



L A C

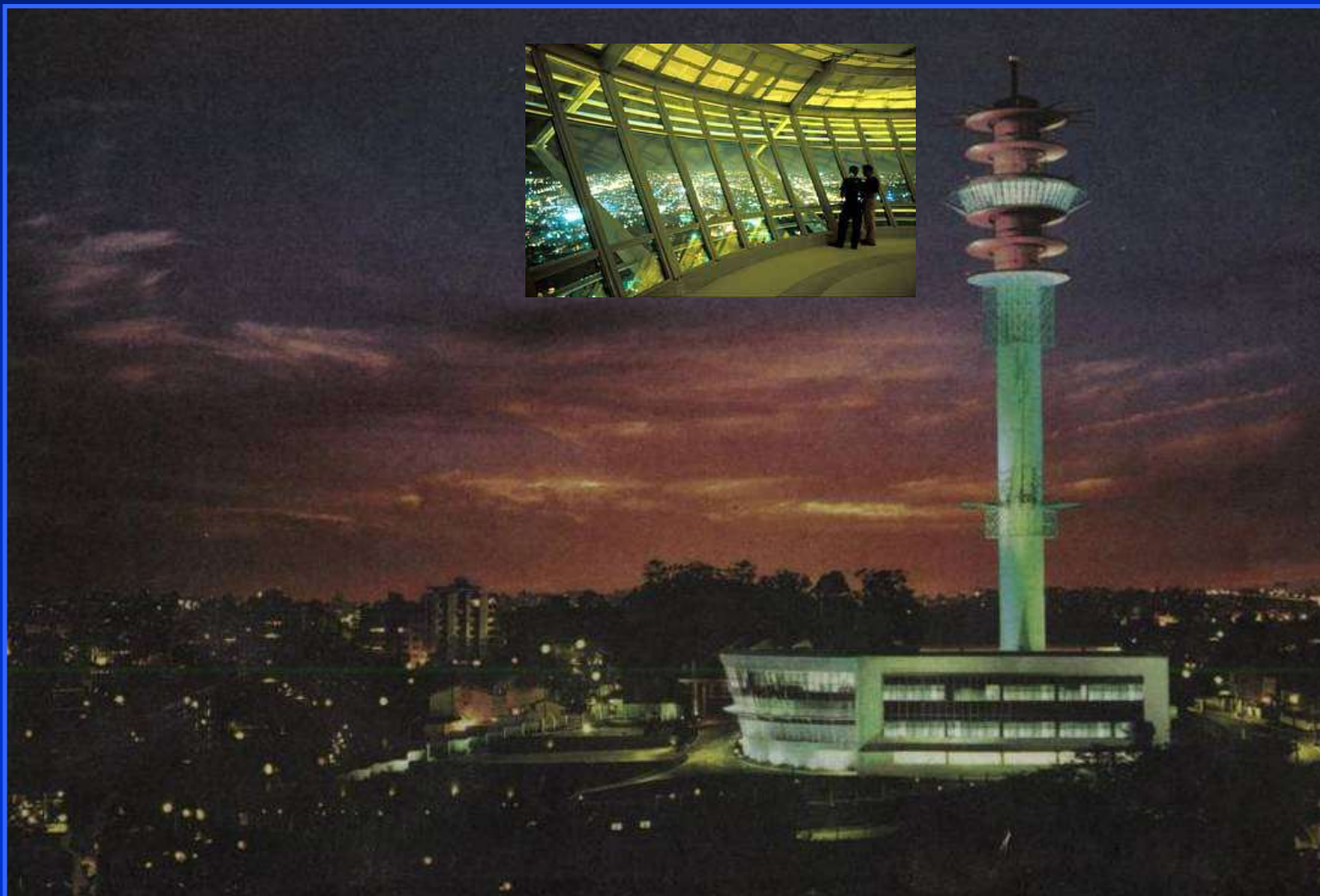
LABORATÓRIO  
DE AERODINÂMICA  
DAS CONSTRUÇÕES



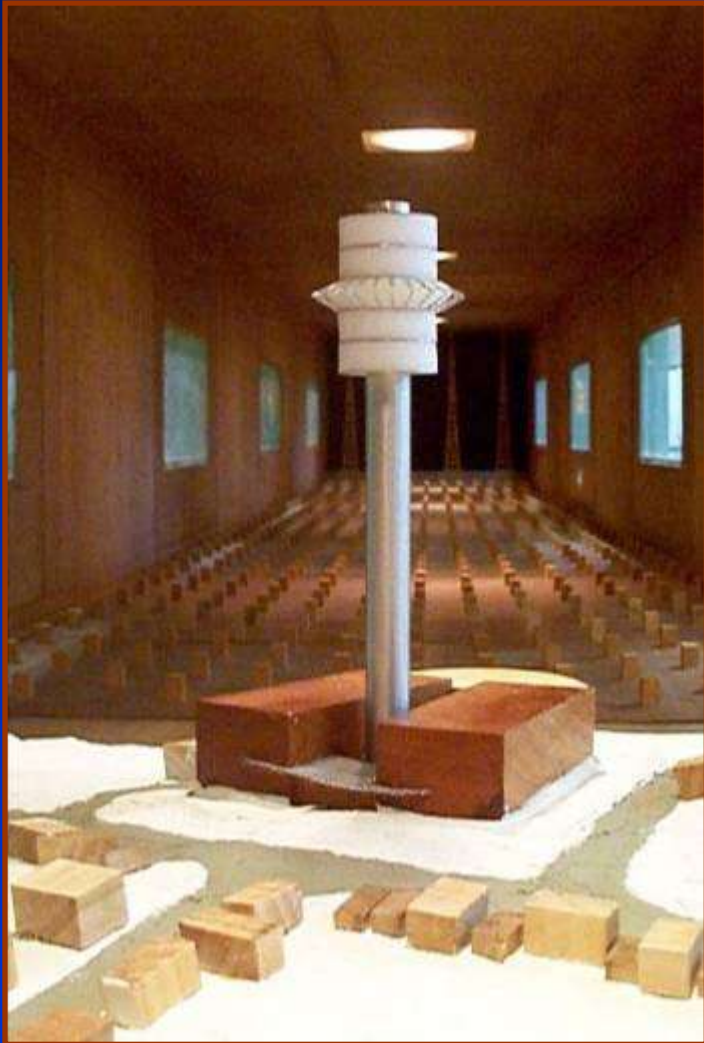
# ***Base de Inteligência e Tecnologia - CLARO, Porto Alegre - RS***

**Altura: 90,2m**

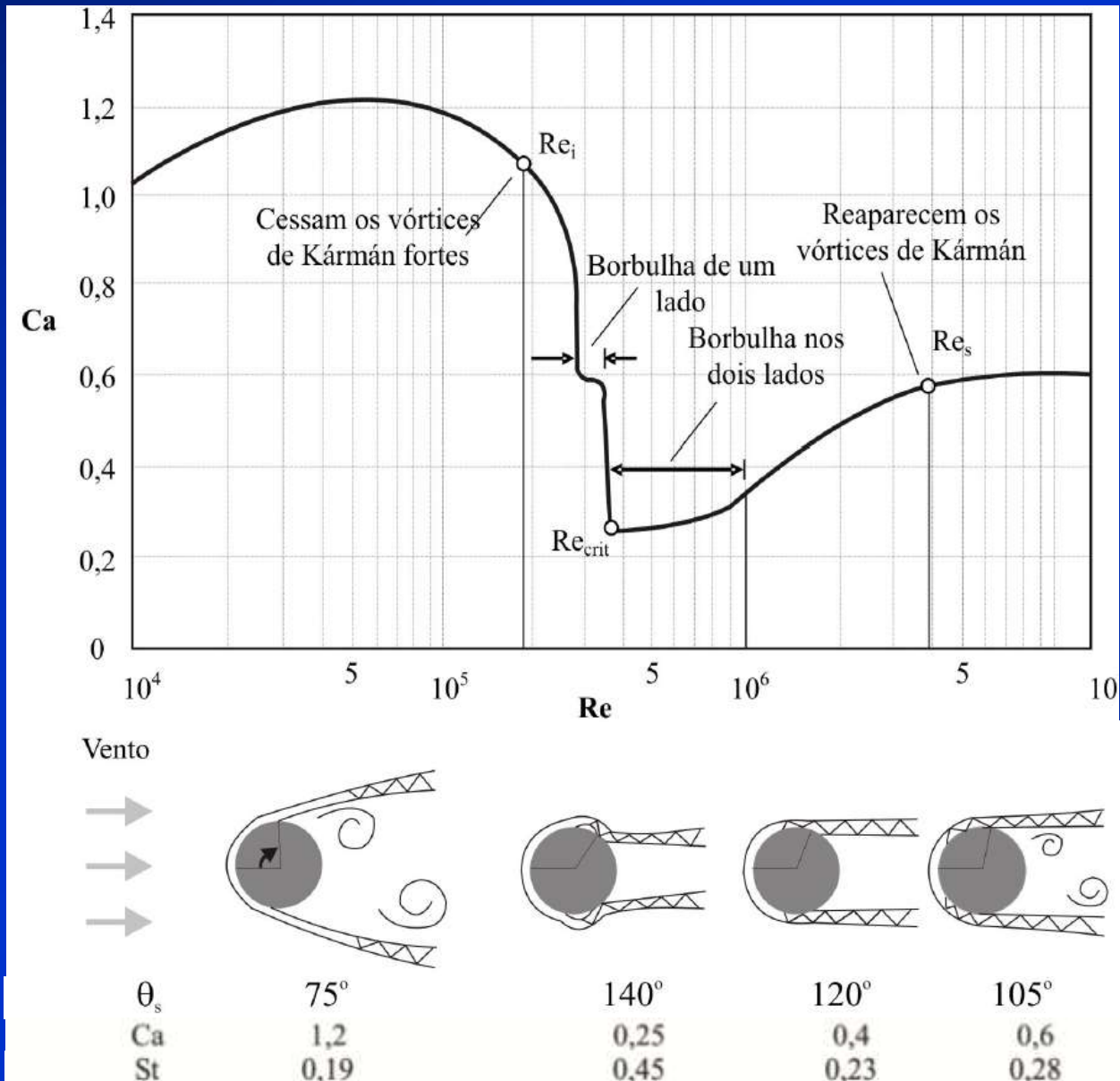
**Consultoria: Anibal Knijnik**

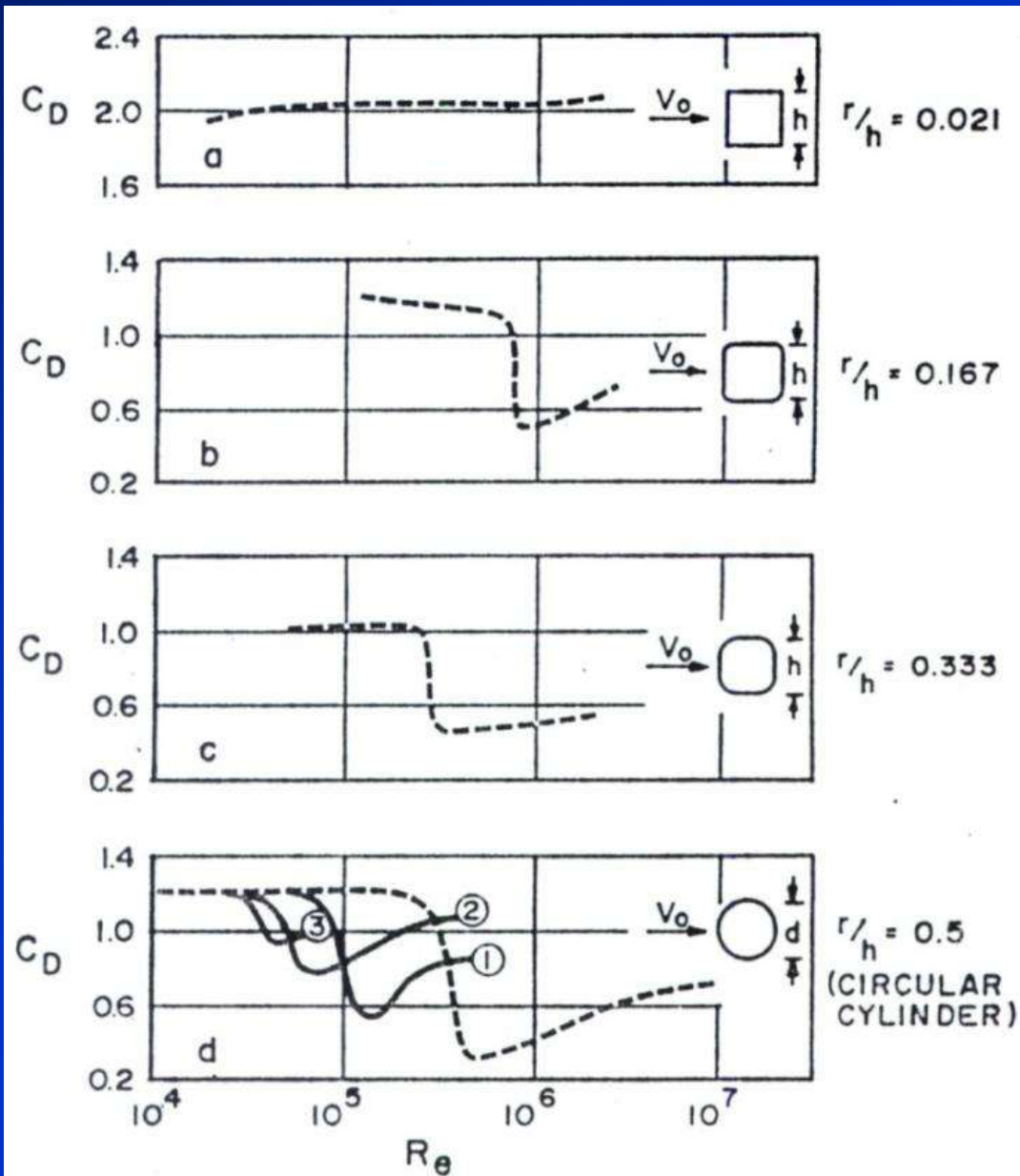


*Torre de Telecomunicações CLARO, Porto Alegre*

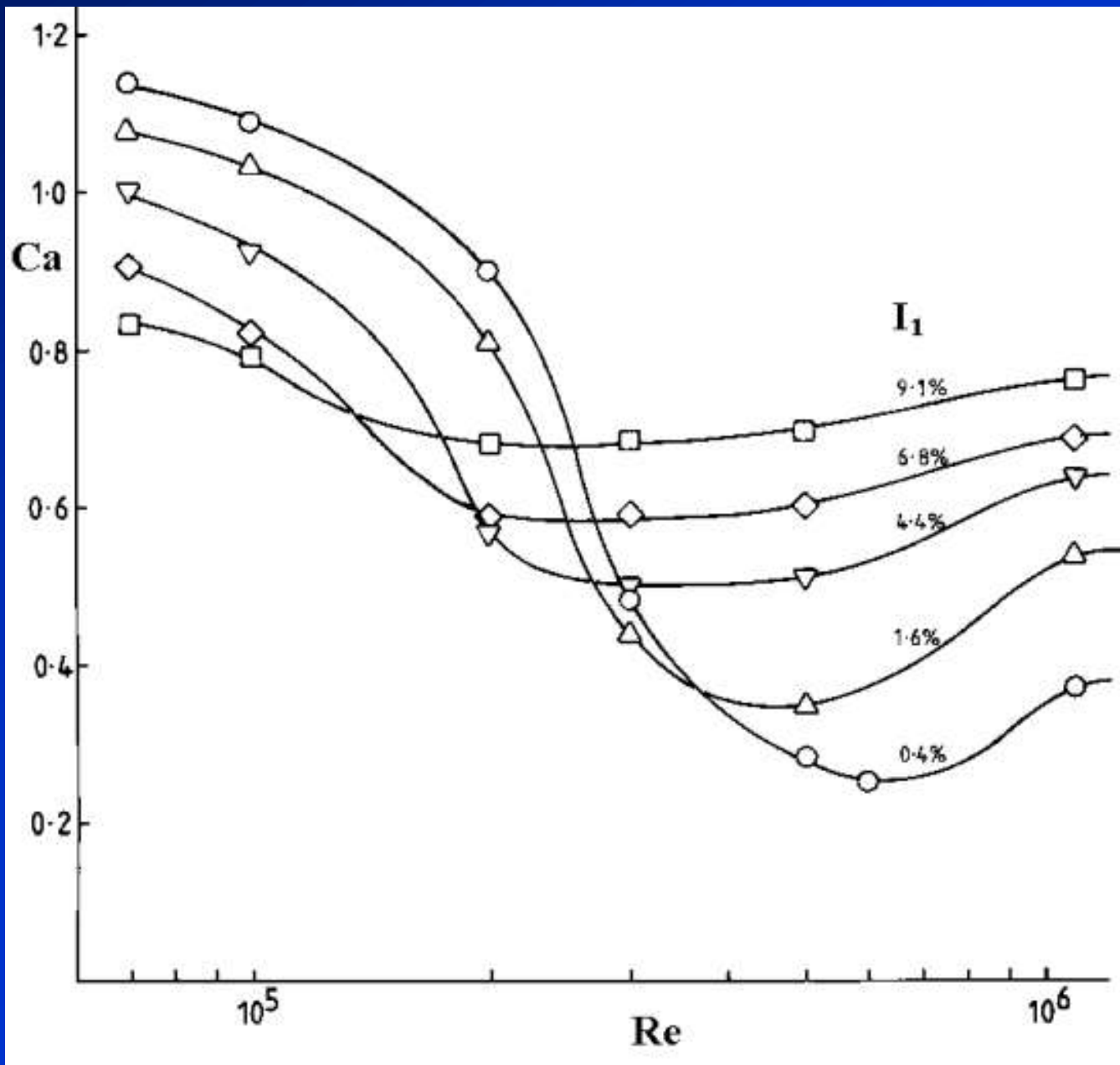


# Efeitos do $Re$ no escoamento em torno de um cilindro circular

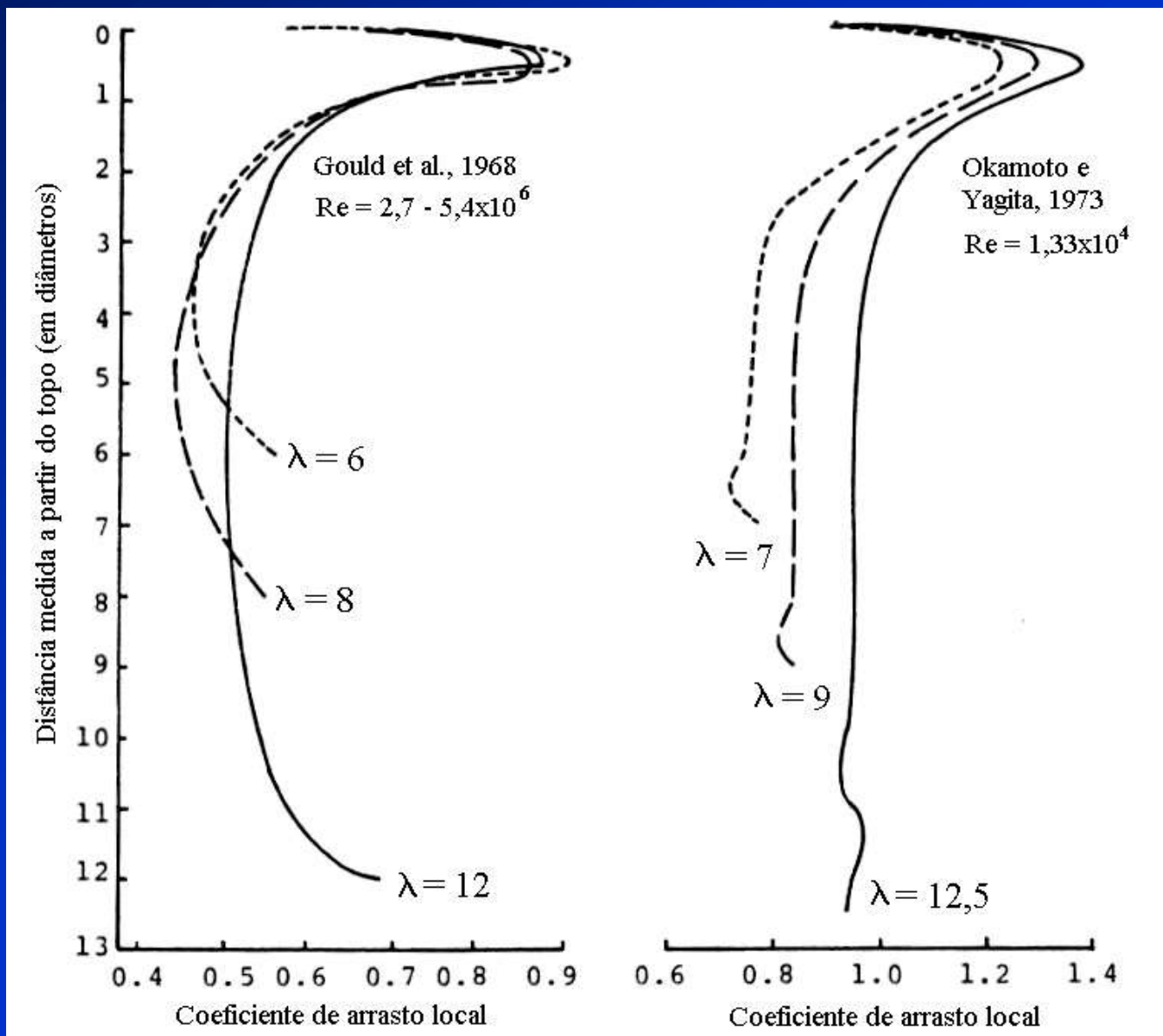




Influência da variação do número de Reynolds sobre o coeficiente de arrasto de acordo com a forma da seção transversal. Os números 1, 2 e 3 na última figura representam rugosidades diferentes da superfície da seção circular e têm efeito semelhante ao de uma variação da turbulência no escoamento incidente.



Valores de  $Ca$  em função de  $Re$  e de diferentes intensidades da turbulência ( $I_1$ ).



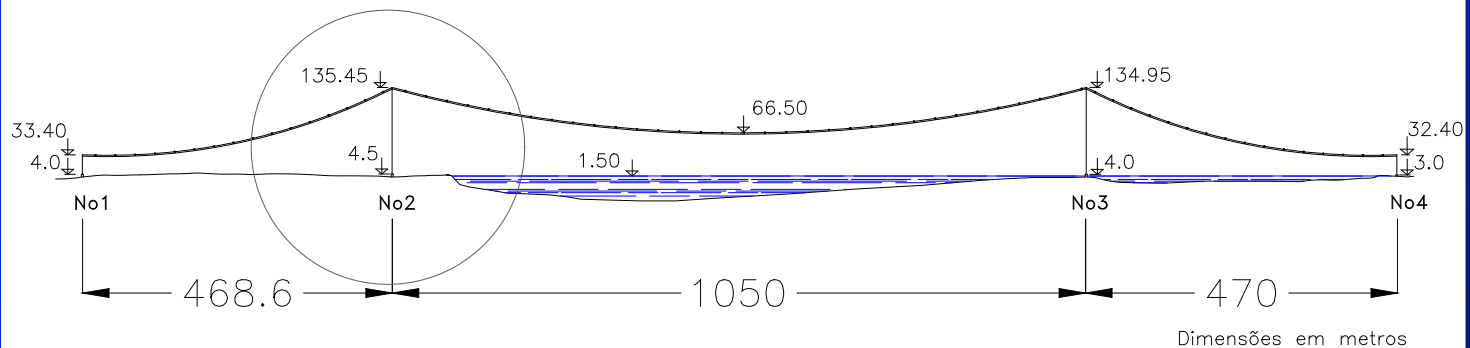
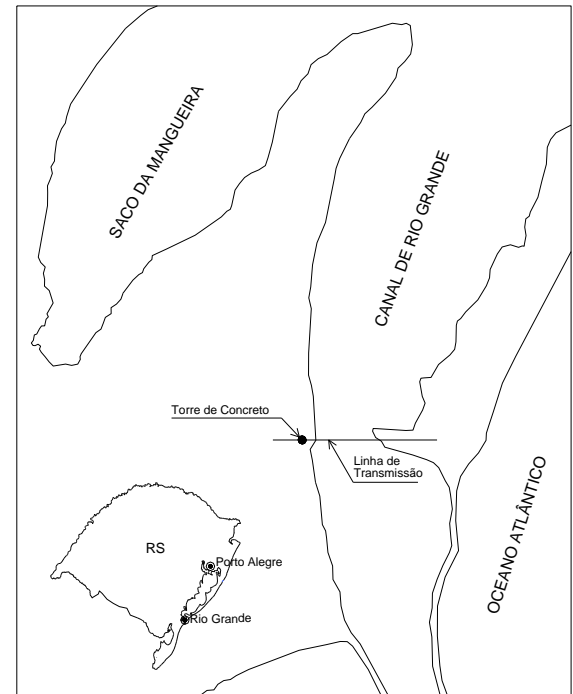
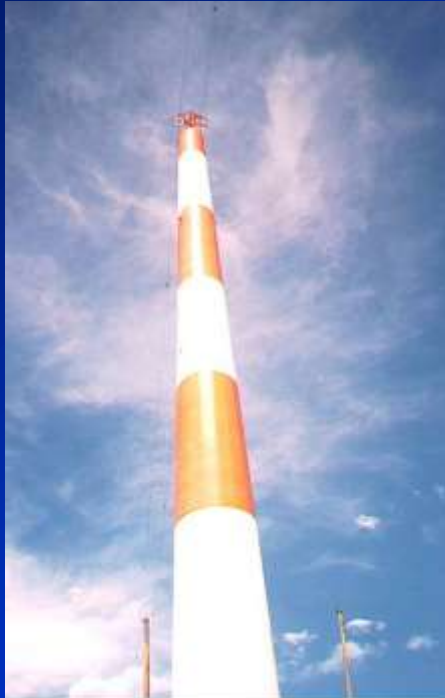
$C_a$  local em função da distância medida a partir do topo, em diâmetros, para diferentes esbeltezes ( $\lambda$ ).

***Torre de Travessia de Linha de Transmissão,  
Rio Grande – São José do Norte - RS***





- Torre de concreto armado do estudo



# *Torre de Travessia de Linha de Transmissão, Rio Grande – São José do Norte - RS*



***Torre de Travessia de Linha de Transmissão,  
Rio Grande – São José do Norte - RS***

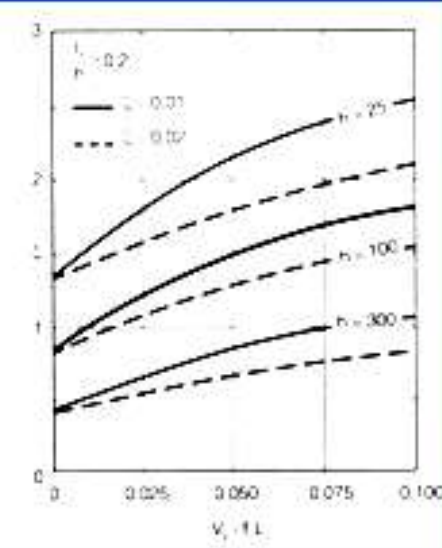
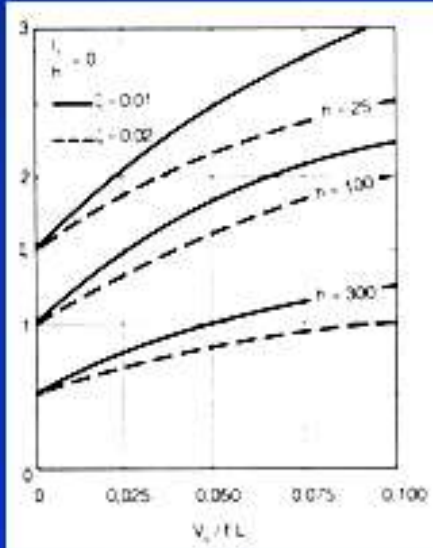


# DYNAMIC RESPONSE (Atmospheric turbulence)

$$F_i = \bar{F}_i + \hat{F}_i \left\{ \begin{array}{l} \bar{F}_i = \bar{q}_o b^2 C_{ai} A_i (z_i / z_{ref})^{2p} \\ \hat{F}_i = F_H \psi_i x_i \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \bar{q}_o = 0,613 (\bar{V}_p)^2 \\ \bar{V}_p \text{ (10 min.)} \end{array} \right.$$

$$F_H = \bar{q}_o b^2 A_o \frac{\sum_{i=1}^N \beta_i x_i}{\sum_{i=1}^N \psi_i x_i^2} \xi$$

$$\beta_i = C_{ai} (A_i / A_o) (z_i / z_{ref})^p$$

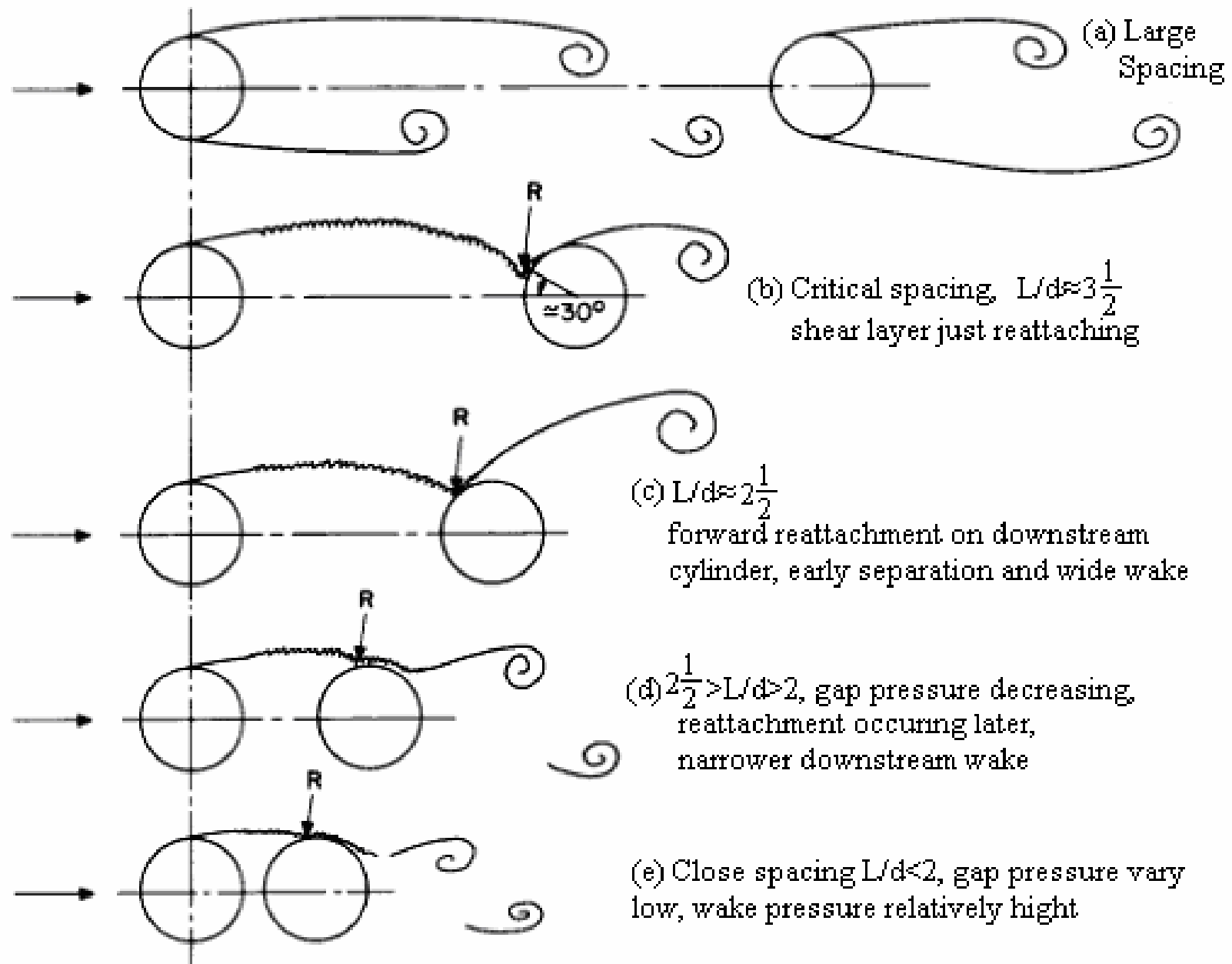


$$u_{crit.} = C_8 \frac{f_1 d_o}{St} \left\{ \begin{array}{l} St = 0,20 \text{ for } 10^4 \leq Re \leq 10^5 \\ St = 0,23 \text{ for } Re > 10^5 \\ C_8 = 1,14 \text{ for } \theta > 0,5 \left( \theta = \frac{d(h)}{d(0)} \right) \\ C_8 = \frac{4}{1+5\theta} \text{ for } \theta \leq 0,5 \end{array} \right.$$

$$\eta_1 \leq \frac{\rho d_o^2}{me_1} C_9 \left\{ \begin{array}{l} C_9 = 0,60 \text{ for } \theta > 0,5 \\ C_9 = 0,36 + 0,48\theta \text{ for } \theta \leq 0,5 \\ C_9 = 1,20 \text{ for } Re(u_{crit.}) \leq 3 \times 10^6 \end{array} \right.$$

$$\frac{\hat{y}(h)}{d_o} = \frac{C_{10}}{\sqrt{\lambda_o} \frac{me_1}{\rho d_o^2} \left( \eta_1 - \frac{\rho d_o^2}{me_1} C_9 \right)^{\frac{1}{2}}} \left\{ \begin{array}{l} C_{10} = 0,70 \\ (\theta > 0,5) \\ C_{10} = \frac{9,93}{(1-\theta)^{5/2} (1+5\theta)^{7/2}} \\ (\theta \leq 0,5) \end{array} \right.$$

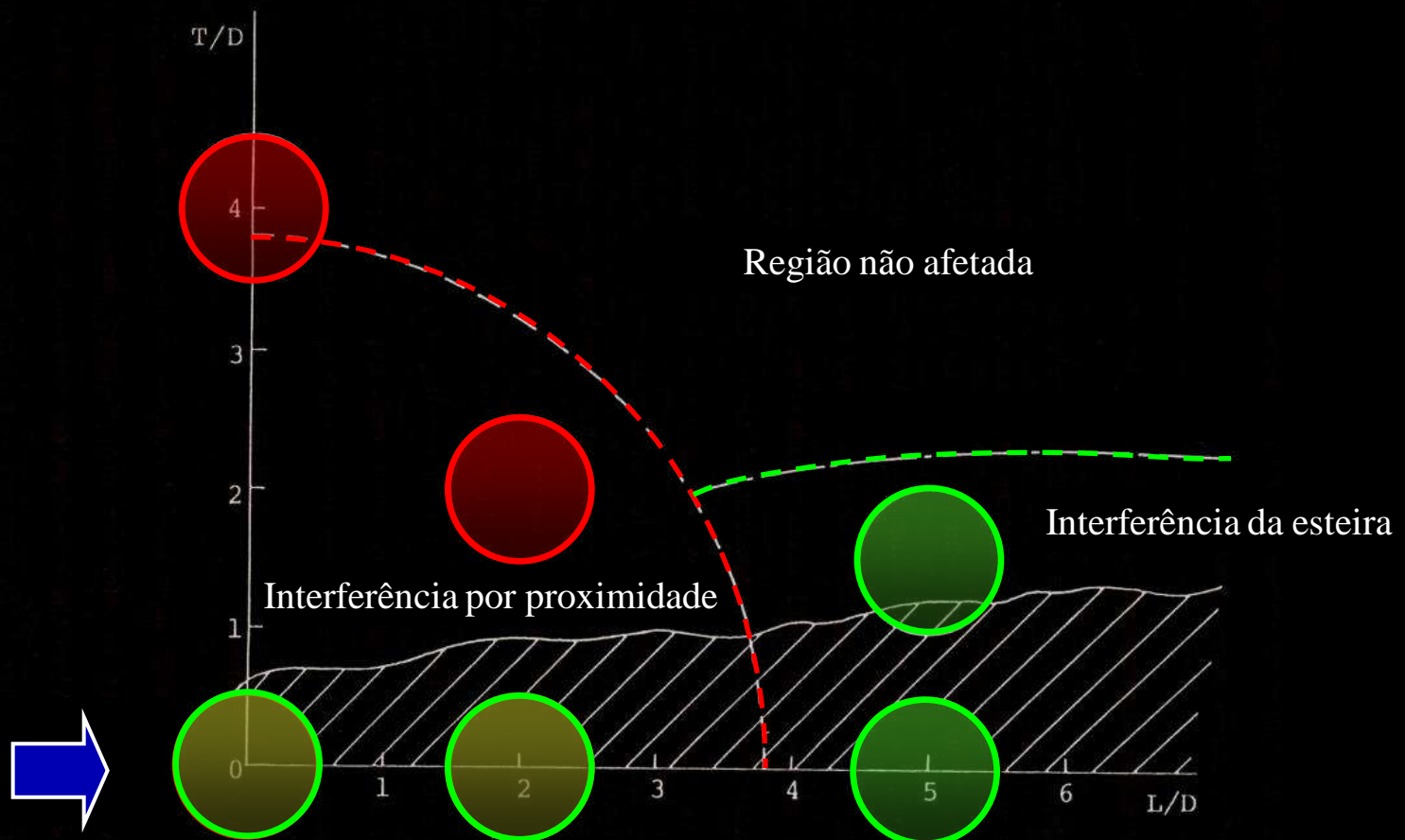




R denotes reattachment

## Tipos de interferência entre cilindros, Zdravkovich, 1982:

O espaçamento  $\alpha$  resulta está influenciado pela proximidade entre os corpos, seus ângulos de incidência e a interação rotacional. A interação rotacional é significativamente afetado.



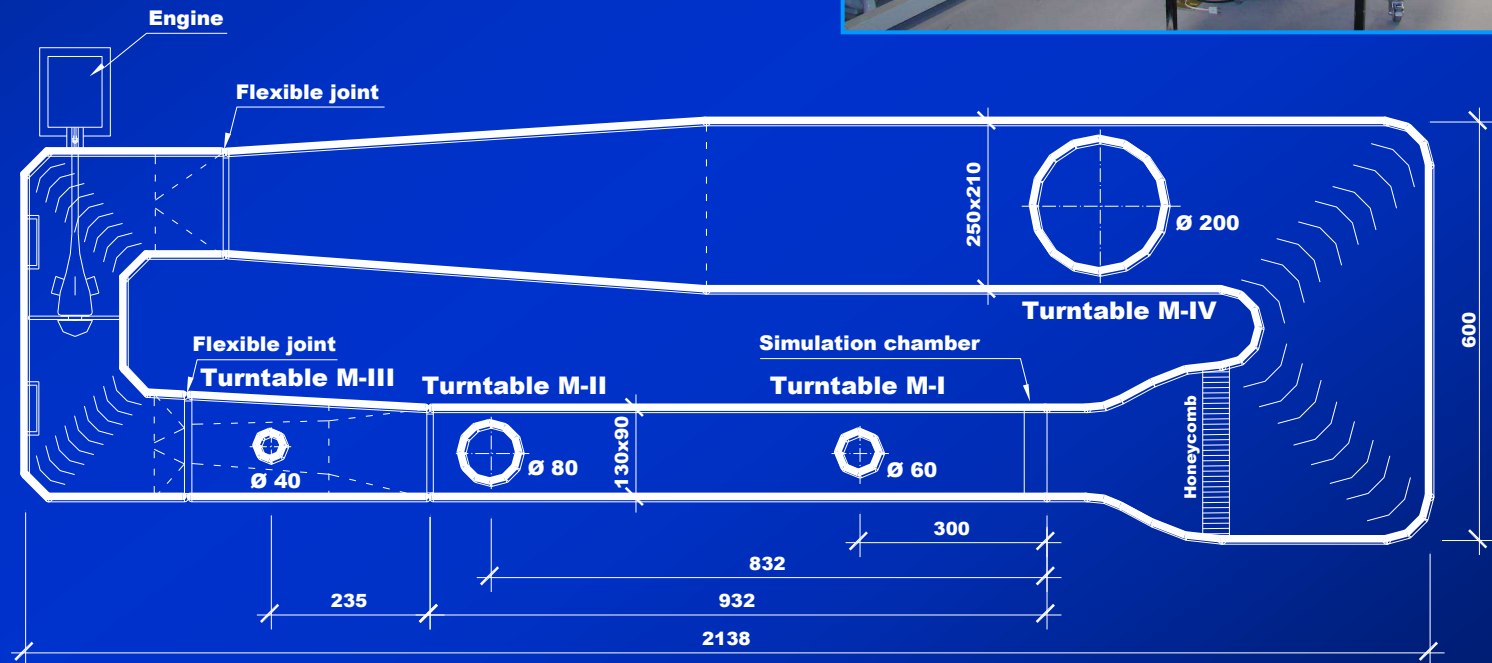




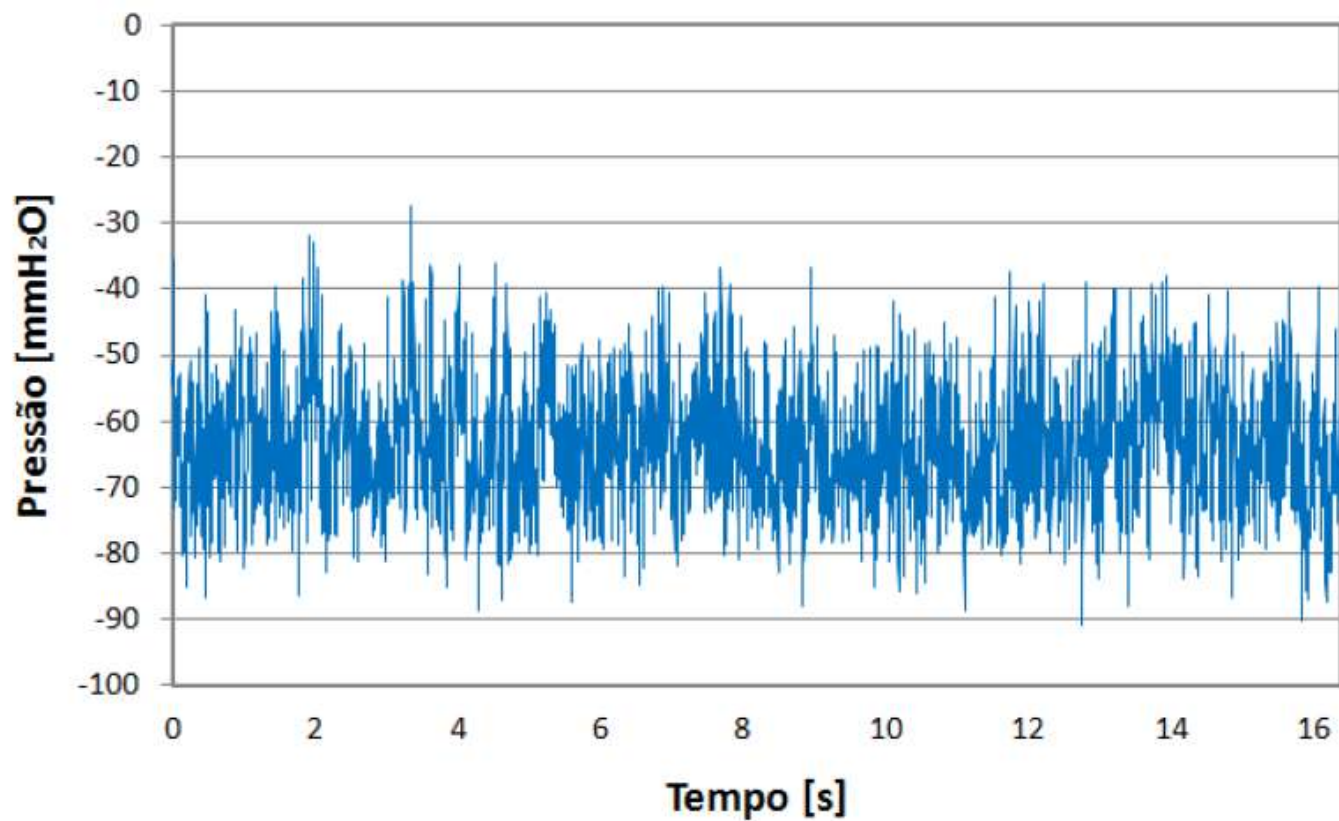


# Túnel de Vento

*Prof. Joaquim Blessmann*



**Boundary Layer Wind Tunnel Prof. Joaquim Blessmann**  
*Dimensions in [cm]*



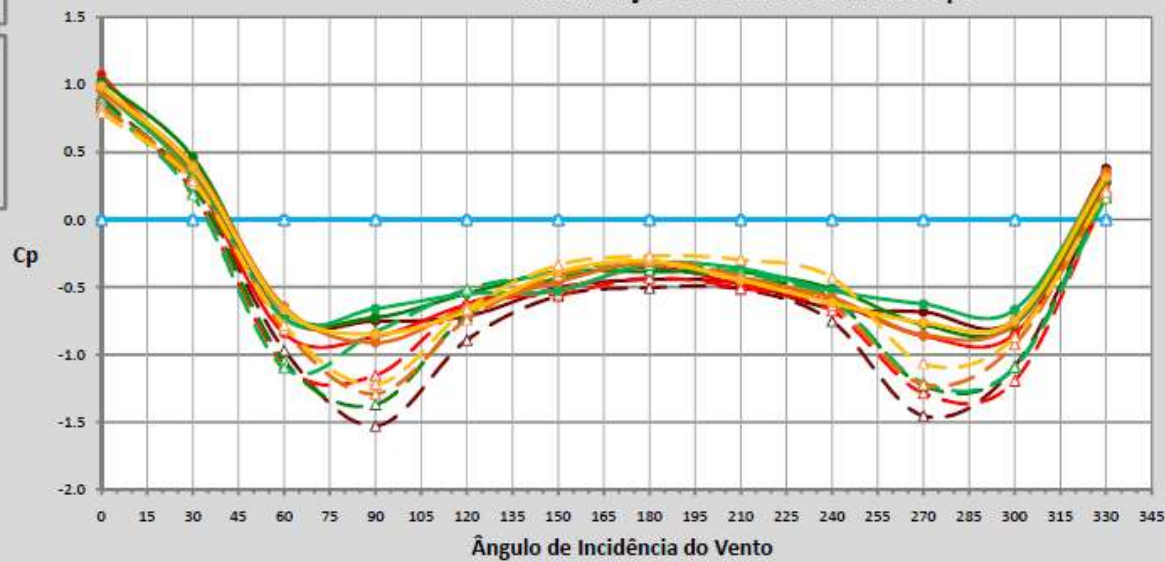
Registro da variação da pressão ao longo do tempo, a partir dos transdutores elétricos de pressão, para a tomada 80 e ângulo de incidência do vento de 270° (Vento com expoente  $p=0,34$ )



### Distribuição Circunferencial dos Cps

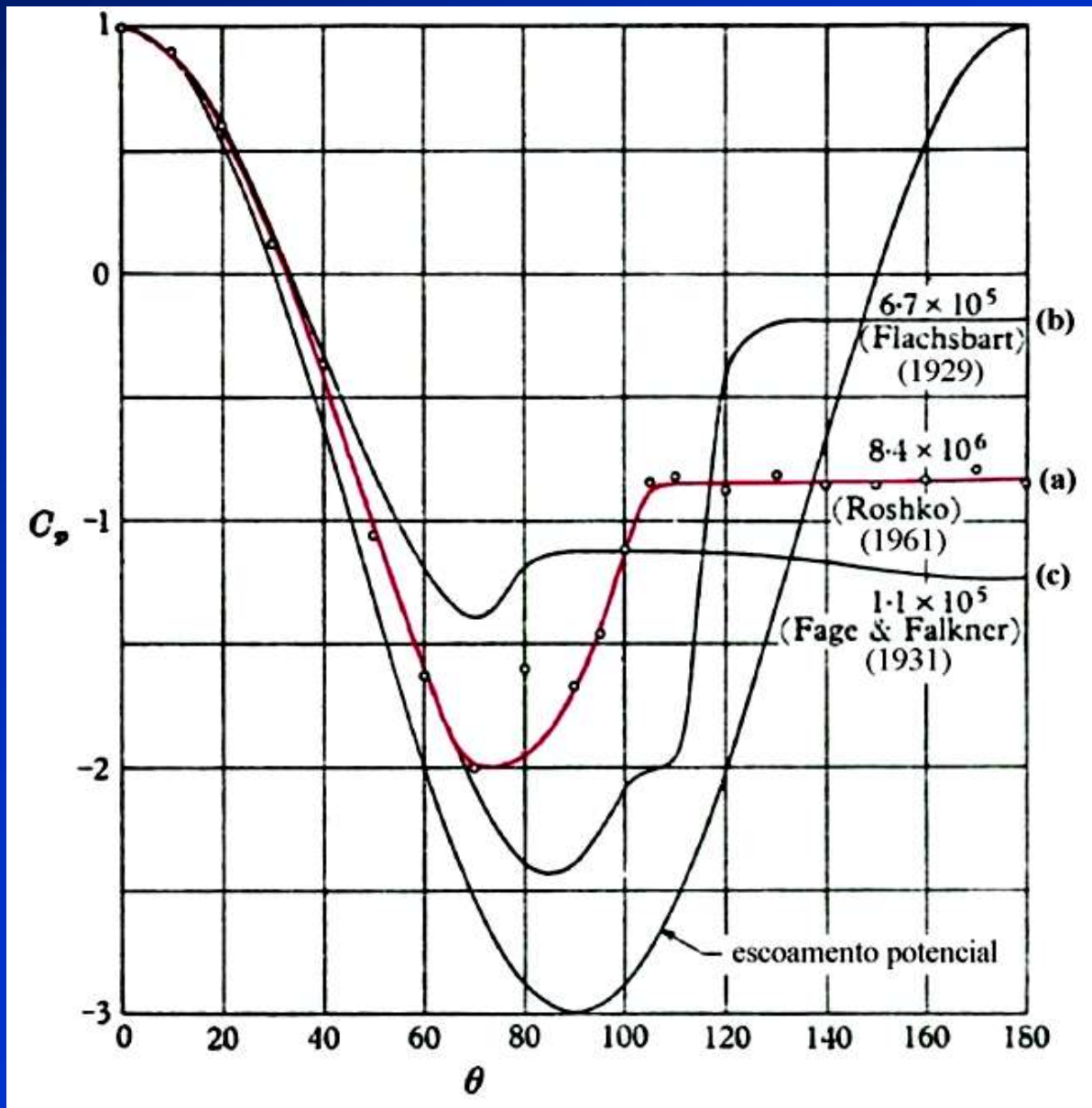
#### Plotar Curvas:

- 0,11: 13Hz X 38Hz
- 0,34: 13Hz X 38Hz
- 13Hz: 0,11 X 0,34
- 38Hz: 0,11 X 0,34



#### 0,11

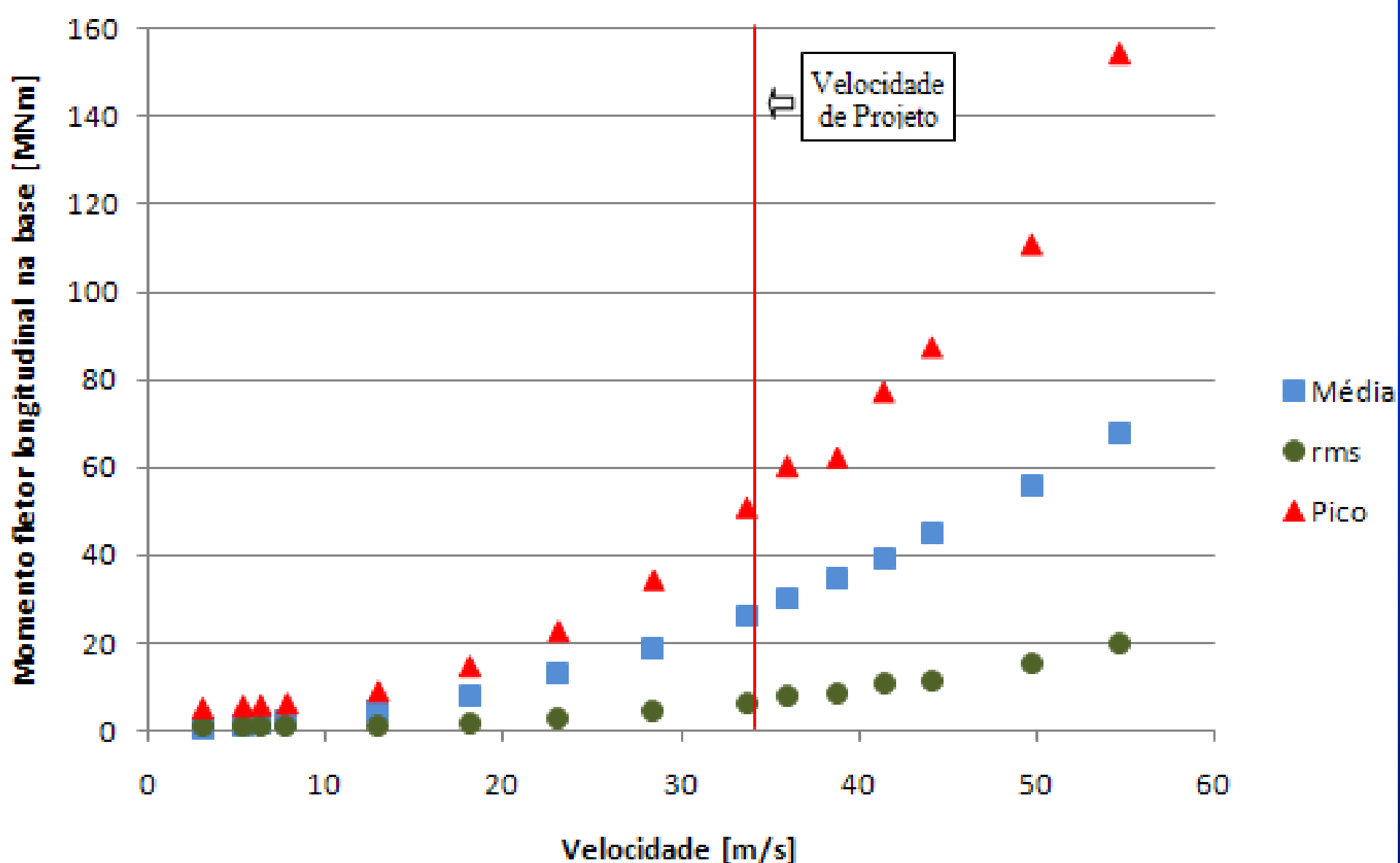
- | 13Hz                                |           | 38Hz                                |           |
|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-----------|
| <input type="checkbox"/>            | —●— 0H    | <input type="checkbox"/>            | —△— 0H    |
| <input type="checkbox"/>            | —●— 0H    | <input type="checkbox"/>            | —△— 0H    |
| <input type="checkbox"/>            | —●— 0H    | <input type="checkbox"/>            | —△— 0H    |
| <input type="checkbox"/>            | —●— 0H    | <input type="checkbox"/>            | —△— 0H    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | —●— 0.93H | <input checked="" type="checkbox"/> | —△— 0.93H |
| <input checked="" type="checkbox"/> | —●— 0.84H | <input checked="" type="checkbox"/> | —△— 0.84H |
| <input checked="" type="checkbox"/> | —●— 0.71H | <input checked="" type="checkbox"/> | —△— 0.71H |
| <input checked="" type="checkbox"/> | —●— 0.61H | <input checked="" type="checkbox"/> | —△— 0.61H |
| <input checked="" type="checkbox"/> | —●— 0.47H | <input checked="" type="checkbox"/> | —△— 0.47H |
| <input checked="" type="checkbox"/> | —●— 0.3H  | <input checked="" type="checkbox"/> | —△— 0.3H  |



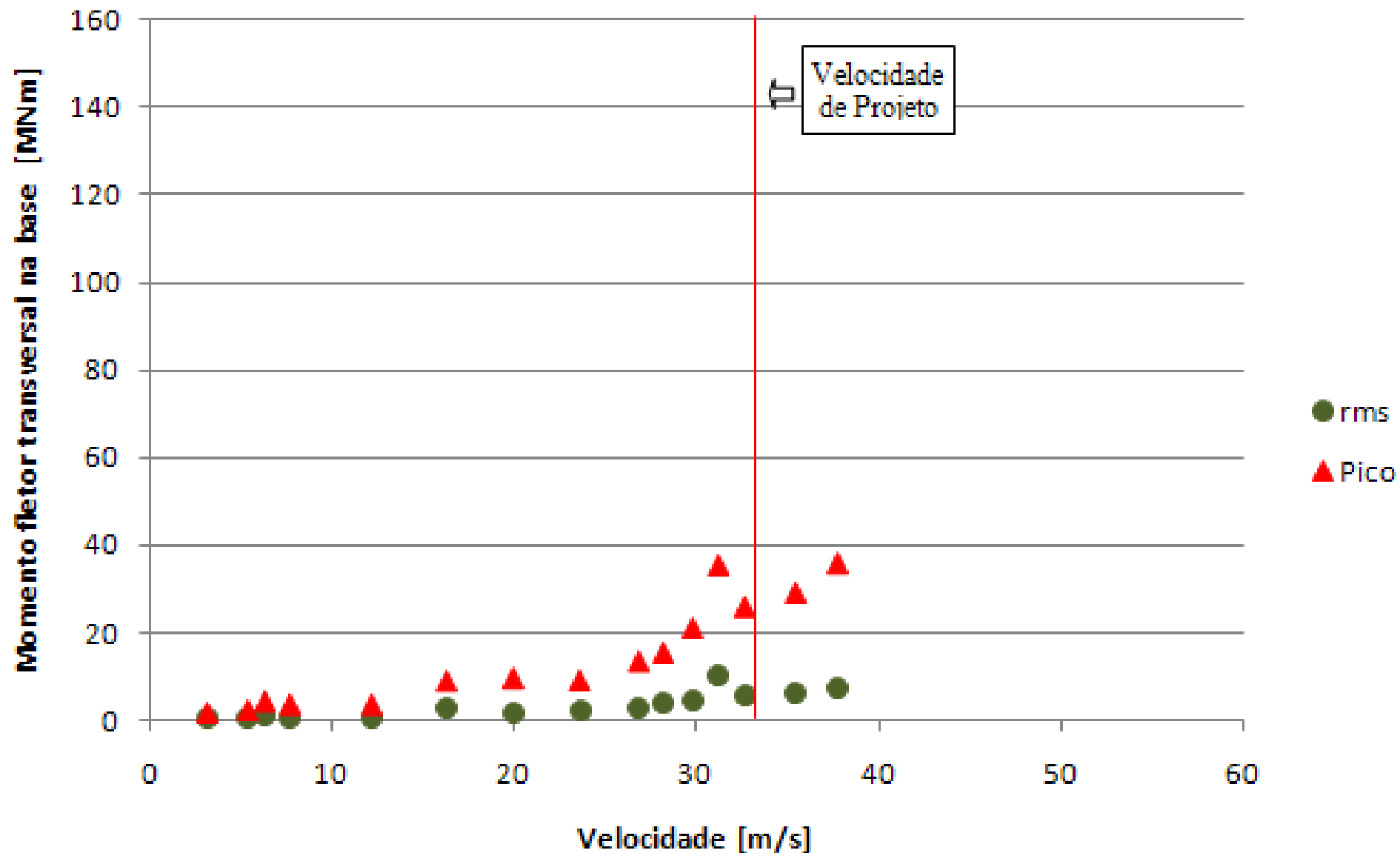
Distribuição circunferencial de coeficientes de pressão em cilindros circulares







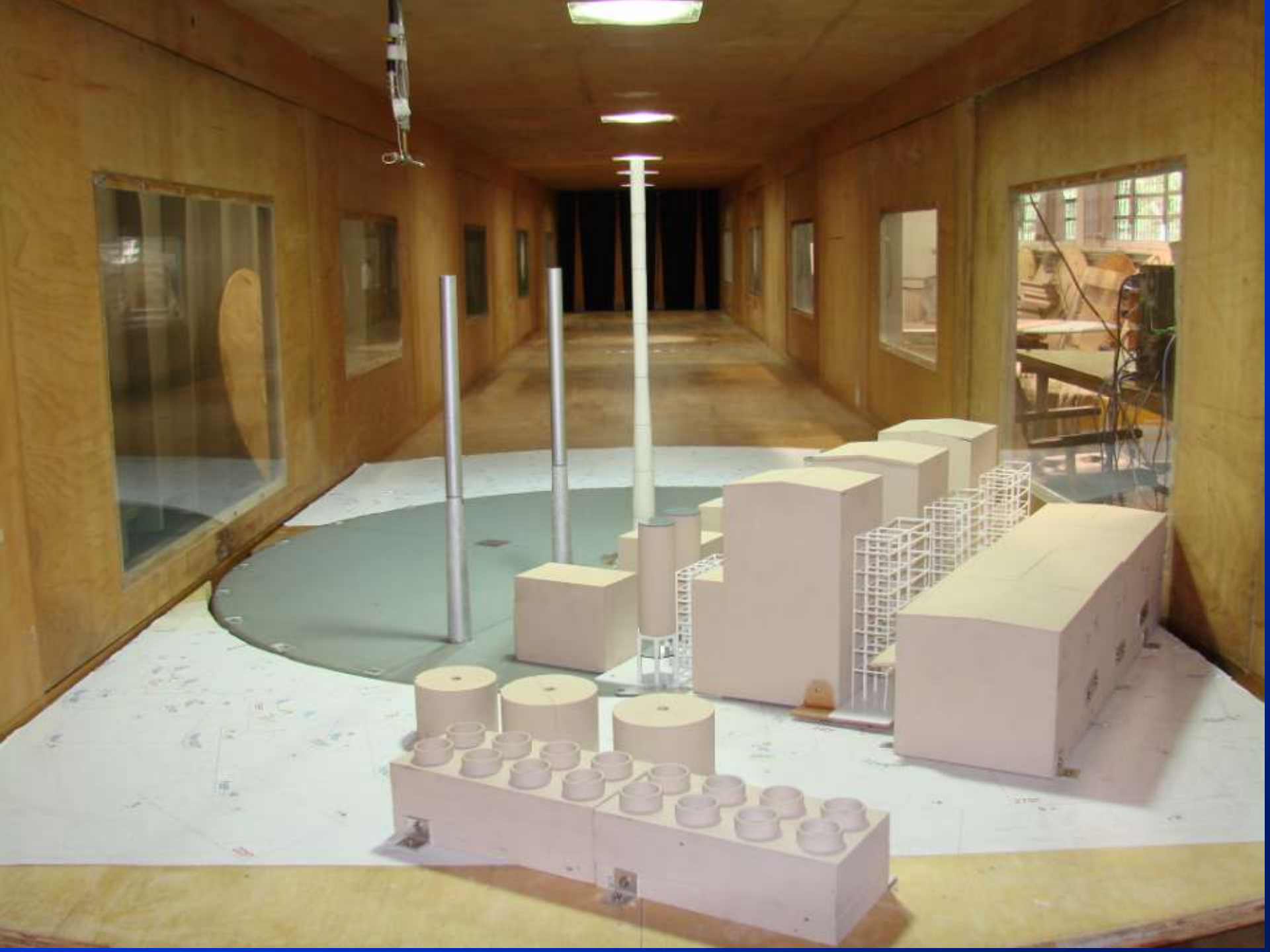
**Momentos fletores longitudinais na base da chaminé em função da velocidade do vento no topo da estrutura. Configuração isolada.**



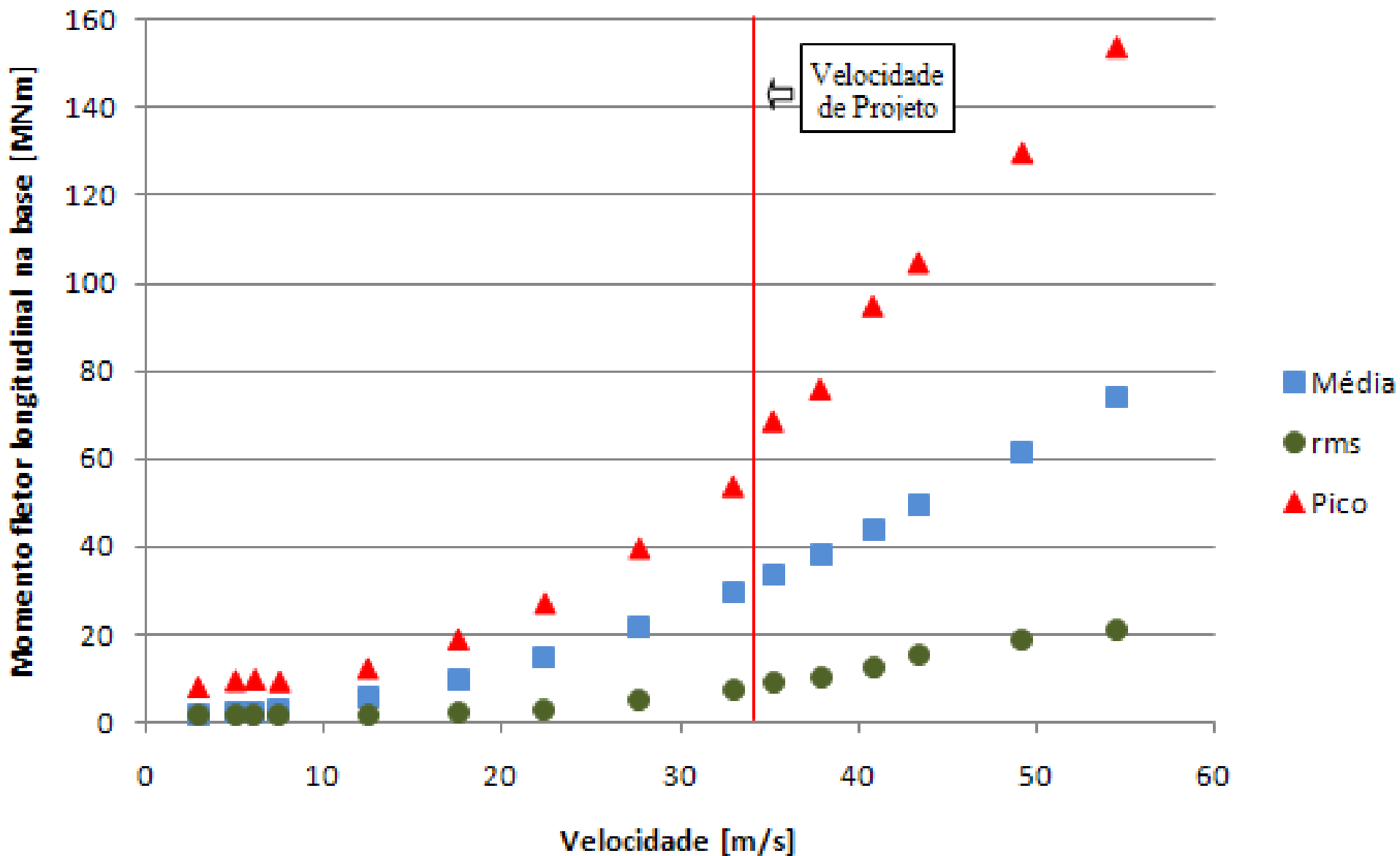
**Momentos fletores transversais na base da chaminé em função da velocidade do vento no topo da estrutura. Configuração isolada.**



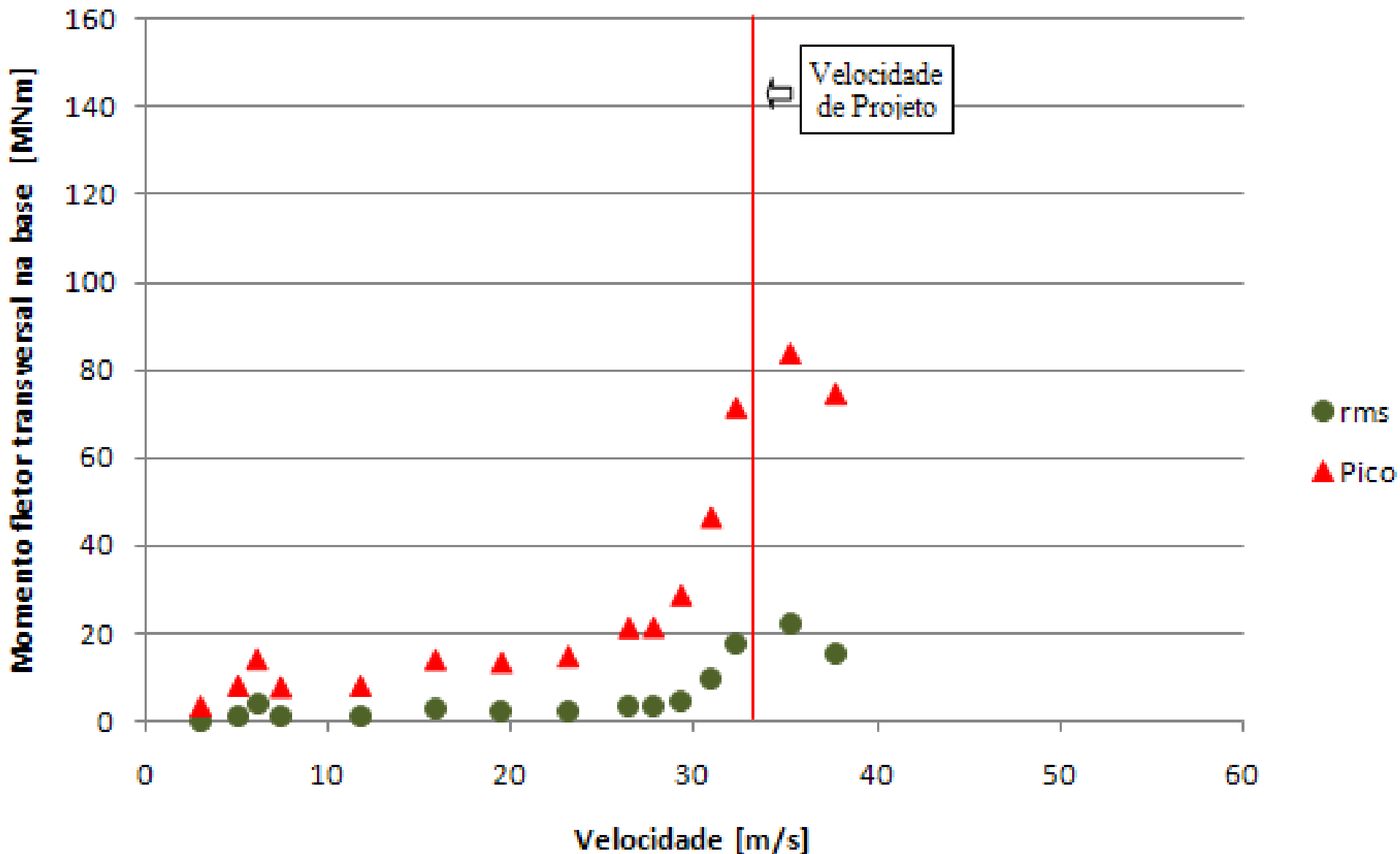








**Momentos fletores longitudinais na base da chaminé em função da velocidade do vento no topo da estrutura. Vizinhança – 345 graus.**

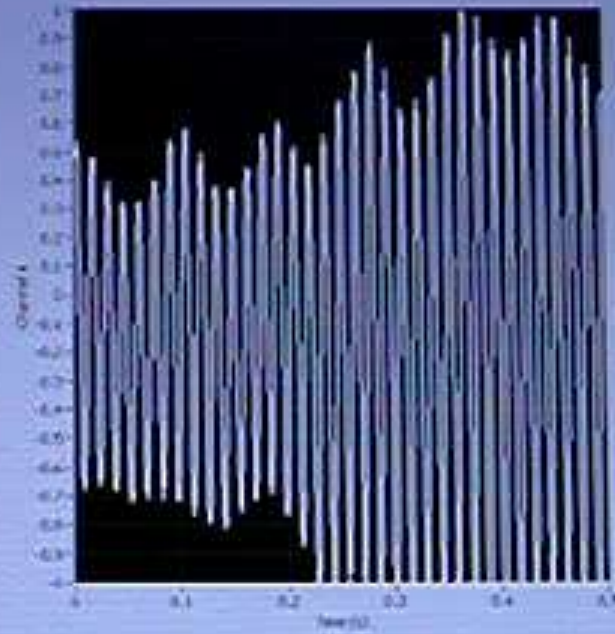
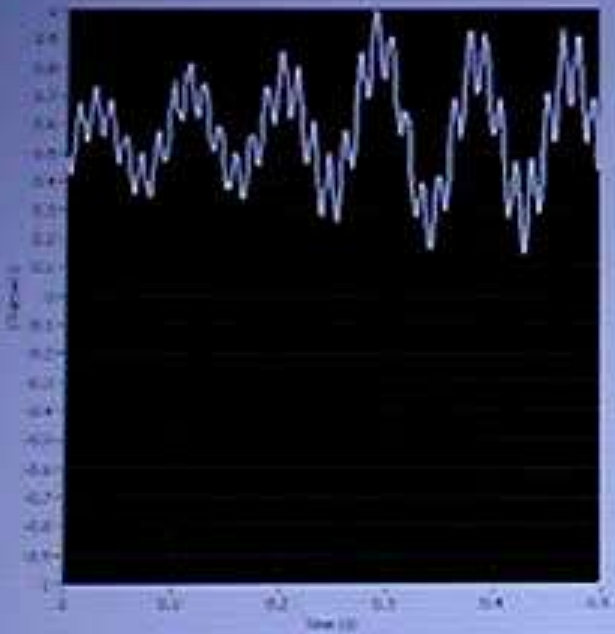


**Momentos fletores transversais na base da chaminé em função da velocidade do vento no topo da estrutura. Vizinhança – 345 graus.**





Run  Acquiring  Stopped  Paused



**Ch. 0 Invt**

Input 1:

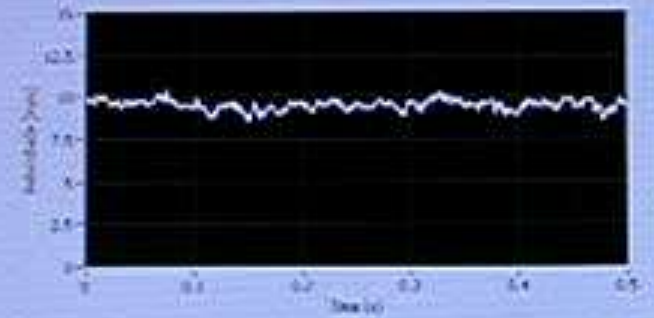
**Ch. 1 Invt**

Input 1:

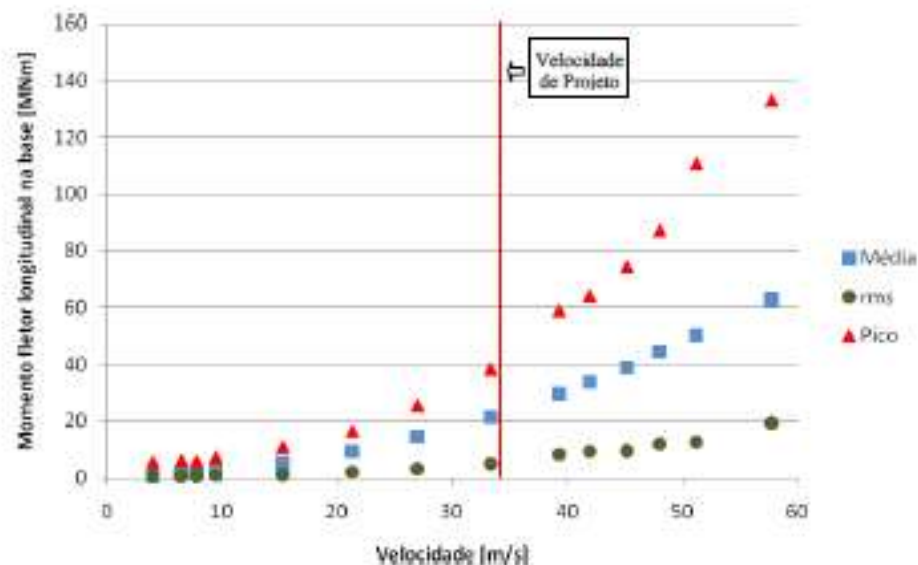
**Ch. 2 Invt**

Input 2:

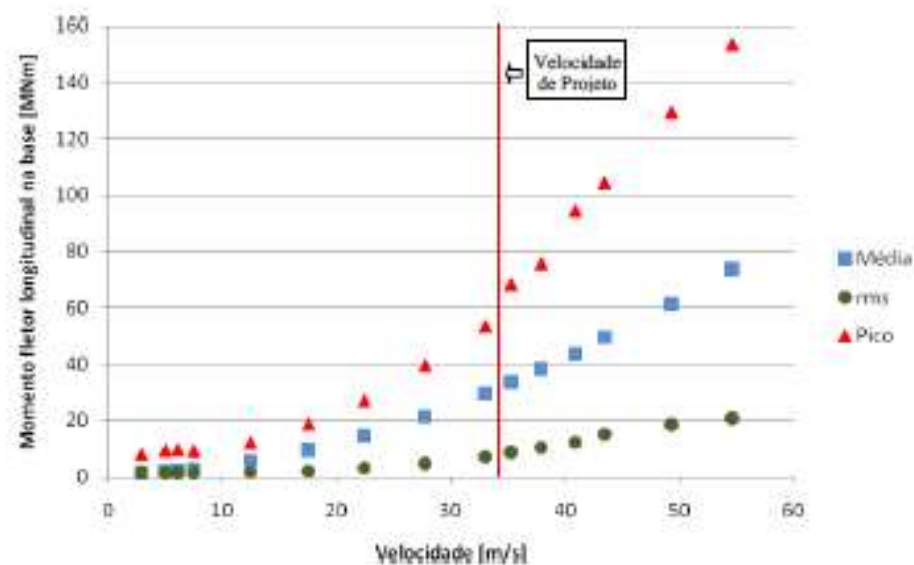
Input 1:



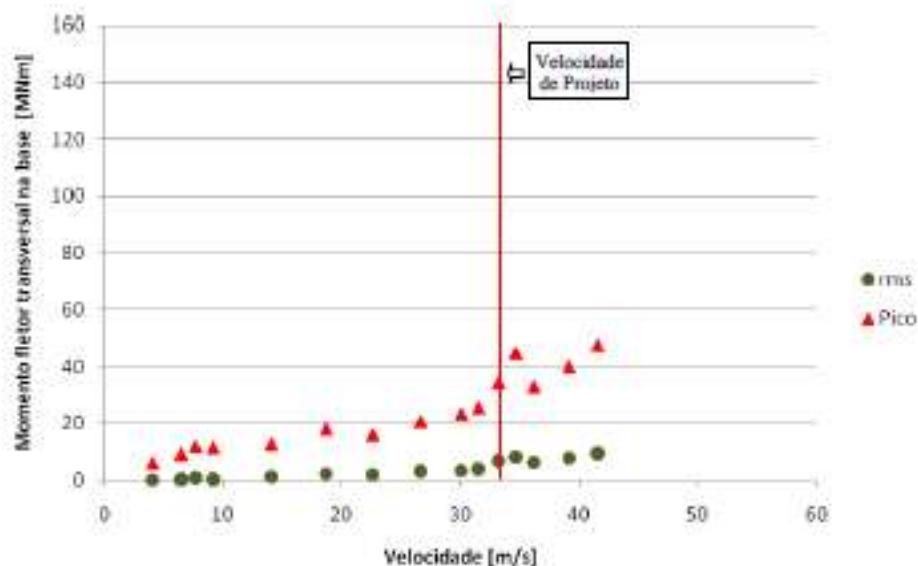




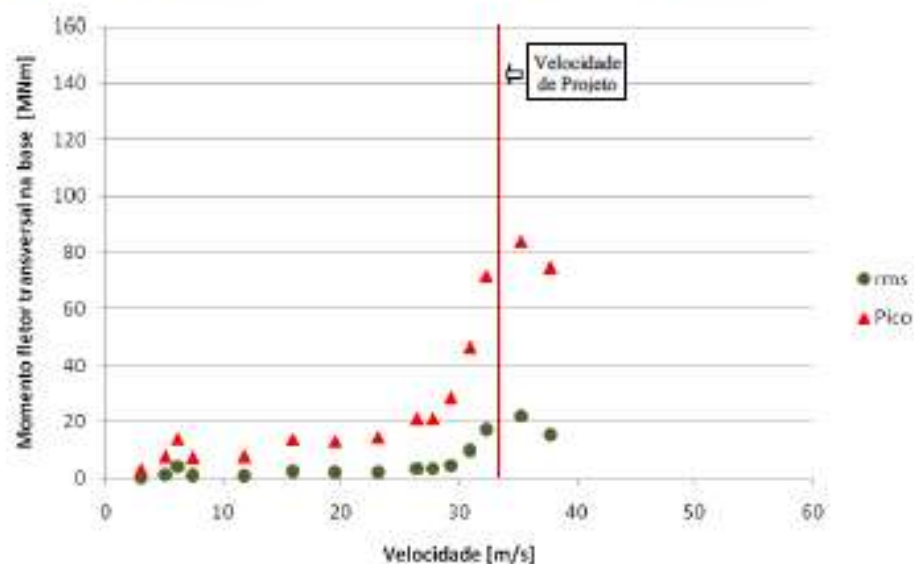
Momento fletor longitudinal na base da chaminé em função da velocidade do vento no topo da estrutura. Configuração com vizinhança. Ângulo de incidência do vento: 105°.



Momento fletor longitudinal na base da chaminé em função da velocidade do vento no topo da estrutura. Configuração com vizinhança. Ângulo de incidência do vento: 345°.



Momento fletor transversal na base da chaminé em função da velocidade do vento no topo da estrutura. Configuração com vizinhança. Ângulo de incidência do vento: 105°.



Momento fletor transversal na base da chaminé em função da velocidade do vento no topo da estrutura. Configuração com vizinhança. Ângulo de incidência do vento: 345°.

# COMENTÁRIOS FINAIS E CONCLUSÕES

Observa-se que, excetuando-se a incidência de  $345^\circ$ , os esforços calculados através da NBR-6123 não são superados.

Conclui-se que a metodologia indicada está adequada para estruturas isoladas ou em configurações construtivas que não sofram influências aerodinâmicas significativas de estruturas vizinhas.

A ocorrência da exceção devida à vizinhança justificaria a consideração da influência da direção do vento na determinação da velocidade de projeto. A NBR-6123 apresenta velocidades básicas que não levam em conta este fator direcional.

A disponibilidade de dados meteorológicos que indiquem ser os ventos extremos não oriundos da pior direção aerodinâmica, poderia eventualmente justificar a aceitação das condições de segurança estrutural.



# NBR-6123 - Brazilian Wind Code

$$OLD \rightarrow F = q C A$$

$$NEW \rightarrow P = q C F_V$$

$$q = 0.613 V_k^2$$

$C$  = Aerod Coeff

$F_V$  = Vicinity Factor ( $\leq 1.3$ )

$$V_k = V_o S_1 S_2 S_3$$

$V_o$  : basic wind speed (3s, 10m heigth, open terrain, 50year)

$S_1$  : topographic factor

$S_2$  : terrain roughness, building dimensions and heigth above terrain

$S_3$  : statistical factor



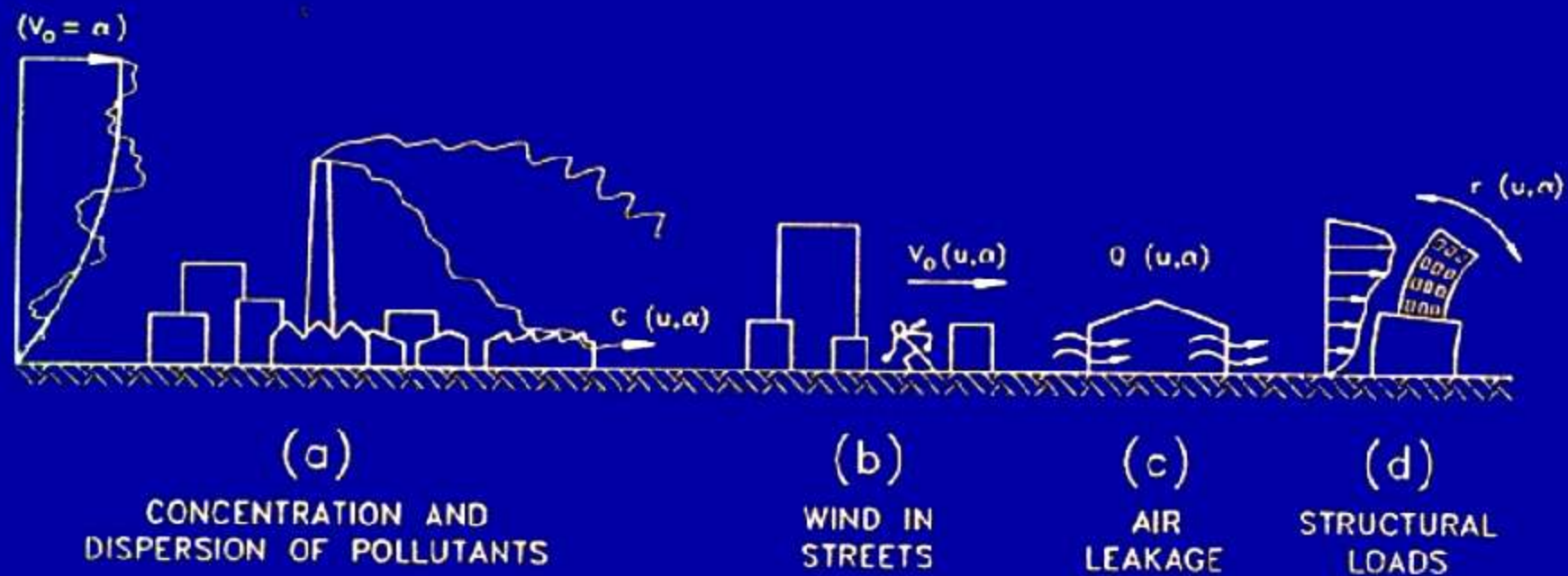
L A C

LABORATÓRIO  
DE AERODINÂMICA  
DAS CONSTRUÇÕES

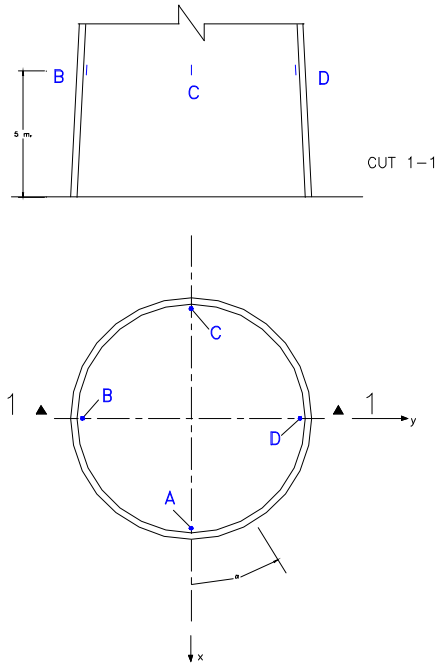




## Wind Effects in Cities:

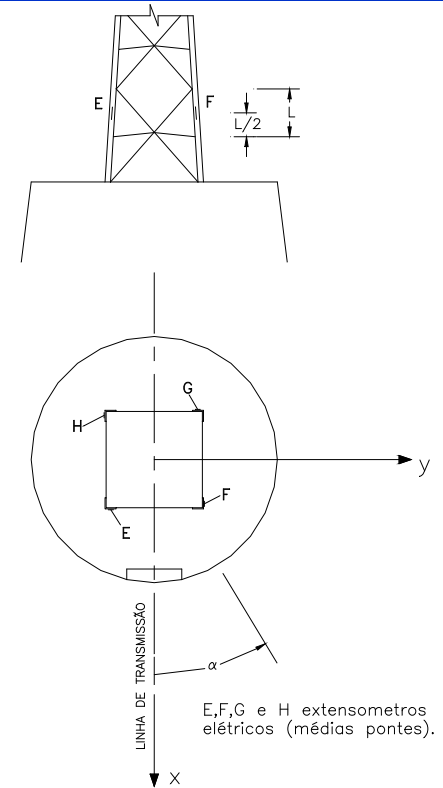


# Sistema de aquisição e Processamento de dados

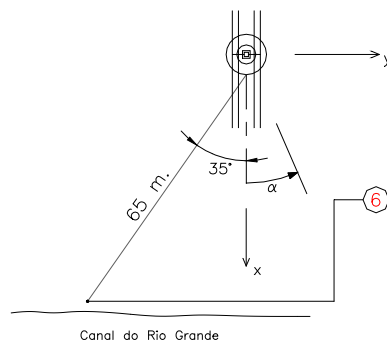


A,B,C e D extensômetros elétricos (médias pontes)

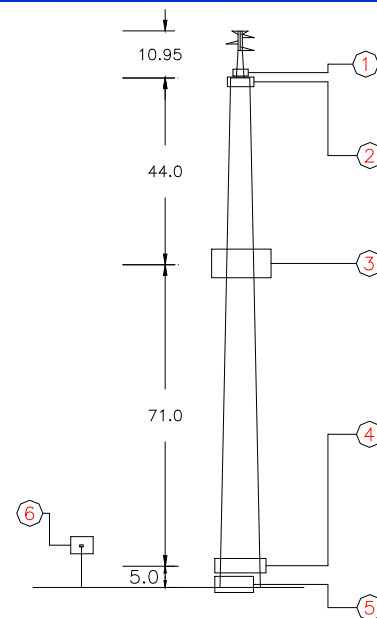
## Localização dos sensores



E,F,G e H extensômetros elétricos (médias pontes).



Canal do Rio Grande



## Disposição do sistema

***Base de Inteligência e Tecnologia - CLARO, Porto Alegre - RS***



Túnel de Vento *Prof. Joaquim Blessmann*

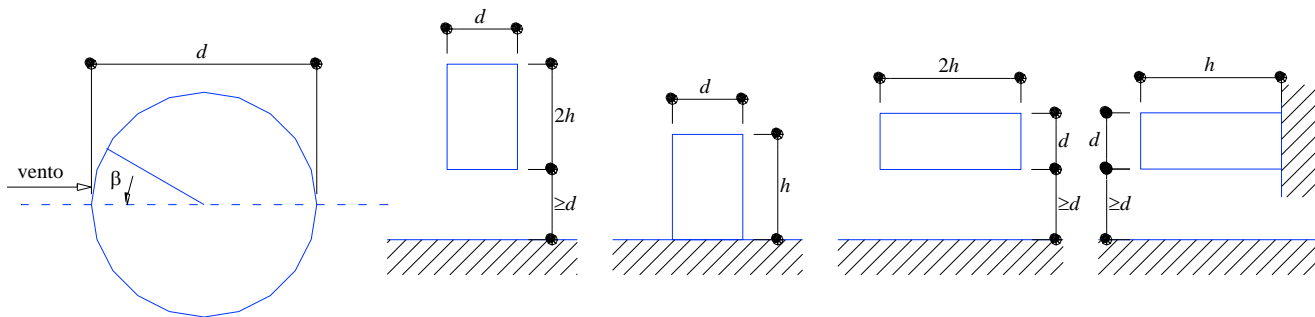


## □ Modelagem aerolástica

(réplica ou equivalente)

- Modelo flexível construído com similaridade quanto às propriedades dinâmicas (massa, rigidez, modos e frequências naturais de vibração livre).
- Aplicável quando além de resposta ressonante se espera um certo grau de interação fluido-estrutura.
- Instrumentação feita com acelerômetros e/ou extensômetros elétricos, permite a medição direta da resposta dinâmica.
- É a técnica mais dispendiosa em termos de tempo e custos de execução.

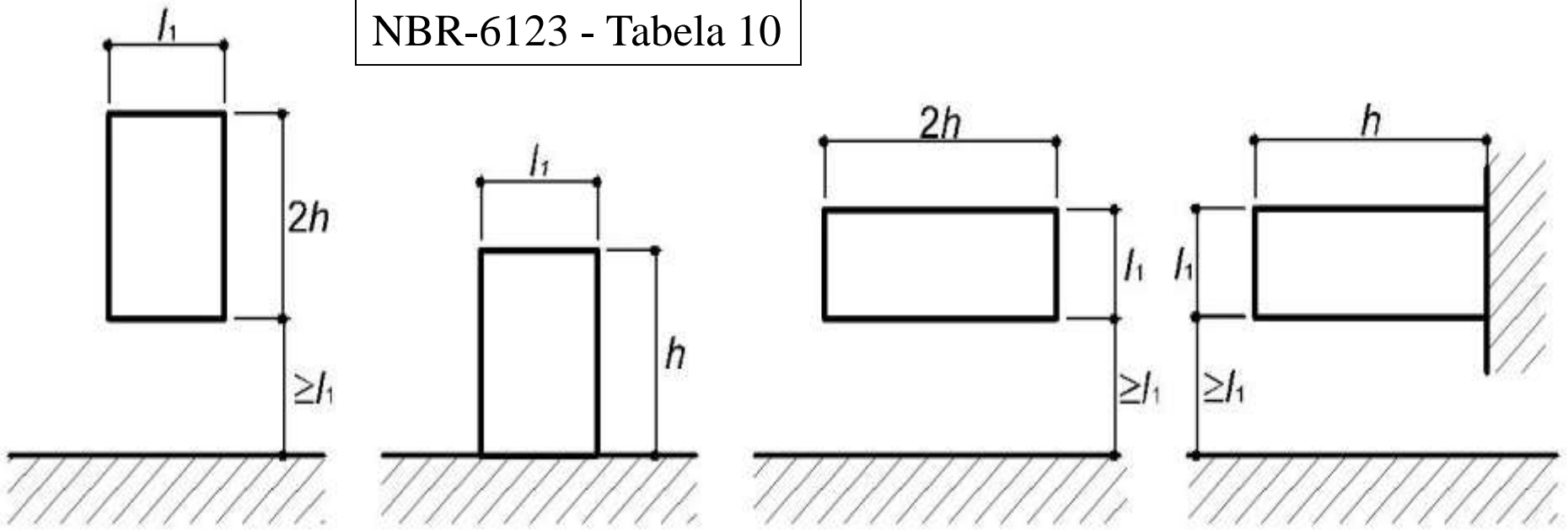
(⇒ cargas experimental + resposta experimental)

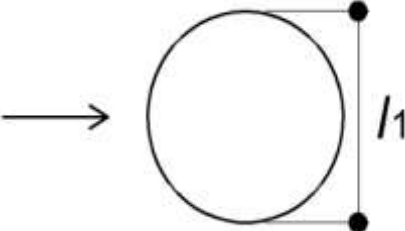


NBR-6123  
Tabela 9

$\beta$	Coeficiente de pressão externa $C_{pe}$			
	Superfície rugosa ou com saliências		Superfície lisa	
	$h/d = 10$	$h/d = 2,5$	$h/d = 10$	$h/d = 2,5$
$0^\circ$	+1,0	+1,0	+1,0	+1,0
$10^\circ$	+0,9	+0,9	+0,9	+0,9
$20^\circ$	+0,7	+0,7	+0,7	+0,7
$30^\circ$	+0,4	+0,4	+0,35	+0,35
$40^\circ$	0	0	0	0
$50^\circ$	-0,5	-0,4	-0,7	-0,5
$60^\circ$	-0,95	-0,8	-1,2	-1,05
$70^\circ$	-1,25	-1,1	-1,4	-1,25
$80^\circ$	-1,2	-1,05	-1,45	-1,3
$90^\circ$	-1,0	-0,85	-1,4	-1,2
$100^\circ$	-0,8	-0,65	-1,1	-0,85
$120^\circ$	-0,5	-0,35	-0,6	-0,4
$140^\circ$	-0,4	-0,3	-0,35	-0,25
$160^\circ$	-0,4	-0,3	-0,35	-0,25
$180^\circ$	-0,4	-0,3	-0,35	-0,25

NBR-6123 - Tabela 10



Planta	$Re^{(A)} \times 10^{-5}$	$h/l_2$							
		1/2	1	2	5	10	20	$\infty$	
	liso (metal, concreto, alvenaria rebocada)	$\leq 3,5$	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
		$\geq 4,2$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
	com rugosidades ou saliências = $0,02 l_1$	Todos valores	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2
	com rugosidades ou saliências = $0,08 l_1$	Todos valores	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4

