1988 | 0.9994 | 0.0069 | 0.0000 |
| 205 | 2.1988 | 0.9994 | 0.0041 | 0.0000 |
| 206 | 2.1988 | 0.9994 | 0.0049 | 0.0000 |
| 207 | 2.1989 | 0.9994 | 0.0020 | 0.0000 |
| 208 | 2.1989 | 0.9994 | 0.0078 | 0.0000 |
| 209 | 2.1989 | 0.9994 | 0.0078 | 0.0000 |
| 210 | 2.1990 | 0.9995 | 0.0153 | 0.0000 |
| 211 | 2.1990 | 0.9995 | 0.0098 | 0.0000 |
| 212 | 2.1991 | 0.9995 | 0.0066 | 0.0000 |
| 213 | 2.1991 | 0.9995 | 0.0054 | 0.0000 |
| 214 | 2.1991 | 0.9995 | 0.0082 | 0.0000 |
| 215 | 2.1992 | 0.9995 | 0.0050 | 0.0000 |
| 216 | 2.1992 | 0.9996 | 0.0057 | 0.0000 |
| 217 | 2.1993 | 0.9996 | 0.0103 | 0.0000 |
| 218 | 2.1993 | 0.9996 | 0.0058 | 0.0000 |
| 219 | 2.1993 | 0.9996 | 0.0183 | 0.0000 |
| 220 | 2.1994 | 0.9996 | 0.0033 | 0.0000 |
| 221 | 2.1994 | 0.9996 | 0.0059 | 0.0000 |
| 222 | 2.1995 | 0.9997 | 0.0107 | 0.0000 |
| 223 | 2.1995 | 0.9997 | 0.0068 | 0.0000 |
| 224 | 2.1995 | 0.9997 | 0.0028 | 0.0000 |
| 225 | 2.1995 | 0.9997 | 0.0030 | 0.0000 |
| 226 | 2.1996 | 0.9997 | 0.0091 | 0.0000 |
| 227 | 2.1996 | 0.9997 | 0.0049 | 0.0000 |
| 228 | 2.1996 | 0.9997 | 0.0052 | 0.0000 |
| 229 | 2.1996 | 0.9998 | 0.0058 | 0.0000 |
| 230 | 2.1997 | 0.9998 | 0.0077 | 0.0000 |
| 231 | 2.1997 | 0.9998 | 0.0031 | 0.0000 |
| 232 | 2.1997 | 0.9998 | 0.0016 | 0.0000 |
| 233 | 2.1997 | 0.9998 | 0.0066 | 0.0000 |
| 234 | 2.1997 | 0.9998 | 0.0021 | 0.0000 |
| 235 | 2.1997 | 0.9998 | 0.0048 | 0.0000 |
| 236 | 2.1998 | 0.9998 | 0.0120 | 0.0000 |
| 237 | 2.1998 | 0.9998 | 0.0041 | 0.0000 |
| 238 | 2.1998 | 0.9998 | 0.0019 | 0.0000 |
| 239 | 2.1999 | 0.9999 | 0.0230 | 0.0000 |
| 240 | 2.1999 | 0.9999 | 0.0029 | 0.0000 |
| 241 | 2.1999 | 0.9999 | 0.0077 | 0.0000 |
| 242 | 2.1999 | 0.9999 | 0.0047 | 0.0000 |
| 243 | 2.1999 | 0.9999 | 0.0086 | 0.0000 |
| 244 | 2.2000 | 0.9999 | 0.0155 | 0.0000 |
| 245 | 2.2000 | 0.9999 | 0.0046 | 0.0000 |
| 246 | 2.2000 | 0.9999 | 0.0044 | 0.0000 |
| 247 | 2.2000 | 0.9999 | 0.0056 | 0.0000 |
| 248 | 2.2001 | 0.9999 | 0.0111 | 0.0000 |
| 249 | 2.2001 | 1.0000 | 0.0097 | 0.0000 |
| 250 | 2.2001 | 1.0000 | 0.0081 | 0.0000 |
| 251 | 2.2001 | 1.0000 | 0.0102 | 0.0000 |
| 252 | 2.2001 | 1.0000 | 0.0164 | 0.0000 |
| 253 | 2.2001 | 1.0000 | 0.0185 | 0.0000 |
| 254 | 2.2002 | 1.0000 | 0.0083 | 0.0000 |
| 255 | 2.2002 | 1.0000 | 0.0190 | 0.0000 |

## Vento a 60°

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS  
CURSO DE POS-GRADUACAO ENGENHARIA CIVIL

DISSERTACAO DE MESTRADO : PAULO ROBERTO CUNHA DE ALMEIDA

CLIENTE : UFRGS-CPGEC  
OBRA : DISSERTACAO MESTRADO  
ARQUIVO : C:UFRGS-01.RTF  
DATA : 05-16-2009  
HORA : 15:30:12

SEMI-LARGURA DE BANDA INICIAL : 2433  
SEMI-LARGURA DE BANDA FINAL : 164

ARQUIVO DE SAIDA : C:PS11-060.RTF

\*\*\* CARREGAMENTO :

TURBULENCIA DO VENTO NO TUNEL : CLASSE = 11

VELOCIDADE DE RAJADA DO VENTO CONFORME NBR6123 = 50.25 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO DE RAJADA = 1.5479 kN/m<sup>2</sup>

VELOCIDADE MEDIA DO VENTO EM 3600s - POD = 39.34 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO MEDIO EM 3600s - POD = 0.9487 kN/m<sup>2</sup>  
FATOR DE PICO PARA SOLICITACOES - POD = 2.050

COEFICIENTES DE PRESSAO - ARQUIVO : C:PD11-060.TXT

\*\*\* ITERACOES :

NUMERO DE ITERACOES : 255  
LIMITE MINIMO DO INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA : 0.000%  
INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA NA ULTIMA ITERACAO : 0.004 - BARRA : 2636

\*\*\* PARAMETRO DE DIMENSIONAMENTO :  
(MEDIA PONDERADA PELO COMPRIMENTO DA BARRA DO VALOR ABSOLUTO DAS SOLICITACOES)

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO MEDIA - Nmed = 24.147 kN  
PARAMETRO SOBRE DESVIO PADRAO - Ndpd = 2.346 kN  
PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE PICO - Npic = 28.956 kN  
COEFICIENTE DE VARIABILIDADE DO PARAMETRO - Ndpd/Nmed = 0.097

COEFICIENTE DE VARIABILIDADE MAXIMO = 1485.270 - BARRA : 2593

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE RAJADA - NBR6123 = 39.397 kN

RELACAO (PARAMETRO DE PICO -POD)/(PARAMETRO DE RAJADA-NBR6123) : 0.735

\*\*\*\* EVOLUCAO DO PARAMETRO DESVIO PADRAO :

| ITERACAO | DPD.ACUMUL | DPD.AC.REL | VAR.MAXIMA | VAR.MINIMA |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| 1        | 0.7178     | 0.3060     | 0.7765     | 0.7765     |
| 2        | 1.0341     | 0.4408     | 17.1441    | 0.0000     |
| 3        | 1.1285     | 0.4810     | 4.4691     | 0.0000     |



|           |               |               |                |               |
|-----------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 4         | 1.2890        | 0.5494        | 14.4031        | 0.0000        |
| 5         | 1.4080        | 0.6002        | 6.8276         | 0.0000        |
| 6         | 1.5700        | 0.6692        | 22.1524        | 0.0000        |
| <b>7</b>  | <b>1.6999</b> | <b>0.7246</b> | <b>20.1244</b> | <b>0.0000</b> |
| 8         | 1.7662        | 0.7529        | 13.5574        | 0.0000        |
| 9         | 1.8116        | 0.7722        | 4.6615         | 0.0000        |
| 10        | 1.8524        | 0.7896        | 7.5335         | 0.0000        |
| 11        | 1.8878        | 0.8046        | 3.8873         | 0.0000        |
| 12        | 1.9175        | 0.8173        | 2.6508         | 0.0000        |
| 13        | 1.9409        | 0.8273        | 7.7149         | 0.0000        |
| 14        | 1.9655        | 0.8378        | 5.7848         | 0.0000        |
| 15        | 1.9811        | 0.8444        | 1.6075         | 0.0000        |
| 16        | 1.9945        | 0.8502        | 2.6079         | 0.0000        |
| 17        | 2.0075        | 0.8557        | 2.5491         | 0.0000        |
| 18        | 2.0279        | 0.8644        | 3.5069         | 0.0000        |
| 19        | 2.0582        | 0.8773        | 5.3461         | 0.0000        |
| 20        | 2.0715        | 0.8830        | 2.5534         | 0.0000        |
| 21        | 2.0841        | 0.8883        | 4.0500         | 0.0000        |
| 22        | 2.0908        | 0.8912        | 1.0107         | 0.0000        |
| 23        | 2.1003        | 0.8952        | 0.8194         | 0.0000        |
| 24        | 2.1077        | 0.8984        | 1.5467         | 0.0000        |
| <b>25</b> | <b>2.1151</b> | <b>0.9015</b> | <b>2.0745</b>  | <b>0.0000</b> |
| 26        | 2.1221        | 0.9046        | 0.7667         | 0.0000        |
| 27        | 2.1295        | 0.9077        | 1.1715         | 0.0000        |
| 28        | 2.1340        | 0.9096        | 0.5497         | 0.0000        |
| 29        | 2.1456        | 0.9146        | 2.4712         | 0.0000        |
| 30        | 2.1500        | 0.9164        | 0.5272         | 0.0000        |
| 31        | 2.1585        | 0.9200        | 1.2301         | 0.0000        |
| 32        | 2.1647        | 0.9227        | 0.7768         | 0.0000        |
| 33        | 2.1696        | 0.9248        | 0.6046         | 0.0000        |
| 34        | 2.1729        | 0.9262        | 0.2869         | 0.0000        |
| 35        | 2.1768        | 0.9279        | 0.7033         | 0.0000        |
| 36        | 2.1797        | 0.9291        | 0.5152         | 0.0000        |
| 37        | 2.1837        | 0.9308        | 0.5481         | 0.0000        |
| 38        | 2.1891        | 0.9331        | 1.5149         | 0.0000        |
| 39        | 2.1909        | 0.9339        | 0.3026         | 0.0000        |
| 40        | 2.1932        | 0.9349        | 0.2674         | 0.0000        |
| 41        | 2.1952        | 0.9357        | 0.3040         | 0.0000        |
| 42        | 2.1974        | 0.9366        | 0.2220         | 0.0000        |
| 43        | 2.2026        | 0.9388        | 0.8200         | 0.0000        |
| 44        | 2.2043        | 0.9396        | 0.2926         | 0.0000        |
| 45        | 2.2086        | 0.9414        | 0.9182         | 0.0000        |
| 46        | 2.2137        | 0.9436        | 0.9336         | 0.0000        |
| 47        | 2.2171        | 0.9450        | 0.3378         | 0.0000        |
| 48        | 2.2224        | 0.9473        | 0.8371         | 0.0000        |
| 49        | 2.2248        | 0.9483        | 0.5168         | 0.0000        |
| 50        | 2.2286        | 0.9499        | 0.6250         | 0.0000        |
| <b>51</b> | <b>2.2307</b> | <b>0.9508</b> | <b>0.3057</b>  | <b>0.0000</b> |
| 52        | 2.2344        | 0.9524        | 0.6129         | 0.0000        |
| 53        | 2.2387        | 0.9542        | 1.6030         | 0.0000        |
| 54        | 2.2509        | 0.9594        | 2.2533         | 0.0000        |
| 55        | 2.2533        | 0.9605        | 0.2847         | 0.0000        |
| 56        | 2.2542        | 0.9609        | 0.2568         | 0.0000        |
| 57        | 2.2558        | 0.9615        | 0.5808         | 0.0000        |
| 58        | 2.2577        | 0.9623        | 0.5307         | 0.0000        |
| 59        | 2.2611        | 0.9638        | 0.5500         | 0.0000        |
| 60        | 2.2630        | 0.9646        | 0.2475         | 0.0000        |
| 61        | 2.2664        | 0.9660        | 0.4451         | 0.0000        |
| 62        | 2.2691        | 0.9672        | 0.5632         | 0.0000        |
| 63        | 2.2712        | 0.9681        | 0.2262         | 0.0000        |
| 64        | 2.2742        | 0.9694        | 0.3269         | 0.0000        |
| 65        | 2.2760        | 0.9702        | 0.3017         | 0.0000        |
| 66        | 2.2772        | 0.9707        | 0.0879         | 0.0000        |
| 67        | 2.2789        | 0.9714        | 0.2145         | 0.0000        |
| 68        | 2.2827        | 0.9730        | 0.8293         | 0.0000        |
| 69        | 2.2844        | 0.9737        | 0.2342         | 0.0000        |

|            |               |               |               |               |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 70         | 2.2856        | 0.9742        | 0.1543        | 0.0000        |
| 71         | 2.2877        | 0.9751        | 0.1835        | 0.0000        |
| 72         | 2.2891        | 0.9757        | 0.2993        | 0.0000        |
| 73         | 2.2899        | 0.9761        | 0.0857        | 0.0000        |
| 74         | 2.2912        | 0.9766        | 0.4361        | 0.0000        |
| 75         | 2.2935        | 0.9776        | 0.4108        | 0.0000        |
| 76         | 2.2950        | 0.9782        | 0.2440        | 0.0000        |
| 77         | 2.2960        | 0.9787        | 0.2255        | 0.0000        |
| 78         | 2.2974        | 0.9793        | 0.3879        | 0.0000        |
| 79         | 2.2994        | 0.9801        | 0.5618        | 0.0000        |
| 80         | 2.3004        | 0.9805        | 0.1727        | 0.0000        |
| 81         | 2.3011        | 0.9808        | 0.0818        | 0.0000        |
| 82         | 2.3028        | 0.9815        | 0.6382        | 0.0000        |
| 83         | 2.3040        | 0.9821        | 0.1233        | 0.0000        |
| 84         | 2.3049        | 0.9824        | 0.1778        | 0.0000        |
| 85         | 2.3059        | 0.9829        | 0.2730        | 0.0000        |
| 86         | 2.3067        | 0.9832        | 0.1896        | 0.0000        |
| 87         | 2.3074        | 0.9835        | 0.1380        | 0.0000        |
| 88         | 2.3086        | 0.9840        | 0.1285        | 0.0000        |
| 89         | 2.3097        | 0.9845        | 0.1775        | 0.0000        |
| 90         | 2.3109        | 0.9850        | 0.2505        | 0.0000        |
| 91         | 2.3117        | 0.9853        | 0.1721        | 0.0000        |
| 92         | 2.3123        | 0.9856        | 0.1067        | 0.0000        |
| 93         | 2.3129        | 0.9859        | 0.0927        | 0.0000        |
| 94         | 2.3136        | 0.9862        | 0.1705        | 0.0000        |
| 95         | 2.3141        | 0.9864        | 0.0584        | 0.0000        |
| 96         | 2.3145        | 0.9865        | 0.0447        | 0.0000        |
| 97         | 2.3151        | 0.9868        | 0.0693        | 0.0000        |
| 98         | 2.3156        | 0.9870        | 0.0863        | 0.0000        |
| 99         | 2.3166        | 0.9874        | 0.4862        | 0.0000        |
| 100        | 2.3177        | 0.9879        | 0.0952        | 0.0000        |
| 101        | 2.3187        | 0.9883        | 0.2419        | 0.0000        |
| 102        | 2.3192        | 0.9886        | 0.0536        | 0.0000        |
| 103        | 2.3198        | 0.9888        | 0.0783        | 0.0000        |
| 104        | 2.3209        | 0.9893        | 0.1498        | 0.0000        |
| 105        | 2.3215        | 0.9895        | 0.1209        | 0.0000        |
| 106        | 2.3221        | 0.9898        | 0.0547        | 0.0000        |
| <b>107</b> | <b>2.3230</b> | <b>0.9902</b> | <b>0.2195</b> | <b>0.0000</b> |
| 108        | 2.3237        | 0.9905        | 0.0966        | 0.0000        |
| 109        | 2.3241        | 0.9906        | 0.0359        | 0.0000        |
| 110        | 2.3245        | 0.9908        | 0.0640        | 0.0000        |
| 111        | 2.3248        | 0.9909        | 0.0483        | 0.0000        |
| 112        | 2.3251        | 0.9910        | 0.0179        | 0.0000        |
| 113        | 2.3256        | 0.9913        | 0.0836        | 0.0000        |
| 114        | 2.3259        | 0.9914        | 0.0373        | 0.0000        |
| 115        | 2.3263        | 0.9916        | 0.0463        | 0.0000        |
| 116        | 2.3269        | 0.9918        | 0.1067        | 0.0000        |
| 117        | 2.3271        | 0.9919        | 0.0503        | 0.0000        |
| 118        | 2.3275        | 0.9921        | 0.1160        | 0.0000        |
| 119        | 2.3278        | 0.9922        | 0.0311        | 0.0000        |
| 120        | 2.3282        | 0.9924        | 0.0370        | 0.0000        |
| 121        | 2.3286        | 0.9925        | 0.0558        | 0.0000        |
| 122        | 2.3290        | 0.9927        | 0.0397        | 0.0000        |
| 123        | 2.3293        | 0.9929        | 0.0692        | 0.0000        |
| 124        | 2.3298        | 0.9931        | 0.1456        | 0.0000        |
| 125        | 2.3303        | 0.9933        | 0.0918        | 0.0000        |
| 126        | 2.3312        | 0.9937        | 0.4039        | 0.0000        |
| 127        | 2.3314        | 0.9938        | 0.0317        | 0.0000        |
| 128        | 2.3317        | 0.9939        | 0.1472        | 0.0000        |
| 129        | 2.3320        | 0.9940        | 0.0367        | 0.0000        |
| 130        | 2.3322        | 0.9941        | 0.0337        | 0.0000        |
| 131        | 2.3325        | 0.9942        | 0.0649        | 0.0000        |
| 132        | 2.3328        | 0.9943        | 0.0548        | 0.0000        |
| 133        | 2.3330        | 0.9944        | 0.0194        | 0.0000        |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 134 | 2.3334 | 0.9946 | 0.1348 | 0.0000 |
| 135 | 2.3338 | 0.9948 | 0.1256 | 0.0000 |
| 136 | 2.3343 | 0.9950 | 0.0835 | 0.0000 |
| 137 | 2.3345 | 0.9951 | 0.0522 | 0.0000 |
| 138 | 2.3347 | 0.9951 | 0.0306 | 0.0000 |
| 139 | 2.3348 | 0.9952 | 0.0224 | 0.0000 |
| 140 | 2.3351 | 0.9953 | 0.0686 | 0.0000 |
| 141 | 2.3355 | 0.9955 | 0.0945 | 0.0000 |
| 142 | 2.3359 | 0.9957 | 0.0554 | 0.0000 |
| 143 | 2.3364 | 0.9959 | 0.1204 | 0.0000 |
| 144 | 2.3366 | 0.9959 | 0.0296 | 0.0000 |
| 145 | 2.3368 | 0.9961 | 0.0632 | 0.0000 |
| 146 | 2.3371 | 0.9962 | 0.0335 | 0.0000 |
| 147 | 2.3372 | 0.9962 | 0.0114 | 0.0000 |
| 148 | 2.3374 | 0.9963 | 0.0227 | 0.0000 |
| 149 | 2.3376 | 0.9964 | 0.0310 | 0.0000 |
| 150 | 2.3378 | 0.9965 | 0.0303 | 0.0000 |
| 151 | 2.3381 | 0.9966 | 0.0253 | 0.0000 |
| 152 | 2.3383 | 0.9967 | 0.0564 | 0.0000 |
| 153 | 2.3385 | 0.9968 | 0.0451 | 0.0000 |
| 154 | 2.3387 | 0.9969 | 0.0469 | 0.0000 |
| 155 | 2.3389 | 0.9969 | 0.0265 | 0.0000 |
| 156 | 2.3390 | 0.9970 | 0.0113 | 0.0000 |
| 157 | 2.3391 | 0.9970 | 0.0181 | 0.0000 |
| 158 | 2.3393 | 0.9971 | 0.0270 | 0.0000 |
| 159 | 2.3395 | 0.9972 | 0.0303 | 0.0000 |
| 160 | 2.3397 | 0.9973 | 0.0290 | 0.0000 |
| 161 | 2.3399 | 0.9974 | 0.0409 | 0.0000 |
| 162 | 2.3399 | 0.9974 | 0.0239 | 0.0000 |
| 163 | 2.3401 | 0.9974 | 0.0190 | 0.0000 |
| 164 | 2.3403 | 0.9975 | 0.0216 | 0.0000 |
| 165 | 2.3405 | 0.9976 | 0.0586 | 0.0000 |
| 166 | 2.3407 | 0.9977 | 0.0693 | 0.0000 |
| 167 | 2.3409 | 0.9978 | 0.0582 | 0.0000 |
| 168 | 2.3410 | 0.9978 | 0.0796 | 0.0000 |
| 169 | 2.3413 | 0.9980 | 0.0617 | 0.0000 |
| 170 | 2.3414 | 0.9980 | 0.0353 | 0.0000 |
| 171 | 2.3416 | 0.9981 | 0.0185 | 0.0000 |
| 172 | 2.3417 | 0.9981 | 0.0538 | 0.0000 |
| 173 | 2.3418 | 0.9982 | 0.0113 | 0.0000 |
| 174 | 2.3419 | 0.9982 | 0.0320 | 0.0000 |
| 175 | 2.3420 | 0.9982 | 0.0075 | 0.0000 |
| 176 | 2.3421 | 0.9983 | 0.0138 | 0.0000 |
| 177 | 2.3422 | 0.9983 | 0.0310 | 0.0000 |
| 178 | 2.3423 | 0.9984 | 0.0321 | 0.0000 |
| 179 | 2.3424 | 0.9984 | 0.0207 | 0.0000 |
| 180 | 2.3425 | 0.9985 | 0.0340 | 0.0000 |
| 181 | 2.3426 | 0.9985 | 0.0344 | 0.0000 |
| 182 | 2.3427 | 0.9986 | 0.0101 | 0.0000 |
| 183 | 2.3428 | 0.9986 | 0.0158 | 0.0000 |
| 184 | 2.3429 | 0.9986 | 0.0192 | 0.0000 |
| 185 | 2.3429 | 0.9987 | 0.0091 | 0.0000 |
| 186 | 2.3430 | 0.9987 | 0.0153 | 0.0000 |
| 187 | 2.3432 | 0.9988 | 0.0323 | 0.0000 |
| 188 | 2.3432 | 0.9988 | 0.0190 | 0.0000 |
| 189 | 2.3433 | 0.9988 | 0.0338 | 0.0000 |
| 190 | 2.3434 | 0.9989 | 0.0074 | 0.0000 |
| 191 | 2.3435 | 0.9989 | 0.0221 | 0.0000 |
| 192 | 2.3436 | 0.9989 | 0.0100 | 0.0000 |
| 193 | 2.3436 | 0.9990 | 0.0102 | 0.0000 |
| 194 | 2.3438 | 0.9990 | 0.0460 | 0.0000 |
| 195 | 2.3439 | 0.9991 | 0.0590 | 0.0000 |
| 196 | 2.3439 | 0.9991 | 0.0091 | 0.0000 |
| 197 | 2.3440 | 0.9991 | 0.0291 | 0.0000 |
| 198 | 2.3440 | 0.9991 | 0.0161 | 0.0000 |
| 199 | 2.3441 | 0.9992 | 0.0155 | 0.0000 |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 200 | 2.3441 | 0.9992 | 0.0041 | 0.0000 |
| 201 | 2.3443 | 0.9992 | 0.0366 | 0.0000 |
| 202 | 2.3443 | 0.9993 | 0.0080 | 0.0000 |
| 203 | 2.3444 | 0.9993 | 0.0069 | 0.0000 |
| 204 | 2.3444 | 0.9993 | 0.0118 | 0.0000 |
| 205 | 2.3445 | 0.9993 | 0.0053 | 0.0000 |
| 206 | 2.3445 | 0.9993 | 0.0304 | 0.0000 |
| 207 | 2.3446 | 0.9994 | 0.0072 | 0.0000 |
| 208 | 2.3447 | 0.9994 | 0.0426 | 0.0000 |
| 209 | 2.3447 | 0.9994 | 0.0204 | 0.0000 |
| 210 | 2.3448 | 0.9994 | 0.0247 | 0.0000 |
| 211 | 2.3448 | 0.9995 | 0.0194 | 0.0000 |
| 212 | 2.3449 | 0.9995 | 0.0141 | 0.0000 |
| 213 | 2.3449 | 0.9995 | 0.0125 | 0.0000 |
| 214 | 2.3450 | 0.9995 | 0.0088 | 0.0000 |
| 215 | 2.3450 | 0.9996 | 0.0100 | 0.0000 |
| 216 | 2.3451 | 0.9996 | 0.0062 | 0.0000 |
| 217 | 2.3451 | 0.9996 | 0.0072 | 0.0000 |
| 218 | 2.3451 | 0.9996 | 0.0044 | 0.0000 |
| 219 | 2.3451 | 0.9996 | 0.0047 | 0.0000 |
| 220 | 2.3452 | 0.9996 | 0.0157 | 0.0000 |
| 221 | 2.3452 | 0.9996 | 0.0081 | 0.0000 |
| 222 | 2.3453 | 0.9997 | 0.0141 | 0.0000 |
| 223 | 2.3454 | 0.9997 | 0.0587 | 0.0000 |
| 224 | 2.3455 | 0.9997 | 0.0091 | 0.0000 |
| 225 | 2.3455 | 0.9997 | 0.0072 | 0.0000 |
| 226 | 2.3455 | 0.9998 | 0.0130 | 0.0000 |
| 227 | 2.3455 | 0.9998 | 0.0053 | 0.0000 |
| 228 | 2.3455 | 0.9998 | 0.0036 | 0.0000 |
| 229 | 2.3455 | 0.9998 | 0.0065 | 0.0000 |
| 230 | 2.3456 | 0.9998 | 0.0061 | 0.0000 |
| 231 | 2.3456 | 0.9998 | 0.0064 | 0.0000 |
| 232 | 2.3456 | 0.9998 | 0.0056 | 0.0000 |
| 233 | 2.3456 | 0.9998 | 0.0072 | 0.0000 |
| 234 | 2.3456 | 0.9998 | 0.0045 | 0.0000 |
| 235 | 2.3457 | 0.9998 | 0.0039 | 0.0000 |
| 236 | 2.3457 | 0.9998 | 0.0036 | 0.0000 |
| 237 | 2.3457 | 0.9998 | 0.0154 | 0.0000 |
| 238 | 2.3457 | 0.9999 | 0.0059 | 0.0000 |
| 239 | 2.3458 | 0.9999 | 0.0284 | 0.0000 |
| 240 | 2.3458 | 0.9999 | 0.0179 | 0.0000 |
| 241 | 2.3458 | 0.9999 | 0.0117 | 0.0000 |
| 242 | 2.3459 | 0.9999 | 0.0313 | 0.0000 |
| 243 | 2.3459 | 0.9999 | 0.0064 | 0.0000 |
| 244 | 2.3459 | 0.9999 | 0.0282 | 0.0000 |
| 245 | 2.3459 | 0.9999 | 0.0022 | 0.0000 |
| 246 | 2.3459 | 0.9999 | 0.0029 | 0.0000 |
| 247 | 2.3459 | 0.9999 | 0.0168 | 0.0000 |
| 248 | 2.3459 | 0.9999 | 0.0181 | 0.0000 |
| 249 | 2.3460 | 1.0000 | 0.0036 | 0.0000 |
| 250 | 2.3460 | 1.0000 | 0.0158 | 0.0000 |
| 251 | 2.3460 | 1.0000 | 0.0207 | 0.0000 |
| 252 | 2.3460 | 1.0000 | 0.0073 | 0.0000 |
| 253 | 2.3460 | 1.0000 | 0.0302 | 0.0000 |
| 254 | 2.3461 | 1.0000 | 0.0110 | 0.0000 |
| 255 | 2.3461 | 1.0000 | 0.0183 | 0.0000 |

## Vento a 75°

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS  
CURSO DE POS-GRADUACAO ENGENHARIA CIVIL

DISSERTACAO DE MESTRADO : PAULO ROBERTO CUNHA DE ALMEIDA

CLIENTE : UFRGS-CPGEC  
OBRA : DISSERTACAO MESTRADO  
ARQUIVO : C:UFRGS-01.RTF  
DATA : 05-16-2009  
HORA : 16:03:20

SEMI-LARGURA DE BANDA INICIAL : 2433  
SEMI-LARGURA DE BANDA FINAL : 164

ARQUIVO DE SAIDA : C:PS11-075.RTF

\*\*\* CARREGAMENTO :

TURBULENCIA DO VENTO NO TUNEL : CLASSE = 11

VELOCIDADE DE RAJADA DO VENTO CONFORME NBR6123 = 50.25 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO DE RAJADA = 1.5479 kN/m<sup>2</sup>

VELOCIDADE MEDIA DO VENTO EM 3600s - POD = 39.34 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO MEDIO EM 3600s - POD = 0.9487 kN/m<sup>2</sup>  
FATOR DE PICO PARA SOLICITACOES - POD = 2.050

COEFICIENTES DE PRESSAO - ARQUIVO : C:PD11-075.TXT

\*\*\* ITERACOES :

NUMERO DE ITERACOES : 255  
LIMITE MINIMO DO INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA : 0.000%  
INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA NA ULTIMA ITERACAO : 0.003 - BARRA : 2641

\*\*\* PARAMETRO DE DIMENSIONAMENTO :  
(MEDIA PONDERADA PELO COMPRIMENTO DA BARRA DO VALOR ABSOLUTO DAS SOLICITACOES)

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO MEDIA - Nmed = 22.464 kN  
PARAMETRO SOBRE DESVIO PADRAO - Ndpd = 2.577 kN  
PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE PICO - Npic = 27.747 kN  
COEFICIENTE DE VARIABILIDADE DO PARAMETRO - Ndpd/Nmed = 0.115

COEFICIENTE DE VARIABILIDADE MAXIMO = 4414.523 - BARRA : 1095

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE RAJADA - NBR6123 = 36.651 kN

RELACAO (PARAMETRO DE PICO -POD)/(PARAMETRO DE RAJADA-NBR6123) : 0.757

\*\*\*\* EVOLUCAO DO PARAMETRO DESVIO PADRAO :

| ITERACAO | DPD.ACUMUL    | DPD.AC.REL    | VAR.MAXIMA     | VAR.MINIMA    |
|----------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 1        | 0.7904        | 0.3067        | 0.3813         | 0.3813        |
| 2        | 1.1885        | 0.4611        | 30.8122        | 0.0000        |
| <b>3</b> | <b>1.4685</b> | <b>0.5698</b> | <b>39.1876</b> | <b>0.0000</b> |
| 4        | 1.6202        | 0.6286        | 12.7805        | 0.0000        |
| 5        | 1.7671        | 0.6856        | 15.0321        | 0.0000        |
| 6        | 1.8659        | 0.7240        | 15.3815        | 0.0000        |

|           |               |               |               |               |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 7         | 1.9074        | 0.7401        | 4.2614        | 0.0000        |
| 8         | 1.9458        | 0.7549        | 4.8710        | 0.0000        |
| 9         | 1.9999        | 0.7760        | 14.5101       | 0.0000        |
| 10        | 2.0470        | 0.7942        | 10.0090       | 0.0000        |
| 11        | 2.0955        | 0.8130        | 9.5090        | 0.0000        |
| 12        | 2.1382        | 0.8296        | 7.4061        | 0.0000        |
| 13        | 2.1527        | 0.8353        | 6.2432        | 0.0000        |
| 14        | 2.1837        | 0.8473        | 2.7387        | 0.0000        |
| 15        | 2.2185        | 0.8608        | 7.7850        | 0.0000        |
| 16        | 2.2395        | 0.8689        | 4.3315        | 0.0000        |
| 17        | 2.2578        | 0.8760        | 4.3207        | 0.0000        |
| 18        | 2.2687        | 0.8802        | 5.2510        | 0.0000        |
| 19        | 2.2804        | 0.8848        | 1.1377        | 0.0000        |
| 20        | 2.2929        | 0.8896        | 2.0256        | 0.0000        |
| 21        | 2.3019        | 0.8931        | 0.6994        | 0.0000        |
| 22        | 2.3166        | 0.8988        | 3.4820        | 0.0000        |
| <b>23</b> | <b>2.3277</b> | <b>0.9031</b> | <b>1.7524</b> | <b>0.0000</b> |
| 24        | 2.3365        | 0.9066        | 2.9208        | 0.0000        |
| 25        | 2.3440        | 0.9095        | 2.1222        | 0.0000        |
| 26        | 2.3544        | 0.9135        | 1.7047        | 0.0000        |
| 27        | 2.3611        | 0.9161        | 1.0563        | 0.0000        |
| 28        | 2.3785        | 0.9229        | 2.7996        | 0.0000        |
| 29        | 2.3827        | 0.9245        | 1.3349        | 0.0000        |
| 30        | 2.3866        | 0.9260        | 0.5896        | 0.0000        |
| 31        | 2.3904        | 0.9275        | 0.3636        | 0.0000        |
| 32        | 2.3944        | 0.9290        | 0.5994        | 0.0000        |
| 33        | 2.4037        | 0.9326        | 1.3840        | 0.0000        |
| 34        | 2.4091        | 0.9347        | 0.9940        | 0.0000        |
| 35        | 2.4131        | 0.9363        | 0.6769        | 0.0000        |
| 36        | 2.4207        | 0.9392        | 1.8772        | 0.0000        |
| 37        | 2.4257        | 0.9411        | 0.7911        | 0.0000        |
| 38        | 2.4295        | 0.9426        | 0.6609        | 0.0000        |
| 39        | 2.4326        | 0.9438        | 0.5144        | 0.0000        |
| 40        | 2.4350        | 0.9448        | 0.3981        | 0.0000        |
| 41        | 2.4399        | 0.9467        | 0.7010        | 0.0000        |
| 42        | 2.4435        | 0.9481        | 0.5874        | 0.0000        |
| 43        | 2.4456        | 0.9489        | 0.2448        | 0.0000        |
| 44        | 2.4468        | 0.9494        | 0.2479        | 0.0000        |
| <b>45</b> | <b>2.4484</b> | <b>0.9500</b> | <b>0.2679</b> | <b>0.0000</b> |
| 46        | 2.4514        | 0.9511        | 0.3605        | 0.0000        |
| 47        | 2.4551        | 0.9526        | 0.7477        | 0.0000        |
| 48        | 2.4568        | 0.9532        | 0.1899        | 0.0000        |
| 49        | 2.4609        | 0.9548        | 0.5321        | 0.0000        |
| 50        | 2.4631        | 0.9557        | 0.3599        | 0.0000        |
| 51        | 2.4643        | 0.9561        | 0.1180        | 0.0000        |
| 52        | 2.4659        | 0.9567        | 0.2334        | 0.0000        |
| 53        | 2.4699        | 0.9583        | 0.6291        | 0.0000        |
| 54        | 2.4723        | 0.9592        | 0.5108        | 0.0000        |
| 55        | 2.4740        | 0.9599        | 0.2397        | 0.0000        |
| 56        | 2.4762        | 0.9608        | 0.4309        | 0.0000        |
| 57        | 2.4773        | 0.9612        | 0.1876        | 0.0000        |
| 58        | 2.4806        | 0.9625        | 0.8139        | 0.0000        |
| 59        | 2.4834        | 0.9635        | 0.3652        | 0.0000        |
| 60        | 2.4850        | 0.9642        | 0.2461        | 0.0000        |
| 61        | 2.4862        | 0.9646        | 0.4565        | 0.0000        |
| 62        | 2.4871        | 0.9650        | 0.1522        | 0.0000        |
| 63        | 2.4891        | 0.9658        | 0.4673        | 0.0000        |
| 64        | 2.4907        | 0.9664        | 0.2546        | 0.0000        |
| 65        | 2.4932        | 0.9673        | 0.4673        | 0.0000        |
| 66        | 2.4958        | 0.9683        | 0.3408        | 0.0000        |
| 67        | 2.4978        | 0.9691        | 0.5529        | 0.0000        |
| 68        | 2.5000        | 0.9700        | 0.1973        | 0.0000        |
| 69        | 2.5015        | 0.9706        | 0.2572        | 0.0000        |
| 70        | 2.5032        | 0.9712        | 0.2900        | 0.0000        |

|            |               |               |               |               |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 71         | 2.5048        | 0.9719        | 0.2207        | 0.0000        |
| 72         | 2.5068        | 0.9726        | 0.3007        | 0.0000        |
| 73         | 2.5078        | 0.9730        | 0.1310        | 0.0000        |
| 74         | 2.5091        | 0.9735        | 0.2380        | 0.0000        |
| 75         | 2.5105        | 0.9741        | 0.1726        | 0.0000        |
| 76         | 2.5117        | 0.9745        | 0.1710        | 0.0000        |
| 77         | 2.5149        | 0.9758        | 0.5642        | 0.0000        |
| 78         | 2.5158        | 0.9761        | 0.1914        | 0.0000        |
| 79         | 2.5185        | 0.9771        | 0.4246        | 0.0000        |
| 80         | 2.5212        | 0.9782        | 0.3813        | 0.0000        |
| 81         | 2.5222        | 0.9786        | 0.2650        | 0.0000        |
| 82         | 2.5230        | 0.9789        | 0.1231        | 0.0000        |
| 83         | 2.5240        | 0.9793        | 0.1725        | 0.0000        |
| 84         | 2.5258        | 0.9800        | 0.2747        | 0.0000        |
| 85         | 2.5267        | 0.9804        | 0.2203        | 0.0000        |
| 86         | 2.5277        | 0.9807        | 0.1433        | 0.0000        |
| 87         | 2.5296        | 0.9815        | 0.3091        | 0.0000        |
| 88         | 2.5302        | 0.9817        | 0.1546        | 0.0000        |
| 89         | 2.5308        | 0.9819        | 0.0812        | 0.0000        |
| 90         | 2.5319        | 0.9824        | 0.1369        | 0.0000        |
| 91         | 2.5322        | 0.9825        | 0.0339        | 0.0000        |
| 92         | 2.5331        | 0.9828        | 0.2062        | 0.0000        |
| 93         | 2.5342        | 0.9833        | 0.1656        | 0.0000        |
| 94         | 2.5350        | 0.9836        | 0.1444        | 0.0000        |
| 95         | 2.5361        | 0.9840        | 0.2614        | 0.0000        |
| 96         | 2.5367        | 0.9842        | 0.0588        | 0.0000        |
| 97         | 2.5387        | 0.9850        | 0.3567        | 0.0000        |
| 98         | 2.5401        | 0.9855        | 0.3077        | 0.0000        |
| 99         | 2.5407        | 0.9858        | 0.0564        | 0.0000        |
| 100        | 2.5417        | 0.9862        | 0.1218        | 0.0000        |
| 101        | 2.5423        | 0.9864        | 0.1082        | 0.0000        |
| 102        | 2.5437        | 0.9869        | 0.2462        | 0.0000        |
| 103        | 2.5444        | 0.9872        | 0.1119        | 0.0000        |
| 104        | 2.5453        | 0.9876        | 0.1429        | 0.0000        |
| 105        | 2.5458        | 0.9878        | 0.0526        | 0.0000        |
| 106        | 2.5469        | 0.9882        | 0.1676        | 0.0000        |
| 107        | 2.5477        | 0.9885        | 0.1198        | 0.0000        |
| 108        | 2.5485        | 0.9888        | 0.0936        | 0.0000        |
| 109        | 2.5491        | 0.9890        | 0.0826        | 0.0000        |
| 110        | 2.5498        | 0.9893        | 0.1174        | 0.0000        |
| 111        | 2.5503        | 0.9895        | 0.0464        | 0.0000        |
| 112        | 2.5507        | 0.9897        | 0.1004        | 0.0000        |
| 113        | 2.5511        | 0.9898        | 0.0427        | 0.0000        |
| <b>114</b> | <b>2.5521</b> | <b>0.9902</b> | <b>0.1356</b> | <b>0.0000</b> |
| 115        | 2.5526        | 0.9904        | 0.0358        | 0.0000        |
| 116        | 2.5531        | 0.9906        | 0.1108        | 0.0000        |
| 117        | 2.5534        | 0.9907        | 0.0405        | 0.0000        |
| 118        | 2.5538        | 0.9908        | 0.0918        | 0.0000        |
| 119        | 2.5540        | 0.9910        | 0.0382        | 0.0000        |
| 120        | 2.5545        | 0.9911        | 0.0375        | 0.0000        |
| 121        | 2.5548        | 0.9913        | 0.0466        | 0.0000        |
| 122        | 2.5552        | 0.9914        | 0.0870        | 0.0000        |
| 123        | 2.5556        | 0.9916        | 0.0658        | 0.0000        |
| 124        | 2.5558        | 0.9916        | 0.0359        | 0.0000        |
| 125        | 2.5562        | 0.9918        | 0.0718        | 0.0000        |
| 126        | 2.5567        | 0.9920        | 0.0621        | 0.0000        |
| 127        | 2.5572        | 0.9922        | 0.0587        | 0.0000        |
| 128        | 2.5576        | 0.9923        | 0.0904        | 0.0000        |
| 129        | 2.5580        | 0.9925        | 0.0523        | 0.0000        |
| 130        | 2.5583        | 0.9926        | 0.0487        | 0.0000        |
| 131        | 2.5601        | 0.9933        | 0.4452        | 0.0000        |
| 132        | 2.5604        | 0.9934        | 0.0401        | 0.0000        |
| 133        | 2.5609        | 0.9936        | 0.0961        | 0.0000        |
| 134        | 2.5617        | 0.9939        | 0.2712        | 0.0000        |
| 135        | 2.5623        | 0.9942        | 0.0649        | 0.0000        |
| 136        | 2.5626        | 0.9943        | 0.0380        | 0.0000        |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 137 | 2.5629 | 0.9944 | 0.0376 | 0.0000 |
| 138 | 2.5634 | 0.9946 | 0.0683 | 0.0000 |
| 139 | 2.5636 | 0.9947 | 0.0561 | 0.0000 |
| 140 | 2.5643 | 0.9949 | 0.1605 | 0.0000 |
| 141 | 2.5649 | 0.9952 | 0.0899 | 0.0000 |
| 142 | 2.5650 | 0.9952 | 0.0142 | 0.0000 |
| 143 | 2.5652 | 0.9953 | 0.0162 | 0.0000 |
| 144 | 2.5655 | 0.9954 | 0.0722 | 0.0000 |
| 145 | 2.5658 | 0.9955 | 0.0540 | 0.0000 |
| 146 | 2.5661 | 0.9956 | 0.0631 | 0.0000 |
| 147 | 2.5663 | 0.9957 | 0.0311 | 0.0000 |
| 148 | 2.5666 | 0.9958 | 0.0487 | 0.0000 |
| 149 | 2.5670 | 0.9960 | 0.1156 | 0.0000 |
| 150 | 2.5673 | 0.9961 | 0.0990 | 0.0000 |
| 151 | 2.5676 | 0.9962 | 0.0424 | 0.0000 |
| 152 | 2.5679 | 0.9963 | 0.0644 | 0.0000 |
| 153 | 2.5681 | 0.9964 | 0.0457 | 0.0000 |
| 154 | 2.5681 | 0.9964 | 0.0179 | 0.0000 |
| 155 | 2.5683 | 0.9965 | 0.0178 | 0.0000 |
| 156 | 2.5685 | 0.9966 | 0.0579 | 0.0000 |
| 157 | 2.5687 | 0.9967 | 0.0269 | 0.0000 |
| 158 | 2.5689 | 0.9967 | 0.0481 | 0.0000 |
| 159 | 2.5691 | 0.9968 | 0.1184 | 0.0000 |
| 160 | 2.5693 | 0.9969 | 0.0459 | 0.0000 |
| 161 | 2.5695 | 0.9969 | 0.0587 | 0.0000 |
| 162 | 2.5697 | 0.9970 | 0.0305 | 0.0000 |
| 163 | 2.5699 | 0.9971 | 0.0513 | 0.0000 |
| 164 | 2.5701 | 0.9972 | 0.0376 | 0.0000 |
| 165 | 2.5705 | 0.9973 | 0.1537 | 0.0000 |
| 166 | 2.5707 | 0.9974 | 0.0433 | 0.0000 |
| 167 | 2.5710 | 0.9975 | 0.0718 | 0.0000 |
| 168 | 2.5713 | 0.9976 | 0.0377 | 0.0000 |
| 169 | 2.5715 | 0.9977 | 0.0310 | 0.0000 |
| 170 | 2.5716 | 0.9978 | 0.0207 | 0.0000 |
| 171 | 2.5718 | 0.9978 | 0.0482 | 0.0000 |
| 172 | 2.5720 | 0.9979 | 0.0517 | 0.0000 |
| 173 | 2.5722 | 0.9980 | 0.0411 | 0.0000 |
| 174 | 2.5722 | 0.9980 | 0.0157 | 0.0000 |
| 175 | 2.5725 | 0.9981 | 0.1235 | 0.0000 |
| 176 | 2.5726 | 0.9982 | 0.0287 | 0.0000 |
| 177 | 2.5728 | 0.9982 | 0.0304 | 0.0000 |
| 178 | 2.5728 | 0.9982 | 0.0111 | 0.0000 |
| 179 | 2.5729 | 0.9983 | 0.0269 | 0.0000 |
| 180 | 2.5731 | 0.9983 | 0.0649 | 0.0000 |
| 181 | 2.5732 | 0.9984 | 0.0690 | 0.0000 |
| 182 | 2.5734 | 0.9985 | 0.0369 | 0.0000 |
| 183 | 2.5735 | 0.9985 | 0.0228 | 0.0000 |
| 184 | 2.5736 | 0.9986 | 0.0552 | 0.0000 |
| 185 | 2.5738 | 0.9986 | 0.0272 | 0.0000 |
| 186 | 2.5739 | 0.9987 | 0.0409 | 0.0000 |
| 187 | 2.5740 | 0.9987 | 0.0396 | 0.0000 |
| 188 | 2.5741 | 0.9987 | 0.0153 | 0.0000 |
| 189 | 2.5742 | 0.9988 | 0.0110 | 0.0000 |
| 190 | 2.5743 | 0.9988 | 0.0204 | 0.0000 |
| 191 | 2.5744 | 0.9989 | 0.0472 | 0.0000 |
| 192 | 2.5745 | 0.9989 | 0.0243 | 0.0000 |
| 193 | 2.5746 | 0.9989 | 0.0170 | 0.0000 |
| 194 | 2.5747 | 0.9990 | 0.0763 | 0.0000 |
| 195 | 2.5748 | 0.9990 | 0.0255 | 0.0000 |
| 196 | 2.5749 | 0.9990 | 0.0162 | 0.0000 |
| 197 | 2.5750 | 0.9991 | 0.0486 | 0.0000 |
| 198 | 2.5750 | 0.9991 | 0.0102 | 0.0000 |
| 199 | 2.5752 | 0.9992 | 0.0642 | 0.0000 |
| 200 | 2.5752 | 0.9992 | 0.0201 | 0.0000 |



|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 201 | 2.5753 | 0.9992 | 0.0086 | 0.0000 |
| 202 | 2.5753 | 0.9992 | 0.0103 | 0.0000 |
| 203 | 2.5754 | 0.9992 | 0.0209 | 0.0000 |
| 204 | 2.5755 | 0.9993 | 0.0402 | 0.0000 |
| 205 | 2.5755 | 0.9993 | 0.0059 | 0.0000 |
| 206 | 2.5756 | 0.9993 | 0.0072 | 0.0000 |
| 207 | 2.5757 | 0.9994 | 0.0578 | 0.0000 |
| 208 | 2.5758 | 0.9994 | 0.0046 | 0.0000 |
| 209 | 2.5758 | 0.9994 | 0.0054 | 0.0000 |
| 210 | 2.5759 | 0.9994 | 0.0284 | 0.0000 |
| 211 | 2.5760 | 0.9995 | 0.0217 | 0.0000 |
| 212 | 2.5760 | 0.9995 | 0.0084 | 0.0000 |
| 213 | 2.5760 | 0.9995 | 0.0120 | 0.0000 |
| 214 | 2.5761 | 0.9995 | 0.0322 | 0.0000 |
| 215 | 2.5761 | 0.9995 | 0.0277 | 0.0000 |
| 216 | 2.5762 | 0.9996 | 0.0345 | 0.0000 |
| 217 | 2.5762 | 0.9996 | 0.0037 | 0.0000 |
| 218 | 2.5763 | 0.9996 | 0.0100 | 0.0000 |
| 219 | 2.5763 | 0.9996 | 0.0049 | 0.0000 |
| 220 | 2.5764 | 0.9996 | 0.0169 | 0.0000 |
| 221 | 2.5764 | 0.9996 | 0.0405 | 0.0000 |
| 222 | 2.5765 | 0.9997 | 0.0163 | 0.0000 |
| 223 | 2.5765 | 0.9997 | 0.0037 | 0.0000 |
| 224 | 2.5765 | 0.9997 | 0.0156 | 0.0000 |
| 225 | 2.5766 | 0.9997 | 0.0171 | 0.0000 |
| 226 | 2.5766 | 0.9997 | 0.0048 | 0.0000 |
| 227 | 2.5766 | 0.9997 | 0.0105 | 0.0000 |
| 228 | 2.5766 | 0.9997 | 0.0077 | 0.0000 |
| 229 | 2.5767 | 0.9997 | 0.0044 | 0.0000 |
| 230 | 2.5767 | 0.9997 | 0.0021 | 0.0000 |
| 231 | 2.5767 | 0.9997 | 0.0106 | 0.0000 |
| 232 | 2.5767 | 0.9998 | 0.0063 | 0.0000 |
| 233 | 2.5767 | 0.9998 | 0.0080 | 0.0000 |
| 234 | 2.5768 | 0.9998 | 0.0162 | 0.0000 |
| 235 | 2.5768 | 0.9998 | 0.0639 | 0.0000 |
| 236 | 2.5769 | 0.9998 | 0.0088 | 0.0000 |
| 237 | 2.5769 | 0.9998 | 0.0231 | 0.0000 |
| 238 | 2.5770 | 0.9998 | 0.0552 | 0.0000 |
| 239 | 2.5770 | 0.9999 | 0.0368 | 0.0000 |
| 240 | 2.5770 | 0.9999 | 0.0167 | 0.0000 |
| 241 | 2.5771 | 0.9999 | 0.0080 | 0.0000 |
| 242 | 2.5771 | 0.9999 | 0.0408 | 0.0000 |
| 243 | 2.5771 | 0.9999 | 0.0035 | 0.0000 |
| 244 | 2.5771 | 0.9999 | 0.0099 | 0.0000 |
| 245 | 2.5772 | 0.9999 | 0.0746 | 0.0000 |
| 246 | 2.5772 | 0.9999 | 0.0142 | 0.0000 |
| 247 | 2.5772 | 0.9999 | 0.0038 | 0.0000 |
| 248 | 2.5772 | 0.9999 | 0.0149 | 0.0000 |
| 249 | 2.5772 | 1.0000 | 0.0134 | 0.0000 |
| 250 | 2.5772 | 1.0000 | 0.0150 | 0.0000 |
| 251 | 2.5773 | 1.0000 | 0.0133 | 0.0000 |
| 252 | 2.5773 | 1.0000 | 0.0218 | 0.0000 |
| 253 | 2.5773 | 1.0000 | 0.0326 | 0.0000 |
| 254 | 2.5773 | 1.0000 | 0.0217 | 0.0000 |
| 255 | 2.5774 | 1.0000 | 0.0165 | 0.0000 |

## Vento a 90°

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS  
CURSO DE POS-GRADUACAO ENGENHARIA CIVIL

DISSERTACAO DE MESTRADO : PAULO ROBERTO CUNHA DE ALMEIDA

CLIENTE : UFRGS-CPGEC  
OBRA : DISSERTACAO MESTRADO  
ARQUIVO : C:UFRGS-01.RTF  
DATA : 05-16-2009  
HORA : 16:36:26

SEMI-LARGURA DE BANDA INICIAL : 2433  
SEMI-LARGURA DE BANDA FINAL : 164

ARQUIVO DE SAIDA : C:PS11-090.RTF

\*\*\* CARREGAMENTO :

TURBULENCIA DO VENTO NO TUNEL : CLASSE = 11

VELOCIDADE DE RAJADA DO VENTO CONFORME NBR6123 = 50.25 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO DE RAJADA = 1.5479 kN/m<sup>2</sup>

VELOCIDADE MEDIA DO VENTO EM 3600s - POD = 39.34 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO MEDIO EM 3600s - POD = 0.9487 kN/m<sup>2</sup>  
FATOR DE PICO PARA SOLICITACOES - POD = 2.050

COEFICIENTES DE PRESSAO - ARQUIVO : C:PD11-090.TXT

\*\*\* ITERACOES :

NUMERO DE ITERACOES : 255  
LIMITE MINIMO DO INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA : 0.000%  
INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA NA ULTIMA ITERACAO : 0.002 - BARRA : 3927

\*\*\* PARAMETRO DE DIMENSIONAMENTO :  
(MEDIA PONDERADA PELO COMPRIMENTO DA BARRA DO VALOR ABSOLUTO DAS SOLICITACOES)

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO MEDIA - Nmed = 19.234 kN  
PARAMETRO SOBRE DESVIO PADRAO - Ndpd = 2.421 kN  
PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE PICO - Npic = 24.197 kN  
COEFICIENTE DE VARIABILIDADE DO PARAMETRO - Ndpd/Nmed = 0.126

COEFICIENTE DE VARIABILIDADE MAXIMO = 3253.054 - BARRA : 869

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE RAJADA - NBR6123 = 31.381 kN

RELACAO (PARAMETRO DE PICO -POD)/(PARAMETRO DE RAJADA-NBR6123) : 0.771

\*\*\*\* EVOLUCAO DO PARAMETRO DESVIO PADRAO :

| ITERACAO | DPD.ACUMUL    | DPD.AC.REL    | VAR.MAXIMA     | VAR.MINIMA    |
|----------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 1        | 0.8672        | 0.3582        | 0.0043         | 0.0043        |
| <b>2</b> | <b>1.1578</b> | <b>0.4782</b> | <b>22.1973</b> | <b>0.0000</b> |
| 3        | 1.3648        | 0.5637        | 20.2700        | 0.0000        |
| 4        | 1.4776        | 0.6103        | 15.0202        | 0.0000        |

|           |               |               |               |               |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 5         | 1.5825        | 0.6536        | 11.0671       | 0.0000        |
| 6         | 1.6702        | 0.6898        | 6.3671        | 0.0000        |
| 7         | 1.7228        | 0.7115        | 5.9771        | 0.0000        |
| 8         | 1.7688        | 0.7305        | 4.0352        | 0.0000        |
| 9         | 1.8831        | 0.7777        | 11.7542       | 0.0000        |
| 10        | 1.9356        | 0.7994        | 8.0731        | 0.0000        |
| 11        | 1.9513        | 0.8059        | 2.2396        | 0.0000        |
| 12        | 1.9776        | 0.8168        | 4.2376        | 0.0000        |
| 13        | 2.0175        | 0.8332        | 6.8699        | 0.0000        |
| 14        | 2.0434        | 0.8439        | 2.3537        | 0.0000        |
| 15        | 2.0671        | 0.8537        | 4.3959        | 0.0000        |
| 16        | 2.0876        | 0.8622        | 3.5774        | 0.0000        |
| 17        | 2.1160        | 0.8739        | 4.8371        | 0.0000        |
| 18        | 2.1254        | 0.8778        | 2.1853        | 0.0000        |
| 19        | 2.1354        | 0.8819        | 2.6698        | 0.0000        |
| 20        | 2.1450        | 0.8859        | 1.1015        | 0.0000        |
| 21        | 2.1556        | 0.8903        | 1.4664        | 0.0000        |
| 22        | 2.1654        | 0.8943        | 1.4232        | 0.0000        |
| 23        | 2.1735        | 0.8977        | 1.1467        | 0.0000        |
| 24        | 2.1766        | 0.8990        | 0.7151        | 0.0000        |
| <b>25</b> | <b>2.1848</b> | <b>0.9023</b> | <b>1.1055</b> | <b>0.0000</b> |
| 26        | 2.1952        | 0.9066        | 2.0125        | 0.0000        |
| 27        | 2.2016        | 0.9093        | 0.9255        | 0.0000        |
| 28        | 2.2087        | 0.9122        | 1.1590        | 0.0000        |
| 29        | 2.2281        | 0.9202        | 2.7746        | 0.0000        |
| 30        | 2.2328        | 0.9222        | 0.6045        | 0.0000        |
| 31        | 2.2443        | 0.9269        | 1.6115        | 0.0000        |
| 32        | 2.2489        | 0.9288        | 0.5674        | 0.0000        |
| 33        | 2.2533        | 0.9306        | 0.9951        | 0.0000        |
| 34        | 2.2573        | 0.9323        | 0.5828        | 0.0000        |
| 35        | 2.2601        | 0.9334        | 0.6415        | 0.0000        |
| 36        | 2.2652        | 0.9355        | 1.0384        | 0.0000        |
| 37        | 2.2711        | 0.9380        | 0.7525        | 0.0000        |
| 38        | 2.2747        | 0.9395        | 0.4861        | 0.0000        |
| 39        | 2.2777        | 0.9407        | 0.4263        | 0.0000        |
| 40        | 2.2857        | 0.9440        | 1.4240        | 0.0000        |
| 41        | 2.2890        | 0.9454        | 0.3526        | 0.0000        |
| 42        | 2.2921        | 0.9467        | 0.4046        | 0.0000        |
| 43        | 2.2937        | 0.9473        | 0.3785        | 0.0000        |
| 44        | 2.2970        | 0.9487        | 0.4081        | 0.0000        |
| 45        | 2.2990        | 0.9495        | 0.2975        | 0.0000        |
| <b>46</b> | <b>2.3026</b> | <b>0.9510</b> | <b>0.6506</b> | <b>0.0000</b> |
| 47        | 2.3043        | 0.9517        | 0.2425        | 0.0000        |
| 48        | 2.3061        | 0.9524        | 0.2623        | 0.0000        |
| 49        | 2.3085        | 0.9534        | 0.3642        | 0.0000        |
| 50        | 2.3108        | 0.9544        | 0.3279        | 0.0000        |
| 51        | 2.3126        | 0.9551        | 0.3546        | 0.0000        |
| 52        | 2.3144        | 0.9559        | 0.1589        | 0.0000        |
| 53        | 2.3158        | 0.9564        | 0.1816        | 0.0000        |
| 54        | 2.3183        | 0.9575        | 0.4906        | 0.0000        |
| 55        | 2.3213        | 0.9587        | 0.5865        | 0.0000        |
| 56        | 2.3230        | 0.9594        | 0.2159        | 0.0000        |
| 57        | 2.3242        | 0.9599        | 0.1198        | 0.0000        |
| 58        | 2.3255        | 0.9604        | 0.1061        | 0.0000        |
| 59        | 2.3264        | 0.9608        | 0.0864        | 0.0000        |
| 60        | 2.3286        | 0.9617        | 0.2415        | 0.0000        |
| 61        | 2.3312        | 0.9628        | 0.4494        | 0.0000        |
| 62        | 2.3319        | 0.9631        | 0.0831        | 0.0000        |
| 63        | 2.3333        | 0.9637        | 0.1616        | 0.0000        |
| 64        | 2.3340        | 0.9640        | 0.0619        | 0.0000        |
| 65        | 2.3355        | 0.9646        | 0.2220        | 0.0000        |
| 66        | 2.3375        | 0.9654        | 0.2502        | 0.0000        |
| 67        | 2.3387        | 0.9659        | 0.1313        | 0.0000        |
| 68        | 2.3420        | 0.9673        | 0.4682        | 0.0000        |
| 69        | 2.3440        | 0.9681        | 0.2931        | 0.0000        |
| 70        | 2.3448        | 0.9684        | 0.2162        | 0.0000        |

|            |               |               |               |               |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 71         | 2.3457        | 0.9688        | 0.0993        | 0.0000        |
| 72         | 2.3489        | 0.9701        | 0.4185        | 0.0000        |
| 73         | 2.3498        | 0.9705        | 0.1703        | 0.0000        |
| 74         | 2.3512        | 0.9711        | 0.1811        | 0.0000        |
| 75         | 2.3559        | 0.9730        | 0.5473        | 0.0000        |
| 76         | 2.3569        | 0.9734        | 0.1038        | 0.0000        |
| 77         | 2.3580        | 0.9739        | 0.1044        | 0.0000        |
| 78         | 2.3586        | 0.9741        | 0.0567        | 0.0000        |
| 79         | 2.3595        | 0.9745        | 0.1595        | 0.0000        |
| 80         | 2.3608        | 0.9750        | 0.1108        | 0.0000        |
| 81         | 2.3616        | 0.9754        | 0.1008        | 0.0000        |
| 82         | 2.3622        | 0.9756        | 0.0749        | 0.0000        |
| 83         | 2.3625        | 0.9757        | 0.0289        | 0.0000        |
| 84         | 2.3628        | 0.9758        | 0.0376        | 0.0000        |
| 85         | 2.3638        | 0.9763        | 0.1780        | 0.0000        |
| 86         | 2.3653        | 0.9769        | 0.2319        | 0.0000        |
| 87         | 2.3661        | 0.9772        | 0.1012        | 0.0000        |
| 88         | 2.3701        | 0.9789        | 0.6424        | 0.0000        |
| 89         | 2.3708        | 0.9791        | 0.1015        | 0.0000        |
| 90         | 2.3719        | 0.9796        | 0.1499        | 0.0000        |
| 91         | 2.3748        | 0.9808        | 0.3712        | 0.0000        |
| 92         | 2.3760        | 0.9813        | 0.2244        | 0.0000        |
| 93         | 2.3767        | 0.9816        | 0.1389        | 0.0000        |
| 94         | 2.3773        | 0.9818        | 0.0666        | 0.0000        |
| 95         | 2.3777        | 0.9820        | 0.0497        | 0.0000        |
| 96         | 2.3799        | 0.9829        | 0.2520        | 0.0000        |
| 97         | 2.3805        | 0.9832        | 0.0453        | 0.0000        |
| 98         | 2.3810        | 0.9834        | 0.0465        | 0.0000        |
| 99         | 2.3816        | 0.9836        | 0.0584        | 0.0000        |
| 100        | 2.3827        | 0.9841        | 0.1624        | 0.0000        |
| 101        | 2.3831        | 0.9842        | 0.0652        | 0.0000        |
| 102        | 2.3839        | 0.9846        | 0.1926        | 0.0000        |
| 103        | 2.3845        | 0.9848        | 0.1128        | 0.0000        |
| 104        | 2.3851        | 0.9851        | 0.0667        | 0.0000        |
| 105        | 2.3856        | 0.9853        | 0.0678        | 0.0000        |
| 106        | 2.3863        | 0.9856        | 0.1184        | 0.0000        |
| 107        | 2.3869        | 0.9858        | 0.0904        | 0.0000        |
| 108        | 2.3875        | 0.9861        | 0.1714        | 0.0000        |
| 109        | 2.3880        | 0.9862        | 0.0241        | 0.0000        |
| 110        | 2.3885        | 0.9865        | 0.1218        | 0.0000        |
| 111        | 2.3893        | 0.9868        | 0.1476        | 0.0000        |
| 112        | 2.3900        | 0.9871        | 0.0887        | 0.0000        |
| 113        | 2.3904        | 0.9873        | 0.0803        | 0.0000        |
| 114        | 2.3912        | 0.9876        | 0.1348        | 0.0000        |
| 115        | 2.3915        | 0.9877        | 0.0309        | 0.0000        |
| 116        | 2.3922        | 0.9880        | 0.1099        | 0.0000        |
| 117        | 2.3927        | 0.9882        | 0.0855        | 0.0000        |
| 118        | 2.3929        | 0.9883        | 0.0251        | 0.0000        |
| 119        | 2.3936        | 0.9886        | 0.1003        | 0.0000        |
| 120        | 2.3944        | 0.9889        | 0.1821        | 0.0000        |
| 121        | 2.3951        | 0.9892        | 0.0863        | 0.0000        |
| 122        | 2.3957        | 0.9894        | 0.0898        | 0.0000        |
| 123        | 2.3963        | 0.9897        | 0.1275        | 0.0000        |
| 124        | 2.3966        | 0.9898        | 0.0676        | 0.0000        |
| <b>125</b> | <b>2.3970</b> | <b>0.9900</b> | <b>0.0646</b> | <b>0.0000</b> |
| 126        | 2.3975        | 0.9902        | 0.1217        | 0.0000        |
| 127        | 2.3983        | 0.9905        | 0.1427        | 0.0000        |
| 128        | 2.3988        | 0.9907        | 0.0999        | 0.0000        |
| 129        | 2.3994        | 0.9910        | 0.0836        | 0.0000        |
| 130        | 2.3999        | 0.9912        | 0.0751        | 0.0000        |
| 131        | 2.4001        | 0.9913        | 0.0233        | 0.0000        |
| 132        | 2.4009        | 0.9916        | 0.1392        | 0.0000        |
| 133        | 2.4011        | 0.9917        | 0.0388        | 0.0000        |
| 134        | 2.4020        | 0.9920        | 0.1318        | 0.0000        |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 135 | 2.4024 | 0.9922 | 0.0487 | 0.0000 |
| 136 | 2.4028 | 0.9924 | 0.0912 | 0.0000 |
| 137 | 2.4036 | 0.9927 | 0.1432 | 0.0000 |
| 138 | 2.4040 | 0.9929 | 0.0510 | 0.0000 |
| 139 | 2.4042 | 0.9930 | 0.0191 | 0.0000 |
| 140 | 2.4048 | 0.9932 | 0.1042 | 0.0000 |
| 141 | 2.4056 | 0.9935 | 0.1265 | 0.0000 |
| 142 | 2.4061 | 0.9937 | 0.1075 | 0.0000 |
| 143 | 2.4068 | 0.9940 | 0.1878 | 0.0000 |
| 144 | 2.4070 | 0.9941 | 0.0574 | 0.0000 |
| 145 | 2.4073 | 0.9942 | 0.0793 | 0.0000 |
| 146 | 2.4076 | 0.9943 | 0.0540 | 0.0000 |
| 147 | 2.4078 | 0.9944 | 0.0552 | 0.0000 |
| 148 | 2.4080 | 0.9945 | 0.0752 | 0.0000 |
| 149 | 2.4082 | 0.9946 | 0.0511 | 0.0000 |
| 150 | 2.4085 | 0.9947 | 0.0408 | 0.0000 |
| 151 | 2.4087 | 0.9948 | 0.0369 | 0.0000 |
| 152 | 2.4089 | 0.9949 | 0.0844 | 0.0000 |
| 153 | 2.4093 | 0.9951 | 0.0487 | 0.0000 |
| 154 | 2.4096 | 0.9952 | 0.0658 | 0.0000 |
| 155 | 2.4099 | 0.9953 | 0.0292 | 0.0000 |
| 156 | 2.4102 | 0.9954 | 0.0741 | 0.0000 |
| 157 | 2.4104 | 0.9955 | 0.0359 | 0.0000 |
| 158 | 2.4108 | 0.9957 | 0.0730 | 0.0000 |
| 159 | 2.4109 | 0.9957 | 0.0129 | 0.0000 |
| 160 | 2.4115 | 0.9960 | 0.2667 | 0.0000 |
| 161 | 2.4117 | 0.9961 | 0.0302 | 0.0000 |
| 162 | 2.4120 | 0.9962 | 0.0513 | 0.0000 |
| 163 | 2.4122 | 0.9963 | 0.0493 | 0.0000 |
| 164 | 2.4125 | 0.9964 | 0.0361 | 0.0000 |
| 165 | 2.4126 | 0.9964 | 0.0155 | 0.0000 |
| 166 | 2.4129 | 0.9965 | 0.0468 | 0.0000 |
| 167 | 2.4131 | 0.9966 | 0.0590 | 0.0000 |
| 168 | 2.4133 | 0.9967 | 0.0244 | 0.0000 |
| 169 | 2.4135 | 0.9968 | 0.0434 | 0.0000 |
| 170 | 2.4137 | 0.9969 | 0.0447 | 0.0000 |
| 171 | 2.4138 | 0.9969 | 0.0292 | 0.0000 |
| 172 | 2.4140 | 0.9970 | 0.0296 | 0.0000 |
| 173 | 2.4142 | 0.9971 | 0.0245 | 0.0000 |
| 174 | 2.4146 | 0.9972 | 0.1487 | 0.0000 |
| 175 | 2.4147 | 0.9973 | 0.0343 | 0.0000 |
| 176 | 2.4149 | 0.9974 | 0.0279 | 0.0000 |
| 177 | 2.4150 | 0.9974 | 0.0358 | 0.0000 |
| 178 | 2.4151 | 0.9975 | 0.0117 | 0.0000 |
| 179 | 2.4152 | 0.9975 | 0.0137 | 0.0000 |
| 180 | 2.4153 | 0.9976 | 0.0538 | 0.0000 |
| 181 | 2.4155 | 0.9976 | 0.0461 | 0.0000 |
| 182 | 2.4156 | 0.9977 | 0.0150 | 0.0000 |
| 183 | 2.4158 | 0.9977 | 0.0453 | 0.0000 |
| 184 | 2.4160 | 0.9978 | 0.0426 | 0.0000 |
| 185 | 2.4161 | 0.9979 | 0.0541 | 0.0000 |
| 186 | 2.4163 | 0.9980 | 0.0316 | 0.0000 |
| 187 | 2.4164 | 0.9980 | 0.0226 | 0.0000 |
| 188 | 2.4166 | 0.9981 | 0.0287 | 0.0000 |
| 189 | 2.4168 | 0.9982 | 0.0494 | 0.0000 |
| 190 | 2.4171 | 0.9983 | 0.0998 | 0.0000 |
| 191 | 2.4172 | 0.9983 | 0.0202 | 0.0000 |
| 192 | 2.4173 | 0.9984 | 0.0161 | 0.0000 |
| 193 | 2.4174 | 0.9984 | 0.0166 | 0.0000 |
| 194 | 2.4176 | 0.9985 | 0.0293 | 0.0000 |
| 195 | 2.4177 | 0.9985 | 0.0397 | 0.0000 |
| 196 | 2.4179 | 0.9986 | 0.0393 | 0.0000 |
| 197 | 2.4180 | 0.9986 | 0.0301 | 0.0000 |
| 198 | 2.4181 | 0.9987 | 0.0142 | 0.0000 |
| 199 | 2.4182 | 0.9987 | 0.0579 | 0.0000 |
| 200 | 2.4183 | 0.9988 | 0.0112 | 0.0000 |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 201 | 2.4183 | 0.9988 | 0.0146 | 0.0000 |
| 202 | 2.4184 | 0.9988 | 0.0136 | 0.0000 |
| 203 | 2.4185 | 0.9989 | 0.0179 | 0.0000 |
| 204 | 2.4186 | 0.9989 | 0.0202 | 0.0000 |
| 205 | 2.4187 | 0.9989 | 0.0069 | 0.0000 |
| 206 | 2.4189 | 0.9990 | 0.0334 | 0.0000 |
| 207 | 2.4189 | 0.9990 | 0.0133 | 0.0000 |
| 208 | 2.4191 | 0.9991 | 0.0480 | 0.0000 |
| 209 | 2.4193 | 0.9992 | 0.0528 | 0.0000 |
| 210 | 2.4194 | 0.9992 | 0.0157 | 0.0000 |
| 211 | 2.4195 | 0.9993 | 0.0095 | 0.0000 |
| 212 | 2.4195 | 0.9993 | 0.0113 | 0.0000 |
| 213 | 2.4197 | 0.9993 | 0.0414 | 0.0000 |
| 214 | 2.4198 | 0.9994 | 0.0470 | 0.0000 |
| 215 | 2.4198 | 0.9994 | 0.0192 | 0.0000 |
| 216 | 2.4198 | 0.9994 | 0.0076 | 0.0000 |
| 217 | 2.4199 | 0.9994 | 0.0182 | 0.0000 |
| 218 | 2.4199 | 0.9995 | 0.0164 | 0.0000 |
| 219 | 2.4200 | 0.9995 | 0.0420 | 0.0000 |
| 220 | 2.4201 | 0.9995 | 0.0326 | 0.0000 |
| 221 | 2.4202 | 0.9995 | 0.0084 | 0.0000 |
| 222 | 2.4202 | 0.9996 | 0.0042 | 0.0000 |
| 223 | 2.4202 | 0.9996 | 0.0162 | 0.0000 |
| 224 | 2.4203 | 0.9996 | 0.0061 | 0.0000 |
| 225 | 2.4203 | 0.9996 | 0.0058 | 0.0000 |
| 226 | 2.4203 | 0.9996 | 0.0041 | 0.0000 |
| 227 | 2.4204 | 0.9996 | 0.0195 | 0.0000 |
| 228 | 2.4204 | 0.9996 | 0.0162 | 0.0000 |
| 229 | 2.4205 | 0.9997 | 0.0226 | 0.0000 |
| 230 | 2.4205 | 0.9997 | 0.0697 | 0.0000 |
| 231 | 2.4206 | 0.9997 | 0.0204 | 0.0000 |
| 232 | 2.4206 | 0.9997 | 0.0135 | 0.0000 |
| 233 | 2.4206 | 0.9997 | 0.0161 | 0.0000 |
| 234 | 2.4207 | 0.9998 | 0.0681 | 0.0000 |
| 235 | 2.4208 | 0.9998 | 0.0513 | 0.0000 |
| 236 | 2.4208 | 0.9998 | 0.0188 | 0.0000 |
| 237 | 2.4209 | 0.9998 | 0.0706 | 0.0000 |
| 238 | 2.4209 | 0.9999 | 0.0533 | 0.0000 |
| 239 | 2.4210 | 0.9999 | 0.0081 | 0.0000 |
| 240 | 2.4210 | 0.9999 | 0.0057 | 0.0000 |
| 241 | 2.4210 | 0.9999 | 0.0192 | 0.0000 |
| 242 | 2.4210 | 0.9999 | 0.0050 | 0.0000 |
| 243 | 2.4211 | 0.9999 | 0.0258 | 0.0000 |
| 244 | 2.4211 | 0.9999 | 0.0061 | 0.0000 |
| 245 | 2.4211 | 0.9999 | 0.0075 | 0.0000 |
| 246 | 2.4211 | 0.9999 | 0.0118 | 0.0000 |
| 247 | 2.4211 | 0.9999 | 0.0067 | 0.0000 |
| 248 | 2.4211 | 0.9999 | 0.0110 | 0.0000 |
| 249 | 2.4212 | 1.0000 | 0.0312 | 0.0000 |
| 250 | 2.4212 | 1.0000 | 0.0141 | 0.0000 |
| 251 | 2.4212 | 1.0000 | 0.0089 | 0.0000 |
| 252 | 2.4212 | 1.0000 | 0.0165 | 0.0000 |
| 253 | 2.4212 | 1.0000 | 0.0073 | 0.0000 |
| 254 | 2.4213 | 1.0000 | 0.0074 | 0.0000 |
| 255 | 2.4213 | 1.0000 | 0.0074 | 0.0000 |

## Relatórios do MDOP para vento turbulento (p=0,23)

### Vento a 0°

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS  
CURSO DE POS-GRADUACAO ENGENHARIA CIVIL

DISSERTACAO DE MESTRADO : PAULO ROBERTO CUNHA DE ALMEIDA

CLIENTE : UFRGS-CPGEC  
OBRA : DISSERTACAO MESTRADO  
ARQUIVO : C:UFRGS-01.RTF  
DATA : 05-16-2009  
HORA : 14:18:38

SEMI-LARGURA DE BANDA INICIAL : 2433  
SEMI-LARGURA DE BANDA FINAL : 164

ARQUIVO DE SAIDA : C:PS23-000.RTF

\*\*\* CARREGAMENTO :

TURBULENCIA DO VENTO NO TUNEL : CLASSE = 23

VELOCIDADE DE RAJADA DO VENTO CONFORME NBR6123 = 40.97 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO DE RAJADA = 1.0289 kN/m<sup>2</sup>

VELOCIDADE MEDIA DO VENTO EM 3600s - POD = 27.38 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO MEDIO EM 3600s - POD = 0.4595 kN/m<sup>2</sup>  
FATOR DE PICO PARA SOLICITACOES - POD = 1.980

COEFICIENTES DE PRESSAO - ARQUIVO : C:PD23-000.TXT

\*\*\* ITERACOES :

NUMERO DE ITERACOES : 255  
LIMITE MINIMO DO INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA : 0.000%  
INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA NA ULTIMA ITERACAO : 0.017 - BARRA : 2540

\*\*\* PARAMETRO DE DIMENSIONAMENTO :

(MEDIA PONDERADA PELO COMPRIMENTO DA BARRA DO VALOR ABSOLUTO DAS SOLICITACOES)

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO MEDIA - Nmed = 1.326 kN  
PARAMETRO SOBRE DESVIO PADRAO - Ndpd = 1.288 kN  
PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE PICO - Npic = 3.877 kN  
COEFICIENTE DE VARIABILIDADE DO PARAMETRO - Ndpd/Nmed = 0.972

COEFICIENTE DE VARIABILIDADE MAXIMO = 13160.538 - BARRA : 5779

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE RAJADA - NBR6123 = 2.969 kN

RELACAO (PARAMETRO DE PICO - POD) / (PARAMETRO DE RAJADA-NBR6123) : 1.306

\*\*\*\* EVOLUCAO DO PARAMETRO DESVIO PADRAO :

| ITERACAO | DPD.ACUMUL | DPD.AC.REL | VAR.MAXIMA | VAR.MINIMA |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| 1        | 0.0816     | 0.0633     | 0.0020     | 0.0020     |
| 2        | 0.1826     | 0.1417     | 5.1300     | 0.0000     |
| 3        | 0.3885     | 0.3016     | 4.1083     | 0.0000     |
| 4        | 0.4222     | 0.3277     | 2.6455     | 0.0000     |

|           |               |               |                |               |
|-----------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 5         | 0.4793        | 0.3720        | 3.8579         | 0.0000        |
| 6         | 0.5139        | 0.3989        | 2.8914         | 0.0000        |
| 7         | 0.5569        | 0.4322        | 4.3937         | 0.0000        |
| 8         | 0.5889        | 0.4571        | 6.2891         | 0.0000        |
| <b>9</b>  | <b>0.6700</b> | <b>0.5200</b> | <b>12.4312</b> | <b>0.0000</b> |
| 10        | 0.6955        | 0.5398        | 1.6119         | 0.0000        |
| 11        | 0.7153        | 0.5552        | 0.7197         | 0.0000        |
| 12        | 0.7843        | 0.6088        | 3.2265         | 0.0000        |
| 13        | 0.8017        | 0.6222        | 2.0835         | 0.0000        |
| 14        | 0.8183        | 0.6352        | 1.6658         | 0.0000        |
| 15        | 0.8934        | 0.6935        | 3.2628         | 0.0000        |
| 16        | 0.8998        | 0.6984        | 0.8569         | 0.0000        |
| 17        | 0.9293        | 0.7213        | 1.6603         | 0.0000        |
| 18        | 0.9572        | 0.7430        | 1.8790         | 0.0000        |
| 19        | 0.9755        | 0.7572        | 2.1063         | 0.0000        |
| 20        | 0.9856        | 0.7650        | 0.5975         | 0.0000        |
| 21        | 1.0409        | 0.8079        | 3.4621         | 0.0000        |
| 22        | 1.0472        | 0.8129        | 0.3905         | 0.0000        |
| 23        | 1.0572        | 0.8206        | 0.6903         | 0.0000        |
| 24        | 1.0700        | 0.8305        | 1.0294         | 0.0000        |
| 25        | 1.0799        | 0.8382        | 0.7112         | 0.0000        |
| 26        | 1.1267        | 0.8745        | 3.7866         | 0.0000        |
| 27        | 1.1357        | 0.8815        | 1.4153         | 0.0000        |
| 28        | 1.1464        | 0.8898        | 0.7602         | 0.0000        |
| 29        | 1.1533        | 0.8952        | 0.5209         | 0.0000        |
| 30        | 1.1556        | 0.8969        | 0.2500         | 0.0000        |
| 31        | 1.1582        | 0.8990        | 0.2079         | 0.0000        |
| <b>32</b> | <b>1.1621</b> | <b>0.9020</b> | <b>0.4854</b>  | <b>0.0000</b> |
| 33        | 1.1646        | 0.9039        | 0.2868         | 0.0000        |
| 34        | 1.1678        | 0.9065        | 0.2925         | 0.0000        |
| 35        | 1.1716        | 0.9094        | 0.5134         | 0.0000        |
| 36        | 1.1747        | 0.9118        | 0.5991         | 0.0000        |
| 37        | 1.1766        | 0.9133        | 0.3268         | 0.0000        |
| 38        | 1.1783        | 0.9146        | 0.1080         | 0.0000        |
| 39        | 1.1801        | 0.9160        | 0.4780         | 0.0000        |
| 40        | 1.1835        | 0.9186        | 0.4886         | 0.0000        |
| 41        | 1.1867        | 0.9211        | 0.5581         | 0.0000        |
| 42        | 1.1887        | 0.9226        | 0.3516         | 0.0000        |
| 43        | 1.1947        | 0.9273        | 1.1608         | 0.0000        |
| 44        | 1.1999        | 0.9313        | 0.9741         | 0.0000        |
| 45        | 1.2018        | 0.9328        | 0.4084         | 0.0000        |
| 46        | 1.2029        | 0.9337        | 0.0907         | 0.0000        |
| 47        | 1.2065        | 0.9365        | 0.3871         | 0.0000        |
| 48        | 1.2099        | 0.9391        | 0.7144         | 0.0000        |
| 49        | 1.2134        | 0.9418        | 0.8156         | 0.0000        |
| 50        | 1.2144        | 0.9426        | 0.0964         | 0.0000        |
| 51        | 1.2168        | 0.9444        | 0.3319         | 0.0000        |
| 52        | 1.2193        | 0.9464        | 0.3247         | 0.0000        |
| 53        | 1.2229        | 0.9492        | 0.6254         | 0.0000        |
| <b>54</b> | <b>1.2242</b> | <b>0.9502</b> | <b>0.3624</b>  | <b>0.0000</b> |
| 55        | 1.2247        | 0.9506        | 0.0566         | 0.0000        |
| 56        | 1.2278        | 0.9530        | 0.4982         | 0.0000        |
| 57        | 1.2289        | 0.9539        | 0.3586         | 0.0000        |
| 58        | 1.2298        | 0.9545        | 0.0928         | 0.0000        |
| 59        | 1.2308        | 0.9553        | 0.1375         | 0.0000        |
| 60        | 1.2325        | 0.9566        | 0.2653         | 0.0000        |
| 61        | 1.2335        | 0.9574        | 0.1724         | 0.0000        |
| 62        | 1.2349        | 0.9585        | 0.3343         | 0.0000        |
| 63        | 1.2358        | 0.9592        | 0.1878         | 0.0000        |
| 64        | 1.2367        | 0.9599        | 0.1581         | 0.0000        |
| 65        | 1.2389        | 0.9616        | 0.4089         | 0.0000        |
| 66        | 1.2404        | 0.9627        | 0.3187         | 0.0000        |
| 67        | 1.2485        | 0.9691        | 1.2214         | 0.0000        |
| 68        | 1.2493        | 0.9697        | 0.1048         | 0.0000        |



|            |               |               |               |               |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 69         | 1.2499        | 0.9701        | 0.0869        | 0.0000        |
| 70         | 1.2508        | 0.9708        | 0.1315        | 0.0000        |
| 71         | 1.2525        | 0.9722        | 0.3207        | 0.0000        |
| 72         | 1.2533        | 0.9728        | 0.1256        | 0.0000        |
| 73         | 1.2539        | 0.9732        | 0.0799        | 0.0000        |
| 74         | 1.2549        | 0.9740        | 0.1148        | 0.0000        |
| 75         | 1.2562        | 0.9751        | 0.3066        | 0.0000        |
| 76         | 1.2575        | 0.9761        | 0.2062        | 0.0000        |
| 77         | 1.2583        | 0.9767        | 0.1184        | 0.0000        |
| 78         | 1.2590        | 0.9772        | 0.1479        | 0.0000        |
| 79         | 1.2597        | 0.9777        | 0.1121        | 0.0000        |
| 80         | 1.2614        | 0.9791        | 0.4677        | 0.0000        |
| 81         | 1.2619        | 0.9794        | 0.0732        | 0.0000        |
| 82         | 1.2622        | 0.9797        | 0.0341        | 0.0000        |
| 83         | 1.2627        | 0.9801        | 0.1182        | 0.0000        |
| 84         | 1.2632        | 0.9805        | 0.0738        | 0.0000        |
| 85         | 1.2637        | 0.9809        | 0.0602        | 0.0000        |
| 86         | 1.2641        | 0.9812        | 0.0688        | 0.0000        |
| 87         | 1.2644        | 0.9814        | 0.0546        | 0.0000        |
| 88         | 1.2650        | 0.9819        | 0.1199        | 0.0000        |
| 89         | 1.2659        | 0.9826        | 0.2046        | 0.0000        |
| 90         | 1.2663        | 0.9828        | 0.0356        | 0.0000        |
| 91         | 1.2669        | 0.9834        | 0.2029        | 0.0000        |
| 92         | 1.2680        | 0.9842        | 0.1671        | 0.0000        |
| 93         | 1.2685        | 0.9846        | 0.0927        | 0.0000        |
| 94         | 1.2690        | 0.9850        | 0.0918        | 0.0000        |
| 95         | 1.2693        | 0.9852        | 0.0724        | 0.0000        |
| 96         | 1.2696        | 0.9854        | 0.0711        | 0.0000        |
| 97         | 1.2701        | 0.9858        | 0.1590        | 0.0000        |
| 98         | 1.2704        | 0.9861        | 0.0877        | 0.0000        |
| 99         | 1.2708        | 0.9863        | 0.0496        | 0.0000        |
| 100        | 1.2715        | 0.9869        | 0.0953        | 0.0000        |
| 101        | 1.2717        | 0.9871        | 0.0251        | 0.0000        |
| 102        | 1.2722        | 0.9875        | 0.1407        | 0.0000        |
| 103        | 1.2725        | 0.9877        | 0.0617        | 0.0000        |
| 104        | 1.2733        | 0.9883        | 0.1594        | 0.0000        |
| 105        | 1.2737        | 0.9886        | 0.0851        | 0.0000        |
| 106        | 1.2740        | 0.9888        | 0.0381        | 0.0000        |
| 107        | 1.2743        | 0.9891        | 0.1128        | 0.0000        |
| 108        | 1.2746        | 0.9893        | 0.0663        | 0.0000        |
| 109        | 1.2754        | 0.9899        | 0.1808        | 0.0000        |
| <b>110</b> | <b>1.2756</b> | <b>0.9901</b> | <b>0.0474</b> | <b>0.0000</b> |
| 111        | 1.2757        | 0.9902        | 0.0228        | 0.0000        |
| 112        | 1.2761        | 0.9905        | 0.0858        | 0.0000        |
| 113        | 1.2764        | 0.9907        | 0.0649        | 0.0000        |
| 114        | 1.2767        | 0.9909        | 0.0702        | 0.0000        |
| 115        | 1.2772        | 0.9914        | 0.1583        | 0.0000        |
| 116        | 1.2775        | 0.9916        | 0.0518        | 0.0000        |
| 117        | 1.2777        | 0.9917        | 0.0393        | 0.0000        |
| 118        | 1.2779        | 0.9919        | 0.0304        | 0.0000        |
| 119        | 1.2780        | 0.9920        | 0.0165        | 0.0000        |
| 120        | 1.2783        | 0.9922        | 0.0559        | 0.0000        |
| 121        | 1.2786        | 0.9924        | 0.0601        | 0.0000        |
| 122        | 1.2788        | 0.9926        | 0.0213        | 0.0000        |
| 123        | 1.2789        | 0.9927        | 0.0292        | 0.0000        |
| 124        | 1.2791        | 0.9928        | 0.0323        | 0.0000        |
| 125        | 1.2794        | 0.9930        | 0.0453        | 0.0000        |
| 126        | 1.2794        | 0.9931        | 0.0093        | 0.0000        |
| 127        | 1.2797        | 0.9933        | 0.0584        | 0.0000        |
| 128        | 1.2798        | 0.9934        | 0.0340        | 0.0000        |
| 129        | 1.2800        | 0.9935        | 0.0251        | 0.0000        |
| 130        | 1.2801        | 0.9936        | 0.0309        | 0.0000        |
| 131        | 1.2802        | 0.9937        | 0.0197        | 0.0000        |
| 132        | 1.2805        | 0.9939        | 0.0431        | 0.0000        |
| 133        | 1.2806        | 0.9940        | 0.0059        | 0.0000        |
| 134        | 1.2807        | 0.9941        | 0.0179        | 0.0000        |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 135 | 1.2808 | 0.9941 | 0.0134 | 0.0000 |
| 136 | 1.2809 | 0.9942 | 0.0261 | 0.0000 |
| 137 | 1.2810 | 0.9943 | 0.0225 | 0.0000 |
| 138 | 1.2811 | 0.9944 | 0.0127 | 0.0000 |
| 139 | 1.2813 | 0.9945 | 0.0571 | 0.0000 |
| 140 | 1.2814 | 0.9946 | 0.0184 | 0.0000 |
| 141 | 1.2816 | 0.9948 | 0.0292 | 0.0000 |
| 142 | 1.2817 | 0.9949 | 0.0187 | 0.0000 |
| 143 | 1.2818 | 0.9949 | 0.0174 | 0.0000 |
| 144 | 1.2820 | 0.9951 | 0.0322 | 0.0000 |
| 145 | 1.2821 | 0.9951 | 0.0303 | 0.0000 |
| 146 | 1.2822 | 0.9952 | 0.0104 | 0.0000 |
| 147 | 1.2824 | 0.9954 | 0.0426 | 0.0000 |
| 148 | 1.2825 | 0.9954 | 0.0149 | 0.0000 |
| 149 | 1.2826 | 0.9956 | 0.0183 | 0.0000 |
| 150 | 1.2827 | 0.9956 | 0.0252 | 0.0000 |
| 151 | 1.2828 | 0.9957 | 0.0177 | 0.0000 |
| 152 | 1.2829 | 0.9957 | 0.0134 | 0.0000 |
| 153 | 1.2830 | 0.9958 | 0.0562 | 0.0000 |
| 154 | 1.2831 | 0.9959 | 0.0229 | 0.0000 |
| 155 | 1.2832 | 0.9960 | 0.0152 | 0.0000 |
| 156 | 1.2833 | 0.9960 | 0.0243 | 0.0000 |
| 157 | 1.2833 | 0.9961 | 0.0089 | 0.0000 |
| 158 | 1.2834 | 0.9962 | 0.0263 | 0.0000 |
| 159 | 1.2836 | 0.9963 | 0.0489 | 0.0000 |
| 160 | 1.2837 | 0.9964 | 0.0257 | 0.0000 |
| 161 | 1.2837 | 0.9964 | 0.0107 | 0.0000 |
| 162 | 1.2838 | 0.9964 | 0.0075 | 0.0000 |
| 163 | 1.2838 | 0.9965 | 0.0084 | 0.0000 |
| 164 | 1.2839 | 0.9965 | 0.0096 | 0.0000 |
| 165 | 1.2840 | 0.9966 | 0.0457 | 0.0000 |
| 166 | 1.2841 | 0.9967 | 0.0255 | 0.0000 |
| 167 | 1.2842 | 0.9968 | 0.0227 | 0.0000 |
| 168 | 1.2842 | 0.9968 | 0.0101 | 0.0000 |
| 169 | 1.2843 | 0.9969 | 0.0085 | 0.0000 |
| 170 | 1.2844 | 0.9969 | 0.0116 | 0.0000 |
| 171 | 1.2844 | 0.9969 | 0.0079 | 0.0000 |
| 172 | 1.2845 | 0.9970 | 0.0053 | 0.0000 |
| 173 | 1.2845 | 0.9970 | 0.0050 | 0.0000 |
| 174 | 1.2847 | 0.9971 | 0.0378 | 0.0000 |
| 175 | 1.2848 | 0.9972 | 0.0088 | 0.0000 |
| 176 | 1.2848 | 0.9972 | 0.0074 | 0.0000 |
| 177 | 1.2849 | 0.9973 | 0.0140 | 0.0000 |
| 178 | 1.2850 | 0.9974 | 0.0177 | 0.0000 |
| 179 | 1.2851 | 0.9974 | 0.0209 | 0.0000 |
| 180 | 1.2851 | 0.9975 | 0.0057 | 0.0000 |
| 181 | 1.2851 | 0.9975 | 0.0088 | 0.0000 |
| 182 | 1.2852 | 0.9975 | 0.0103 | 0.0000 |
| 183 | 1.2853 | 0.9976 | 0.0141 | 0.0000 |
| 184 | 1.2853 | 0.9976 | 0.0085 | 0.0000 |
| 185 | 1.2854 | 0.9977 | 0.0271 | 0.0000 |
| 186 | 1.2854 | 0.9977 | 0.0048 | 0.0000 |
| 187 | 1.2855 | 0.9978 | 0.0107 | 0.0000 |
| 188 | 1.2855 | 0.9978 | 0.0175 | 0.0000 |
| 189 | 1.2856 | 0.9979 | 0.0103 | 0.0000 |
| 190 | 1.2856 | 0.9979 | 0.0101 | 0.0000 |
| 191 | 1.2857 | 0.9979 | 0.0141 | 0.0000 |
| 192 | 1.2857 | 0.9980 | 0.0046 | 0.0000 |
| 193 | 1.2858 | 0.9980 | 0.0131 | 0.0000 |
| 194 | 1.2858 | 0.9980 | 0.0130 | 0.0000 |
| 195 | 1.2859 | 0.9981 | 0.0185 | 0.0000 |
| 196 | 1.2859 | 0.9981 | 0.0135 | 0.0000 |
| 197 | 1.2860 | 0.9982 | 0.0113 | 0.0000 |
| 198 | 1.2861 | 0.9982 | 0.0065 | 0.0000 |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 199 | 1.2861 | 0.9983 | 0.0232 | 0.0000 |
| 200 | 1.2862 | 0.9983 | 0.0053 | 0.0000 |
| 201 | 1.2863 | 0.9984 | 0.0416 | 0.0000 |
| 202 | 1.2864 | 0.9985 | 0.0404 | 0.0000 |
| 203 | 1.2865 | 0.9986 | 0.0257 | 0.0000 |
| 204 | 1.2866 | 0.9986 | 0.0178 | 0.0000 |
| 205 | 1.2866 | 0.9986 | 0.0278 | 0.0000 |
| 206 | 1.2867 | 0.9987 | 0.0086 | 0.0000 |
| 207 | 1.2868 | 0.9988 | 0.0202 | 0.0000 |
| 208 | 1.2868 | 0.9988 | 0.0167 | 0.0000 |
| 209 | 1.2870 | 0.9990 | 0.0530 | 0.0000 |
| 210 | 1.2871 | 0.9990 | 0.0418 | 0.0000 |
| 211 | 1.2872 | 0.9991 | 0.0269 | 0.0000 |
| 212 | 1.2873 | 0.9992 | 0.0310 | 0.0000 |
| 213 | 1.2873 | 0.9992 | 0.0045 | 0.0000 |
| 214 | 1.2874 | 0.9993 | 0.0302 | 0.0000 |
| 215 | 1.2875 | 0.9993 | 0.0216 | 0.0000 |
| 216 | 1.2875 | 0.9993 | 0.0435 | 0.0000 |
| 217 | 1.2875 | 0.9994 | 0.0031 | 0.0000 |
| 218 | 1.2876 | 0.9994 | 0.0051 | 0.0000 |
| 219 | 1.2876 | 0.9994 | 0.0094 | 0.0000 |
| 220 | 1.2876 | 0.9995 | 0.0067 | 0.0000 |
| 221 | 1.2877 | 0.9995 | 0.0110 | 0.0000 |
| 222 | 1.2877 | 0.9995 | 0.0055 | 0.0000 |
| 223 | 1.2877 | 0.9995 | 0.0018 | 0.0000 |
| 224 | 1.2878 | 0.9996 | 0.0131 | 0.0000 |
| 225 | 1.2879 | 0.9996 | 0.0180 | 0.0000 |
| 226 | 1.2879 | 0.9996 | 0.0069 | 0.0000 |
| 227 | 1.2879 | 0.9997 | 0.0010 | 0.0000 |
| 228 | 1.2879 | 0.9997 | 0.0037 | 0.0000 |
| 229 | 1.2879 | 0.9997 | 0.0006 | 0.0000 |
| 230 | 1.2880 | 0.9997 | 0.0013 | 0.0000 |
| 231 | 1.2881 | 0.9998 | 0.0357 | 0.0000 |
| 232 | 1.2881 | 0.9998 | 0.0034 | 0.0000 |
| 233 | 1.2881 | 0.9998 | 0.0018 | 0.0000 |
| 234 | 1.2881 | 0.9998 | 0.0007 | 0.0000 |
| 235 | 1.2882 | 0.9999 | 0.0136 | 0.0000 |
| 236 | 1.2882 | 0.9999 | 0.0075 | 0.0000 |
| 237 | 1.2882 | 0.9999 | 0.0014 | 0.0000 |
| 238 | 1.2882 | 0.9999 | 0.0028 | 0.0000 |
| 239 | 1.2883 | 0.9999 | 0.0018 | 0.0000 |
| 240 | 1.2883 | 0.9999 | 0.0075 | 0.0000 |
| 241 | 1.2883 | 0.9999 | 0.0018 | 0.0000 |
| 242 | 1.2883 | 1.0000 | 0.0044 | 0.0000 |
| 243 | 1.2883 | 1.0000 | 0.0012 | 0.0000 |
| 244 | 1.2883 | 1.0000 | 0.0007 | 0.0000 |
| 245 | 1.2883 | 1.0000 | 0.0009 | 0.0000 |
| 246 | 1.2883 | 1.0000 | 0.0090 | 0.0000 |
| 247 | 1.2883 | 1.0000 | 0.0002 | 0.0000 |
| 248 | 1.2883 | 1.0000 | 0.0003 | 0.0000 |
| 249 | 1.2883 | 1.0000 | 0.0003 | 0.0000 |
| 250 | 1.2883 | 1.0000 | 0.0003 | 0.0000 |
| 251 | 1.2883 | 1.0000 | 0.0002 | 0.0000 |
| 252 | 1.2883 | 1.0000 | 0.0005 | 0.0000 |
| 253 | 1.2884 | 1.0000 | 0.0002 | 0.0000 |
| 254 | 1.2884 | 1.0000 | 0.0002 | 0.0000 |
| 255 | 1.2884 | 1.0000 | 0.0003 | 0.0000 |

## Vento a 15°

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS  
CURSO DE POS-GRADUACAO ENGENHARIA CIVIL

DISSERTACAO DE MESTRADO : PAULO ROBERTO CUNHA DE ALMEIDA

CLIENTE : UFRGS-CPGEC  
OBRA : DISSERTACAO MESTRADO  
ARQUIVO : C:UFRGS-01.RTF  
DATA : 05-16-2009  
HORA : 15:44:02

SEMI-LARGURA DE BANDA INICIAL : 2433  
SEMI-LARGURA DE BANDA FINAL : 164

ARQUIVO DE SAIDA : C:PS23-015.RTF

\*\*\* CARREGAMENTO :

TURBULENCIA DO VENTO NO TUNEL : CLASSE = 23

VELOCIDADE DE RAJADA DO VENTO CONFORME NBR6123 = 40.97 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO DE RAJADA = 1.0289 kN/m<sup>2</sup>

VELOCIDADE MEDIA DO VENTO EM 3600s - POD = 27.38 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO MEDIO EM 3600s - POD = 0.4595 kN/m<sup>2</sup>  
FATOR DE PICO PARA SOLICITACOES - POD = 1.980

COEFICIENTES DE PRESSAO - ARQUIVO : C:PD23-015.TXT

\*\*\* ITERACOES :

NUMERO DE ITERACOES : 255  
LIMITE MINIMO DO INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA : 0.000%  
INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA NA ULTIMA ITERACAO : 0.022 - BARRA : 2540

\*\*\* PARAMETRO DE DIMENSIONAMENTO :  
(MEDIA PONDERADA PELO COMPRIMENTO DA BARRA DO VALOR ABSOLUTO DAS SOLICITACOES)

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO MEDIA - Nmed = 4.760 kN  
PARAMETRO SOBRE DESVIO PADRAO - Ndpd = 1.293 kN  
PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE PICO - Npic = 7.321 kN  
COEFICIENTE DE VARIABILIDADE DO PARAMETRO - Ndpd/Nmed = 0.272

COEFICIENTE DE VARIABILIDADE MAXIMO = 23128.387 - BARRA : 1436

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE RAJADA - NBR6123 = 10.659 kN

RELACAO (PARAMETRO DE PICO -POD)/(PARAMETRO DE RAJADA-NBR6123) : 0.687

\*\*\*\* EVOLUCAO DO PARAMETRO DESVIO PADRAO :

| ITERACAO | DPD.ACUMUL    | DPD.AC.REL    | VAR.MAXIMA     | VAR.MINIMA    |
|----------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 1        | 0.1326        | 0.1026        | 0.0177         | 0.0177        |
| 2        | 0.2698        | 0.2086        | 6.6777         | 0.0000        |
| <b>3</b> | <b>0.4988</b> | <b>0.3857</b> | <b>18.0870</b> | <b>0.0000</b> |
| 4        | 0.5689        | 0.4399        | 1.6009         | 0.0000        |

|           |               |               |               |               |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 5         | 0.6687        | 0.5171        | 8.5256        | 0.0000        |
| 6         | 0.7224        | 0.5587        | 1.7364        | 0.0000        |
| 7         | 0.7489        | 0.5792        | 3.9389        | 0.0000        |
| 8         | 0.7760        | 0.6001        | 2.6912        | 0.0000        |
| 9         | 0.8197        | 0.6339        | 6.5083        | 0.0000        |
| 10        | 0.8732        | 0.6753        | 5.6793        | 0.0000        |
| 11        | 0.9480        | 0.7331        | 8.8207        | 0.0000        |
| 12        | 0.9706        | 0.7506        | 2.6199        | 0.0000        |
| 13        | 0.9835        | 0.7605        | 1.2602        | 0.0000        |
| 14        | 0.9974        | 0.7713        | 2.3632        | 0.0000        |
| 15        | 1.0062        | 0.7781        | 1.5915        | 0.0000        |
| 16        | 1.0309        | 0.7972        | 2.2932        | 0.0000        |
| 17        | 1.0402        | 0.8044        | 0.7387        | 0.0000        |
| 18        | 1.0736        | 0.8302        | 2.9228        | 0.0000        |
| 19        | 1.0795        | 0.8348        | 0.6975        | 0.0000        |
| 20        | 1.1095        | 0.8580        | 3.7817        | 0.0000        |
| 21        | 1.1432        | 0.8841        | 3.9699        | 0.0000        |
| 22        | 1.1487        | 0.8883        | 0.6114        | 0.0000        |
| 23        | 1.1521        | 0.8910        | 0.7049        | 0.0000        |
| 24        | 1.1594        | 0.8966        | 0.6130        | 0.0000        |
| <b>25</b> | <b>1.1672</b> | <b>0.9026</b> | <b>1.5646</b> | <b>0.0000</b> |
| 26        | 1.1706        | 0.9052        | 1.1912        | 0.0000        |
| 27        | 1.1784        | 0.9113        | 0.8865        | 0.0000        |
| 28        | 1.1813        | 0.9135        | 0.6919        | 0.0000        |
| 29        | 1.1864        | 0.9175        | 1.3591        | 0.0000        |
| 30        | 1.1898        | 0.9201        | 0.6806        | 0.0000        |
| 31        | 1.1934        | 0.9229        | 0.3941        | 0.0000        |
| 32        | 1.1969        | 0.9256        | 0.2918        | 0.0000        |
| 33        | 1.2042        | 0.9312        | 1.0853        | 0.0000        |
| 34        | 1.2062        | 0.9328        | 0.2159        | 0.0000        |
| 35        | 1.2092        | 0.9351        | 0.6261        | 0.0000        |
| 36        | 1.2147        | 0.9393        | 1.9048        | 0.0000        |
| 37        | 1.2193        | 0.9429        | 0.6875        | 0.0000        |
| 38        | 1.2204        | 0.9438        | 0.1155        | 0.0000        |
| 39        | 1.2215        | 0.9446        | 0.2932        | 0.0000        |
| 40        | 1.2254        | 0.9476        | 0.7599        | 0.0000        |
| 41        | 1.2270        | 0.9489        | 0.1785        | 0.0000        |
| <b>42</b> | <b>1.2323</b> | <b>0.9529</b> | <b>0.7462</b> | <b>0.0000</b> |
| 43        | 1.2339        | 0.9542        | 0.2708        | 0.0000        |
| 44        | 1.2352        | 0.9552        | 0.2571        | 0.0000        |
| 45        | 1.2374        | 0.9569        | 0.5507        | 0.0000        |
| 46        | 1.2399        | 0.9589        | 0.3628        | 0.0000        |
| 47        | 1.2414        | 0.9600        | 0.2811        | 0.0000        |
| 48        | 1.2432        | 0.9614        | 0.3609        | 0.0000        |
| 49        | 1.2464        | 0.9639        | 0.6008        | 0.0000        |
| 50        | 1.2472        | 0.9645        | 0.1257        | 0.0000        |
| 51        | 1.2480        | 0.9651        | 0.1331        | 0.0000        |
| 52        | 1.2506        | 0.9671        | 0.5989        | 0.0000        |
| 53        | 1.2519        | 0.9681        | 0.1212        | 0.0000        |
| 54        | 1.2538        | 0.9696        | 0.4209        | 0.0000        |
| 55        | 1.2553        | 0.9708        | 0.4250        | 0.0000        |
| 56        | 1.2559        | 0.9712        | 0.0884        | 0.0000        |
| 57        | 1.2573        | 0.9723        | 0.2795        | 0.0000        |
| 58        | 1.2579        | 0.9728        | 0.0795        | 0.0000        |
| 59        | 1.2584        | 0.9731        | 0.0515        | 0.0000        |
| 60        | 1.2594        | 0.9739        | 0.1550        | 0.0000        |
| 61        | 1.2607        | 0.9750        | 0.3584        | 0.0000        |
| 62        | 1.2617        | 0.9757        | 0.2689        | 0.0000        |
| 63        | 1.2630        | 0.9767        | 0.2438        | 0.0000        |
| 64        | 1.2638        | 0.9773        | 0.2716        | 0.0000        |
| 65        | 1.2642        | 0.9777        | 0.0709        | 0.0000        |
| 66        | 1.2648        | 0.9781        | 0.1353        | 0.0000        |
| 67        | 1.2661        | 0.9791        | 0.4858        | 0.0000        |
| 68        | 1.2669        | 0.9797        | 0.2397        | 0.0000        |
| 69        | 1.2676        | 0.9802        | 0.2458        | 0.0000        |
| 70        | 1.2685        | 0.9809        | 0.2273        | 0.0000        |

|           |               |               |               |               |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 71        | 1.2696        | 0.9818        | 0.3768        | 0.0000        |
| 72        | 1.2698        | 0.9820        | 0.0206        | 0.0000        |
| 73        | 1.2711        | 0.9829        | 0.2622        | 0.0000        |
| 74        | 1.2721        | 0.9838        | 0.2397        | 0.0000        |
| 75        | 1.2727        | 0.9842        | 0.1086        | 0.0000        |
| 76        | 1.2732        | 0.9846        | 0.0833        | 0.0000        |
| 77        | 1.2740        | 0.9852        | 0.2111        | 0.0000        |
| 78        | 1.2743        | 0.9854        | 0.0903        | 0.0000        |
| 79        | 1.2746        | 0.9856        | 0.0237        | 0.0000        |
| 80        | 1.2748        | 0.9858        | 0.0333        | 0.0000        |
| 81        | 1.2752        | 0.9861        | 0.0943        | 0.0000        |
| 82        | 1.2756        | 0.9864        | 0.2249        | 0.0000        |
| 83        | 1.2759        | 0.9867        | 0.0783        | 0.0000        |
| 84        | 1.2762        | 0.9869        | 0.0726        | 0.0000        |
| 85        | 1.2766        | 0.9872        | 0.0258        | 0.0000        |
| 86        | 1.2771        | 0.9876        | 0.1836        | 0.0000        |
| 87        | 1.2775        | 0.9879        | 0.0786        | 0.0000        |
| 88        | 1.2782        | 0.9885        | 0.2572        | 0.0000        |
| 89        | 1.2786        | 0.9888        | 0.1269        | 0.0000        |
| 90        | 1.2789        | 0.9890        | 0.0636        | 0.0000        |
| 91        | 1.2793        | 0.9893        | 0.0761        | 0.0000        |
| 92        | 1.2798        | 0.9897        | 0.1966        | 0.0000        |
| 93        | 1.2801        | 0.9899        | 0.0941        | 0.0000        |
| <b>94</b> | <b>1.2804</b> | <b>0.9901</b> | <b>0.0990</b> | <b>0.0000</b> |
| 95        | 1.2807        | 0.9904        | 0.0321        | 0.0000        |
| 96        | 1.2809        | 0.9905        | 0.1105        | 0.0000        |
| 97        | 1.2812        | 0.9908        | 0.0712        | 0.0000        |
| 98        | 1.2817        | 0.9911        | 0.1010        | 0.0000        |
| 99        | 1.2819        | 0.9913        | 0.0598        | 0.0000        |
| 100       | 1.2820        | 0.9914        | 0.0219        | 0.0000        |
| 101       | 1.2822        | 0.9915        | 0.0196        | 0.0000        |
| 102       | 1.2824        | 0.9917        | 0.0723        | 0.0000        |
| 103       | 1.2826        | 0.9918        | 0.0134        | 0.0000        |
| 104       | 1.2830        | 0.9922        | 0.1928        | 0.0000        |
| 105       | 1.2832        | 0.9923        | 0.0270        | 0.0000        |
| 106       | 1.2834        | 0.9925        | 0.0589        | 0.0000        |
| 107       | 1.2836        | 0.9927        | 0.1204        | 0.0000        |
| 108       | 1.2838        | 0.9928        | 0.0114        | 0.0000        |
| 109       | 1.2840        | 0.9930        | 0.0205        | 0.0000        |
| 110       | 1.2844        | 0.9932        | 0.1149        | 0.0000        |
| 111       | 1.2846        | 0.9934        | 0.0459        | 0.0000        |
| 112       | 1.2847        | 0.9935        | 0.0550        | 0.0000        |
| 113       | 1.2850        | 0.9937        | 0.0741        | 0.0000        |
| 114       | 1.2851        | 0.9938        | 0.0155        | 0.0000        |
| 115       | 1.2853        | 0.9940        | 0.0348        | 0.0000        |
| 116       | 1.2854        | 0.9941        | 0.0313        | 0.0000        |
| 117       | 1.2856        | 0.9942        | 0.0321        | 0.0000        |
| 118       | 1.2857        | 0.9942        | 0.0058        | 0.0000        |
| 119       | 1.2858        | 0.9944        | 0.0436        | 0.0000        |
| 120       | 1.2860        | 0.9945        | 0.0843        | 0.0000        |
| 121       | 1.2861        | 0.9946        | 0.0273        | 0.0000        |
| 122       | 1.2862        | 0.9946        | 0.0321        | 0.0000        |
| 123       | 1.2863        | 0.9947        | 0.0100        | 0.0000        |
| 124       | 1.2864        | 0.9948        | 0.0179        | 0.0000        |
| 125       | 1.2866        | 0.9949        | 0.0416        | 0.0000        |
| 126       | 1.2867        | 0.9950        | 0.0302        | 0.0000        |
| 127       | 1.2869        | 0.9952        | 0.1076        | 0.0000        |
| 128       | 1.2871        | 0.9953        | 0.0288        | 0.0000        |
| 129       | 1.2872        | 0.9954        | 0.0144        | 0.0000        |
| 130       | 1.2872        | 0.9954        | 0.0223        | 0.0000        |
| 131       | 1.2874        | 0.9956        | 0.0465        | 0.0000        |
| 132       | 1.2875        | 0.9956        | 0.0259        | 0.0000        |
| 133       | 1.2876        | 0.9957        | 0.0273        | 0.0000        |
| 134       | 1.2877        | 0.9958        | 0.0046        | 0.0000        |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 135 | 1.2878 | 0.9959 | 0.0088 | 0.0000 |
| 136 | 1.2879 | 0.9959 | 0.0434 | 0.0000 |
| 137 | 1.2879 | 0.9960 | 0.0101 | 0.0000 |
| 138 | 1.2880 | 0.9961 | 0.0143 | 0.0000 |
| 139 | 1.2881 | 0.9961 | 0.0177 | 0.0000 |
| 140 | 1.2882 | 0.9962 | 0.0103 | 0.0000 |
| 141 | 1.2884 | 0.9963 | 0.0229 | 0.0000 |
| 142 | 1.2884 | 0.9964 | 0.0084 | 0.0000 |
| 143 | 1.2885 | 0.9965 | 0.0246 | 0.0000 |
| 144 | 1.2887 | 0.9965 | 0.0423 | 0.0000 |
| 145 | 1.2888 | 0.9966 | 0.0375 | 0.0000 |
| 146 | 1.2888 | 0.9967 | 0.0071 | 0.0000 |
| 147 | 1.2889 | 0.9967 | 0.0194 | 0.0000 |
| 148 | 1.2890 | 0.9968 | 0.0155 | 0.0000 |
| 149 | 1.2891 | 0.9969 | 0.0732 | 0.0000 |
| 150 | 1.2892 | 0.9969 | 0.0092 | 0.0000 |
| 151 | 1.2893 | 0.9970 | 0.0425 | 0.0000 |
| 152 | 1.2894 | 0.9971 | 0.0329 | 0.0000 |
| 153 | 1.2895 | 0.9972 | 0.0303 | 0.0000 |
| 154 | 1.2895 | 0.9972 | 0.0035 | 0.0000 |
| 155 | 1.2896 | 0.9973 | 0.0159 | 0.0000 |
| 156 | 1.2897 | 0.9973 | 0.0023 | 0.0000 |
| 157 | 1.2897 | 0.9974 | 0.0438 | 0.0000 |
| 158 | 1.2898 | 0.9974 | 0.0058 | 0.0000 |
| 159 | 1.2899 | 0.9975 | 0.0181 | 0.0000 |
| 160 | 1.2899 | 0.9975 | 0.0057 | 0.0000 |
| 161 | 1.2900 | 0.9976 | 0.0724 | 0.0000 |
| 162 | 1.2901 | 0.9977 | 0.0131 | 0.0000 |
| 163 | 1.2902 | 0.9977 | 0.0078 | 0.0000 |
| 164 | 1.2902 | 0.9978 | 0.0213 | 0.0000 |
| 165 | 1.2903 | 0.9978 | 0.0270 | 0.0000 |
| 166 | 1.2904 | 0.9979 | 0.0099 | 0.0000 |
| 167 | 1.2904 | 0.9979 | 0.0215 | 0.0000 |
| 168 | 1.2905 | 0.9979 | 0.0149 | 0.0000 |
| 169 | 1.2905 | 0.9980 | 0.0048 | 0.0000 |
| 170 | 1.2906 | 0.9980 | 0.0054 | 0.0000 |
| 171 | 1.2906 | 0.9981 | 0.0218 | 0.0000 |
| 172 | 1.2907 | 0.9981 | 0.0172 | 0.0000 |
| 173 | 1.2907 | 0.9982 | 0.0278 | 0.0000 |
| 174 | 1.2909 | 0.9983 | 0.0659 | 0.0000 |
| 175 | 1.2909 | 0.9983 | 0.0257 | 0.0000 |
| 176 | 1.2910 | 0.9983 | 0.0031 | 0.0000 |
| 177 | 1.2910 | 0.9984 | 0.0031 | 0.0000 |
| 178 | 1.2911 | 0.9984 | 0.0143 | 0.0000 |
| 179 | 1.2911 | 0.9984 | 0.0020 | 0.0000 |
| 180 | 1.2911 | 0.9985 | 0.0091 | 0.0000 |
| 181 | 1.2912 | 0.9985 | 0.0086 | 0.0000 |
| 182 | 1.2912 | 0.9985 | 0.0028 | 0.0000 |
| 183 | 1.2913 | 0.9986 | 0.0090 | 0.0000 |
| 184 | 1.2914 | 0.9986 | 0.0326 | 0.0000 |
| 185 | 1.2914 | 0.9987 | 0.0139 | 0.0000 |
| 186 | 1.2915 | 0.9988 | 0.0737 | 0.0000 |
| 187 | 1.2916 | 0.9988 | 0.0110 | 0.0000 |
| 188 | 1.2916 | 0.9988 | 0.0138 | 0.0000 |
| 189 | 1.2917 | 0.9989 | 0.0117 | 0.0000 |
| 190 | 1.2917 | 0.9989 | 0.0143 | 0.0000 |
| 191 | 1.2917 | 0.9989 | 0.0084 | 0.0000 |
| 192 | 1.2918 | 0.9989 | 0.0100 | 0.0000 |
| 193 | 1.2918 | 0.9990 | 0.0166 | 0.0000 |
| 194 | 1.2918 | 0.9990 | 0.0054 | 0.0000 |
| 195 | 1.2919 | 0.9990 | 0.0062 | 0.0000 |
| 196 | 1.2919 | 0.9991 | 0.0099 | 0.0000 |
| 197 | 1.2919 | 0.9991 | 0.0052 | 0.0000 |
| 198 | 1.2920 | 0.9991 | 0.0260 | 0.0000 |
| 199 | 1.2921 | 0.9992 | 0.0136 | 0.0000 |
| 200 | 1.2921 | 0.9992 | 0.0106 | 0.0000 |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 201 | 1.2922 | 0.9993 | 0.0046 | 0.0000 |
| 202 | 1.2922 | 0.9993 | 0.0078 | 0.0000 |
| 203 | 1.2922 | 0.9993 | 0.0059 | 0.0000 |
| 204 | 1.2923 | 0.9993 | 0.0043 | 0.0000 |
| 205 | 1.2923 | 0.9994 | 0.0081 | 0.0000 |
| 206 | 1.2923 | 0.9994 | 0.0018 | 0.0000 |
| 207 | 1.2924 | 0.9994 | 0.0073 | 0.0000 |
| 208 | 1.2924 | 0.9994 | 0.0201 | 0.0000 |
| 209 | 1.2924 | 0.9995 | 0.0026 | 0.0000 |
| 210 | 1.2925 | 0.9995 | 0.0011 | 0.0000 |
| 211 | 1.2925 | 0.9995 | 0.0010 | 0.0000 |
| 212 | 1.2925 | 0.9995 | 0.0041 | 0.0000 |
| 213 | 1.2925 | 0.9995 | 0.0094 | 0.0000 |
| 214 | 1.2926 | 0.9996 | 0.0023 | 0.0000 |
| 215 | 1.2926 | 0.9996 | 0.0012 | 0.0000 |
| 216 | 1.2926 | 0.9996 | 0.0018 | 0.0000 |
| 217 | 1.2926 | 0.9996 | 0.0022 | 0.0000 |
| 218 | 1.2927 | 0.9996 | 0.0018 | 0.0000 |
| 219 | 1.2927 | 0.9997 | 0.0183 | 0.0000 |
| 220 | 1.2928 | 0.9997 | 0.0118 | 0.0000 |
| 221 | 1.2928 | 0.9997 | 0.0038 | 0.0000 |
| 222 | 1.2928 | 0.9998 | 0.0097 | 0.0000 |
| 223 | 1.2928 | 0.9998 | 0.0014 | 0.0000 |
| 224 | 1.2928 | 0.9998 | 0.0016 | 0.0000 |
| 225 | 1.2929 | 0.9998 | 0.0010 | 0.0000 |
| 226 | 1.2929 | 0.9998 | 0.0018 | 0.0000 |
| 227 | 1.2929 | 0.9998 | 0.0012 | 0.0000 |
| 228 | 1.2929 | 0.9999 | 0.0124 | 0.0000 |
| 229 | 1.2929 | 0.9999 | 0.0008 | 0.0000 |
| 230 | 1.2930 | 0.9999 | 0.0018 | 0.0000 |
| 231 | 1.2930 | 0.9999 | 0.0008 | 0.0000 |
| 232 | 1.2930 | 0.9999 | 0.0019 | 0.0000 |
| 233 | 1.2930 | 0.9999 | 0.0021 | 0.0000 |
| 234 | 1.2930 | 0.9999 | 0.0051 | 0.0000 |
| 235 | 1.2930 | 0.9999 | 0.0033 | 0.0000 |
| 236 | 1.2930 | 0.9999 | 0.0005 | 0.0000 |
| 237 | 1.2930 | 0.9999 | 0.0007 | 0.0000 |
| 238 | 1.2930 | 0.9999 | 0.0076 | 0.0000 |
| 239 | 1.2931 | 0.9999 | 0.0027 | 0.0000 |
| 240 | 1.2931 | 0.9999 | 0.0022 | 0.0000 |
| 241 | 1.2931 | 1.0000 | 0.0028 | 0.0000 |
| 242 | 1.2931 | 1.0000 | 0.0005 | 0.0000 |
| 243 | 1.2931 | 1.0000 | 0.0003 | 0.0000 |
| 244 | 1.2931 | 1.0000 | 0.0006 | 0.0000 |
| 245 | 1.2931 | 1.0000 | 0.0007 | 0.0000 |
| 246 | 1.2931 | 1.0000 | 0.0005 | 0.0000 |
| 247 | 1.2931 | 1.0000 | 0.0003 | 0.0000 |
| 248 | 1.2931 | 1.0000 | 0.0005 | 0.0000 |
| 249 | 1.2931 | 1.0000 | 0.0003 | 0.0000 |
| 250 | 1.2931 | 1.0000 | 0.0006 | 0.0000 |
| 251 | 1.2931 | 1.0000 | 0.0004 | 0.0000 |
| 252 | 1.2931 | 1.0000 | 0.0004 | 0.0000 |
| 253 | 1.2931 | 1.0000 | 0.0005 | 0.0000 |
| 254 | 1.2931 | 1.0000 | 0.0003 | 0.0000 |
| 255 | 1.2931 | 1.0000 | 0.0005 | 0.0000 |



## Vento a 30°

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS  
CURSO DE POS-GRADUACAO ENGENHARIA CIVIL

DISSERTACAO DE MESTRADO : PAULO ROBERTO CUNHA DE ALMEIDA

CLIENTE : UFRGS-CPGEC  
OBRA : DISSERTACAO MESTRADO  
ARQUIVO : C:UFRGS-01.RTF  
DATA : 05-16-2009  
HORA : 19:59:19

SEMI-LARGURA DE BANDA INICIAL : 2433  
SEMI-LARGURA DE BANDA FINAL : 164

ARQUIVO DE SAIDA : C:PS23-030.RTF

\*\*\* CARREGAMENTO :

TURBULENCIA DO VENTO NO TUNEL : CLASSE = 23

VELOCIDADE DE RAJADA DO VENTO CONFORME NBR6123 = 40.97 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO DE RAJADA = 1.0289 kN/m<sup>2</sup>

VELOCIDADE MEDIA DO VENTO EM 3600s - POD = 27.38 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO MEDIO EM 3600s - POD = 0.4595 kN/m<sup>2</sup>  
FATOR DE PICO PARA SOLICITACOES - POD = 1.980

COEFICIENTES DE PRESSAO - ARQUIVO : C:PD23-030.TXT

\*\*\* ITERACOES :

NUMERO DE ITERACOES : 255  
LIMITE MINIMO DO INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA : 0.000%  
INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA NA ULTIMA ITERACAO : 0.004 - BARRA : 2672

\*\*\* PARAMETRO DE DIMENSIONAMENTO :  
(MEDIA PONDERADA PELO COMPRIMENTO DA BARRA DO VALOR ABSOLUTO DAS SOLICITACOES)

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO MEDIA - Nmed = 8.403 kN  
PARAMETRO SOBRE DESVIO PADRAO - Ndpd = 1.470 kN  
PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE PICO - Npic = 11.313 kN  
COEFICIENTE DE VARIABILIDADE DO PARAMETRO - Ndpd/Nmed = 0.175

COEFICIENTE DE VARIABILIDADE MAXIMO = 504.081 - BARRA : 510

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE RAJADA - NBR6123 = 18.816 kN

RELACAO (PARAMETRO DE PICO -POD)/(PARAMETRO DE RAJADA-NBR6123) : 0.601

\*\*\*\* EVOLUCAO DO PARAMETRO DESVIO PADRAO :

| ITERACAO | DPD.ACUMUL    | DPD.AC.REL    | VAR.MAXIMA     | VAR.MINIMA    |
|----------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 1        | 0.3633        | 0.2472        | 0.1925         | 0.1925        |
| 2        | 0.4478        | 0.3047        | 4.4824         | 0.0000        |
| <b>3</b> | <b>0.7544</b> | <b>0.5133</b> | <b>17.8311</b> | <b>0.0000</b> |
| 4        | 0.7873        | 0.5357        | 3.3915         | 0.0000        |
| 5        | 0.9579        | 0.6518        | 10.4930        | 0.0000        |
| 6        | 1.0082        | 0.6860        | 1.8271         | 0.0000        |
| 7        | 1.0850        | 0.7383        | 4.9847         | 0.0000        |

|           |               |               |               |               |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 8         | 1.1064        | 0.7528        | 4.2563        | 0.0000        |
| 9         | 1.1265        | 0.7665        | 1.7522        | 0.0000        |
| 10        | 1.1523        | 0.7841        | 3.5998        | 0.0000        |
| 11        | 1.1748        | 0.7993        | 3.2163        | 0.0000        |
| 12        | 1.1808        | 0.8035        | 1.0357        | 0.0000        |
| 13        | 1.2091        | 0.8227        | 2.5685        | 0.0000        |
| 14        | 1.2252        | 0.8336        | 1.4045        | 0.0000        |
| 15        | 1.2322        | 0.8384        | 0.6187        | 0.0000        |
| 16        | 1.2419        | 0.8450        | 0.9998        | 0.0000        |
| 17        | 1.2572        | 0.8554        | 5.5315        | 0.0000        |
| 18        | 1.2690        | 0.8634        | 3.1837        | 0.0000        |
| 19        | 1.2978        | 0.8831        | 3.2750        | 0.0000        |
| 20        | 1.3058        | 0.8885        | 0.9532        | 0.0000        |
| 21        | 1.3163        | 0.8957        | 1.1120        | 0.0000        |
| <b>22</b> | <b>1.3246</b> | <b>0.9013</b> | <b>0.7580</b> | <b>0.0000</b> |
| 23        | 1.3335        | 0.9073        | 1.1469        | 0.0000        |
| 24        | 1.3410        | 0.9124        | 1.4668        | 0.0000        |
| 25        | 1.3467        | 0.9163        | 2.2978        | 0.0000        |
| 26        | 1.3543        | 0.9215        | 1.0350        | 0.0000        |
| 27        | 1.3594        | 0.9250        | 0.6552        | 0.0000        |
| 28        | 1.3651        | 0.9288        | 0.6729        | 0.0000        |
| 29        | 1.3672        | 0.9302        | 0.3819        | 0.0000        |
| 30        | 1.3726        | 0.9340        | 0.8603        | 0.0000        |
| 31        | 1.3805        | 0.9393        | 0.8905        | 0.0000        |
| 32        | 1.3841        | 0.9418        | 0.8611        | 0.0000        |
| 33        | 1.3863        | 0.9433        | 0.4293        | 0.0000        |
| 34        | 1.3898        | 0.9456        | 0.6895        | 0.0000        |
| 35        | 1.3921        | 0.9472        | 0.4031        | 0.0000        |
| <b>36</b> | <b>1.3968</b> | <b>0.9504</b> | <b>1.0047</b> | <b>0.0000</b> |
| 37        | 1.4009        | 0.9532        | 0.5370        | 0.0000        |
| 38        | 1.4032        | 0.9548        | 0.1823        | 0.0000        |
| 39        | 1.4061        | 0.9568        | 0.2657        | 0.0000        |
| 40        | 1.4076        | 0.9577        | 0.3230        | 0.0000        |
| 41        | 1.4091        | 0.9588        | 0.2134        | 0.0000        |
| 42        | 1.4118        | 0.9606        | 0.5737        | 0.0000        |
| 43        | 1.4149        | 0.9627        | 0.4962        | 0.0000        |
| 44        | 1.4168        | 0.9640        | 0.3945        | 0.0000        |
| 45        | 1.4199        | 0.9661        | 1.3042        | 0.0000        |
| 46        | 1.4211        | 0.9669        | 0.1850        | 0.0000        |
| 47        | 1.4227        | 0.9680        | 0.3138        | 0.0000        |
| 48        | 1.4239        | 0.9689        | 0.2822        | 0.0000        |
| 49        | 1.4253        | 0.9698        | 0.2468        | 0.0000        |
| 50        | 1.4264        | 0.9705        | 0.0716        | 0.0000        |
| 51        | 1.4282        | 0.9718        | 0.3310        | 0.0000        |
| 52        | 1.4287        | 0.9721        | 0.0581        | 0.0000        |
| 53        | 1.4297        | 0.9728        | 0.1617        | 0.0000        |
| 54        | 1.4309        | 0.9736        | 0.1828        | 0.0000        |
| 55        | 1.4318        | 0.9742        | 0.1517        | 0.0000        |
| 56        | 1.4332        | 0.9752        | 0.2301        | 0.0000        |
| 57        | 1.4341        | 0.9758        | 0.1353        | 0.0000        |
| 58        | 1.4355        | 0.9767        | 0.2607        | 0.0000        |
| 59        | 1.4361        | 0.9772        | 0.0952        | 0.0000        |
| 60        | 1.4369        | 0.9777        | 0.2435        | 0.0000        |
| 61        | 1.4378        | 0.9783        | 0.1198        | 0.0000        |
| 62        | 1.4385        | 0.9788        | 0.0580        | 0.0000        |
| 63        | 1.4393        | 0.9793        | 0.0411        | 0.0000        |
| 64        | 1.4401        | 0.9799        | 0.3092        | 0.0000        |
| 65        | 1.4409        | 0.9804        | 0.2209        | 0.0000        |
| 66        | 1.4413        | 0.9807        | 0.0725        | 0.0000        |
| 67        | 1.4424        | 0.9814        | 0.1924        | 0.0000        |
| 68        | 1.4430        | 0.9818        | 0.1317        | 0.0000        |
| 69        | 1.4437        | 0.9823        | 0.1441        | 0.0000        |
| 70        | 1.4444        | 0.9828        | 0.3011        | 0.0000        |
| 71        | 1.4451        | 0.9833        | 0.2666        | 0.0000        |

|           |               |               |               |               |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 72        | 1.4459        | 0.9838        | 0.0730        | 0.0000        |
| 73        | 1.4464        | 0.9842        | 0.0483        | 0.0000        |
| 74        | 1.4473        | 0.9848        | 0.1138        | 0.0000        |
| 75        | 1.4479        | 0.9851        | 0.0264        | 0.0000        |
| 76        | 1.4485        | 0.9856        | 0.1137        | 0.0000        |
| 77        | 1.4490        | 0.9859        | 0.0885        | 0.0000        |
| 78        | 1.4494        | 0.9862        | 0.0347        | 0.0000        |
| 79        | 1.4501        | 0.9867        | 0.1180        | 0.0000        |
| 80        | 1.4505        | 0.9870        | 0.0443        | 0.0000        |
| 81        | 1.4515        | 0.9876        | 0.3559        | 0.0000        |
| 82        | 1.4519        | 0.9879        | 0.0438        | 0.0000        |
| 83        | 1.4524        | 0.9882        | 0.0943        | 0.0000        |
| 84        | 1.4526        | 0.9884        | 0.0411        | 0.0000        |
| 85        | 1.4530        | 0.9887        | 0.1819        | 0.0000        |
| 86        | 1.4535        | 0.9890        | 0.1284        | 0.0000        |
| 87        | 1.4538        | 0.9892        | 0.0425        | 0.0000        |
| 88        | 1.4541        | 0.9894        | 0.0331        | 0.0000        |
| 89        | 1.4544        | 0.9896        | 0.0691        | 0.0000        |
| 90        | 1.4546        | 0.9897        | 0.0499        | 0.0000        |
| <b>91</b> | <b>1.4550</b> | <b>0.9900</b> | <b>0.1109</b> | <b>0.0000</b> |
| 92        | 1.4554        | 0.9903        | 0.0878        | 0.0000        |
| 93        | 1.4557        | 0.9905        | 0.0982        | 0.0000        |
| 94        | 1.4560        | 0.9907        | 0.0267        | 0.0000        |
| 95        | 1.4564        | 0.9910        | 0.1771        | 0.0000        |
| 96        | 1.4568        | 0.9912        | 0.0710        | 0.0000        |
| 97        | 1.4570        | 0.9914        | 0.0194        | 0.0000        |
| 98        | 1.4572        | 0.9915        | 0.0170        | 0.0000        |
| 99        | 1.4574        | 0.9916        | 0.0548        | 0.0000        |
| 100       | 1.4577        | 0.9919        | 0.0437        | 0.0000        |
| 101       | 1.4583        | 0.9923        | 0.1763        | 0.0000        |
| 102       | 1.4586        | 0.9924        | 0.0188        | 0.0000        |
| 103       | 1.4588        | 0.9926        | 0.0262        | 0.0000        |
| 104       | 1.4590        | 0.9928        | 0.0358        | 0.0000        |
| 105       | 1.4593        | 0.9930        | 0.0508        | 0.0000        |
| 106       | 1.4596        | 0.9931        | 0.0236        | 0.0000        |
| 107       | 1.4597        | 0.9932        | 0.0438        | 0.0000        |
| 108       | 1.4599        | 0.9933        | 0.0436        | 0.0000        |
| 109       | 1.4601        | 0.9935        | 0.0714        | 0.0000        |
| 110       | 1.4603        | 0.9936        | 0.1016        | 0.0000        |
| 111       | 1.4605        | 0.9937        | 0.0164        | 0.0000        |
| 112       | 1.4607        | 0.9939        | 0.1414        | 0.0000        |
| 113       | 1.4609        | 0.9940        | 0.0281        | 0.0000        |
| 114       | 1.4612        | 0.9942        | 0.1918        | 0.0000        |
| 115       | 1.4614        | 0.9943        | 0.0497        | 0.0000        |
| 116       | 1.4615        | 0.9944        | 0.0342        | 0.0000        |
| 117       | 1.4617        | 0.9946        | 0.0663        | 0.0000        |
| 118       | 1.4618        | 0.9947        | 0.0543        | 0.0000        |
| 119       | 1.4620        | 0.9948        | 0.0176        | 0.0000        |
| 120       | 1.4622        | 0.9949        | 0.1858        | 0.0000        |
| 121       | 1.4623        | 0.9950        | 0.0162        | 0.0000        |
| 122       | 1.4625        | 0.9951        | 0.0396        | 0.0000        |
| 123       | 1.4626        | 0.9952        | 0.0062        | 0.0000        |
| 124       | 1.4629        | 0.9954        | 0.0993        | 0.0000        |
| 125       | 1.4630        | 0.9954        | 0.0127        | 0.0000        |
| 126       | 1.4632        | 0.9956        | 0.0755        | 0.0000        |
| 127       | 1.4634        | 0.9957        | 0.0166        | 0.0000        |
| 128       | 1.4635        | 0.9958        | 0.0132        | 0.0000        |
| 129       | 1.4636        | 0.9959        | 0.0173        | 0.0000        |
| 130       | 1.4638        | 0.9960        | 0.0892        | 0.0000        |
| 131       | 1.4639        | 0.9961        | 0.0054        | 0.0000        |
| 132       | 1.4641        | 0.9962        | 0.0435        | 0.0000        |
| 133       | 1.4642        | 0.9962        | 0.0367        | 0.0000        |
| 134       | 1.4643        | 0.9963        | 0.0105        | 0.0000        |
| 135       | 1.4645        | 0.9965        | 0.2379        | 0.0000        |
| 136       | 1.4646        | 0.9966        | 0.0134        | 0.0000        |
| 137       | 1.4647        | 0.9966        | 0.0175        | 0.0000        |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 138 | 1.4648 | 0.9967 | 0.0185 | 0.0000 |
| 139 | 1.4649 | 0.9968 | 0.0383 | 0.0000 |
| 140 | 1.4651 | 0.9969 | 0.0262 | 0.0000 |
| 141 | 1.4652 | 0.9969 | 0.0206 | 0.0000 |
| 142 | 1.4653 | 0.9970 | 0.0080 | 0.0000 |
| 143 | 1.4654 | 0.9971 | 0.0286 | 0.0000 |
| 144 | 1.4654 | 0.9971 | 0.0168 | 0.0000 |
| 145 | 1.4655 | 0.9972 | 0.0349 | 0.0000 |
| 146 | 1.4656 | 0.9972 | 0.0196 | 0.0000 |
| 147 | 1.4657 | 0.9973 | 0.0240 | 0.0000 |
| 148 | 1.4658 | 0.9973 | 0.0149 | 0.0000 |
| 149 | 1.4658 | 0.9974 | 0.0598 | 0.0000 |
| 150 | 1.4659 | 0.9974 | 0.0198 | 0.0000 |
| 151 | 1.4661 | 0.9975 | 0.0159 | 0.0000 |
| 152 | 1.4662 | 0.9976 | 0.0457 | 0.0000 |
| 153 | 1.4662 | 0.9977 | 0.0064 | 0.0000 |
| 154 | 1.4663 | 0.9977 | 0.0182 | 0.0000 |
| 155 | 1.4664 | 0.9977 | 0.0107 | 0.0000 |
| 156 | 1.4665 | 0.9978 | 0.0099 | 0.0000 |
| 157 | 1.4667 | 0.9979 | 0.2444 | 0.0000 |
| 158 | 1.4668 | 0.9980 | 0.0739 | 0.0000 |
| 159 | 1.4668 | 0.9981 | 0.0109 | 0.0000 |
| 160 | 1.4669 | 0.9981 | 0.0042 | 0.0000 |
| 161 | 1.4669 | 0.9981 | 0.0144 | 0.0000 |
| 162 | 1.4670 | 0.9982 | 0.0170 | 0.0000 |
| 163 | 1.4671 | 0.9982 | 0.0073 | 0.0000 |
| 164 | 1.4671 | 0.9982 | 0.0122 | 0.0000 |
| 165 | 1.4672 | 0.9983 | 0.0151 | 0.0000 |
| 166 | 1.4672 | 0.9983 | 0.0052 | 0.0000 |
| 167 | 1.4673 | 0.9984 | 0.0649 | 0.0000 |
| 168 | 1.4674 | 0.9984 | 0.0108 | 0.0000 |
| 169 | 1.4674 | 0.9985 | 0.0716 | 0.0000 |
| 170 | 1.4675 | 0.9985 | 0.0134 | 0.0000 |
| 171 | 1.4675 | 0.9985 | 0.0206 | 0.0000 |
| 172 | 1.4676 | 0.9986 | 0.0086 | 0.0000 |
| 173 | 1.4676 | 0.9986 | 0.0264 | 0.0000 |
| 174 | 1.4677 | 0.9986 | 0.0073 | 0.0000 |
| 175 | 1.4678 | 0.9987 | 0.0301 | 0.0000 |
| 176 | 1.4678 | 0.9987 | 0.0048 | 0.0000 |
| 177 | 1.4679 | 0.9988 | 0.1374 | 0.0000 |
| 178 | 1.4679 | 0.9988 | 0.0047 | 0.0000 |
| 179 | 1.4680 | 0.9988 | 0.0040 | 0.0000 |
| 180 | 1.4680 | 0.9989 | 0.0035 | 0.0000 |
| 181 | 1.4681 | 0.9989 | 0.0048 | 0.0000 |
| 182 | 1.4681 | 0.9989 | 0.0162 | 0.0000 |
| 183 | 1.4681 | 0.9990 | 0.0083 | 0.0000 |
| 184 | 1.4682 | 0.9990 | 0.0025 | 0.0000 |
| 185 | 1.4682 | 0.9990 | 0.0046 | 0.0000 |
| 186 | 1.4683 | 0.9990 | 0.0056 | 0.0000 |
| 187 | 1.4683 | 0.9990 | 0.0047 | 0.0000 |
| 188 | 1.4683 | 0.9991 | 0.0059 | 0.0000 |
| 189 | 1.4684 | 0.9991 | 0.0586 | 0.0000 |
| 190 | 1.4684 | 0.9991 | 0.0105 | 0.0000 |
| 191 | 1.4685 | 0.9992 | 0.0079 | 0.0000 |
| 192 | 1.4685 | 0.9992 | 0.0094 | 0.0000 |
| 193 | 1.4685 | 0.9992 | 0.0086 | 0.0000 |
| 194 | 1.4685 | 0.9992 | 0.0020 | 0.0000 |
| 195 | 1.4686 | 0.9993 | 0.0067 | 0.0000 |
| 196 | 1.4686 | 0.9993 | 0.0029 | 0.0000 |
| 197 | 1.4687 | 0.9993 | 0.0068 | 0.0000 |
| 198 | 1.4687 | 0.9993 | 0.0084 | 0.0000 |
| 199 | 1.4687 | 0.9993 | 0.0080 | 0.0000 |
| 200 | 1.4687 | 0.9994 | 0.0018 | 0.0000 |
| 201 | 1.4688 | 0.9994 | 0.0038 | 0.0000 |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 202 | 1.4688 | 0.9994 | 0.0025 | 0.0000 |
| 203 | 1.4688 | 0.9994 | 0.0048 | 0.0000 |
| 204 | 1.4689 | 0.9994 | 0.0024 | 0.0000 |
| 205 | 1.4689 | 0.9995 | 0.0020 | 0.0000 |
| 206 | 1.4689 | 0.9995 | 0.0046 | 0.0000 |
| 207 | 1.4690 | 0.9995 | 0.0041 | 0.0000 |
| 208 | 1.4690 | 0.9995 | 0.0019 | 0.0000 |
| 209 | 1.4690 | 0.9995 | 0.0028 | 0.0000 |
| 210 | 1.4690 | 0.9996 | 0.0032 | 0.0000 |
| 211 | 1.4691 | 0.9996 | 0.0048 | 0.0000 |
| 212 | 1.4691 | 0.9996 | 0.0032 | 0.0000 |
| 213 | 1.4691 | 0.9996 | 0.0066 | 0.0000 |
| 214 | 1.4691 | 0.9996 | 0.0027 | 0.0000 |
| 215 | 1.4692 | 0.9996 | 0.0034 | 0.0000 |
| 216 | 1.4692 | 0.9997 | 0.0069 | 0.0000 |
| 217 | 1.4692 | 0.9997 | 0.0041 | 0.0000 |
| 218 | 1.4692 | 0.9997 | 0.0027 | 0.0000 |
| 219 | 1.4693 | 0.9997 | 0.0017 | 0.0000 |
| 220 | 1.4693 | 0.9997 | 0.0016 | 0.0000 |
| 221 | 1.4693 | 0.9997 | 0.0009 | 0.0000 |
| 222 | 1.4693 | 0.9997 | 0.0026 | 0.0000 |
| 223 | 1.4693 | 0.9998 | 0.0028 | 0.0000 |
| 224 | 1.4693 | 0.9998 | 0.0010 | 0.0000 |
| 225 | 1.4694 | 0.9998 | 0.0025 | 0.0000 |
| 226 | 1.4694 | 0.9998 | 0.0022 | 0.0000 |
| 227 | 1.4694 | 0.9998 | 0.0012 | 0.0000 |
| 228 | 1.4694 | 0.9998 | 0.0012 | 0.0000 |
| 229 | 1.4694 | 0.9998 | 0.0048 | 0.0000 |
| 230 | 1.4694 | 0.9998 | 0.0033 | 0.0000 |
| 231 | 1.4694 | 0.9998 | 0.0007 | 0.0000 |
| 232 | 1.4694 | 0.9998 | 0.0012 | 0.0000 |
| 233 | 1.4695 | 0.9999 | 0.0024 | 0.0000 |
| 234 | 1.4695 | 0.9999 | 0.0021 | 0.0000 |
| 235 | 1.4695 | 0.9999 | 0.0028 | 0.0000 |
| 236 | 1.4695 | 0.9999 | 0.0012 | 0.0000 |
| 237 | 1.4695 | 0.9999 | 0.0054 | 0.0000 |
| 238 | 1.4695 | 0.9999 | 0.0017 | 0.0000 |
| 239 | 1.4695 | 0.9999 | 0.0039 | 0.0000 |
| 240 | 1.4696 | 0.9999 | 0.0026 | 0.0000 |
| 241 | 1.4696 | 0.9999 | 0.0008 | 0.0000 |
| 242 | 1.4696 | 0.9999 | 0.0012 | 0.0000 |
| 243 | 1.4696 | 0.9999 | 0.0009 | 0.0000 |
| 244 | 1.4696 | 0.9999 | 0.0029 | 0.0000 |
| 245 | 1.4696 | 0.9999 | 0.0015 | 0.0000 |
| 246 | 1.4696 | 0.9999 | 0.0011 | 0.0000 |
| 247 | 1.4696 | 0.9999 | 0.0006 | 0.0000 |
| 248 | 1.4696 | 1.0000 | 0.0007 | 0.0000 |
| 249 | 1.4696 | 1.0000 | 0.0018 | 0.0000 |
| 250 | 1.4696 | 1.0000 | 0.0041 | 0.0000 |
| 251 | 1.4696 | 1.0000 | 0.0016 | 0.0000 |
| 252 | 1.4697 | 1.0000 | 0.0027 | 0.0000 |
| 253 | 1.4697 | 1.0000 | 0.0027 | 0.0000 |
| 254 | 1.4697 | 1.0000 | 0.0011 | 0.0000 |
| 255 | 1.4697 | 1.0000 | 0.0063 | 0.0000 |

## Vento a 45°

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS  
CURSO DE POS-GRADUACAO ENGENHARIA CIVIL

DISSERTACAO DE MESTRADO : PAULO ROBERTO CUNHA DE ALMEIDA

CLIENTE : UFRGS-CPGEC  
OBRA : DISSERTACAO MESTRADO  
ARQUIVO : C:UFRGS-01.RTF  
DATA : 05-16-2009  
HORA : 21:24:37

SEMI-LARGURA DE BANDA INICIAL : 2433  
SEMI-LARGURA DE BANDA FINAL : 164

ARQUIVO DE SAIDA : C:PS23-045.RTF

\*\*\* CARREGAMENTO :

TURBULENCIA DO VENTO NO TUNEL : CLASSE = 23

VELOCIDADE DE RAJADA DO VENTO CONFORME NBR6123 = 40.97 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO DE RAJADA = 1.0289 kN/m<sup>2</sup>

VELOCIDADE MEDIA DO VENTO EM 3600s - POD = 27.38 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO MEDIO EM 3600s - POD = 0.4595 kN/m<sup>2</sup>  
FATOR DE PICO PARA SOLICITACOES - POD = 1.980

COEFICIENTES DE PRESSAO - ARQUIVO : C:PD23-045.TXT

\*\*\* ITERACOES :

NUMERO DE ITERACOES : 255  
LIMITE MINIMO DO INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA : 0.000%  
INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA NA ULTIMA ITERACAO : 0.008 - BARRA : 2672

\*\*\* PARAMETRO DE DIMENSIONAMENTO :  
(MEDIA PONDERADA PELO COMPRIMENTO DA BARRA DO VALOR ABSOLUTO DAS SOLICITACOES)

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO MEDIA - Nmed = 10.551 kN  
PARAMETRO SOBRE DESVIO PADRAO - Ndpd = 1.631 kN  
PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE PICO - Npic = 13.780 kN  
COEFICIENTE DE VARIABILIDADE DO PARAMETRO - Ndpd/Nmed = 0.155

COEFICIENTE DE VARIABILIDADE MAXIMO = 1035.986 - BARRA : 2359

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE RAJADA - NBR6123 = 23.625 kN

RELACAO (PARAMETRO DE PICO -POD)/(PARAMETRO DE RAJADA-NBR6123) : 0.583

\*\*\*\* EVOLUCAO DO PARAMETRO DESVIO PADRAO :

| ITERACAO | DPD.ACUMUL    | DPD.AC.REL    | VAR.MAXIMA    | VAR.MINIMA    |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1        | 0.5563        | 0.3411        | 0.5186        | 0.5186        |
| <b>2</b> | <b>0.8101</b> | <b>0.4967</b> | <b>9.9777</b> | <b>0.0000</b> |
| 3        | 0.8614        | 0.5282        | 2.6220        | 0.0000        |
| 4        | 0.9674        | 0.5932        | 5.0304        | 0.0000        |

|           |               |               |               |               |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 5         | 1.0248        | 0.6283        | 3.2551        | 0.0000        |
| 6         | 1.1536        | 0.7074        | 7.5853        | 0.0000        |
| 7         | 1.2119        | 0.7431        | 4.2774        | 0.0000        |
| 8         | 1.2360        | 0.7578        | 2.6997        | 0.0000        |
| 9         | 1.2648        | 0.7755        | 3.1350        | 0.0000        |
| 10        | 1.3117        | 0.8043        | 4.7402        | 0.0000        |
| 11        | 1.3266        | 0.8134        | 3.7088        | 0.0000        |
| 12        | 1.3437        | 0.8239        | 1.5394        | 0.0000        |
| 13        | 1.3609        | 0.8344        | 1.5380        | 0.0000        |
| 14        | 1.3748        | 0.8430        | 1.9135        | 0.0000        |
| 15        | 1.3906        | 0.8527        | 1.4548        | 0.0000        |
| 16        | 1.4000        | 0.8584        | 1.4334        | 0.0000        |
| 17        | 1.4119        | 0.8657        | 1.2919        | 0.0000        |
| 18        | 1.4208        | 0.8712        | 1.2384        | 0.0000        |
| 19        | 1.4400        | 0.8830        | 4.7547        | 0.0000        |
| 20        | 1.4472        | 0.8873        | 0.9335        | 0.0000        |
| 21        | 1.4602        | 0.8953        | 2.5082        | 0.0000        |
| 22        | 1.4653        | 0.8985        | 0.9168        | 0.0000        |
| <b>23</b> | <b>1.4696</b> | <b>0.9011</b> | <b>0.2877</b> | <b>0.0000</b> |
| 24        | 1.4839        | 0.9099        | 1.2488        | 0.0000        |
| 25        | 1.4958        | 0.9171        | 1.3249        | 0.0000        |
| 26        | 1.5006        | 0.9201        | 0.6197        | 0.0000        |
| 27        | 1.5068        | 0.9239        | 0.9531        | 0.0000        |
| 28        | 1.5134        | 0.9279        | 1.6255        | 0.0000        |
| 29        | 1.5193        | 0.9316        | 2.1443        | 0.0000        |
| 30        | 1.5263        | 0.9359        | 0.8978        | 0.0000        |
| 31        | 1.5320        | 0.9394        | 0.9109        | 0.0000        |
| 32        | 1.5382        | 0.9431        | 0.4605        | 0.0000        |
| 33        | 1.5411        | 0.9449        | 0.4183        | 0.0000        |
| 34        | 1.5464        | 0.9482        | 0.6729        | 0.0000        |
| 35        | 1.5493        | 0.9499        | 0.2651        | 0.0000        |
| <b>36</b> | <b>1.5522</b> | <b>0.9518</b> | <b>0.2189</b> | <b>0.0000</b> |
| 37        | 1.5567        | 0.9545        | 0.8251        | 0.0000        |
| 38        | 1.5586        | 0.9556        | 0.1641        | 0.0000        |
| 39        | 1.5614        | 0.9574        | 0.2619        | 0.0000        |
| 40        | 1.5635        | 0.9587        | 0.4234        | 0.0000        |
| 41        | 1.5654        | 0.9599        | 0.1837        | 0.0000        |
| 42        | 1.5677        | 0.9612        | 0.3768        | 0.0000        |
| 43        | 1.5692        | 0.9621        | 0.1165        | 0.0000        |
| 44        | 1.5710        | 0.9633        | 0.2966        | 0.0000        |
| 45        | 1.5728        | 0.9644        | 0.1673        | 0.0000        |
| 46        | 1.5742        | 0.9652        | 0.1597        | 0.0000        |
| 47        | 1.5759        | 0.9663        | 0.1622        | 0.0000        |
| 48        | 1.5779        | 0.9675        | 0.3145        | 0.0000        |
| 49        | 1.5805        | 0.9691        | 0.3918        | 0.0000        |
| 50        | 1.5817        | 0.9698        | 0.3685        | 0.0000        |
| 51        | 1.5831        | 0.9707        | 0.1524        | 0.0000        |
| 52        | 1.5859        | 0.9724        | 0.1289        | 0.0000        |
| 53        | 1.5872        | 0.9732        | 0.1834        | 0.0000        |
| 54        | 1.5884        | 0.9739        | 0.0926        | 0.0000        |
| 55        | 1.5891        | 0.9744        | 0.0494        | 0.0000        |
| 56        | 1.5898        | 0.9748        | 0.0913        | 0.0000        |
| 57        | 1.5911        | 0.9756        | 0.0675        | 0.0000        |
| 58        | 1.5920        | 0.9762        | 0.0991        | 0.0000        |
| 59        | 1.5932        | 0.9769        | 0.1721        | 0.0000        |
| 60        | 1.5939        | 0.9773        | 0.0751        | 0.0000        |
| 61        | 1.5950        | 0.9780        | 0.1772        | 0.0000        |
| 62        | 1.5964        | 0.9788        | 0.0843        | 0.0000        |
| 63        | 1.5973        | 0.9794        | 0.2456        | 0.0000        |
| 64        | 1.5979        | 0.9798        | 0.0421        | 0.0000        |
| 65        | 1.5989        | 0.9804        | 0.1147        | 0.0000        |
| 66        | 1.6001        | 0.9811        | 0.1276        | 0.0000        |
| 67        | 1.6005        | 0.9814        | 0.0361        | 0.0000        |
| 68        | 1.6014        | 0.9819        | 0.1398        | 0.0000        |
| 69        | 1.6020        | 0.9823        | 0.0423        | 0.0000        |
| 70        | 1.6029        | 0.9828        | 0.0696        | 0.0000        |

|           |               |               |               |               |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 71        | 1.6039        | 0.9834        | 0.1945        | 0.0000        |
| 72        | 1.6044        | 0.9838        | 0.0735        | 0.0000        |
| 73        | 1.6050        | 0.9841        | 0.0494        | 0.0000        |
| 74        | 1.6056        | 0.9845        | 0.0806        | 0.0000        |
| 75        | 1.6063        | 0.9849        | 0.0502        | 0.0000        |
| 76        | 1.6069        | 0.9853        | 0.0269        | 0.0000        |
| 77        | 1.6076        | 0.9857        | 0.0543        | 0.0000        |
| 78        | 1.6079        | 0.9859        | 0.0220        | 0.0000        |
| 79        | 1.6085        | 0.9863        | 0.0616        | 0.0000        |
| 80        | 1.6091        | 0.9866        | 0.1943        | 0.0000        |
| 81        | 1.6097        | 0.9870        | 0.0865        | 0.0000        |
| 82        | 1.6104        | 0.9874        | 0.1601        | 0.0000        |
| 83        | 1.6107        | 0.9876        | 0.0265        | 0.0000        |
| 84        | 1.6113        | 0.9880        | 0.0450        | 0.0000        |
| 85        | 1.6116        | 0.9882        | 0.0951        | 0.0000        |
| 86        | 1.6122        | 0.9886        | 0.0809        | 0.0000        |
| 87        | 1.6129        | 0.9889        | 0.0569        | 0.0000        |
| 88        | 1.6133        | 0.9892        | 0.0629        | 0.0000        |
| 89        | 1.6137        | 0.9894        | 0.0201        | 0.0000        |
| 90        | 1.6143        | 0.9898        | 0.0814        | 0.0000        |
| <b>91</b> | <b>1.6146</b> | <b>0.9900</b> | <b>0.0246</b> | <b>0.0000</b> |
| 92        | 1.6150        | 0.9903        | 0.1282        | 0.0000        |
| 93        | 1.6154        | 0.9905        | 0.0768        | 0.0000        |
| 94        | 1.6157        | 0.9907        | 0.0247        | 0.0000        |
| 95        | 1.6160        | 0.9909        | 0.0770        | 0.0000        |
| 96        | 1.6164        | 0.9911        | 0.0782        | 0.0000        |
| 97        | 1.6168        | 0.9913        | 0.0481        | 0.0000        |
| 98        | 1.6170        | 0.9915        | 0.0312        | 0.0000        |
| 99        | 1.6173        | 0.9916        | 0.0262        | 0.0000        |
| 100       | 1.6176        | 0.9919        | 0.0430        | 0.0000        |
| 101       | 1.6179        | 0.9920        | 0.0426        | 0.0000        |
| 102       | 1.6181        | 0.9922        | 0.0326        | 0.0000        |
| 103       | 1.6183        | 0.9923        | 0.0236        | 0.0000        |
| 104       | 1.6187        | 0.9925        | 0.0434        | 0.0000        |
| 105       | 1.6190        | 0.9927        | 0.0487        | 0.0000        |
| 106       | 1.6193        | 0.9929        | 0.0475        | 0.0000        |
| 107       | 1.6195        | 0.9930        | 0.0313        | 0.0000        |
| 108       | 1.6197        | 0.9931        | 0.0090        | 0.0000        |
| 109       | 1.6199        | 0.9932        | 0.0141        | 0.0000        |
| 110       | 1.6200        | 0.9933        | 0.0222        | 0.0000        |
| 111       | 1.6203        | 0.9935        | 0.0730        | 0.0000        |
| 112       | 1.6205        | 0.9936        | 0.0151        | 0.0000        |
| 113       | 1.6206        | 0.9937        | 0.0124        | 0.0000        |
| 114       | 1.6209        | 0.9938        | 0.0948        | 0.0000        |
| 115       | 1.6212        | 0.9941        | 0.0767        | 0.0000        |
| 116       | 1.6215        | 0.9942        | 0.0969        | 0.0000        |
| 117       | 1.6217        | 0.9943        | 0.1071        | 0.0000        |
| 118       | 1.6220        | 0.9945        | 0.0700        | 0.0000        |
| 119       | 1.6221        | 0.9946        | 0.0249        | 0.0000        |
| 120       | 1.6224        | 0.9948        | 0.0433        | 0.0000        |
| 121       | 1.6225        | 0.9949        | 0.0263        | 0.0000        |
| 122       | 1.6227        | 0.9950        | 0.0346        | 0.0000        |
| 123       | 1.6228        | 0.9950        | 0.0076        | 0.0000        |
| 124       | 1.6230        | 0.9951        | 0.0147        | 0.0000        |
| 125       | 1.6232        | 0.9953        | 0.0506        | 0.0000        |
| 126       | 1.6234        | 0.9954        | 0.1006        | 0.0000        |
| 127       | 1.6236        | 0.9955        | 0.0236        | 0.0000        |
| 128       | 1.6237        | 0.9956        | 0.0172        | 0.0000        |
| 129       | 1.6238        | 0.9957        | 0.0129        | 0.0000        |
| 130       | 1.6240        | 0.9957        | 0.0212        | 0.0000        |
| 131       | 1.6241        | 0.9958        | 0.0284        | 0.0000        |
| 132       | 1.6242        | 0.9959        | 0.0144        | 0.0000        |
| 133       | 1.6244        | 0.9960        | 0.0132        | 0.0000        |
| 134       | 1.6245        | 0.9961        | 0.0782        | 0.0000        |



|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 135 | 1.6247 | 0.9962 | 0.0245 | 0.0000 |
| 136 | 1.6249 | 0.9963 | 0.0271 | 0.0000 |
| 137 | 1.6250 | 0.9964 | 0.0242 | 0.0000 |
| 138 | 1.6252 | 0.9965 | 0.0177 | 0.0000 |
| 139 | 1.6253 | 0.9966 | 0.0252 | 0.0000 |
| 140 | 1.6255 | 0.9967 | 0.0638 | 0.0000 |
| 141 | 1.6256 | 0.9967 | 0.0273 | 0.0000 |
| 142 | 1.6258 | 0.9969 | 0.1189 | 0.0000 |
| 143 | 1.6260 | 0.9970 | 0.2228 | 0.0000 |
| 144 | 1.6261 | 0.9970 | 0.0813 | 0.0000 |
| 145 | 1.6262 | 0.9971 | 0.0626 | 0.0000 |
| 146 | 1.6264 | 0.9972 | 0.0174 | 0.0000 |
| 147 | 1.6265 | 0.9973 | 0.0493 | 0.0000 |
| 148 | 1.6266 | 0.9974 | 0.0212 | 0.0000 |
| 149 | 1.6267 | 0.9974 | 0.0061 | 0.0000 |
| 150 | 1.6268 | 0.9975 | 0.0098 | 0.0000 |
| 151 | 1.6269 | 0.9975 | 0.0052 | 0.0000 |
| 152 | 1.6270 | 0.9976 | 0.0196 | 0.0000 |
| 153 | 1.6271 | 0.9976 | 0.0208 | 0.0000 |
| 154 | 1.6272 | 0.9977 | 0.0123 | 0.0000 |
| 155 | 1.6272 | 0.9978 | 0.0042 | 0.0000 |
| 156 | 1.6273 | 0.9978 | 0.0065 | 0.0000 |
| 157 | 1.6274 | 0.9979 | 0.0145 | 0.0000 |
| 158 | 1.6275 | 0.9979 | 0.0085 | 0.0000 |
| 159 | 1.6276 | 0.9980 | 0.0170 | 0.0000 |
| 160 | 1.6276 | 0.9980 | 0.0125 | 0.0000 |
| 161 | 1.6277 | 0.9980 | 0.0069 | 0.0000 |
| 162 | 1.6278 | 0.9981 | 0.0198 | 0.0000 |
| 163 | 1.6279 | 0.9982 | 0.0110 | 0.0000 |
| 164 | 1.6280 | 0.9982 | 0.0085 | 0.0000 |
| 165 | 1.6280 | 0.9982 | 0.0134 | 0.0000 |
| 166 | 1.6281 | 0.9983 | 0.0111 | 0.0000 |
| 167 | 1.6282 | 0.9983 | 0.0102 | 0.0000 |
| 168 | 1.6282 | 0.9984 | 0.0088 | 0.0000 |
| 169 | 1.6283 | 0.9984 | 0.0091 | 0.0000 |
| 170 | 1.6284 | 0.9984 | 0.0281 | 0.0000 |
| 171 | 1.6284 | 0.9985 | 0.0273 | 0.0000 |
| 172 | 1.6285 | 0.9985 | 0.0080 | 0.0000 |
| 173 | 1.6285 | 0.9985 | 0.0203 | 0.0000 |
| 174 | 1.6286 | 0.9986 | 0.0095 | 0.0000 |
| 175 | 1.6287 | 0.9986 | 0.0205 | 0.0000 |
| 176 | 1.6287 | 0.9986 | 0.0102 | 0.0000 |
| 177 | 1.6287 | 0.9987 | 0.0049 | 0.0000 |
| 178 | 1.6288 | 0.9987 | 0.0032 | 0.0000 |
| 179 | 1.6288 | 0.9987 | 0.0050 | 0.0000 |
| 180 | 1.6289 | 0.9988 | 0.0073 | 0.0000 |
| 181 | 1.6289 | 0.9988 | 0.0037 | 0.0000 |
| 182 | 1.6290 | 0.9988 | 0.0053 | 0.0000 |
| 183 | 1.6291 | 0.9989 | 0.0169 | 0.0000 |
| 184 | 1.6291 | 0.9989 | 0.0047 | 0.0000 |
| 185 | 1.6292 | 0.9989 | 0.0034 | 0.0000 |
| 186 | 1.6292 | 0.9990 | 0.0091 | 0.0000 |
| 187 | 1.6292 | 0.9990 | 0.0038 | 0.0000 |
| 188 | 1.6293 | 0.9990 | 0.0059 | 0.0000 |
| 189 | 1.6293 | 0.9990 | 0.0279 | 0.0000 |
| 190 | 1.6294 | 0.9991 | 0.0056 | 0.0000 |
| 191 | 1.6294 | 0.9991 | 0.0038 | 0.0000 |
| 192 | 1.6295 | 0.9991 | 0.0050 | 0.0000 |
| 193 | 1.6295 | 0.9991 | 0.0031 | 0.0000 |
| 194 | 1.6295 | 0.9992 | 0.0050 | 0.0000 |
| 195 | 1.6296 | 0.9992 | 0.0031 | 0.0000 |
| 196 | 1.6296 | 0.9992 | 0.0026 | 0.0000 |
| 197 | 1.6296 | 0.9992 | 0.0147 | 0.0000 |
| 198 | 1.6297 | 0.9992 | 0.0049 | 0.0000 |
| 199 | 1.6297 | 0.9993 | 0.0025 | 0.0000 |
| 200 | 1.6297 | 0.9993 | 0.0022 | 0.0000 |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 201 | 1.6297 | 0.9993 | 0.0018 | 0.0000 |
| 202 | 1.6298 | 0.9993 | 0.0038 | 0.0000 |
| 203 | 1.6298 | 0.9993 | 0.0032 | 0.0000 |
| 204 | 1.6298 | 0.9993 | 0.0059 | 0.0000 |
| 205 | 1.6299 | 0.9994 | 0.0021 | 0.0000 |
| 206 | 1.6299 | 0.9994 | 0.0028 | 0.0000 |
| 207 | 1.6299 | 0.9994 | 0.0020 | 0.0000 |
| 208 | 1.6300 | 0.9994 | 0.0031 | 0.0000 |
| 209 | 1.6300 | 0.9994 | 0.0018 | 0.0000 |
| 210 | 1.6300 | 0.9995 | 0.0061 | 0.0000 |
| 211 | 1.6300 | 0.9995 | 0.0023 | 0.0000 |
| 212 | 1.6301 | 0.9995 | 0.0033 | 0.0000 |
| 213 | 1.6301 | 0.9995 | 0.0137 | 0.0000 |
| 214 | 1.6302 | 0.9995 | 0.0159 | 0.0000 |
| 215 | 1.6302 | 0.9996 | 0.0123 | 0.0000 |
| 216 | 1.6303 | 0.9996 | 0.0071 | 0.0000 |
| 217 | 1.6303 | 0.9996 | 0.0025 | 0.0000 |
| 218 | 1.6303 | 0.9996 | 0.0024 | 0.0000 |
| 219 | 1.6303 | 0.9996 | 0.0039 | 0.0000 |
| 220 | 1.6303 | 0.9997 | 0.0022 | 0.0000 |
| 221 | 1.6304 | 0.9997 | 0.0013 | 0.0000 |
| 222 | 1.6304 | 0.9997 | 0.0036 | 0.0000 |
| 223 | 1.6304 | 0.9997 | 0.0012 | 0.0000 |
| 224 | 1.6304 | 0.9997 | 0.0060 | 0.0000 |
| 225 | 1.6305 | 0.9997 | 0.0062 | 0.0000 |
| 226 | 1.6305 | 0.9997 | 0.0030 | 0.0000 |
| 227 | 1.6305 | 0.9997 | 0.0012 | 0.0000 |
| 228 | 1.6305 | 0.9998 | 0.0055 | 0.0000 |
| 229 | 1.6305 | 0.9998 | 0.0020 | 0.0000 |
| 230 | 1.6305 | 0.9998 | 0.0023 | 0.0000 |
| 231 | 1.6306 | 0.9998 | 0.0078 | 0.0000 |
| 232 | 1.6306 | 0.9998 | 0.0025 | 0.0000 |
| 233 | 1.6306 | 0.9998 | 0.0017 | 0.0000 |
| 234 | 1.6306 | 0.9998 | 0.0021 | 0.0000 |
| 235 | 1.6306 | 0.9998 | 0.0043 | 0.0000 |
| 236 | 1.6306 | 0.9998 | 0.0017 | 0.0000 |
| 237 | 1.6307 | 0.9998 | 0.0055 | 0.0000 |
| 238 | 1.6307 | 0.9999 | 0.0041 | 0.0000 |
| 239 | 1.6307 | 0.9999 | 0.0036 | 0.0000 |
| 240 | 1.6307 | 0.9999 | 0.0024 | 0.0000 |
| 241 | 1.6307 | 0.9999 | 0.0027 | 0.0000 |
| 242 | 1.6307 | 0.9999 | 0.0026 | 0.0000 |
| 243 | 1.6307 | 0.9999 | 0.0048 | 0.0000 |
| 244 | 1.6308 | 0.9999 | 0.0049 | 0.0000 |
| 245 | 1.6308 | 0.9999 | 0.0052 | 0.0000 |
| 246 | 1.6308 | 0.9999 | 0.0044 | 0.0000 |
| 247 | 1.6308 | 0.9999 | 0.0009 | 0.0000 |
| 248 | 1.6308 | 0.9999 | 0.0051 | 0.0000 |
| 249 | 1.6308 | 0.9999 | 0.0068 | 0.0000 |
| 250 | 1.6308 | 0.9999 | 0.0091 | 0.0000 |
| 251 | 1.6308 | 1.0000 | 0.0083 | 0.0000 |
| 252 | 1.6309 | 1.0000 | 0.0115 | 0.0000 |
| 253 | 1.6309 | 1.0000 | 0.0113 | 0.0000 |
| 254 | 1.6309 | 1.0000 | 0.0113 | 0.0000 |
| 255 | 1.6309 | 1.0000 | 0.0138 | 0.0000 |

## Vento a 60°

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS  
CURSO DE POS-GRADUACAO ENGENHARIA CIVIL

DISSERTACAO DE MESTRADO : PAULO ROBERTO CUNHA DE ALMEIDA

CLIENTE : UFRGS-CPGEC  
OBRA : DISSERTACAO MESTRADO  
ARQUIVO : C:UFRGS-01.RTF  
DATA : 05-16-2009  
HORA : 22:50:26

SEMI-LARGURA DE BANDA INICIAL : 2433  
SEMI-LARGURA DE BANDA FINAL : 164

ARQUIVO DE SAIDA : C:PS23-060.RTF

\*\*\* CARREGAMENTO :

TURBULENCIA DO VENTO NO TUNEL : CLASSE = 23

VELOCIDADE DE RAJADA DO VENTO CONFORME NBR6123 = 40.97 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO DE RAJADA = 1.0289 kN/m<sup>2</sup>

VELOCIDADE MEDIA DO VENTO EM 3600s - POD = 27.38 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO MEDIO EM 3600s - POD = 0.4595 kN/m<sup>2</sup>  
FATOR DE PICO PARA SOLICITACOES - POD = 1.980

COEFICIENTES DE PRESSAO - ARQUIVO : C:PD23-060.TXT

\*\*\* ITERACOES :

NUMERO DE ITERACOES : 255  
LIMITE MINIMO DO INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA : 0.000%  
INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA NA ULTIMA ITERACAO : 0.004 - BARRA : 2664

\*\*\* PARAMETRO DE DIMENSIONAMENTO :  
(MEDIA PONDERADA PELO COMPRIMENTO DA BARRA DO VALOR ABSOLUTO DAS SOLICITACOES)

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO MEDIA - Nmed = 12.527 kN  
PARAMETRO SOBRE DESVIO PADRAO - Ndpd = 1.897 kN  
PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE PICO - Npic = 16.284 kN  
COEFICIENTE DE VARIABILIDADE DO PARAMETRO - Ndpd/Nmed = 0.151

COEFICIENTE DE VARIABILIDADE MAXIMO = 294.413 - BARRA : 5936

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE RAJADA - NBR6123 = 28.048 kN

RELACAO (PARAMETRO DE PICO -POD)/(PARAMETRO DE RAJADA-NBR6123) : 0.581

\*\*\*\* EVOLUCAO DO PARAMETRO DESVIO PADRAO :

| ITERACAO | DPD.ACUMUL    | DPD.AC.REL    | VAR.MAXIMA     | VAR.MINIMA    |
|----------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 1        | 0.7244        | 0.3818        | 0.8197         | 0.8197        |
| <b>2</b> | <b>1.0424</b> | <b>0.5494</b> | <b>13.8496</b> | <b>0.0000</b> |
| 3        | 1.1149        | 0.5876        | 3.9665         | 0.0000        |
| 4        | 1.1976        | 0.6312        | 5.1584         | 0.0000        |
| 5        | 1.2400        | 0.6535        | 3.7076         | 0.0000        |
| 6        | 1.3570        | 0.7152        | 8.4873         | 0.0000        |
| 7        | 1.4057        | 0.7409        | 8.3679         | 0.0000        |

|           |               |               |               |               |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 8         | 1.4373        | 0.7575        | 8.2846        | 0.0000        |
| 9         | 1.4706        | 0.7751        | 1.5833        | 0.0000        |
| 10        | 1.4894        | 0.7850        | 2.7974        | 0.0000        |
| 11        | 1.5633        | 0.8239        | 6.3698        | 0.0000        |
| 12        | 1.5848        | 0.8353        | 2.2241        | 0.0000        |
| 13        | 1.6061        | 0.8465        | 3.3635        | 0.0000        |
| 14        | 1.6221        | 0.8549        | 2.5916        | 0.0000        |
| 15        | 1.6390        | 0.8638        | 1.8558        | 0.0000        |
| 16        | 1.6580        | 0.8738        | 1.9861        | 0.0000        |
| 17        | 1.6657        | 0.8779        | 0.7322        | 0.0000        |
| 18        | 1.6744        | 0.8825        | 0.8401        | 0.0000        |
| 19        | 1.6868        | 0.8890        | 1.6492        | 0.0000        |
| 20        | 1.6913        | 0.8914        | 1.0367        | 0.0000        |
| <b>21</b> | <b>1.7153</b> | <b>0.9041</b> | <b>2.5055</b> | <b>0.0000</b> |
| 22        | 1.7232        | 0.9082        | 0.6400        | 0.0000        |
| 23        | 1.7263        | 0.9099        | 0.3455        | 0.0000        |
| 24        | 1.7323        | 0.9130        | 0.9317        | 0.0000        |
| 25        | 1.7355        | 0.9147        | 0.2714        | 0.0000        |
| 26        | 1.7399        | 0.9170        | 0.5023        | 0.0000        |
| 27        | 1.7453        | 0.9198        | 0.4276        | 0.0000        |
| 28        | 1.7497        | 0.9222        | 0.3518        | 0.0000        |
| 29        | 1.7544        | 0.9247        | 0.4771        | 0.0000        |
| 30        | 1.7568        | 0.9259        | 0.1648        | 0.0000        |
| 31        | 1.7658        | 0.9307        | 0.8336        | 0.0000        |
| 32        | 1.7757        | 0.9359        | 0.8944        | 0.0000        |
| 33        | 1.7803        | 0.9383        | 0.5446        | 0.0000        |
| 34        | 1.7857        | 0.9412        | 0.5539        | 0.0000        |
| 35        | 1.7888        | 0.9428        | 0.2932        | 0.0000        |
| 36        | 1.7914        | 0.9441        | 0.2648        | 0.0000        |
| 37        | 1.7941        | 0.9456        | 0.2275        | 0.0000        |
| 38        | 1.7963        | 0.9468        | 0.5516        | 0.0000        |
| 39        | 1.8004        | 0.9489        | 0.3066        | 0.0000        |
| <b>40</b> | <b>1.8028</b> | <b>0.9502</b> | <b>0.2551</b> | <b>0.0000</b> |
| 41        | 1.8097        | 0.9538        | 0.6993        | 0.0000        |
| 42        | 1.8119        | 0.9550        | 0.1867        | 0.0000        |
| 43        | 1.8160        | 0.9571        | 0.9941        | 0.0000        |
| 44        | 1.8213        | 0.9599        | 0.8695        | 0.0000        |
| 45        | 1.8232        | 0.9609        | 0.1909        | 0.0000        |
| 46        | 1.8259        | 0.9623        | 0.3798        | 0.0000        |
| 47        | 1.8278        | 0.9633        | 0.3709        | 0.0000        |
| 48        | 1.8294        | 0.9642        | 0.1302        | 0.0000        |
| 49        | 1.8309        | 0.9650        | 0.0875        | 0.0000        |
| 50        | 1.8344        | 0.9668        | 0.5708        | 0.0000        |
| 51        | 1.8368        | 0.9680        | 0.6569        | 0.0000        |
| 52        | 1.8389        | 0.9692        | 0.2297        | 0.0000        |
| 53        | 1.8413        | 0.9705        | 0.1659        | 0.0000        |
| 54        | 1.8428        | 0.9712        | 0.2423        | 0.0000        |
| 55        | 1.8440        | 0.9718        | 0.1571        | 0.0000        |
| 56        | 1.8455        | 0.9726        | 0.1536        | 0.0000        |
| 57        | 1.8463        | 0.9731        | 0.0560        | 0.0000        |
| 58        | 1.8473        | 0.9736        | 0.1459        | 0.0000        |
| 59        | 1.8488        | 0.9744        | 0.2353        | 0.0000        |
| 60        | 1.8496        | 0.9748        | 0.0818        | 0.0000        |
| 61        | 1.8510        | 0.9756        | 0.0760        | 0.0000        |
| 62        | 1.8524        | 0.9763        | 0.1609        | 0.0000        |
| 63        | 1.8543        | 0.9773        | 0.1494        | 0.0000        |
| 64        | 1.8551        | 0.9777        | 0.0622        | 0.0000        |
| 65        | 1.8566        | 0.9785        | 0.1804        | 0.0000        |
| 66        | 1.8577        | 0.9791        | 0.1039        | 0.0000        |
| 67        | 1.8589        | 0.9797        | 0.1221        | 0.0000        |
| 68        | 1.8603        | 0.9804        | 0.0990        | 0.0000        |
| 69        | 1.8610        | 0.9808        | 0.0932        | 0.0000        |
| 70        | 1.8619        | 0.9813        | 0.1450        | 0.0000        |
| 71        | 1.8630        | 0.9819        | 0.1145        | 0.0000        |

|           |               |               |               |               |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 72        | 1.8636        | 0.9822        | 0.0632        | 0.0000        |
| 73        | 1.8642        | 0.9825        | 0.0389        | 0.0000        |
| 74        | 1.8651        | 0.9830        | 0.0719        | 0.0000        |
| 75        | 1.8657        | 0.9833        | 0.0452        | 0.0000        |
| 76        | 1.8671        | 0.9840        | 0.2055        | 0.0000        |
| 77        | 1.8682        | 0.9846        | 0.2038        | 0.0000        |
| 78        | 1.8688        | 0.9850        | 0.1352        | 0.0000        |
| 79        | 1.8693        | 0.9852        | 0.0443        | 0.0000        |
| 80        | 1.8703        | 0.9857        | 0.1072        | 0.0000        |
| 81        | 1.8706        | 0.9859        | 0.0339        | 0.0000        |
| 82        | 1.8711        | 0.9862        | 0.0464        | 0.0000        |
| 83        | 1.8717        | 0.9865        | 0.0434        | 0.0000        |
| 84        | 1.8721        | 0.9867        | 0.0295        | 0.0000        |
| 85        | 1.8727        | 0.9870        | 0.0480        | 0.0000        |
| 86        | 1.8731        | 0.9872        | 0.0241        | 0.0000        |
| 87        | 1.8735        | 0.9874        | 0.0352        | 0.0000        |
| 88        | 1.8741        | 0.9877        | 0.0533        | 0.0000        |
| 89        | 1.8748        | 0.9881        | 0.0701        | 0.0000        |
| 90        | 1.8751        | 0.9883        | 0.0340        | 0.0000        |
| 91        | 1.8761        | 0.9888        | 0.1442        | 0.0000        |
| 92        | 1.8767        | 0.9891        | 0.0593        | 0.0000        |
| 93        | 1.8774        | 0.9894        | 0.1006        | 0.0000        |
| 94        | 1.8778        | 0.9897        | 0.0321        | 0.0000        |
| 95        | 1.8783        | 0.9899        | 0.0625        | 0.0000        |
| <b>96</b> | <b>1.8785</b> | <b>0.9900</b> | <b>0.0214</b> | <b>0.0000</b> |
| 97        | 1.8788        | 0.9902        | 0.0564        | 0.0000        |
| 98        | 1.8791        | 0.9904        | 0.0275        | 0.0000        |
| 99        | 1.8796        | 0.9906        | 0.0688        | 0.0000        |
| 100       | 1.8800        | 0.9909        | 0.0221        | 0.0000        |
| 101       | 1.8805        | 0.9911        | 0.0312        | 0.0000        |
| 102       | 1.8809        | 0.9913        | 0.0624        | 0.0000        |
| 103       | 1.8811        | 0.9914        | 0.0565        | 0.0000        |
| 104       | 1.8815        | 0.9916        | 0.0270        | 0.0000        |
| 105       | 1.8819        | 0.9918        | 0.0496        | 0.0000        |
| 106       | 1.8821        | 0.9919        | 0.0571        | 0.0000        |
| 107       | 1.8823        | 0.9920        | 0.0194        | 0.0000        |
| 108       | 1.8827        | 0.9923        | 0.0443        | 0.0000        |
| 109       | 1.8830        | 0.9924        | 0.0274        | 0.0000        |
| 110       | 1.8833        | 0.9926        | 0.0288        | 0.0000        |
| 111       | 1.8836        | 0.9927        | 0.0231        | 0.0000        |
| 112       | 1.8839        | 0.9929        | 0.0210        | 0.0000        |
| 113       | 1.8842        | 0.9930        | 0.0503        | 0.0000        |
| 114       | 1.8845        | 0.9932        | 0.0366        | 0.0000        |
| 115       | 1.8847        | 0.9933        | 0.0171        | 0.0000        |
| 116       | 1.8850        | 0.9935        | 0.0551        | 0.0000        |
| 117       | 1.8854        | 0.9937        | 0.0434        | 0.0000        |
| 118       | 1.8857        | 0.9938        | 0.0325        | 0.0000        |
| 119       | 1.8859        | 0.9940        | 0.0450        | 0.0000        |
| 120       | 1.8862        | 0.9941        | 0.0266        | 0.0000        |
| 121       | 1.8863        | 0.9942        | 0.0215        | 0.0000        |
| 122       | 1.8866        | 0.9943        | 0.0501        | 0.0000        |
| 123       | 1.8868        | 0.9944        | 0.0126        | 0.0000        |
| 124       | 1.8870        | 0.9945        | 0.0594        | 0.0000        |
| 125       | 1.8872        | 0.9947        | 0.0233        | 0.0000        |
| 126       | 1.8874        | 0.9947        | 0.0210        | 0.0000        |
| 127       | 1.8876        | 0.9948        | 0.0281        | 0.0000        |
| 128       | 1.8880        | 0.9950        | 0.0449        | 0.0000        |
| 129       | 1.8882        | 0.9952        | 0.0398        | 0.0000        |
| 130       | 1.8884        | 0.9953        | 0.0158        | 0.0000        |
| 131       | 1.8885        | 0.9953        | 0.0145        | 0.0000        |
| 132       | 1.8887        | 0.9954        | 0.0176        | 0.0000        |
| 133       | 1.8889        | 0.9955        | 0.0128        | 0.0000        |
| 134       | 1.8891        | 0.9956        | 0.0146        | 0.0000        |
| 135       | 1.8892        | 0.9957        | 0.0376        | 0.0000        |
| 136       | 1.8894        | 0.9958        | 0.0332        | 0.0000        |
| 137       | 1.8895        | 0.9959        | 0.0104        | 0.0000        |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 138 | 1.8897 | 0.9960 | 0.0148 | 0.0000 |
| 139 | 1.8898 | 0.9960 | 0.0434 | 0.0000 |
| 140 | 1.8900 | 0.9961 | 0.0184 | 0.0000 |
| 141 | 1.8901 | 0.9962 | 0.0086 | 0.0000 |
| 142 | 1.8902 | 0.9962 | 0.0857 | 0.0000 |
| 143 | 1.8904 | 0.9963 | 0.0266 | 0.0000 |
| 144 | 1.8906 | 0.9964 | 0.0260 | 0.0000 |
| 145 | 1.8908 | 0.9965 | 0.0103 | 0.0000 |
| 146 | 1.8910 | 0.9967 | 0.0470 | 0.0000 |
| 147 | 1.8912 | 0.9968 | 0.0427 | 0.0000 |
| 148 | 1.8915 | 0.9969 | 0.0525 | 0.0000 |
| 149 | 1.8916 | 0.9969 | 0.0174 | 0.0000 |
| 150 | 1.8917 | 0.9970 | 0.0152 | 0.0000 |
| 151 | 1.8918 | 0.9971 | 0.0202 | 0.0000 |
| 152 | 1.8920 | 0.9971 | 0.0225 | 0.0000 |
| 153 | 1.8921 | 0.9972 | 0.0226 | 0.0000 |
| 154 | 1.8922 | 0.9973 | 0.0103 | 0.0000 |
| 155 | 1.8923 | 0.9973 | 0.0207 | 0.0000 |
| 156 | 1.8925 | 0.9974 | 0.0141 | 0.0000 |
| 157 | 1.8926 | 0.9975 | 0.0140 | 0.0000 |
| 158 | 1.8927 | 0.9975 | 0.0090 | 0.0000 |
| 159 | 1.8928 | 0.9976 | 0.0208 | 0.0000 |
| 160 | 1.8928 | 0.9976 | 0.0290 | 0.0000 |
| 161 | 1.8930 | 0.9977 | 0.0099 | 0.0000 |
| 162 | 1.8930 | 0.9977 | 0.0061 | 0.0000 |
| 163 | 1.8931 | 0.9977 | 0.0064 | 0.0000 |
| 164 | 1.8932 | 0.9978 | 0.0106 | 0.0000 |
| 165 | 1.8933 | 0.9978 | 0.0159 | 0.0000 |
| 166 | 1.8933 | 0.9979 | 0.0045 | 0.0000 |
| 167 | 1.8935 | 0.9980 | 0.0478 | 0.0000 |
| 168 | 1.8937 | 0.9980 | 0.0168 | 0.0000 |
| 169 | 1.8938 | 0.9981 | 0.0118 | 0.0000 |
| 170 | 1.8939 | 0.9982 | 0.0308 | 0.0000 |
| 171 | 1.8940 | 0.9982 | 0.0135 | 0.0000 |
| 172 | 1.8942 | 0.9983 | 0.0202 | 0.0000 |
| 173 | 1.8942 | 0.9983 | 0.0076 | 0.0000 |
| 174 | 1.8944 | 0.9984 | 0.0243 | 0.0000 |
| 175 | 1.8945 | 0.9985 | 0.0188 | 0.0000 |
| 176 | 1.8945 | 0.9985 | 0.0116 | 0.0000 |
| 177 | 1.8947 | 0.9986 | 0.0278 | 0.0000 |
| 178 | 1.8948 | 0.9986 | 0.0169 | 0.0000 |
| 179 | 1.8948 | 0.9986 | 0.0054 | 0.0000 |
| 180 | 1.8949 | 0.9987 | 0.0103 | 0.0000 |
| 181 | 1.8949 | 0.9987 | 0.0064 | 0.0000 |
| 182 | 1.8950 | 0.9987 | 0.0057 | 0.0000 |
| 183 | 1.8951 | 0.9988 | 0.0282 | 0.0000 |
| 184 | 1.8951 | 0.9988 | 0.0033 | 0.0000 |
| 185 | 1.8952 | 0.9988 | 0.0100 | 0.0000 |
| 186 | 1.8952 | 0.9989 | 0.0088 | 0.0000 |
| 187 | 1.8953 | 0.9989 | 0.0060 | 0.0000 |
| 188 | 1.8954 | 0.9989 | 0.0096 | 0.0000 |
| 189 | 1.8954 | 0.9990 | 0.0051 | 0.0000 |
| 190 | 1.8955 | 0.9990 | 0.0082 | 0.0000 |
| 191 | 1.8955 | 0.9990 | 0.0047 | 0.0000 |
| 192 | 1.8955 | 0.9990 | 0.0039 | 0.0000 |
| 193 | 1.8956 | 0.9991 | 0.0047 | 0.0000 |
| 194 | 1.8957 | 0.9991 | 0.0151 | 0.0000 |
| 195 | 1.8957 | 0.9991 | 0.0103 | 0.0000 |
| 196 | 1.8958 | 0.9992 | 0.0083 | 0.0000 |
| 197 | 1.8958 | 0.9992 | 0.0083 | 0.0000 |
| 198 | 1.8959 | 0.9992 | 0.0070 | 0.0000 |
| 199 | 1.8959 | 0.9992 | 0.0041 | 0.0000 |
| 200 | 1.8959 | 0.9992 | 0.0131 | 0.0000 |
| 201 | 1.8960 | 0.9993 | 0.0162 | 0.0000 |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 202 | 1.8961 | 0.9993 | 0.0097 | 0.0000 |
| 203 | 1.8961 | 0.9993 | 0.0060 | 0.0000 |
| 204 | 1.8961 | 0.9994 | 0.0075 | 0.0000 |
| 205 | 1.8962 | 0.9994 | 0.0074 | 0.0000 |
| 206 | 1.8962 | 0.9994 | 0.0122 | 0.0000 |
| 207 | 1.8963 | 0.9994 | 0.0040 | 0.0000 |
| 208 | 1.8963 | 0.9994 | 0.0113 | 0.0000 |
| 209 | 1.8963 | 0.9994 | 0.0043 | 0.0000 |
| 210 | 1.8964 | 0.9995 | 0.0079 | 0.0000 |
| 211 | 1.8964 | 0.9995 | 0.0018 | 0.0000 |
| 212 | 1.8964 | 0.9995 | 0.0069 | 0.0000 |
| 213 | 1.8964 | 0.9995 | 0.0045 | 0.0000 |
| 214 | 1.8965 | 0.9995 | 0.0070 | 0.0000 |
| 215 | 1.8965 | 0.9995 | 0.0042 | 0.0000 |
| 216 | 1.8965 | 0.9995 | 0.0080 | 0.0000 |
| 217 | 1.8965 | 0.9996 | 0.0036 | 0.0000 |
| 218 | 1.8965 | 0.9996 | 0.0026 | 0.0000 |
| 219 | 1.8966 | 0.9996 | 0.0088 | 0.0000 |
| 220 | 1.8966 | 0.9996 | 0.0033 | 0.0000 |
| 221 | 1.8967 | 0.9996 | 0.0160 | 0.0000 |
| 222 | 1.8967 | 0.9996 | 0.0045 | 0.0000 |
| 223 | 1.8967 | 0.9997 | 0.0241 | 0.0000 |
| 224 | 1.8968 | 0.9997 | 0.0124 | 0.0000 |
| 225 | 1.8968 | 0.9997 | 0.0234 | 0.0000 |
| 226 | 1.8968 | 0.9997 | 0.0083 | 0.0000 |
| 227 | 1.8969 | 0.9997 | 0.0022 | 0.0000 |
| 228 | 1.8969 | 0.9998 | 0.0190 | 0.0000 |
| 229 | 1.8969 | 0.9998 | 0.0107 | 0.0000 |
| 230 | 1.8970 | 0.9998 | 0.0039 | 0.0000 |
| 231 | 1.8970 | 0.9998 | 0.0059 | 0.0000 |
| 232 | 1.8970 | 0.9998 | 0.0130 | 0.0000 |
| 233 | 1.8970 | 0.9998 | 0.0021 | 0.0000 |
| 234 | 1.8970 | 0.9998 | 0.0039 | 0.0000 |
| 235 | 1.8970 | 0.9998 | 0.0035 | 0.0000 |
| 236 | 1.8971 | 0.9998 | 0.0063 | 0.0000 |
| 237 | 1.8971 | 0.9998 | 0.0043 | 0.0000 |
| 238 | 1.8971 | 0.9999 | 0.0124 | 0.0000 |
| 239 | 1.8971 | 0.9999 | 0.0051 | 0.0000 |
| 240 | 1.8971 | 0.9999 | 0.0091 | 0.0000 |
| 241 | 1.8971 | 0.9999 | 0.0023 | 0.0000 |
| 242 | 1.8972 | 0.9999 | 0.0019 | 0.0000 |
| 243 | 1.8972 | 0.9999 | 0.0071 | 0.0000 |
| 244 | 1.8972 | 0.9999 | 0.0115 | 0.0000 |
| 245 | 1.8972 | 0.9999 | 0.0044 | 0.0000 |
| 246 | 1.8972 | 0.9999 | 0.0015 | 0.0000 |
| 247 | 1.8972 | 0.9999 | 0.0064 | 0.0000 |
| 248 | 1.8972 | 0.9999 | 0.0131 | 0.0000 |
| 249 | 1.8973 | 0.9999 | 0.0096 | 0.0000 |
| 250 | 1.8973 | 0.9999 | 0.0154 | 0.0000 |
| 251 | 1.8973 | 1.0000 | 0.0124 | 0.0000 |
| 252 | 1.8973 | 1.0000 | 0.0179 | 0.0000 |
| 253 | 1.8973 | 1.0000 | 0.0185 | 0.0000 |
| 254 | 1.8974 | 1.0000 | 0.0144 | 0.0000 |
| 255 | 1.8974 | 1.0000 | 0.0115 | 0.0000 |

## Vento a 75°

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS  
CURSO DE POS-GRADUACAO ENGENHARIA CIVIL

DISSERTACAO DE MESTRADO : PAULO ROBERTO CUNHA DE ALMEIDA

CLIENTE : UFRGS-CPGEC  
OBRA : DISSERTACAO MESTRADO  
ARQUIVO : C:UFRGS-01.RTF  
DATA : 05-17-2009  
HORA : 00:16:08

SEMI-LARGURA DE BANDA INICIAL : 2433  
SEMI-LARGURA DE BANDA FINAL : 164

ARQUIVO DE SAIDA : C:PS23-075.RTF

\*\*\* CARREGAMENTO :

TURBULENCIA DO VENTO NO TUNEL : CLASSE = 23

VELOCIDADE DE RAJADA DO VENTO CONFORME NBR6123 = 40.97 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO DE RAJADA = 1.0289 kN/m<sup>2</sup>

VELOCIDADE MEDIA DO VENTO EM 3600s - POD = 27.38 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO MEDIO EM 3600s - POD = 0.4595 kN/m<sup>2</sup>  
FATOR DE PICO PARA SOLICITACOES - POD = 1.980

COEFICIENTES DE PRESSAO - ARQUIVO : C:PD23-075.TXT

\*\*\* ITERACOES :

NUMERO DE ITERACOES : 255  
LIMITE MINIMO DO INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA : 0.000%  
INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA NA ULTIMA ITERACAO : 0.002 - BARRA : 3927

\*\*\* PARAMETRO DE DIMENSIONAMENTO :  
(MEDIA PONDERADA PELO COMPRIMENTO DA BARRA DO VALOR ABSOLUTO DAS SOLICITACOES)

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO MEDIA - Nmed = 10.871 kN  
PARAMETRO SOBRE DESVIO PADRAO - Ndpd = 1.887 kN  
PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE PICO - Npic = 14.607 kN  
COEFICIENTE DE VARIABILIDADE DO PARAMETRO - Ndpd/Nmed = 0.174

COEFICIENTE DE VARIABILIDADE MAXIMO = 543.308 - BARRA : 2592

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE RAJADA - NBR6123 = 24.340 kN

RELACAO (PARAMETRO DE PICO -POD)/(PARAMETRO DE RAJADA-NBR6123) : 0.600

\*\*\*\* EVOLUCAO DO PARAMETRO DESVIO PADRAO :

| ITERACAO | DPD.ACUMUL    | DPD.AC.REL    | VAR.MAXIMA     | VAR.MINIMA    |
|----------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 1        | 0.6475        | 0.3431        | 0.4881         | 0.4881        |
| <b>2</b> | <b>1.0010</b> | <b>0.5304</b> | <b>20.8478</b> | <b>0.0000</b> |
| 3        | 1.1401        | 0.6041        | 7.3777         | 0.0000        |
| 4        | 1.2482        | 0.6614        | 7.1981         | 0.0000        |



|           |               |               |               |               |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 5         | 1.2807        | 0.6786        | 4.5359        | 0.0000        |
| 6         | 1.3667        | 0.7242        | 7.2726        | 0.0000        |
| 7         | 1.3945        | 0.7389        | 5.9928        | 0.0000        |
| 8         | 1.4285        | 0.7570        | 1.7735        | 0.0000        |
| 9         | 1.4756        | 0.7819        | 5.7191        | 0.0000        |
| 10        | 1.5119        | 0.8011        | 3.3728        | 0.0000        |
| 11        | 1.5398        | 0.8159        | 4.2132        | 0.0000        |
| 12        | 1.5620        | 0.8277        | 3.3888        | 0.0000        |
| 13        | 1.5905        | 0.8428        | 4.4317        | 0.0000        |
| 14        | 1.6173        | 0.8570        | 3.1328        | 0.0000        |
| 15        | 1.6344        | 0.8661        | 1.9784        | 0.0000        |
| 16        | 1.6512        | 0.8750        | 1.5009        | 0.0000        |
| 17        | 1.6702        | 0.8850        | 3.3992        | 0.0000        |
| 18        | 1.6857        | 0.8932        | 1.7553        | 0.0000        |
| 19        | 1.6970        | 0.8992        | 1.4265        | 0.0000        |
| <b>20</b> | <b>1.7036</b> | <b>0.9027</b> | <b>1.7194</b> | <b>0.0000</b> |
| 21        | 1.7100        | 0.9061        | 0.8156        | 0.0000        |
| 22        | 1.7187        | 0.9107        | 0.5502        | 0.0000        |
| 23        | 1.7246        | 0.9139        | 0.6140        | 0.0000        |
| 24        | 1.7298        | 0.9166        | 0.5607        | 0.0000        |
| 25        | 1.7344        | 0.9191        | 0.5824        | 0.0000        |
| 26        | 1.7383        | 0.9211        | 0.8514        | 0.0000        |
| 27        | 1.7468        | 0.9256        | 0.6437        | 0.0000        |
| 28        | 1.7576        | 0.9313        | 1.0205        | 0.0000        |
| 29        | 1.7626        | 0.9340        | 0.7277        | 0.0000        |
| 30        | 1.7662        | 0.9359        | 0.5095        | 0.0000        |
| 31        | 1.7703        | 0.9381        | 0.4853        | 0.0000        |
| 32        | 1.7753        | 0.9407        | 0.4298        | 0.0000        |
| 33        | 1.7778        | 0.9420        | 0.1265        | 0.0000        |
| 34        | 1.7801        | 0.9432        | 0.3170        | 0.0000        |
| 35        | 1.7841        | 0.9454        | 0.3613        | 0.0000        |
| 36        | 1.7857        | 0.9462        | 0.2471        | 0.0000        |
| 37        | 1.7926        | 0.9499        | 0.6664        | 0.0000        |
| <b>38</b> | <b>1.7947</b> | <b>0.9510</b> | <b>0.1499</b> | <b>0.0000</b> |
| 39        | 1.7968        | 0.9521        | 0.2488        | 0.0000        |
| 40        | 1.8009        | 0.9543        | 0.3842        | 0.0000        |
| 41        | 1.8045        | 0.9562        | 0.3348        | 0.0000        |
| 42        | 1.8094        | 0.9588        | 0.5704        | 0.0000        |
| 43        | 1.8120        | 0.9602        | 0.1871        | 0.0000        |
| 44        | 1.8143        | 0.9614        | 0.1733        | 0.0000        |
| 45        | 1.8152        | 0.9619        | 0.1263        | 0.0000        |
| 46        | 1.8170        | 0.9628        | 0.1170        | 0.0000        |
| 47        | 1.8200        | 0.9644        | 0.2615        | 0.0000        |
| 48        | 1.8228        | 0.9659        | 0.3713        | 0.0000        |
| 49        | 1.8235        | 0.9663        | 0.1594        | 0.0000        |
| 50        | 1.8259        | 0.9675        | 0.2085        | 0.0000        |
| 51        | 1.8270        | 0.9681        | 0.0880        | 0.0000        |
| 52        | 1.8282        | 0.9687        | 0.1274        | 0.0000        |
| 53        | 1.8297        | 0.9695        | 0.1373        | 0.0000        |
| 54        | 1.8305        | 0.9700        | 0.0404        | 0.0000        |
| 55        | 1.8319        | 0.9707        | 0.1974        | 0.0000        |
| 56        | 1.8334        | 0.9715        | 0.1187        | 0.0000        |
| 57        | 1.8352        | 0.9725        | 0.1300        | 0.0000        |
| 58        | 1.8360        | 0.9729        | 0.0427        | 0.0000        |
| 59        | 1.8377        | 0.9738        | 0.1607        | 0.0000        |
| 60        | 1.8390        | 0.9744        | 0.1506        | 0.0000        |
| 61        | 1.8408        | 0.9754        | 0.2867        | 0.0000        |
| 62        | 1.8415        | 0.9758        | 0.0326        | 0.0000        |
| 63        | 1.8432        | 0.9767        | 0.1580        | 0.0000        |
| 64        | 1.8439        | 0.9771        | 0.0525        | 0.0000        |
| 65        | 1.8448        | 0.9775        | 0.0962        | 0.0000        |
| 66        | 1.8453        | 0.9778        | 0.0521        | 0.0000        |
| 67        | 1.8462        | 0.9783        | 0.1009        | 0.0000        |
| 68        | 1.8471        | 0.9788        | 0.0641        | 0.0000        |
| 69        | 1.8479        | 0.9792        | 0.0594        | 0.0000        |
| 70        | 1.8492        | 0.9799        | 0.1499        | 0.0000        |

|            |               |               |               |               |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 71         | 1.8497        | 0.9801        | 0.0457        | 0.0000        |
| 72         | 1.8509        | 0.9808        | 0.1317        | 0.0000        |
| 73         | 1.8520        | 0.9814        | 0.1340        | 0.0000        |
| 74         | 1.8528        | 0.9818        | 0.0716        | 0.0000        |
| 75         | 1.8537        | 0.9822        | 0.0919        | 0.0000        |
| 76         | 1.8542        | 0.9825        | 0.0275        | 0.0000        |
| 77         | 1.8547        | 0.9828        | 0.0382        | 0.0000        |
| 78         | 1.8563        | 0.9836        | 0.1347        | 0.0000        |
| 79         | 1.8568        | 0.9839        | 0.0490        | 0.0000        |
| 80         | 1.8574        | 0.9842        | 0.0433        | 0.0000        |
| 81         | 1.8582        | 0.9846        | 0.0690        | 0.0000        |
| 82         | 1.8589        | 0.9850        | 0.0603        | 0.0000        |
| 83         | 1.8597        | 0.9854        | 0.0822        | 0.0000        |
| 84         | 1.8603        | 0.9857        | 0.0717        | 0.0000        |
| 85         | 1.8605        | 0.9859        | 0.0252        | 0.0000        |
| 86         | 1.8611        | 0.9862        | 0.0682        | 0.0000        |
| 87         | 1.8614        | 0.9863        | 0.0120        | 0.0000        |
| 88         | 1.8621        | 0.9867        | 0.0986        | 0.0000        |
| 89         | 1.8628        | 0.9871        | 0.0905        | 0.0000        |
| 90         | 1.8635        | 0.9875        | 0.0811        | 0.0000        |
| 91         | 1.8640        | 0.9877        | 0.0452        | 0.0000        |
| 92         | 1.8646        | 0.9880        | 0.0731        | 0.0000        |
| 93         | 1.8649        | 0.9882        | 0.0245        | 0.0000        |
| 94         | 1.8653        | 0.9884        | 0.0373        | 0.0000        |
| 95         | 1.8659        | 0.9887        | 0.0636        | 0.0000        |
| 96         | 1.8662        | 0.9889        | 0.0224        | 0.0000        |
| 97         | 1.8664        | 0.9890        | 0.0214        | 0.0000        |
| 98         | 1.8670        | 0.9893        | 0.0656        | 0.0000        |
| 99         | 1.8676        | 0.9896        | 0.0515        | 0.0000        |
| 100        | 1.8679        | 0.9898        | 0.0274        | 0.0000        |
| 101        | 1.8681        | 0.9899        | 0.0205        | 0.0000        |
| <b>102</b> | <b>1.8686</b> | <b>0.9901</b> | <b>0.0558</b> | <b>0.0000</b> |
| 103        | 1.8689        | 0.9903        | 0.0303        | 0.0000        |
| 104        | 1.8693        | 0.9905        | 0.0408        | 0.0000        |
| 105        | 1.8698        | 0.9908        | 0.1624        | 0.0000        |
| 106        | 1.8703        | 0.9911        | 0.0375        | 0.0000        |
| 107        | 1.8709        | 0.9914        | 0.0678        | 0.0000        |
| 108        | 1.8712        | 0.9915        | 0.0333        | 0.0000        |
| 109        | 1.8715        | 0.9917        | 0.0344        | 0.0000        |
| 110        | 1.8717        | 0.9918        | 0.0209        | 0.0000        |
| 111        | 1.8720        | 0.9920        | 0.0551        | 0.0000        |
| 112        | 1.8725        | 0.9922        | 0.0654        | 0.0000        |
| 113        | 1.8730        | 0.9925        | 0.0716        | 0.0000        |
| 114        | 1.8734        | 0.9927        | 0.0692        | 0.0000        |
| 115        | 1.8737        | 0.9928        | 0.0306        | 0.0000        |
| 116        | 1.8739        | 0.9929        | 0.0184        | 0.0000        |
| 117        | 1.8742        | 0.9931        | 0.0241        | 0.0000        |
| 118        | 1.8744        | 0.9932        | 0.0238        | 0.0000        |
| 119        | 1.8747        | 0.9934        | 0.0259        | 0.0000        |
| 120        | 1.8750        | 0.9936        | 0.0559        | 0.0000        |
| 121        | 1.8756        | 0.9939        | 0.0691        | 0.0000        |
| 122        | 1.8759        | 0.9940        | 0.0272        | 0.0000        |
| 123        | 1.8762        | 0.9942        | 0.0336        | 0.0000        |
| 124        | 1.8764        | 0.9943        | 0.0202        | 0.0000        |
| 125        | 1.8766        | 0.9944        | 0.0464        | 0.0000        |
| 126        | 1.8770        | 0.9946        | 0.0836        | 0.0000        |
| 127        | 1.8772        | 0.9947        | 0.0163        | 0.0000        |
| 128        | 1.8774        | 0.9948        | 0.0238        | 0.0000        |
| 129        | 1.8776        | 0.9949        | 0.0234        | 0.0000        |
| 130        | 1.8780        | 0.9951        | 0.0363        | 0.0000        |
| 131        | 1.8782        | 0.9952        | 0.0158        | 0.0000        |
| 132        | 1.8784        | 0.9953        | 0.0289        | 0.0000        |
| 133        | 1.8786        | 0.9954        | 0.0186        | 0.0000        |
| 134        | 1.8788        | 0.9955        | 0.0172        | 0.0000        |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 135 | 1.8789 | 0.9956 | 0.0108 | 0.0000 |
| 136 | 1.8791 | 0.9957 | 0.0361 | 0.0000 |
| 137 | 1.8793 | 0.9958 | 0.0156 | 0.0000 |
| 138 | 1.8795 | 0.9959 | 0.0192 | 0.0000 |
| 139 | 1.8796 | 0.9960 | 0.0104 | 0.0000 |
| 140 | 1.8797 | 0.9960 | 0.0201 | 0.0000 |
| 141 | 1.8799 | 0.9961 | 0.0184 | 0.0000 |
| 142 | 1.8800 | 0.9962 | 0.0183 | 0.0000 |
| 143 | 1.8801 | 0.9963 | 0.0092 | 0.0000 |
| 144 | 1.8803 | 0.9963 | 0.0104 | 0.0000 |
| 145 | 1.8805 | 0.9964 | 0.0248 | 0.0000 |
| 146 | 1.8807 | 0.9965 | 0.0215 | 0.0000 |
| 147 | 1.8810 | 0.9967 | 0.0416 | 0.0000 |
| 148 | 1.8811 | 0.9968 | 0.0171 | 0.0000 |
| 149 | 1.8813 | 0.9969 | 0.0279 | 0.0000 |
| 150 | 1.8814 | 0.9969 | 0.0071 | 0.0000 |
| 151 | 1.8815 | 0.9970 | 0.0155 | 0.0000 |
| 152 | 1.8817 | 0.9971 | 0.0287 | 0.0000 |
| 153 | 1.8818 | 0.9971 | 0.0079 | 0.0000 |
| 154 | 1.8819 | 0.9972 | 0.0305 | 0.0000 |
| 155 | 1.8821 | 0.9973 | 0.0216 | 0.0000 |
| 156 | 1.8822 | 0.9973 | 0.0079 | 0.0000 |
| 157 | 1.8823 | 0.9974 | 0.0169 | 0.0000 |
| 158 | 1.8825 | 0.9975 | 0.0216 | 0.0000 |
| 159 | 1.8826 | 0.9976 | 0.0070 | 0.0000 |
| 160 | 1.8827 | 0.9976 | 0.0060 | 0.0000 |
| 161 | 1.8828 | 0.9977 | 0.0180 | 0.0000 |
| 162 | 1.8829 | 0.9977 | 0.0198 | 0.0000 |
| 163 | 1.8830 | 0.9978 | 0.0107 | 0.0000 |
| 164 | 1.8830 | 0.9978 | 0.0039 | 0.0000 |
| 165 | 1.8831 | 0.9978 | 0.0111 | 0.0000 |
| 166 | 1.8832 | 0.9979 | 0.0217 | 0.0000 |
| 167 | 1.8833 | 0.9980 | 0.0132 | 0.0000 |
| 168 | 1.8834 | 0.9980 | 0.0101 | 0.0000 |
| 169 | 1.8836 | 0.9981 | 0.0328 | 0.0000 |
| 170 | 1.8837 | 0.9981 | 0.0108 | 0.0000 |
| 171 | 1.8837 | 0.9982 | 0.0134 | 0.0000 |
| 172 | 1.8838 | 0.9982 | 0.0185 | 0.0000 |
| 173 | 1.8839 | 0.9983 | 0.0076 | 0.0000 |
| 174 | 1.8840 | 0.9983 | 0.0130 | 0.0000 |
| 175 | 1.8841 | 0.9983 | 0.0305 | 0.0000 |
| 176 | 1.8841 | 0.9984 | 0.0081 | 0.0000 |
| 177 | 1.8842 | 0.9984 | 0.0092 | 0.0000 |
| 178 | 1.8843 | 0.9985 | 0.0184 | 0.0000 |
| 179 | 1.8844 | 0.9985 | 0.0242 | 0.0000 |
| 180 | 1.8845 | 0.9986 | 0.0090 | 0.0000 |
| 181 | 1.8846 | 0.9986 | 0.0127 | 0.0000 |
| 182 | 1.8847 | 0.9987 | 0.0124 | 0.0000 |
| 183 | 1.8848 | 0.9987 | 0.0148 | 0.0000 |
| 184 | 1.8849 | 0.9988 | 0.0111 | 0.0000 |
| 185 | 1.8850 | 0.9988 | 0.0077 | 0.0000 |
| 186 | 1.8850 | 0.9989 | 0.0059 | 0.0000 |
| 187 | 1.8851 | 0.9989 | 0.0137 | 0.0000 |
| 188 | 1.8852 | 0.9989 | 0.0067 | 0.0000 |
| 189 | 1.8852 | 0.9990 | 0.0083 | 0.0000 |
| 190 | 1.8853 | 0.9990 | 0.0059 | 0.0000 |
| 191 | 1.8853 | 0.9990 | 0.0139 | 0.0000 |
| 192 | 1.8854 | 0.9991 | 0.0125 | 0.0000 |
| 193 | 1.8855 | 0.9991 | 0.0141 | 0.0000 |
| 194 | 1.8855 | 0.9991 | 0.0071 | 0.0000 |
| 195 | 1.8856 | 0.9991 | 0.0084 | 0.0000 |
| 196 | 1.8856 | 0.9992 | 0.0047 | 0.0000 |
| 197 | 1.8857 | 0.9992 | 0.0039 | 0.0000 |
| 198 | 1.8857 | 0.9992 | 0.0153 | 0.0000 |
| 199 | 1.8857 | 0.9992 | 0.0036 | 0.0000 |
| 200 | 1.8858 | 0.9992 | 0.0036 | 0.0000 |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 201 | 1.8858 | 0.9993 | 0.0059 | 0.0000 |
| 202 | 1.8858 | 0.9993 | 0.0081 | 0.0000 |
| 203 | 1.8859 | 0.9993 | 0.0043 | 0.0000 |
| 204 | 1.8859 | 0.9993 | 0.0067 | 0.0000 |
| 205 | 1.8860 | 0.9994 | 0.0099 | 0.0000 |
| 206 | 1.8860 | 0.9994 | 0.0051 | 0.0000 |
| 207 | 1.8860 | 0.9994 | 0.0036 | 0.0000 |
| 208 | 1.8861 | 0.9994 | 0.0116 | 0.0000 |
| 209 | 1.8861 | 0.9994 | 0.0032 | 0.0000 |
| 210 | 1.8861 | 0.9994 | 0.0053 | 0.0000 |
| 211 | 1.8862 | 0.9995 | 0.0050 | 0.0000 |
| 212 | 1.8862 | 0.9995 | 0.0097 | 0.0000 |
| 213 | 1.8862 | 0.9995 | 0.0044 | 0.0000 |
| 214 | 1.8863 | 0.9995 | 0.0130 | 0.0000 |
| 215 | 1.8863 | 0.9995 | 0.0045 | 0.0000 |
| 216 | 1.8863 | 0.9996 | 0.0052 | 0.0000 |
| 217 | 1.8864 | 0.9996 | 0.0076 | 0.0000 |
| 218 | 1.8864 | 0.9996 | 0.0028 | 0.0000 |
| 219 | 1.8864 | 0.9996 | 0.0044 | 0.0000 |
| 220 | 1.8864 | 0.9996 | 0.0043 | 0.0000 |
| 221 | 1.8865 | 0.9996 | 0.0032 | 0.0000 |
| 222 | 1.8865 | 0.9996 | 0.0033 | 0.0000 |
| 223 | 1.8865 | 0.9996 | 0.0091 | 0.0000 |
| 224 | 1.8865 | 0.9997 | 0.0076 | 0.0000 |
| 225 | 1.8866 | 0.9997 | 0.0023 | 0.0000 |
| 226 | 1.8866 | 0.9997 | 0.0031 | 0.0000 |
| 227 | 1.8866 | 0.9997 | 0.0015 | 0.0000 |
| 228 | 1.8866 | 0.9997 | 0.0029 | 0.0000 |
| 229 | 1.8867 | 0.9997 | 0.0194 | 0.0000 |
| 230 | 1.8867 | 0.9997 | 0.0030 | 0.0000 |
| 231 | 1.8867 | 0.9997 | 0.0128 | 0.0000 |
| 232 | 1.8867 | 0.9998 | 0.0083 | 0.0000 |
| 233 | 1.8868 | 0.9998 | 0.0025 | 0.0000 |
| 234 | 1.8868 | 0.9998 | 0.0082 | 0.0000 |
| 235 | 1.8868 | 0.9998 | 0.0033 | 0.0000 |
| 236 | 1.8868 | 0.9998 | 0.0039 | 0.0000 |
| 237 | 1.8868 | 0.9998 | 0.0027 | 0.0000 |
| 238 | 1.8868 | 0.9998 | 0.0100 | 0.0000 |
| 239 | 1.8869 | 0.9998 | 0.0202 | 0.0000 |
| 240 | 1.8869 | 0.9999 | 0.0197 | 0.0000 |
| 241 | 1.8869 | 0.9999 | 0.0046 | 0.0000 |
| 242 | 1.8870 | 0.9999 | 0.0123 | 0.0000 |
| 243 | 1.8870 | 0.9999 | 0.0069 | 0.0000 |
| 244 | 1.8870 | 0.9999 | 0.0225 | 0.0000 |
| 245 | 1.8870 | 0.9999 | 0.0042 | 0.0000 |
| 246 | 1.8870 | 0.9999 | 0.0088 | 0.0000 |
| 247 | 1.8870 | 0.9999 | 0.0199 | 0.0000 |
| 248 | 1.8870 | 0.9999 | 0.0096 | 0.0000 |
| 249 | 1.8871 | 0.9999 | 0.0136 | 0.0000 |
| 250 | 1.8871 | 0.9999 | 0.0121 | 0.0000 |
| 251 | 1.8871 | 1.0000 | 0.0231 | 0.0000 |
| 252 | 1.8871 | 1.0000 | 0.0205 | 0.0000 |
| 253 | 1.8872 | 1.0000 | 0.0130 | 0.0000 |
| 254 | 1.8872 | 1.0000 | 0.0136 | 0.0000 |
| 255 | 1.8872 | 1.0000 | 0.0177 | 0.0000 |

## Vento a 90°

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS  
CURSO DE POS-GRADUACAO ENGENHARIA CIVIL

DISSERTACAO DE MESTRADO : PAULO ROBERTO CUNHA DE ALMEIDA

CLIENTE : UFRGS-CPGEC  
OBRA : DISSERTACAO MESTRADO  
ARQUIVO : C:UFRGS-01.RTF  
DATA : 05-17-2009  
HORA : 01:41:28

SEMI-LARGURA DE BANDA INICIAL : 2433  
SEMI-LARGURA DE BANDA FINAL : 164

ARQUIVO DE SAIDA : C:PS23-090.RTF

\*\*\* CARREGAMENTO :

TURBULENCIA DO VENTO NO TUNEL : CLASSE = 23

VELOCIDADE DE RAJADA DO VENTO CONFORME NBR6123 = 40.97 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO DE RAJADA = 1.0289 kN/m<sup>2</sup>

VELOCIDADE MEDIA DO VENTO EM 3600s - POD = 27.38 m/s  
PRESSAO DINAMICA DO VENTO MEDIO EM 3600s - POD = 0.4595 kN/m<sup>2</sup>  
FATOR DE PICO PARA SOLICITACOES - POD = 1.980

COEFICIENTES DE PRESSAO - ARQUIVO : C:PD23-090.TXT

\*\*\* ITERACOES :

NUMERO DE ITERACOES : 255  
LIMITE MINIMO DO INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA : 0.000%  
INCREMENTO MAXIMO DA VARIANCA NA ULTIMA ITERACAO : 0.004 - BARRA : 2672

\*\*\* PARAMETRO DE DIMENSIONAMENTO :  
(MEDIA PONDERADA PELO COMPRIMENTO DA BARRA DO VALOR ABSOLUTO DAS SOLICITACOES)

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO MEDIA - Nmed = 9.146 kN  
PARAMETRO SOBRE DESVIO PADRAO - Ndpd = 1.789 kN  
PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE PICO - Npic = 12.688 kN  
COEFICIENTE DE VARIABILIDADE DO PARAMETRO - Ndpd/Nmed = 0.196

COEFICIENTE DE VARIABILIDADE MAXIMO = 1066.149 - BARRA : 4327

PARAMETRO SOBRE SOLICITACAO DE RAJADA - NBR6123 = 20.478 kN

RELACAO (PARAMETRO DE PICO -POD)/(PARAMETRO DE RAJADA-NBR6123) : 0.620

\*\*\*\* EVOLUCAO DO PARAMETRO DESVIO PADRAO :

| ITERACAO | DPD.ACUMUL    | DPD.AC.REL    | VAR.MAXIMA     | VAR.MINIMA    |
|----------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 1        | 0.6241        | 0.3488        | 0.1142         | 0.1142        |
| <b>2</b> | <b>0.9505</b> | <b>0.5312</b> | <b>30.5659</b> | <b>0.0000</b> |
| 3        | 1.0458        | 0.5845        | 4.7078         | 0.0000        |
| 4        | 1.0877        | 0.6079        | 4.9507         | 0.0000        |
| 5        | 1.1728        | 0.6555        | 5.8074         | 0.0000        |
| 6        | 1.2321        | 0.6886        | 4.9437         | 0.0000        |
| 7        | 1.3037        | 0.7286        | 5.3346         | 0.0000        |
| 8        | 1.3608        | 0.7606        | 4.2763         | 0.0000        |

|           |               |               |               |               |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 9         | 1.4095        | 0.7878        | 3.6096        | 0.0000        |
| 10        | 1.4397        | 0.8046        | 2.3392        | 0.0000        |
| 11        | 1.4644        | 0.8184        | 2.0185        | 0.0000        |
| 12        | 1.4786        | 0.8264        | 1.9346        | 0.0000        |
| 13        | 1.4956        | 0.8359        | 1.8240        | 0.0000        |
| 14        | 1.5445        | 0.8632        | 5.5776        | 0.0000        |
| 15        | 1.5570        | 0.8702        | 1.2504        | 0.0000        |
| 16        | 1.5740        | 0.8797        | 2.1333        | 0.0000        |
| 17        | 1.5868        | 0.8868        | 0.8742        | 0.0000        |
| 18        | 1.5960        | 0.8920        | 0.8206        | 0.0000        |
| 19        | 1.6056        | 0.8973        | 0.9949        | 0.0000        |
| <b>20</b> | <b>1.6130</b> | <b>0.9015</b> | <b>0.9379</b> | <b>0.0000</b> |
| 21        | 1.6217        | 0.9063        | 1.2926        | 0.0000        |
| 22        | 1.6274        | 0.9096        | 0.7226        | 0.0000        |
| 23        | 1.6318        | 0.9120        | 0.8172        | 0.0000        |
| 24        | 1.6383        | 0.9156        | 0.4452        | 0.0000        |
| 25        | 1.6455        | 0.9197        | 0.9159        | 0.0000        |
| 26        | 1.6512        | 0.9229        | 0.8089        | 0.0000        |
| 27        | 1.6595        | 0.9275        | 0.7409        | 0.0000        |
| 28        | 1.6630        | 0.9294        | 0.3283        | 0.0000        |
| 29        | 1.6672        | 0.9318        | 0.3437        | 0.0000        |
| 30        | 1.6747        | 0.9360        | 0.6783        | 0.0000        |
| 31        | 1.6795        | 0.9386        | 0.7068        | 0.0000        |
| 32        | 1.6819        | 0.9400        | 0.1112        | 0.0000        |
| 33        | 1.6850        | 0.9417        | 0.4849        | 0.0000        |
| 34        | 1.6925        | 0.9459        | 0.7973        | 0.0000        |
| 35        | 1.6959        | 0.9478        | 0.2084        | 0.0000        |
| 36        | 1.6983        | 0.9492        | 0.2456        | 0.0000        |
| <b>37</b> | <b>1.7014</b> | <b>0.9509</b> | <b>0.2354</b> | <b>0.0000</b> |
| 38        | 1.7036        | 0.9521        | 0.3346        | 0.0000        |
| 39        | 1.7069        | 0.9540        | 0.3419        | 0.0000        |
| 40        | 1.7094        | 0.9554        | 0.2521        | 0.0000        |
| 41        | 1.7122        | 0.9569        | 0.2612        | 0.0000        |
| 42        | 1.7152        | 0.9586        | 0.2588        | 0.0000        |
| 43        | 1.7180        | 0.9601        | 0.2936        | 0.0000        |
| 44        | 1.7198        | 0.9612        | 0.2080        | 0.0000        |
| 45        | 1.7210        | 0.9619        | 0.0949        | 0.0000        |
| 46        | 1.7217        | 0.9623        | 0.0665        | 0.0000        |
| 47        | 1.7229        | 0.9629        | 0.1066        | 0.0000        |
| 48        | 1.7241        | 0.9636        | 0.1528        | 0.0000        |
| 49        | 1.7257        | 0.9645        | 0.2366        | 0.0000        |
| 50        | 1.7276        | 0.9655        | 0.1983        | 0.0000        |
| 51        | 1.7288        | 0.9662        | 0.0730        | 0.0000        |
| 52        | 1.7299        | 0.9668        | 0.0805        | 0.0000        |
| 53        | 1.7310        | 0.9675        | 0.0766        | 0.0000        |
| 54        | 1.7323        | 0.9682        | 0.1378        | 0.0000        |
| 55        | 1.7335        | 0.9689        | 0.1324        | 0.0000        |
| 56        | 1.7358        | 0.9701        | 0.1878        | 0.0000        |
| 57        | 1.7368        | 0.9707        | 0.0969        | 0.0000        |
| 58        | 1.7374        | 0.9710        | 0.0337        | 0.0000        |
| 59        | 1.7388        | 0.9718        | 0.1098        | 0.0000        |
| 60        | 1.7409        | 0.9730        | 0.1870        | 0.0000        |
| 61        | 1.7419        | 0.9735        | 0.0658        | 0.0000        |
| 62        | 1.7430        | 0.9741        | 0.1732        | 0.0000        |
| 63        | 1.7437        | 0.9745        | 0.0543        | 0.0000        |
| 64        | 1.7457        | 0.9757        | 0.2146        | 0.0000        |
| 65        | 1.7465        | 0.9761        | 0.0571        | 0.0000        |
| 66        | 1.7470        | 0.9764        | 0.0457        | 0.0000        |
| 67        | 1.7476        | 0.9767        | 0.0286        | 0.0000        |
| 68        | 1.7494        | 0.9777        | 0.1482        | 0.0000        |
| 69        | 1.7500        | 0.9781        | 0.0536        | 0.0000        |
| 70        | 1.7503        | 0.9782        | 0.0277        | 0.0000        |
| 71        | 1.7516        | 0.9789        | 0.1653        | 0.0000        |
| 72        | 1.7519        | 0.9791        | 0.0167        | 0.0000        |

|            |               |               |               |               |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 73         | 1.7530        | 0.9798        | 0.1099        | 0.0000        |
| 74         | 1.7544        | 0.9805        | 0.1105        | 0.0000        |
| 75         | 1.7552        | 0.9810        | 0.0647        | 0.0000        |
| 76         | 1.7557        | 0.9812        | 0.0286        | 0.0000        |
| 77         | 1.7562        | 0.9815        | 0.0375        | 0.0000        |
| 78         | 1.7567        | 0.9818        | 0.0383        | 0.0000        |
| 79         | 1.7570        | 0.9820        | 0.0183        | 0.0000        |
| 80         | 1.7573        | 0.9822        | 0.0202        | 0.0000        |
| 81         | 1.7580        | 0.9825        | 0.0529        | 0.0000        |
| 82         | 1.7585        | 0.9828        | 0.0509        | 0.0000        |
| 83         | 1.7591        | 0.9831        | 0.0344        | 0.0000        |
| 84         | 1.7597        | 0.9835        | 0.0790        | 0.0000        |
| 85         | 1.7603        | 0.9838        | 0.0468        | 0.0000        |
| 86         | 1.7616        | 0.9846        | 0.1194        | 0.0000        |
| 87         | 1.7625        | 0.9850        | 0.0734        | 0.0000        |
| 88         | 1.7630        | 0.9853        | 0.0366        | 0.0000        |
| 89         | 1.7636        | 0.9857        | 0.0726        | 0.0000        |
| 90         | 1.7643        | 0.9861        | 0.1272        | 0.0000        |
| 91         | 1.7648        | 0.9863        | 0.0329        | 0.0000        |
| 92         | 1.7656        | 0.9868        | 0.0886        | 0.0000        |
| 93         | 1.7661        | 0.9871        | 0.0560        | 0.0000        |
| 94         | 1.7666        | 0.9874        | 0.1339        | 0.0000        |
| 95         | 1.7670        | 0.9875        | 0.0271        | 0.0000        |
| 96         | 1.7681        | 0.9882        | 0.0863        | 0.0000        |
| 97         | 1.7689        | 0.9886        | 0.0730        | 0.0000        |
| 98         | 1.7692        | 0.9888        | 0.0376        | 0.0000        |
| 99         | 1.7699        | 0.9892        | 0.1176        | 0.0000        |
| 100        | 1.7703        | 0.9894        | 0.0439        | 0.0000        |
| 101        | 1.7706        | 0.9896        | 0.0214        | 0.0000        |
| 102        | 1.7709        | 0.9897        | 0.0388        | 0.0000        |
| <b>103</b> | <b>1.7718</b> | <b>0.9902</b> | <b>0.0843</b> | <b>0.0000</b> |
| 104        | 1.7721        | 0.9904        | 0.0360        | 0.0000        |
| 105        | 1.7723        | 0.9905        | 0.0240        | 0.0000        |
| 106        | 1.7727        | 0.9908        | 0.0616        | 0.0000        |
| 107        | 1.7732        | 0.9910        | 0.0613        | 0.0000        |
| 108        | 1.7735        | 0.9912        | 0.0544        | 0.0000        |
| 109        | 1.7738        | 0.9914        | 0.0304        | 0.0000        |
| 110        | 1.7743        | 0.9916        | 0.0380        | 0.0000        |
| 111        | 1.7748        | 0.9919        | 0.0999        | 0.0000        |
| 112        | 1.7751        | 0.9921        | 0.0323        | 0.0000        |
| 113        | 1.7752        | 0.9922        | 0.0132        | 0.0000        |
| 114        | 1.7757        | 0.9924        | 0.0410        | 0.0000        |
| 115        | 1.7759        | 0.9925        | 0.0223        | 0.0000        |
| 116        | 1.7762        | 0.9927        | 0.0253        | 0.0000        |
| 117        | 1.7765        | 0.9929        | 0.0402        | 0.0000        |
| 118        | 1.7768        | 0.9930        | 0.0176        | 0.0000        |
| 119        | 1.7771        | 0.9932        | 0.0268        | 0.0000        |
| 120        | 1.7775        | 0.9934        | 0.0563        | 0.0000        |
| 121        | 1.7778        | 0.9936        | 0.0301        | 0.0000        |
| 122        | 1.7778        | 0.9936        | 0.0081        | 0.0000        |
| 123        | 1.7780        | 0.9937        | 0.0162        | 0.0000        |
| 124        | 1.7782        | 0.9938        | 0.0124        | 0.0000        |
| 125        | 1.7783        | 0.9939        | 0.0169        | 0.0000        |
| 126        | 1.7786        | 0.9941        | 0.0336        | 0.0000        |
| 127        | 1.7789        | 0.9942        | 0.0203        | 0.0000        |
| 128        | 1.7791        | 0.9943        | 0.0118        | 0.0000        |
| 129        | 1.7794        | 0.9945        | 0.0220        | 0.0000        |
| 130        | 1.7796        | 0.9946        | 0.0310        | 0.0000        |
| 131        | 1.7800        | 0.9948        | 0.0477        | 0.0000        |
| 132        | 1.7801        | 0.9949        | 0.0168        | 0.0000        |
| 133        | 1.7805        | 0.9951        | 0.0440        | 0.0000        |
| 134        | 1.7807        | 0.9952        | 0.0310        | 0.0000        |
| 135        | 1.7809        | 0.9953        | 0.0362        | 0.0000        |
| 136        | 1.7811        | 0.9954        | 0.0194        | 0.0000        |
| 137        | 1.7813        | 0.9956        | 0.0271        | 0.0000        |
| 138        | 1.7815        | 0.9956        | 0.0137        | 0.0000        |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 139 | 1.7816 | 0.9957 | 0.0194 | 0.0000 |
| 140 | 1.7818 | 0.9959 | 0.0172 | 0.0000 |
| 141 | 1.7820 | 0.9960 | 0.0264 | 0.0000 |
| 142 | 1.7822 | 0.9960 | 0.0161 | 0.0000 |
| 143 | 1.7823 | 0.9961 | 0.0062 | 0.0000 |
| 144 | 1.7824 | 0.9961 | 0.0079 | 0.0000 |
| 145 | 1.7824 | 0.9962 | 0.0084 | 0.0000 |
| 146 | 1.7826 | 0.9963 | 0.0157 | 0.0000 |
| 147 | 1.7827 | 0.9963 | 0.0139 | 0.0000 |
| 148 | 1.7828 | 0.9964 | 0.0128 | 0.0000 |
| 149 | 1.7829 | 0.9965 | 0.0240 | 0.0000 |
| 150 | 1.7830 | 0.9965 | 0.0128 | 0.0000 |
| 151 | 1.7832 | 0.9966 | 0.0101 | 0.0000 |
| 152 | 1.7833 | 0.9967 | 0.0070 | 0.0000 |
| 153 | 1.7834 | 0.9967 | 0.0240 | 0.0000 |
| 154 | 1.7836 | 0.9968 | 0.0149 | 0.0000 |
| 155 | 1.7837 | 0.9969 | 0.0161 | 0.0000 |
| 156 | 1.7838 | 0.9970 | 0.0197 | 0.0000 |
| 157 | 1.7839 | 0.9970 | 0.0068 | 0.0000 |
| 158 | 1.7840 | 0.9971 | 0.0186 | 0.0000 |
| 159 | 1.7841 | 0.9971 | 0.0111 | 0.0000 |
| 160 | 1.7842 | 0.9972 | 0.0062 | 0.0000 |
| 161 | 1.7844 | 0.9973 | 0.0150 | 0.0000 |
| 162 | 1.7844 | 0.9973 | 0.0080 | 0.0000 |
| 163 | 1.7845 | 0.9974 | 0.0122 | 0.0000 |
| 164 | 1.7846 | 0.9974 | 0.0039 | 0.0000 |
| 165 | 1.7847 | 0.9974 | 0.0074 | 0.0000 |
| 166 | 1.7848 | 0.9975 | 0.0163 | 0.0000 |
| 167 | 1.7849 | 0.9976 | 0.0067 | 0.0000 |
| 168 | 1.7850 | 0.9976 | 0.0119 | 0.0000 |
| 169 | 1.7851 | 0.9977 | 0.0080 | 0.0000 |
| 170 | 1.7852 | 0.9977 | 0.0214 | 0.0000 |
| 171 | 1.7853 | 0.9978 | 0.0101 | 0.0000 |
| 172 | 1.7854 | 0.9978 | 0.0202 | 0.0000 |
| 173 | 1.7855 | 0.9979 | 0.0079 | 0.0000 |
| 174 | 1.7856 | 0.9979 | 0.0090 | 0.0000 |
| 175 | 1.7857 | 0.9980 | 0.0138 | 0.0000 |
| 176 | 1.7858 | 0.9981 | 0.0134 | 0.0000 |
| 177 | 1.7859 | 0.9981 | 0.0177 | 0.0000 |
| 178 | 1.7860 | 0.9982 | 0.0101 | 0.0000 |
| 179 | 1.7861 | 0.9982 | 0.0074 | 0.0000 |
| 180 | 1.7862 | 0.9983 | 0.0157 | 0.0000 |
| 181 | 1.7863 | 0.9983 | 0.0139 | 0.0000 |
| 182 | 1.7863 | 0.9984 | 0.0045 | 0.0000 |
| 183 | 1.7864 | 0.9984 | 0.0136 | 0.0000 |
| 184 | 1.7865 | 0.9985 | 0.0078 | 0.0000 |
| 185 | 1.7867 | 0.9986 | 0.0370 | 0.0000 |
| 186 | 1.7867 | 0.9986 | 0.0051 | 0.0000 |
| 187 | 1.7868 | 0.9986 | 0.0123 | 0.0000 |
| 188 | 1.7869 | 0.9987 | 0.0141 | 0.0000 |
| 189 | 1.7869 | 0.9987 | 0.0044 | 0.0000 |
| 190 | 1.7870 | 0.9988 | 0.0153 | 0.0000 |
| 191 | 1.7871 | 0.9988 | 0.0128 | 0.0000 |
| 192 | 1.7872 | 0.9988 | 0.0081 | 0.0000 |
| 193 | 1.7873 | 0.9989 | 0.0108 | 0.0000 |
| 194 | 1.7873 | 0.9989 | 0.0052 | 0.0000 |
| 195 | 1.7874 | 0.9989 | 0.0064 | 0.0000 |
| 196 | 1.7874 | 0.9990 | 0.0066 | 0.0000 |
| 197 | 1.7875 | 0.9990 | 0.0117 | 0.0000 |
| 198 | 1.7876 | 0.9991 | 0.0063 | 0.0000 |
| 199 | 1.7876 | 0.9991 | 0.0117 | 0.0000 |
| 200 | 1.7877 | 0.9991 | 0.0044 | 0.0000 |
| 201 | 1.7877 | 0.9991 | 0.0111 | 0.0000 |
| 202 | 1.7878 | 0.9992 | 0.0052 | 0.0000 |



|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 203 | 1.7878 | 0.9992 | 0.0021 | 0.0000 |
| 204 | 1.7878 | 0.9992 | 0.0064 | 0.0000 |
| 205 | 1.7879 | 0.9992 | 0.0047 | 0.0000 |
| 206 | 1.7879 | 0.9992 | 0.0145 | 0.0000 |
| 207 | 1.7879 | 0.9993 | 0.0044 | 0.0000 |
| 208 | 1.7880 | 0.9993 | 0.0111 | 0.0000 |
| 209 | 1.7880 | 0.9993 | 0.0045 | 0.0000 |
| 210 | 1.7880 | 0.9993 | 0.0029 | 0.0000 |
| 211 | 1.7881 | 0.9994 | 0.0216 | 0.0000 |
| 212 | 1.7881 | 0.9994 | 0.0049 | 0.0000 |
| 213 | 1.7882 | 0.9994 | 0.0061 | 0.0000 |
| 214 | 1.7882 | 0.9994 | 0.0115 | 0.0000 |
| 215 | 1.7883 | 0.9994 | 0.0034 | 0.0000 |
| 216 | 1.7883 | 0.9995 | 0.0067 | 0.0000 |
| 217 | 1.7883 | 0.9995 | 0.0025 | 0.0000 |
| 218 | 1.7884 | 0.9995 | 0.0028 | 0.0000 |
| 219 | 1.7884 | 0.9995 | 0.0054 | 0.0000 |
| 220 | 1.7884 | 0.9995 | 0.0051 | 0.0000 |
| 221 | 1.7884 | 0.9995 | 0.0045 | 0.0000 |
| 222 | 1.7885 | 0.9995 | 0.0023 | 0.0000 |
| 223 | 1.7885 | 0.9996 | 0.0066 | 0.0000 |
| 224 | 1.7885 | 0.9996 | 0.0033 | 0.0000 |
| 225 | 1.7885 | 0.9996 | 0.0027 | 0.0000 |
| 226 | 1.7885 | 0.9996 | 0.0074 | 0.0000 |
| 227 | 1.7886 | 0.9996 | 0.0256 | 0.0000 |
| 228 | 1.7887 | 0.9997 | 0.0165 | 0.0000 |
| 229 | 1.7887 | 0.9997 | 0.0130 | 0.0000 |
| 230 | 1.7888 | 0.9997 | 0.0113 | 0.0000 |
| 231 | 1.7888 | 0.9997 | 0.0036 | 0.0000 |
| 232 | 1.7888 | 0.9997 | 0.0067 | 0.0000 |
| 233 | 1.7888 | 0.9998 | 0.0216 | 0.0000 |
| 234 | 1.7889 | 0.9998 | 0.0156 | 0.0000 |
| 235 | 1.7889 | 0.9998 | 0.0031 | 0.0000 |
| 236 | 1.7889 | 0.9998 | 0.0027 | 0.0000 |
| 237 | 1.7889 | 0.9998 | 0.0035 | 0.0000 |
| 238 | 1.7890 | 0.9998 | 0.0080 | 0.0000 |
| 239 | 1.7890 | 0.9998 | 0.0039 | 0.0000 |
| 240 | 1.7890 | 0.9999 | 0.0397 | 0.0000 |
| 241 | 1.7891 | 0.9999 | 0.0106 | 0.0000 |
| 242 | 1.7891 | 0.9999 | 0.0045 | 0.0000 |
| 243 | 1.7891 | 0.9999 | 0.0040 | 0.0000 |
| 244 | 1.7891 | 0.9999 | 0.0090 | 0.0000 |
| 245 | 1.7891 | 0.9999 | 0.0070 | 0.0000 |
| 246 | 1.7891 | 0.9999 | 0.0074 | 0.0000 |
| 247 | 1.7891 | 0.9999 | 0.0072 | 0.0000 |
| 248 | 1.7891 | 0.9999 | 0.0109 | 0.0000 |
| 249 | 1.7891 | 0.9999 | 0.0117 | 0.0000 |
| 250 | 1.7892 | 1.0000 | 0.0151 | 0.0000 |
| 251 | 1.7892 | 1.0000 | 0.0112 | 0.0000 |
| 252 | 1.7892 | 1.0000 | 0.0209 | 0.0000 |
| 253 | 1.7892 | 1.0000 | 0.0057 | 0.0000 |
| 254 | 1.7892 | 1.0000 | 0.0045 | 0.0000 |
| 255 | 1.7893 | 1.0000 | 0.0068 | 0.0000 |