

Ação e efeitos do vento em edifícios altos de concreto armado

Parte I: Resposta Estática

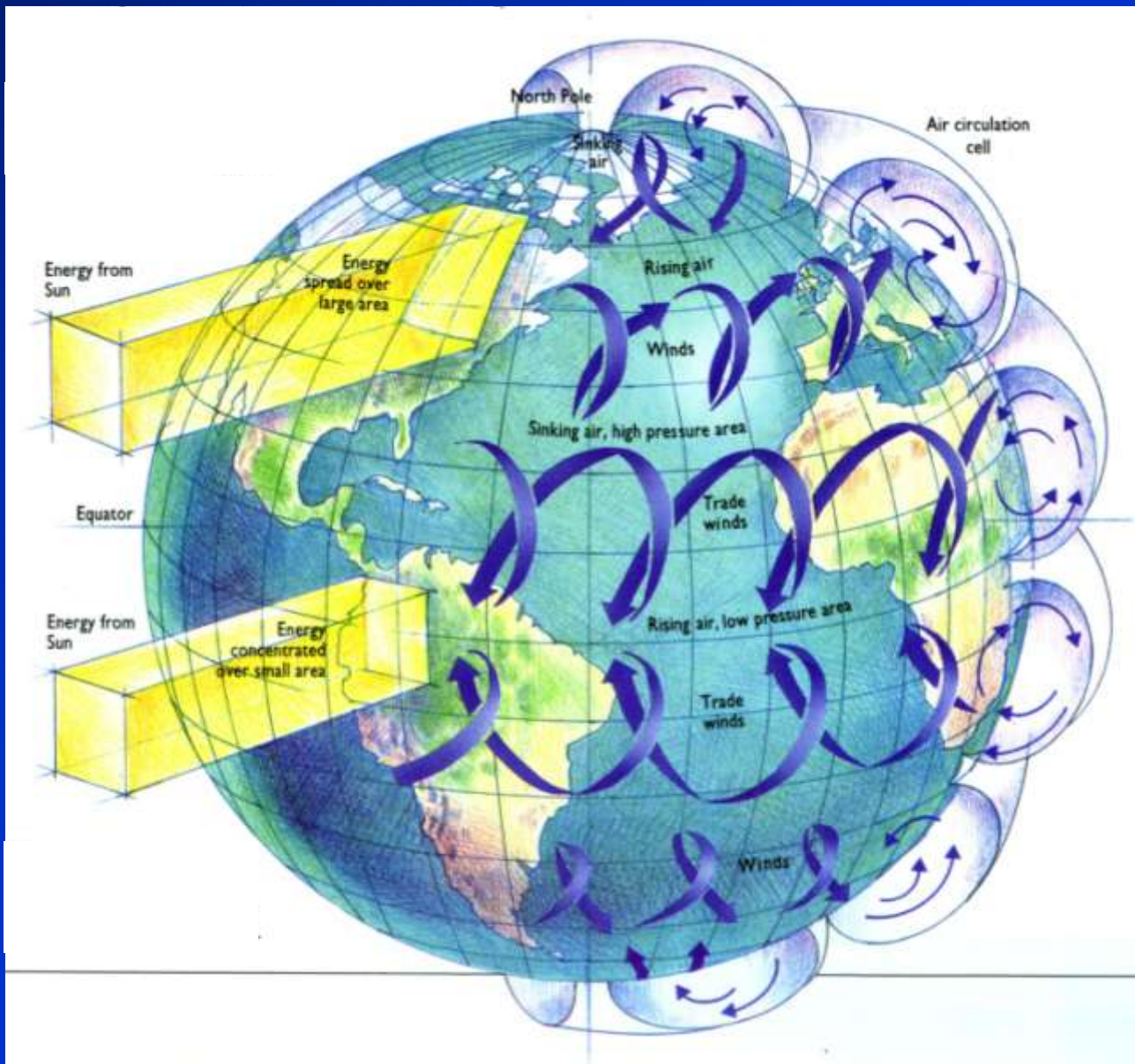


LABORATÓRIO
DE AERODINÂMICA
DAS CONSTRUÇÕES

Acir Mércio Loredou-Souza
Marcelo Maia Rocha

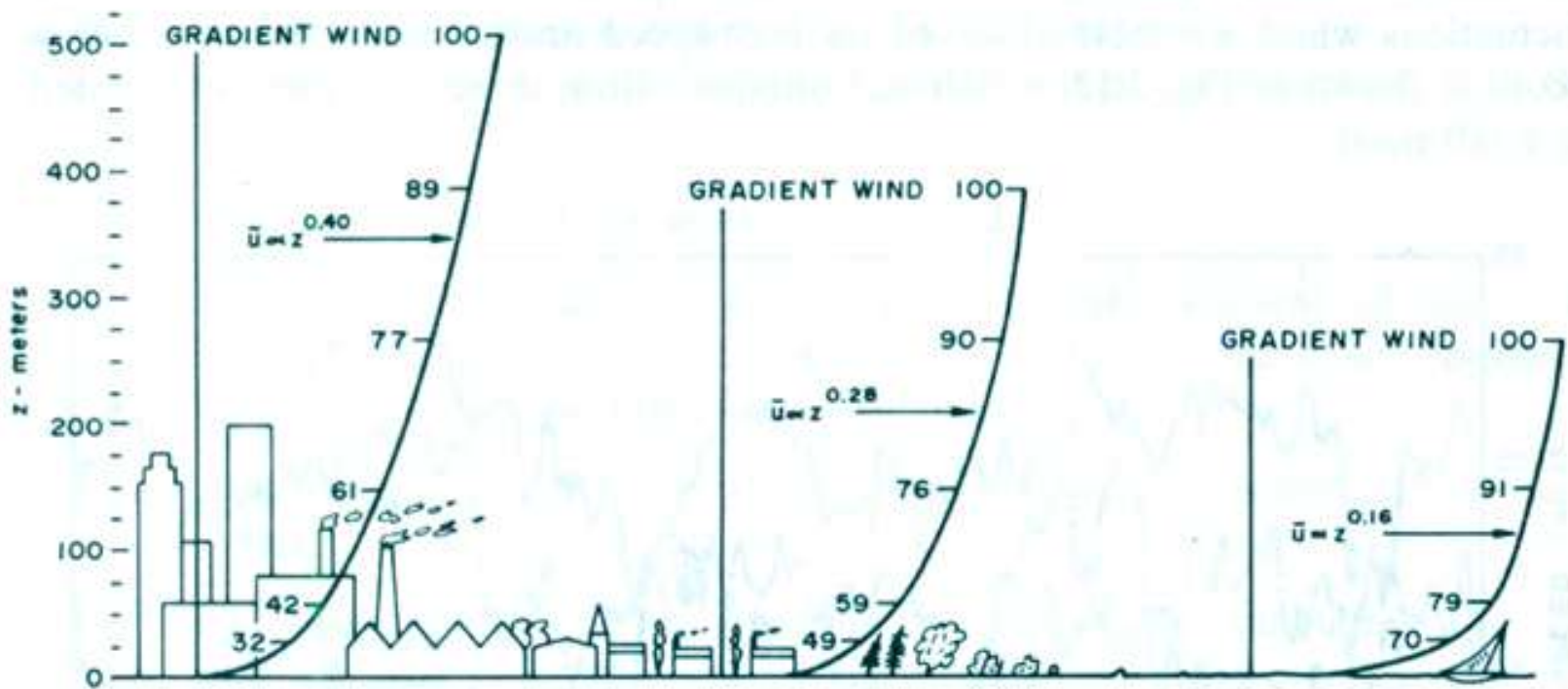


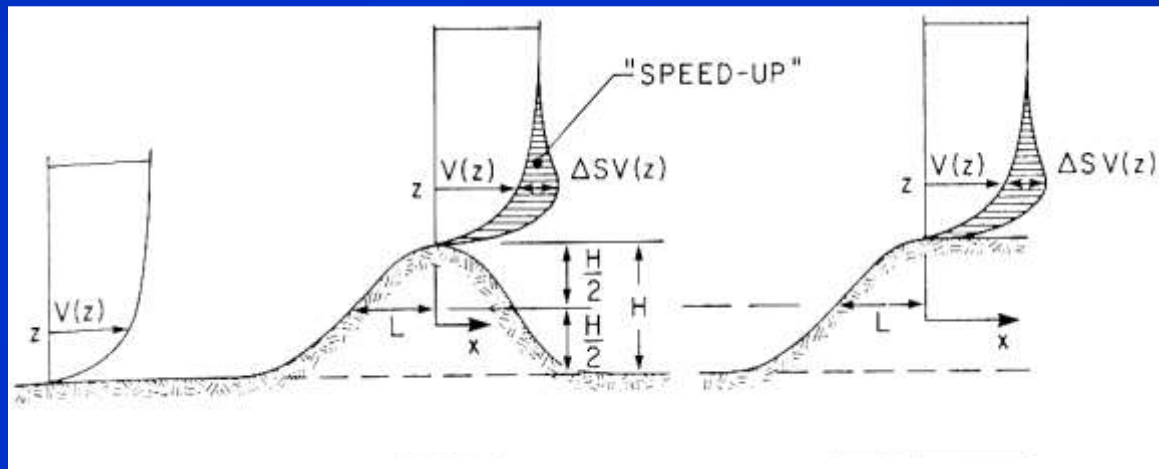
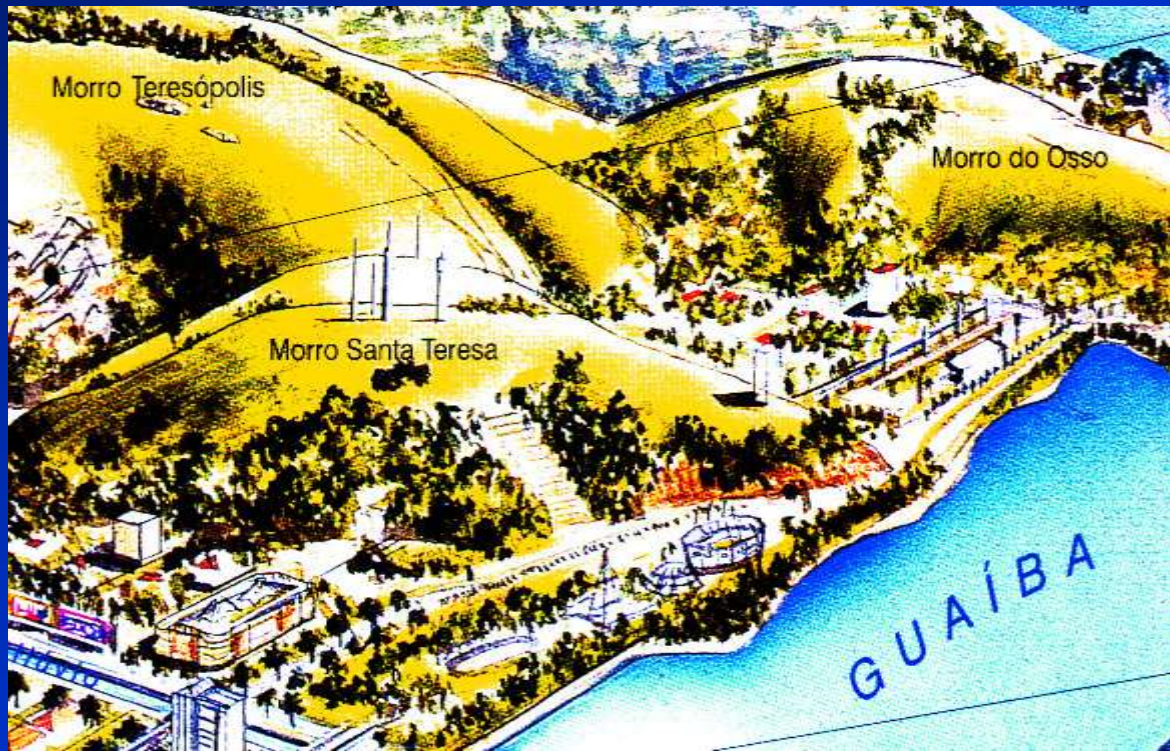
Laboratório de Aerodinâmica das Construções
Programa de Pós -Graduação em Engenharia Civil
Universidade Federal do Rio Grande do Sul



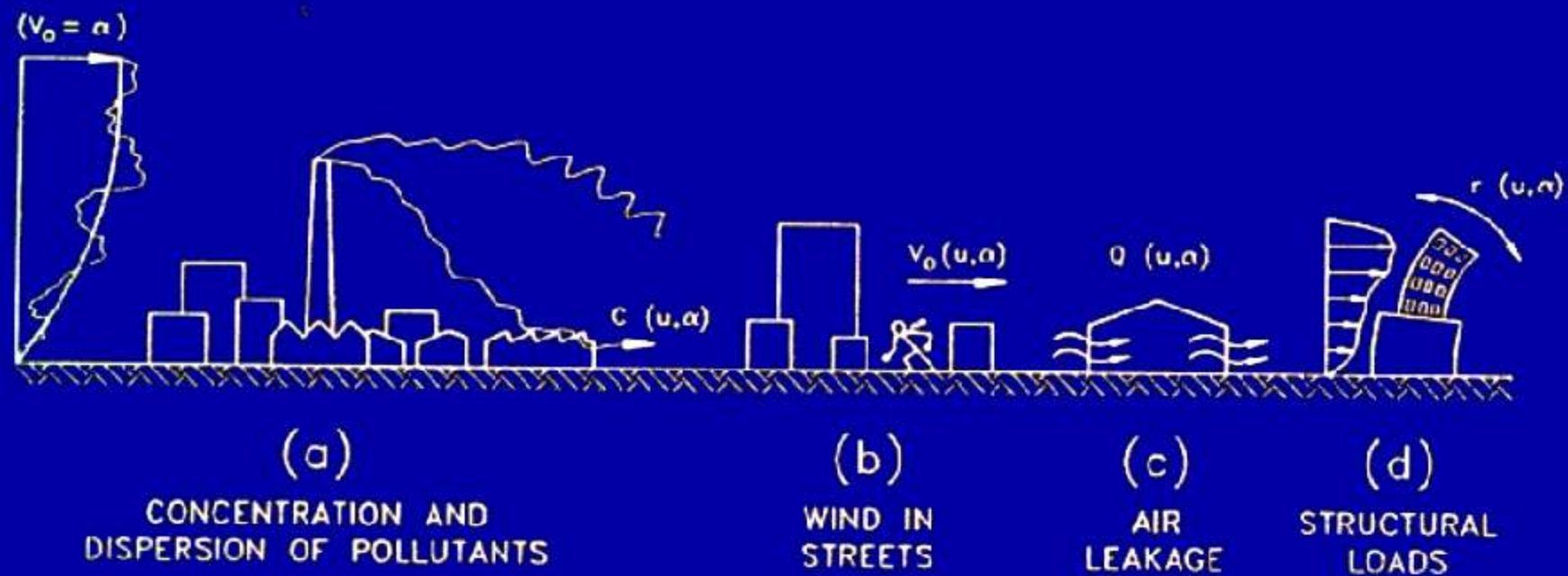


(b) Unstable air

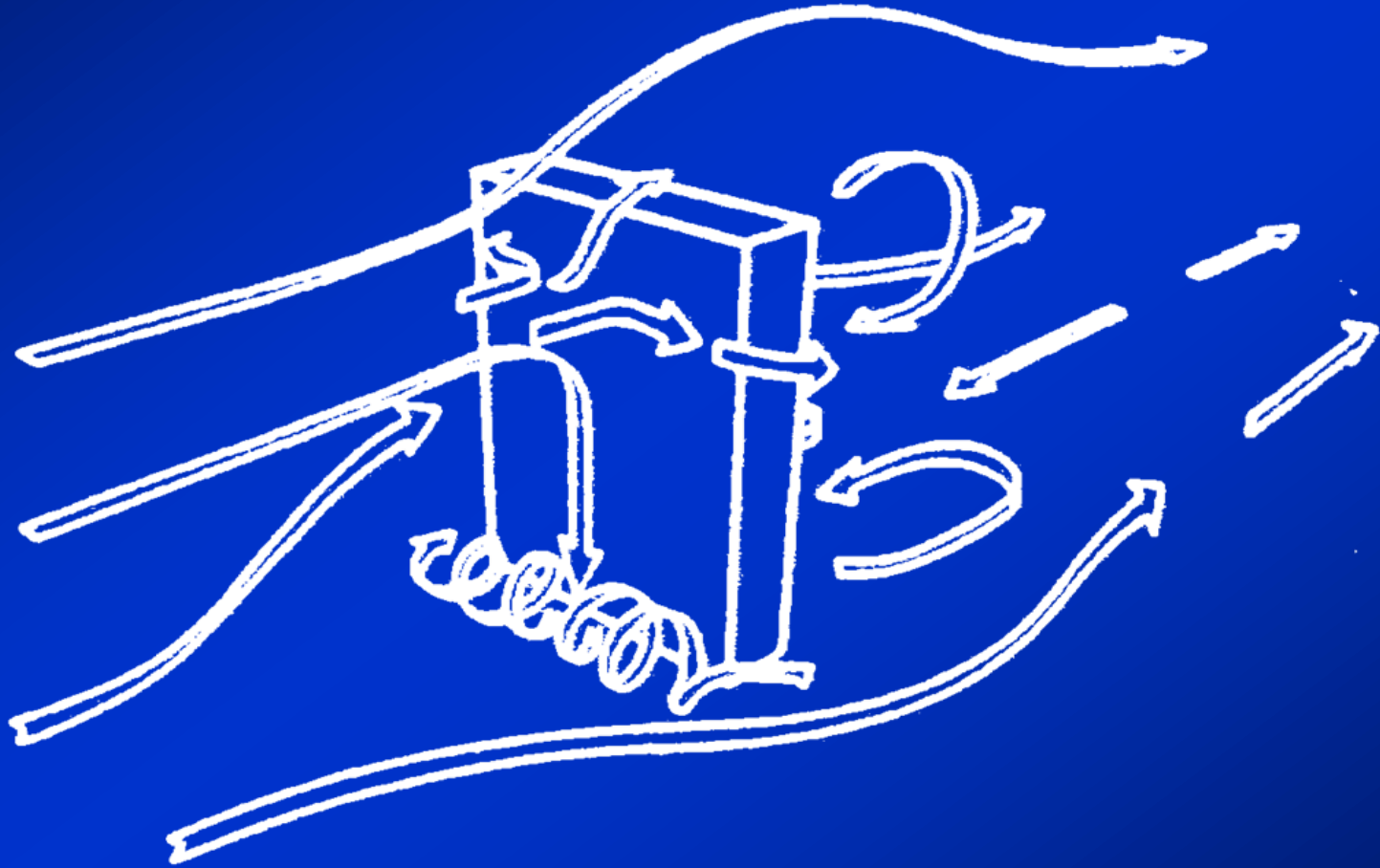




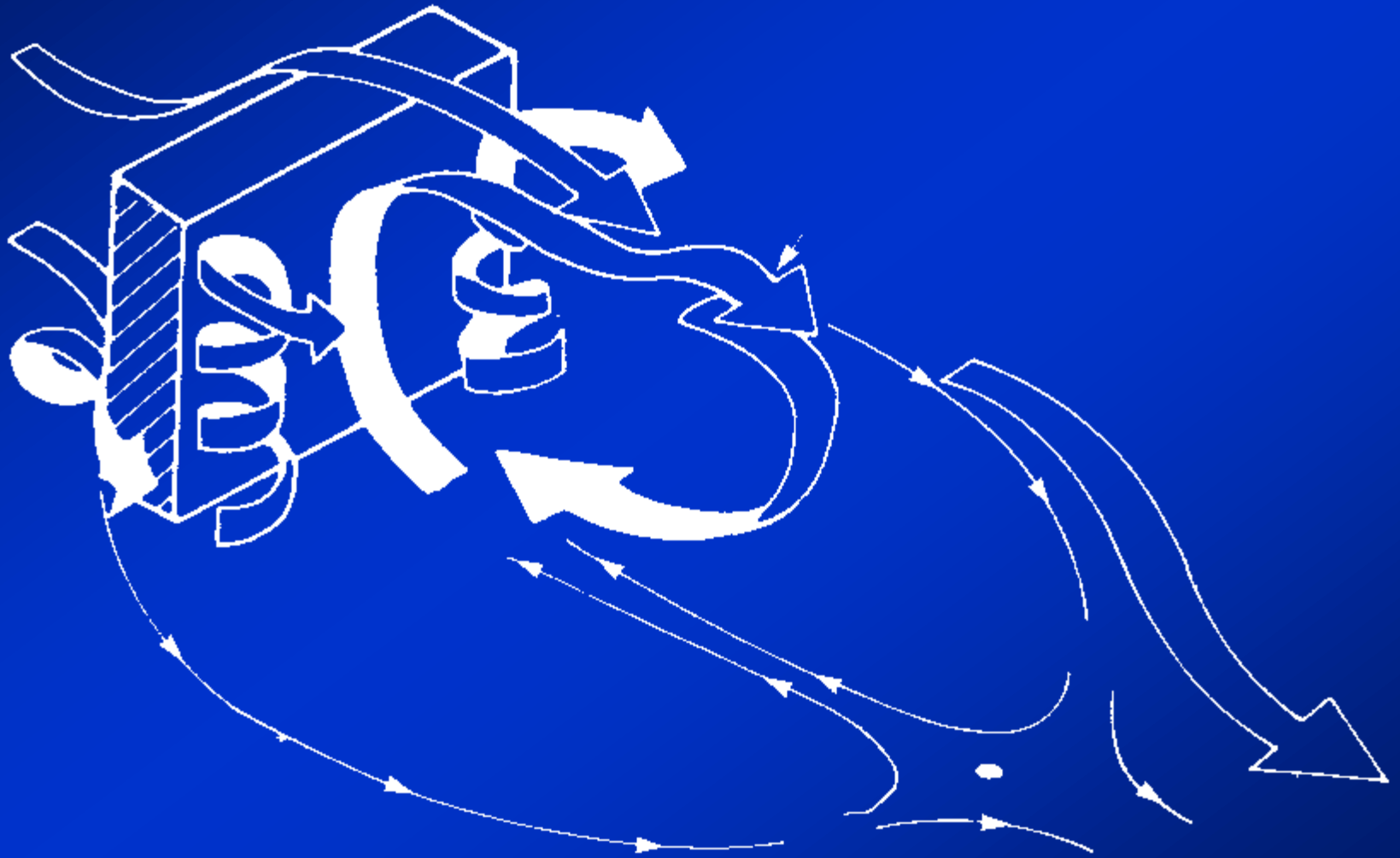
Wind Effects in Cities:



Deflexão do vento na direção vertical

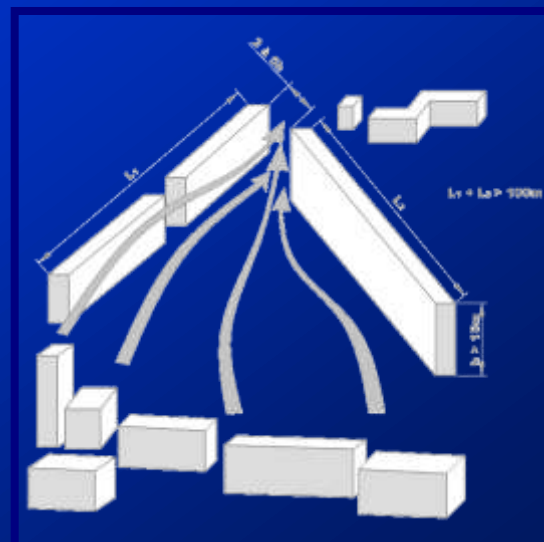
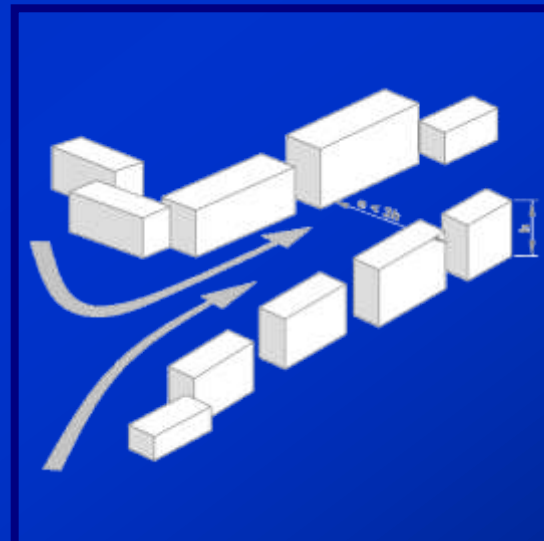
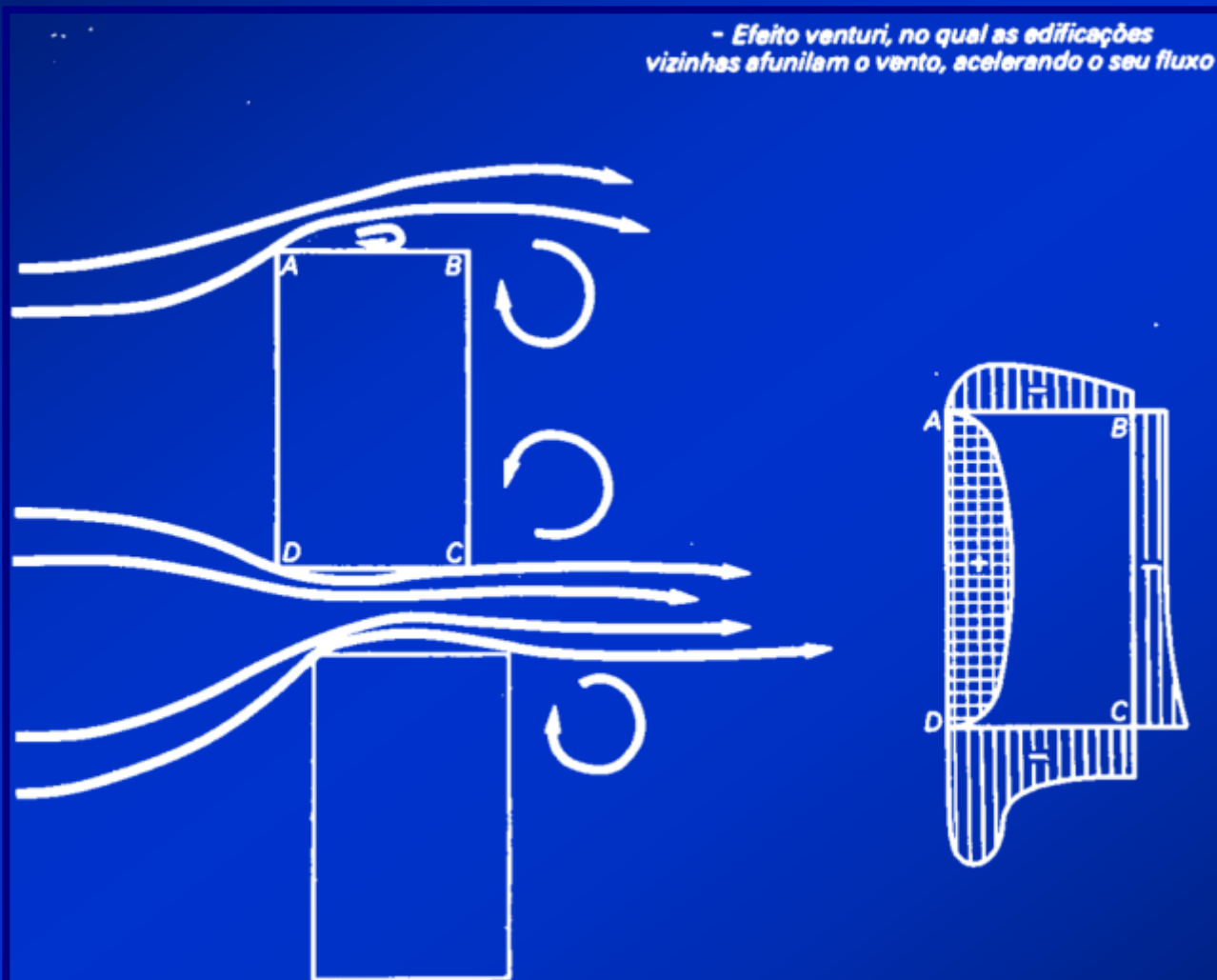


Turbulência da esteira



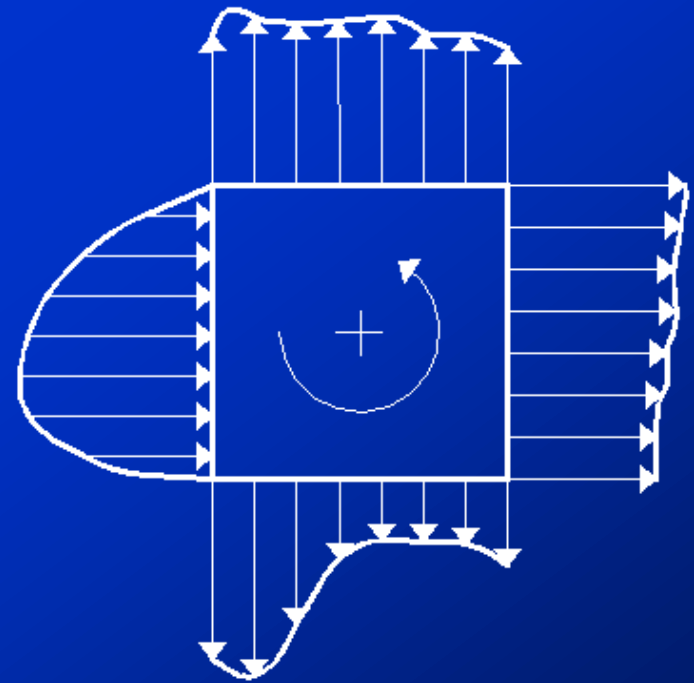
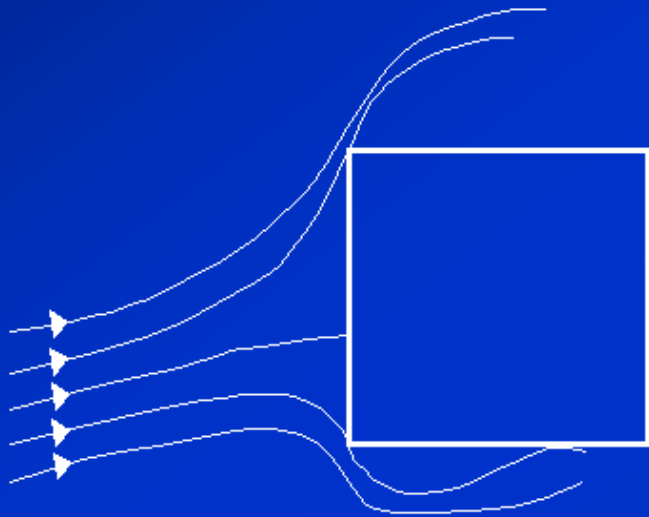
- Efeitos de vizinhança

Efeito Venturi



- Incidência do Vento
- Assimetria Estrutural

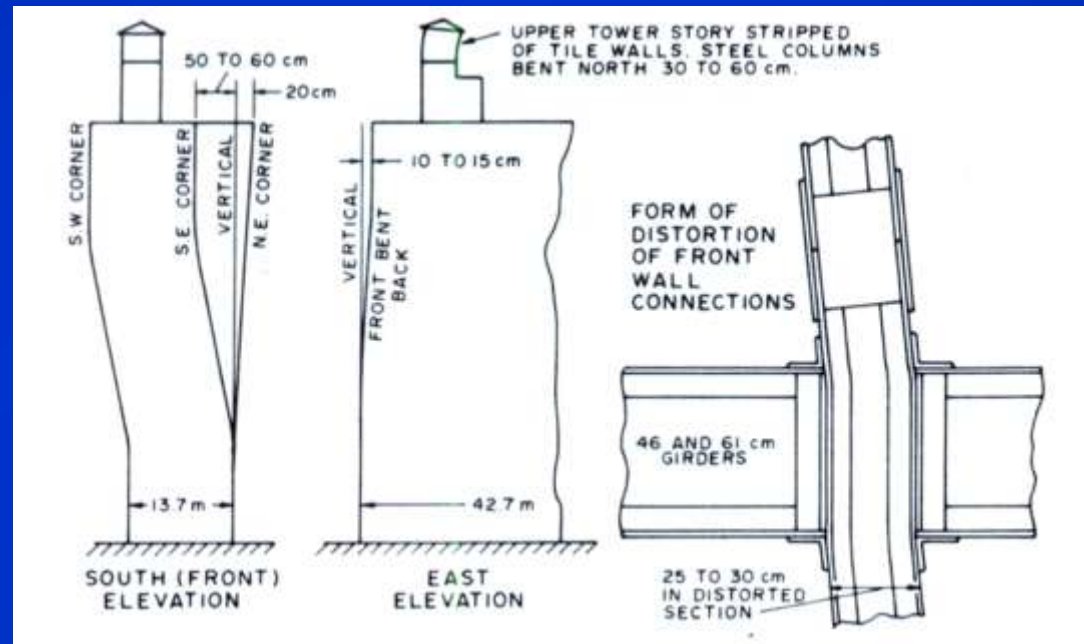
→ TORÇÃO



Colapso de edifício em construção com estrutura de aço – Toronto, Canada



- Ed. Meyer-Kiser
Miami, E.U.A.



Edifício John Hancock, Boston



NBR-6123 - Brazilian Wind Code / 1988

QUASI-STEADY APPROACH

$$F = q (C_e - C_i) A$$

$$q = 0.613 V_k^2$$

$$V_k = V_o S_1 S_2 S_3$$

V_o : basic wind speed (3s, 10m heigth, open terrain, P=0.02 annual)

S_1 : topographic factor

S_2 : terrain roughness, building dimensions and heigth above terrain

S_3 : statistical factor

NBR-6123

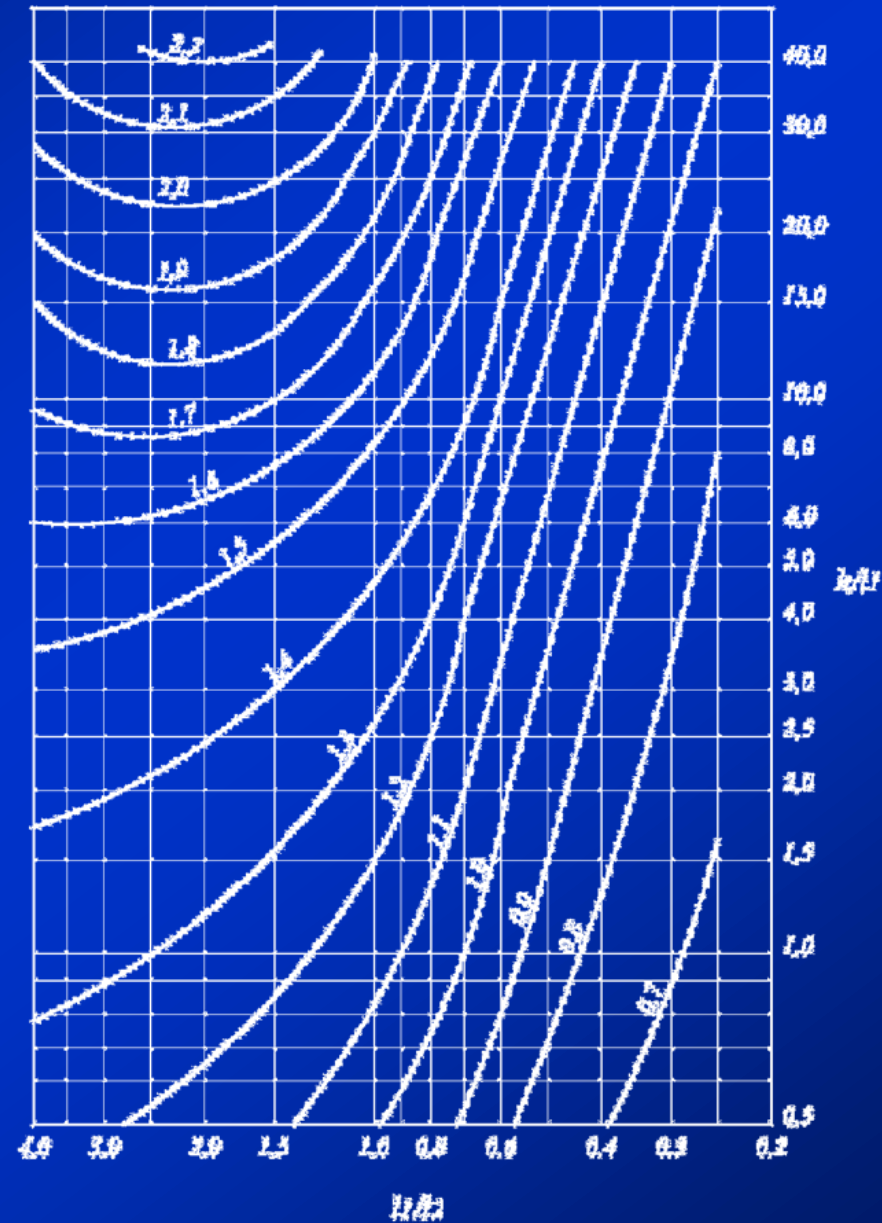
Coeficiente de arrasto C_a para edificações paralelepípedicas em vento de baixa turbulência



Fator de efeito de vizinhança:

$$FV = \frac{C \text{ na edificação com vizinhança}}{C \text{ na edificação isolada}}$$

$FV = 1,3$ (valor limite)



NBR-6123

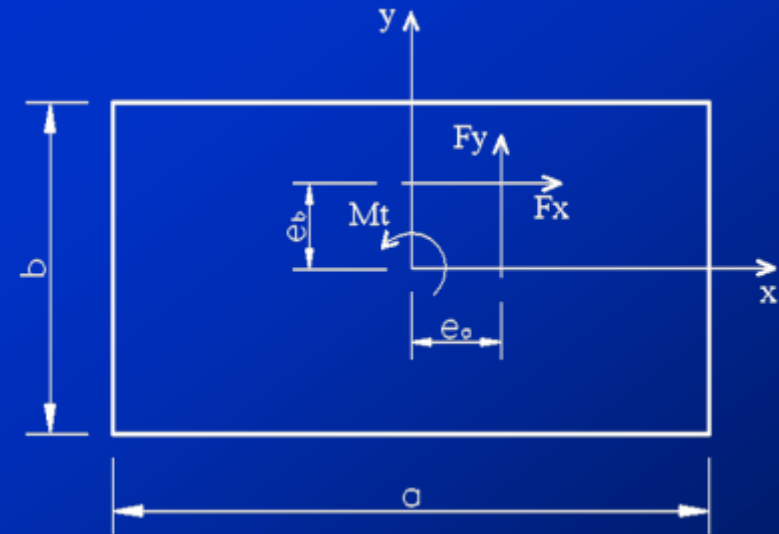
A torção é calculada considerando as seguintes excentricidades, em relação ao eixo vertical geométrico:

- edificação sem efeitos de vizinhança:

$$e_a=0,075 a \quad e \quad e_b=0,075 b$$

- edificações com efeito de vizinhança:

$$e_a=0,15 a \quad e \quad e_b=0,15 b$$



NBR-6123 - Brazilian Wind Code / 1988

QUASI-STEADY APPROACH

$$F = q (C_e - C_i) A$$

$$q = 0.613 V_k^2$$

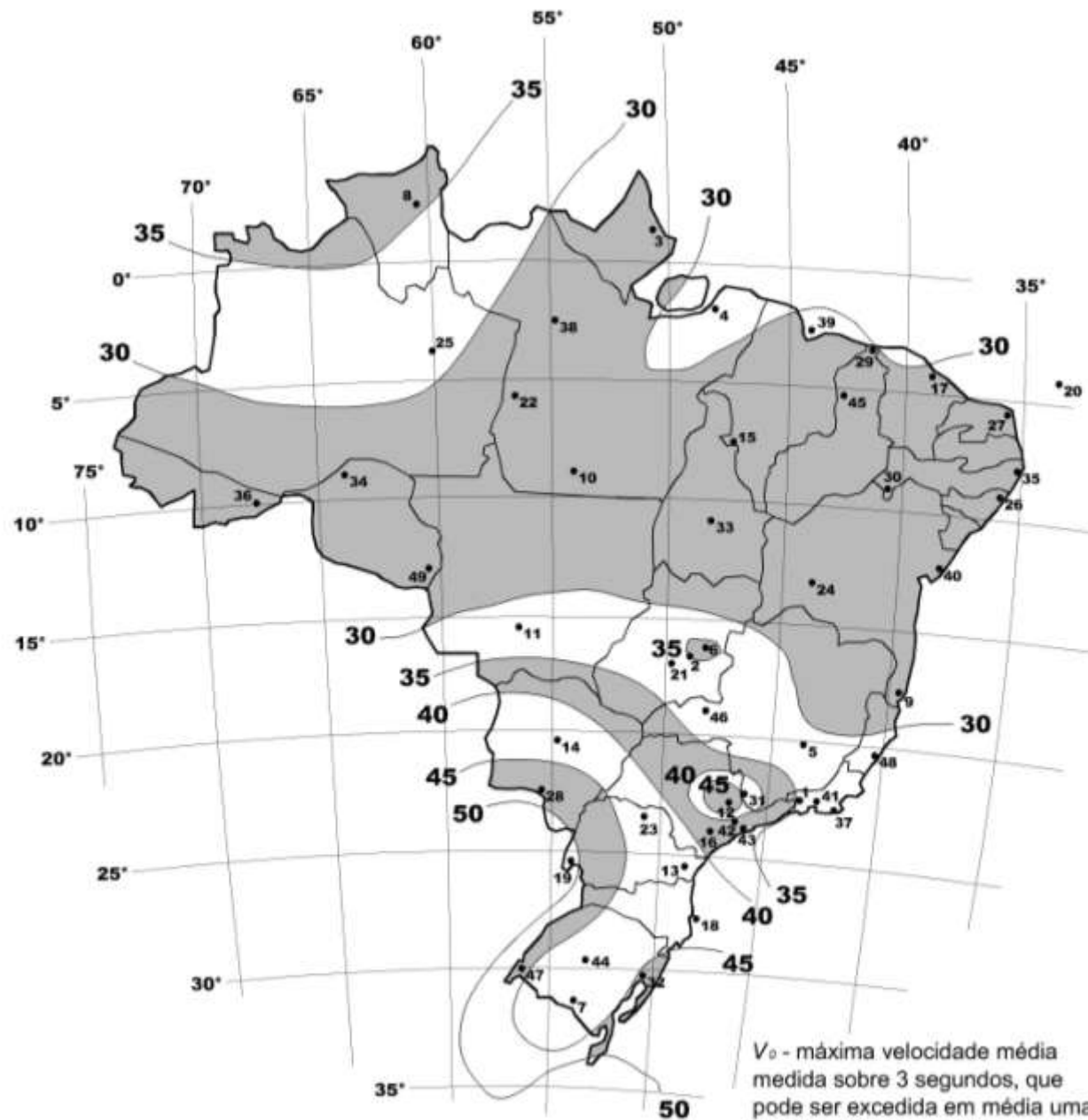
$$V_k = V_o S_1 S_2 S_3$$

V_o : basic wind speed (3s, 10m heigth, open terrain, P=0.02 annual)

S_1 : topographic factor

S_2 : terrain roughness, building dimensions and heigth above terrain

S_3 : statistical factor

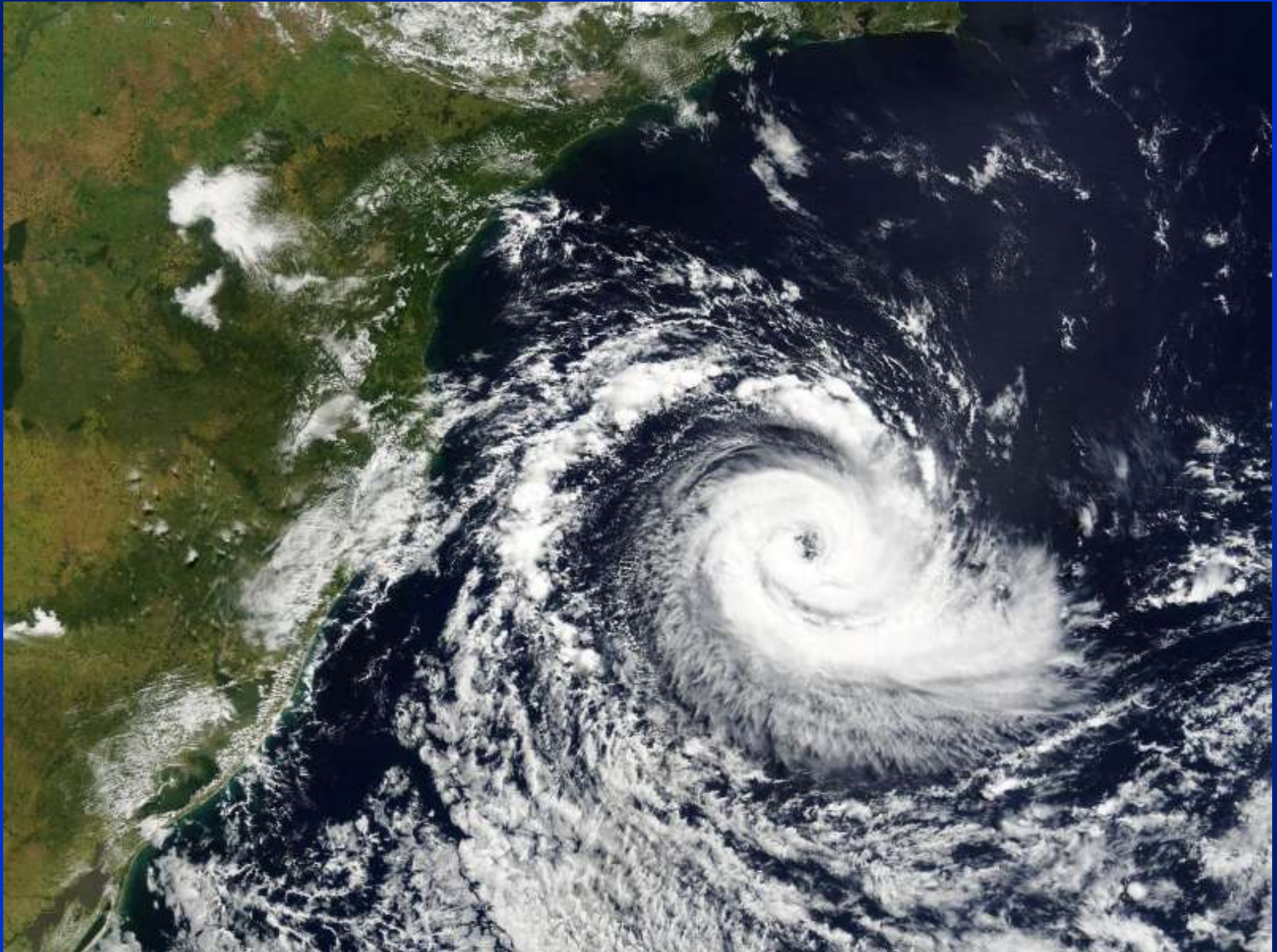


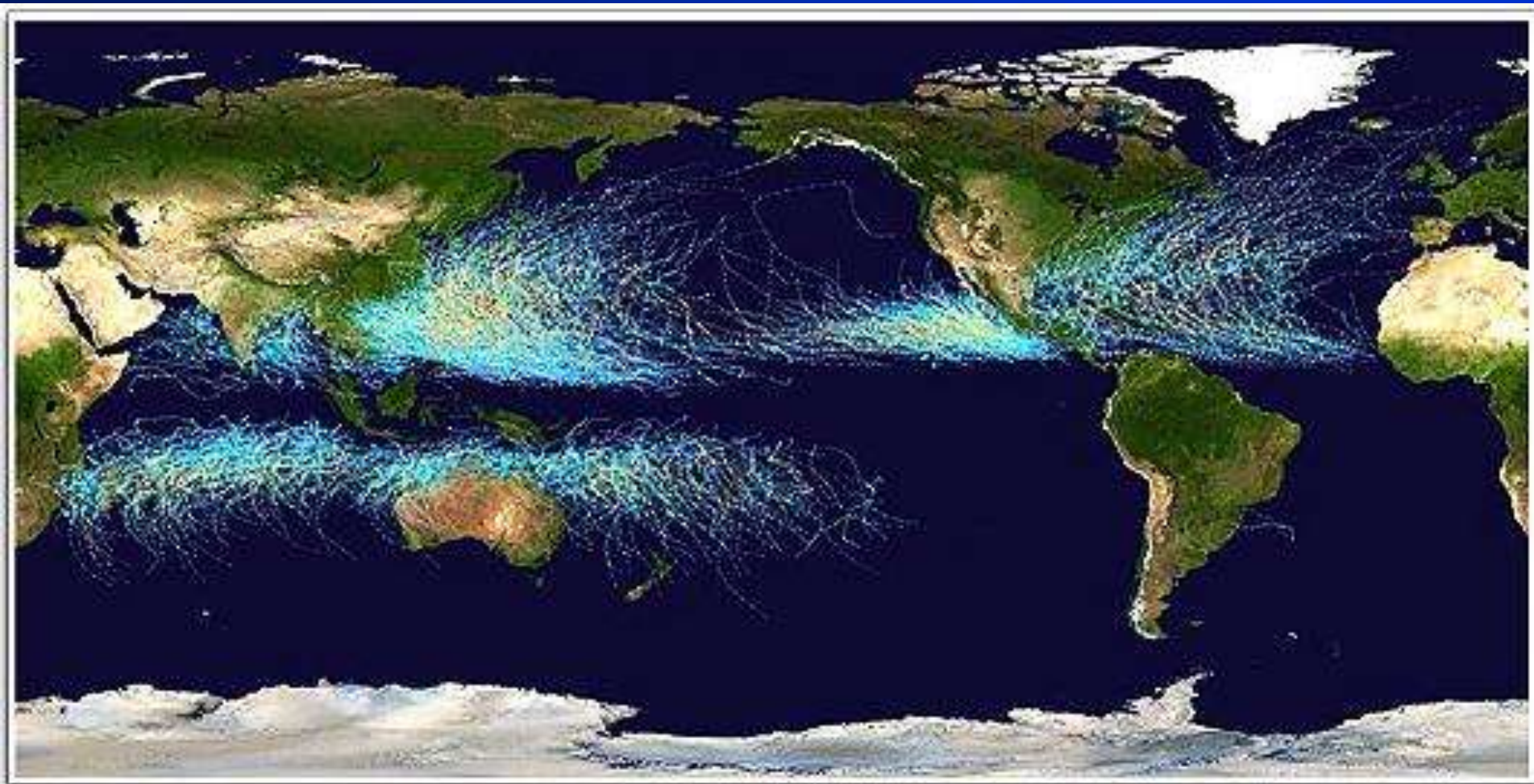
V_0 - máxima velocidade média medida sobre 3 segundos, que pode ser excedida em média uma vez em 50 anos, a 10m sobre o nível do terreno em lugar aberto e plano.

EXTREME WINDS IN BRAZIL

- Extratropical cyclones (EPS Storms)
- Downbursts (TS Winds)
- Tornadoes
- Hurricanes (?)

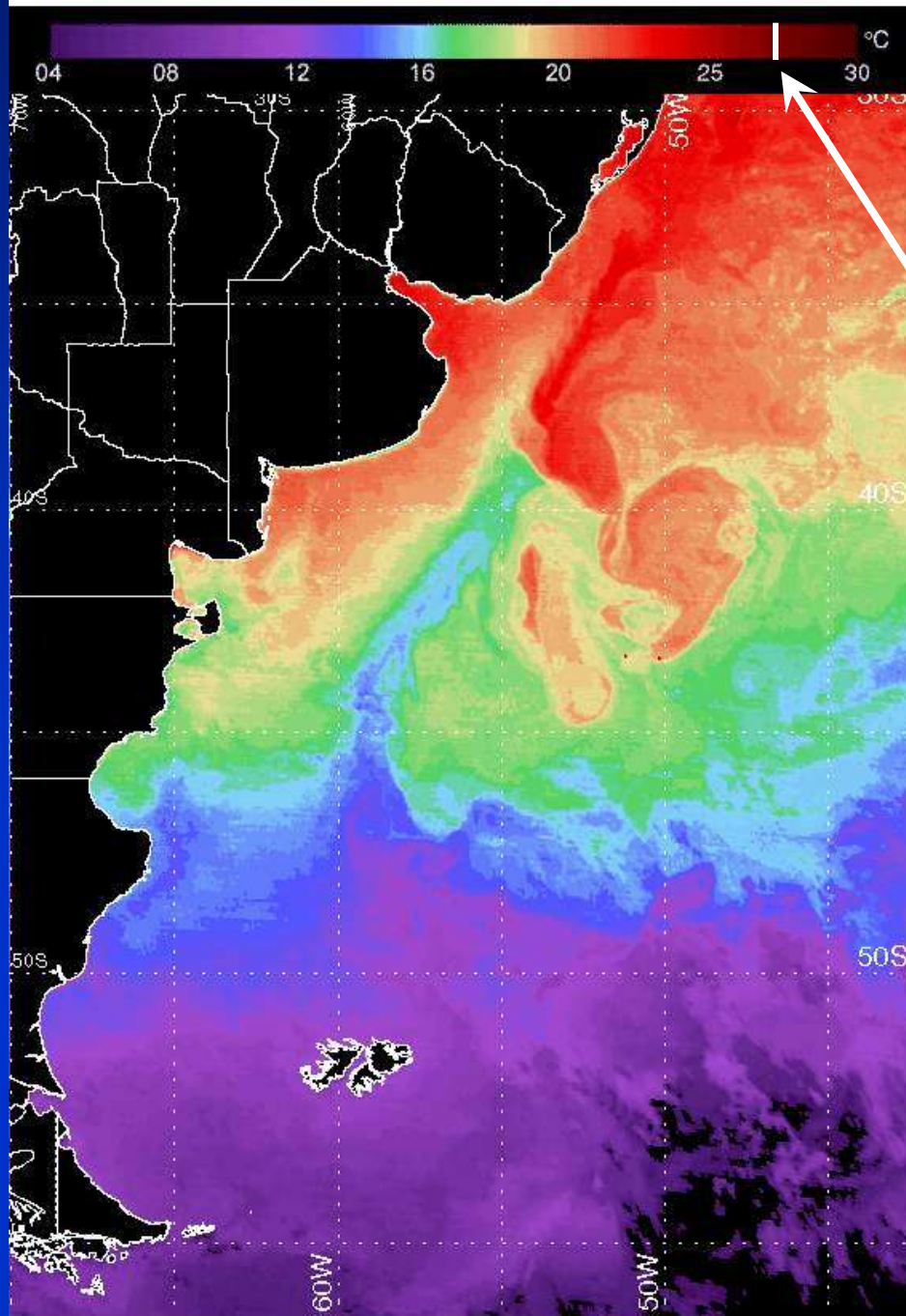
Furacões





Map of the cumulative tracks of all tropical cyclones during the 1985-2005 time period. The Pacific Ocean west of the International Date Line sees more tropical cyclones than any other basin, while there is almost no activity in the Atlantic Ocean south of the Equator. Credit: NASA

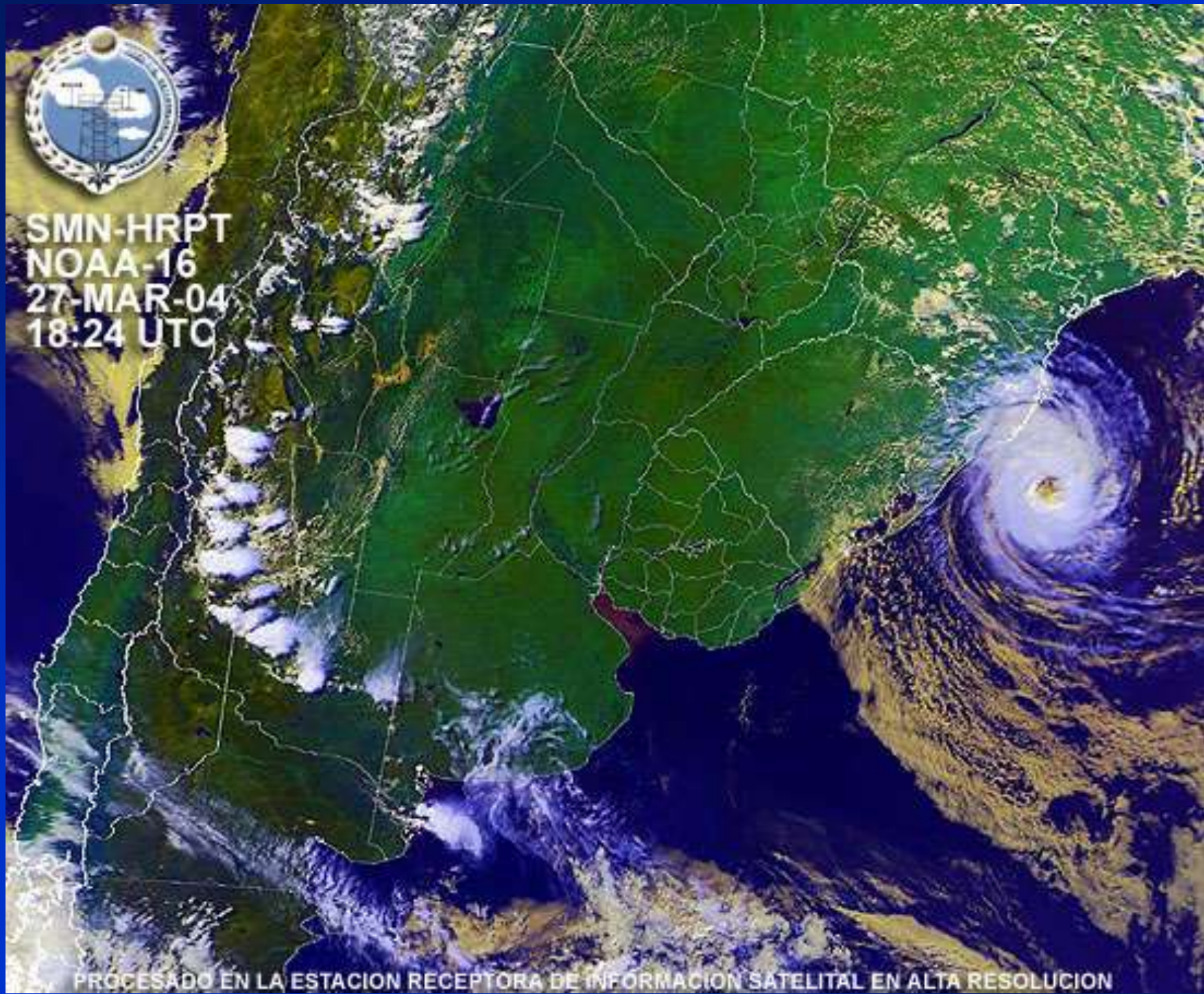
1ra. Quincena - Marzo de 2004



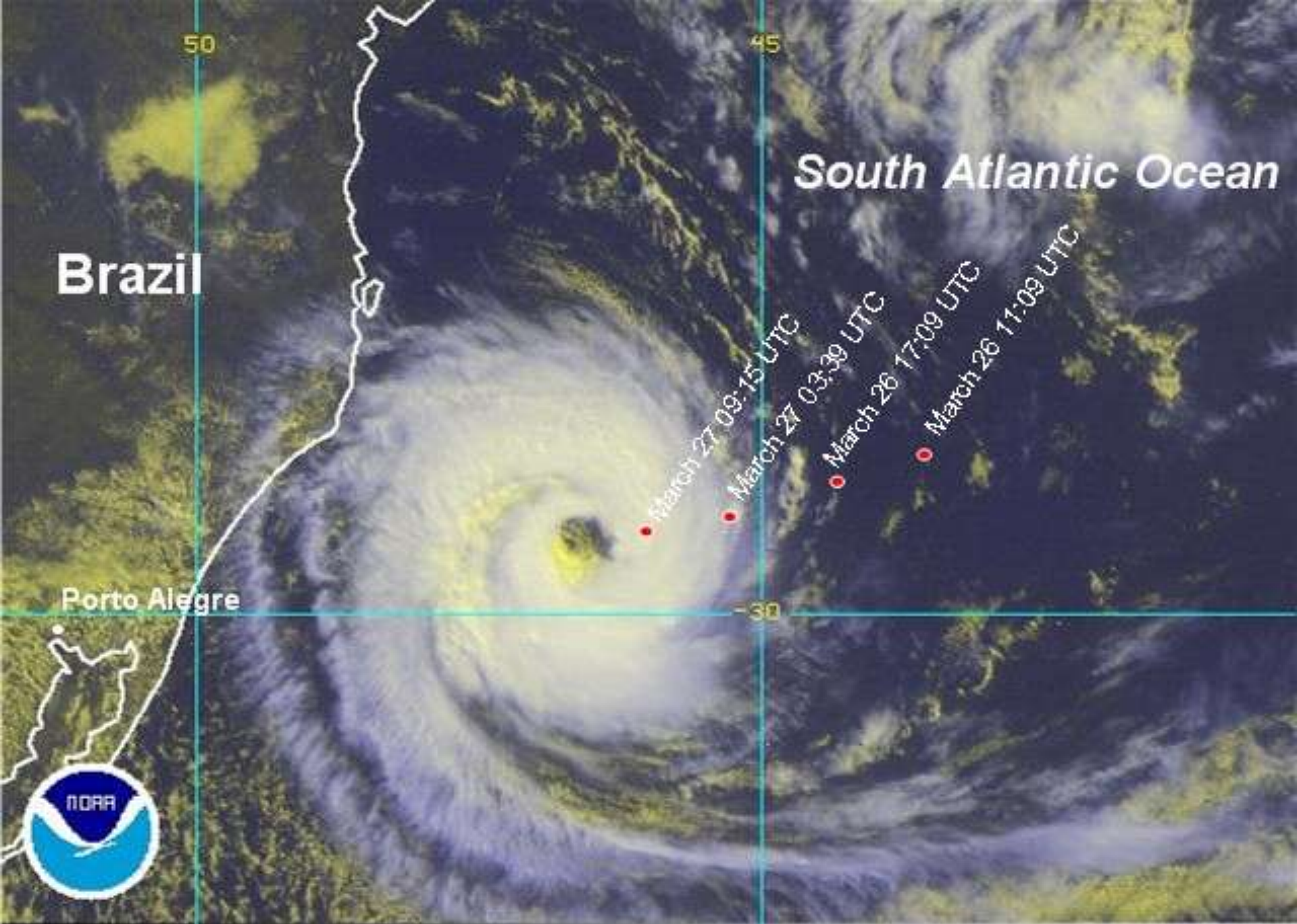
Temperatura crítica
~ 27°C



SMN-HRPT
NOAA-16
27-MAR-04
18:24 UTC



PROCESADO EN LA ESTACION RECEPTORA DE INFORMACION SATELITAL EN ALTA RESOLUCION



50

45

South Atlantic Ocean

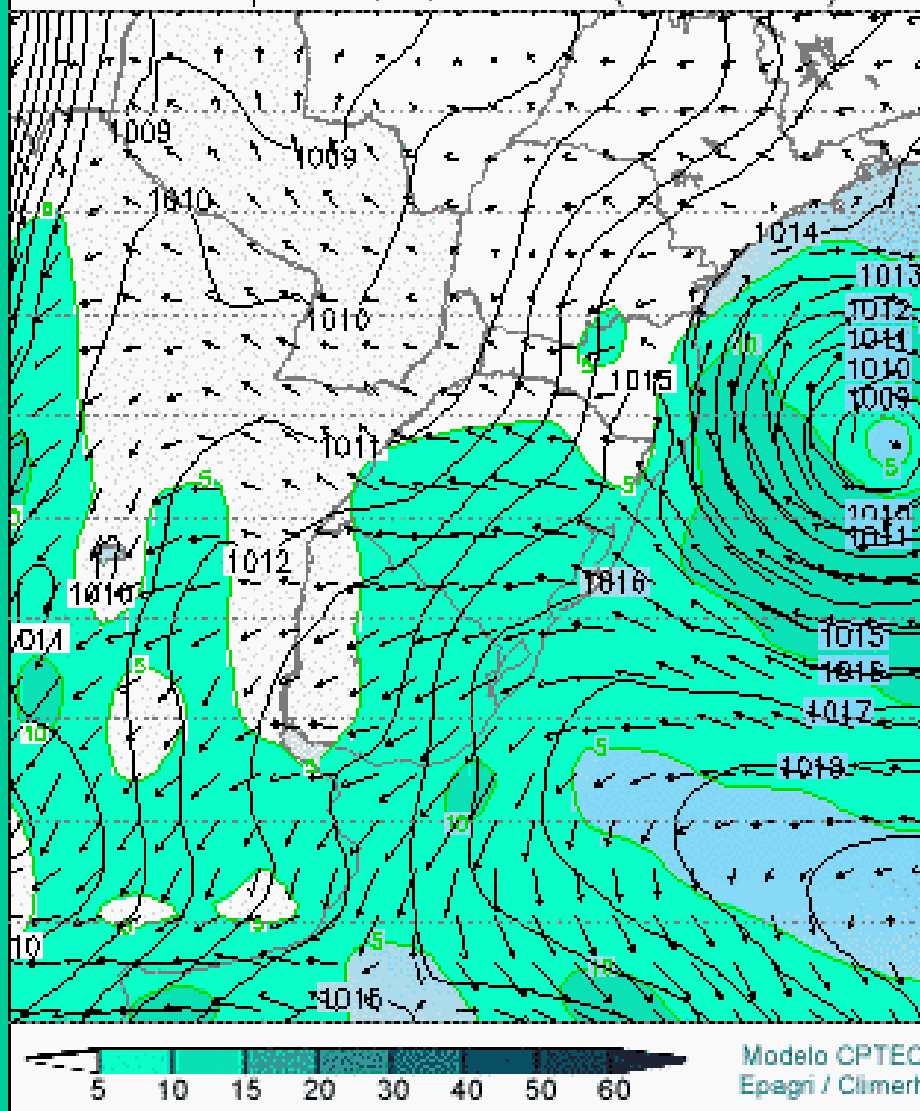
Brazil

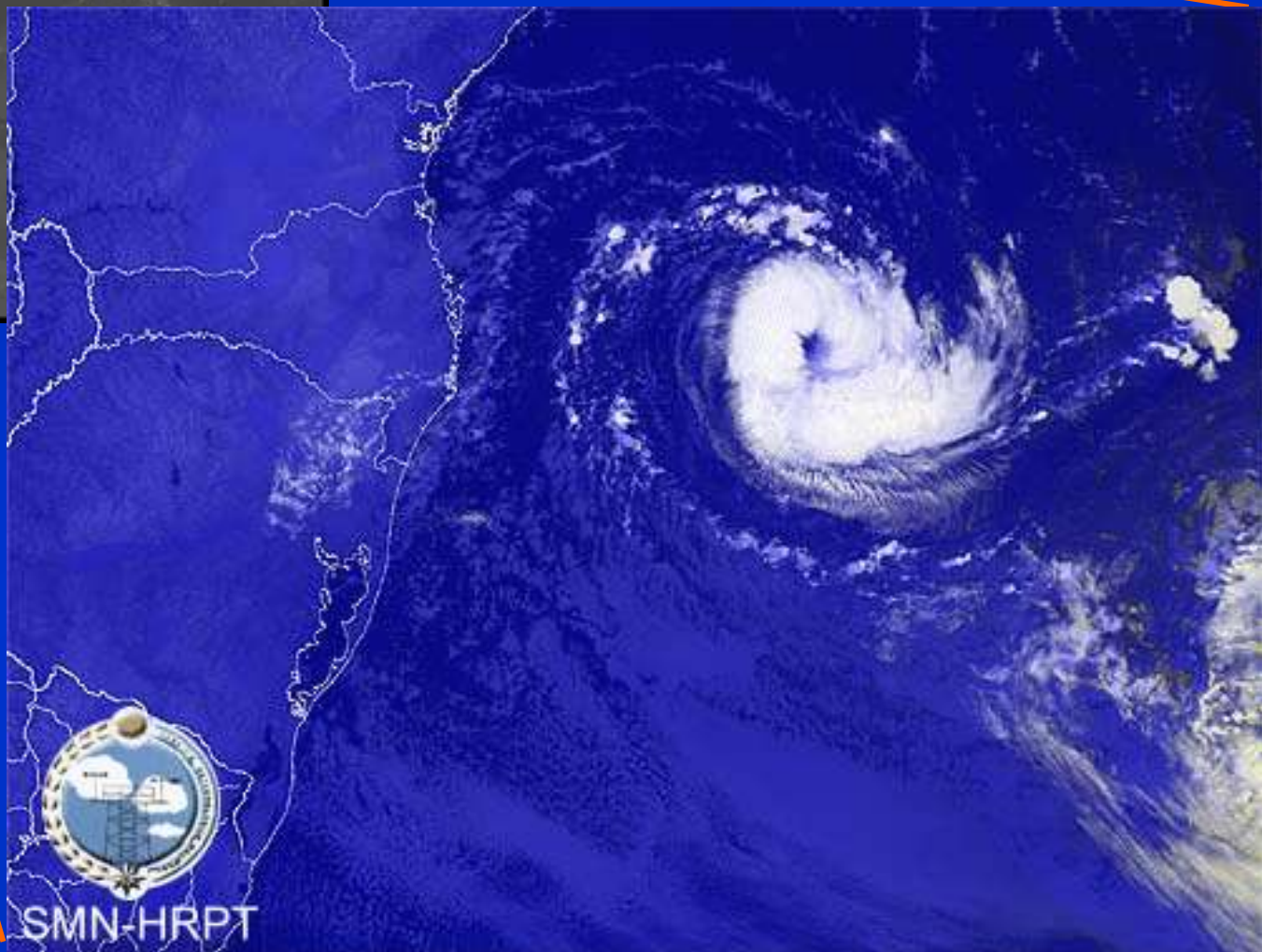
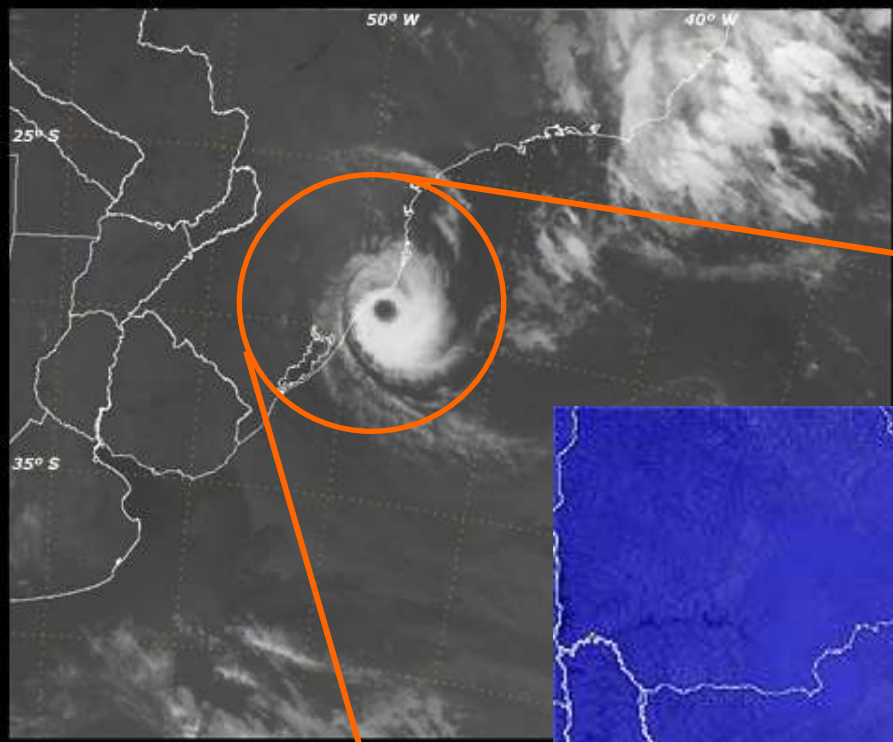
Porto Alegre

March 27 09:15 UTC
March 27 03:39 UTC
March 26 17:09 UTC
March 26 11:09 UTC



Previsão de Ventos (m/s)
Previsão para 27/03/2004 00Z (Sexta - NOI)



















Álcool

Shell
V-PO
Gasol
Álcool C





Ciclone Catarina: madrugada de 28 de Março de 2004



Foto Paulo Franken/ZH

Ciclone com ventos de 150 Km/h atingiu Torres (RS) na madrugada deste domingo

Foto 1/36

SLIDESHOW (mínimo 3)

TORRES - RS



Foto Paulo Franken/ZH

No norte do Rio Grande do Sul, ventos chegaram a 150 km/h

Foto 3/36

SLIDESHOW (mínimo 3)

Ciclone Catarina: madrugada de 28 de Março de 2004



Foto Paulo Franken/ZH

Foto 4/36

População de Torres foi fortemente atingida

TORRES - RS



Foto Paulo Franken/ZH

Foto 5/36

Ventos causaram grandes estragos em Torres

Ciclone Catarina: madrugada de 28 de Março de 2004



Posto de gasolina, em Torres, foi completamente destruído

Foto Paulo Franken/DC

Foto 20/36

TORRES - RS



Em Arroio do Sal (litoral norte do RS) casas foram destruídas

Foto Paulo Franken/DC

Foto 22/36

Ciclone Catarina: madrugada de 28 de Março de 2004



Foto André Albuquerque/clicRBS

Ventos fortes derrubaram árvores e causaram transtornos nas ruas de Torres (RS)

Foto 35/36

SUPERSHOW - fevereiro 2011

TORRES - RS



Foto André Albuquerque/clicRBS

Ventos de até 150 km/h fizeram areia invadir a Avenida Beira Mar, em Torres (RS)

Foto 36/36

SUPERSHOW - fevereiro 2011

Ciclone Catarina: madrugada de 28 de Março de 2004



Foto André Albuquerque/clicRBS

Sociedade dos Amigos da Praia de Torres (SAPT), no RS, também foi palco de destruição

Foto 33/36

SLIDESHOW (mínimo 3s)

TORRES - RS



Foto André Albuquerque/clicRBS

Em Torres, no litoral norte gaúcho, o cenário foi de devastação após a passagem do ciclone

Foto 34/36

SLIDESHOW (mínimo 3s)

Ciclone Catarina: madrugada de 28 de Março de 2004



Foto Paulo Franken/ZH

Foto 6/36

Árvores caíram devido à força do vento e causaram transtornos em Torres

TORRES - RS



Foto Paulo Franken/ZH

Foto 7/36

Mil casas foram destelhadas em Torres

Ciclone Catarina: madrugada de 28 de Março de 2004



ARROIO DO SAL - RS

Ciclone Catarina: madrugada de 28 de Março de 2004



Foto Ulisses Job/DC

Foto 14/36

Em Içara (SC), o sábado foi de apreensão com a chegada do ciclone

SLIDESHOW (mínimo 3s)



Em Araranguá (SC), força do vento derrubou o muro de uma casa sobre quatro carros e uma moto

IÇARA E ARARANGUÁ - SC

Ciclone Catarina: madrugada de 28 de Março de 2004



Foto Claudio Silva/DC

Ciclone Catarina deixou grandes estragos no sul de Santa Catarina

Foto 15/36

SLIDESHOW (mínimo 2s)



Foto Claudio Silva/DC

Algumas regiões de Santa Catarina ficaram devastadas com a passagem do ciclone

Foto 16/36

SLIDESHOW (mínimo 3s)

SUL DE SANTA CATARINA

Ciclone Catarina: madrugada de 28 de Março de 2004



Foto Daniel Conzi/DC

Foto 28/36

No Balneário Rincão, população começa a contar os prejuízos

SLIDESHOW (mínimo 3s)



Foto Ulisses Job/DC

Foto 26/36

Veranistas da Praia do Rincão, em Içara (SC), tiveram os telhados de suas casas arrancados

SLIDESHOW (mínimo 3s)

IÇARA - SC

Ciclone Catarina: madrugada de 28 de Março de 2004

Os números em TORRES - RS:



Ciclone Catarina: madrugada de 28 de Março de 2004

Os números em CRICIÚMA - SC:



Ciclone Catarina: madrugada de 28 de Março de 2004



Ciclone Catarina: madrugada de 28 de Março de 2004



Ciclone Catarina: madrugada de 28 de Março de 2004



RASTRO EM NÚMEROS:

Os ventos atingiram 150 km/h

Uma pessoa morreu

Em Santa Catarina, 40 cidades foram atingidas

15 cidades ficaram sem luz

No total, 20 mil casas foram atingidas

Até ontem à noite, 23 municípios haviam decretado estado de emergência

1000 postes caíram

200 transformadores estouraram

11 mil residências ficaram sem telefone

Em Criciúma, 300 famílias estão desalojadas, 30 casas ficaram totalmente destruídas; 30 foram atingidas, 30 pessoas ficaram feridas

Em Sombrio, 400 pessoas estão desabrigadas

Em Araranguá, 500 casas foram danificadas

Em Torres (RS), 350 pessoas foram levadas para abrigos

Dois barcos afundaram e 12 tripulantes estavam desaparecidos até ontem

Em Torres, 300 casas foram destruídas e 80 famílias estão desabrigadas

Cerca de 50 árvores tombaram sobre a pista da BR-101, entre Criciúma e Araranguá

Houve congestionamentos de 30 quilômetros nos dois sentidos da rodovia

Fonte: Climerh, Defesa Civil, PRF, Celesc e prefeituras

Furacão Catarina

Imagens (122 "fotos"):

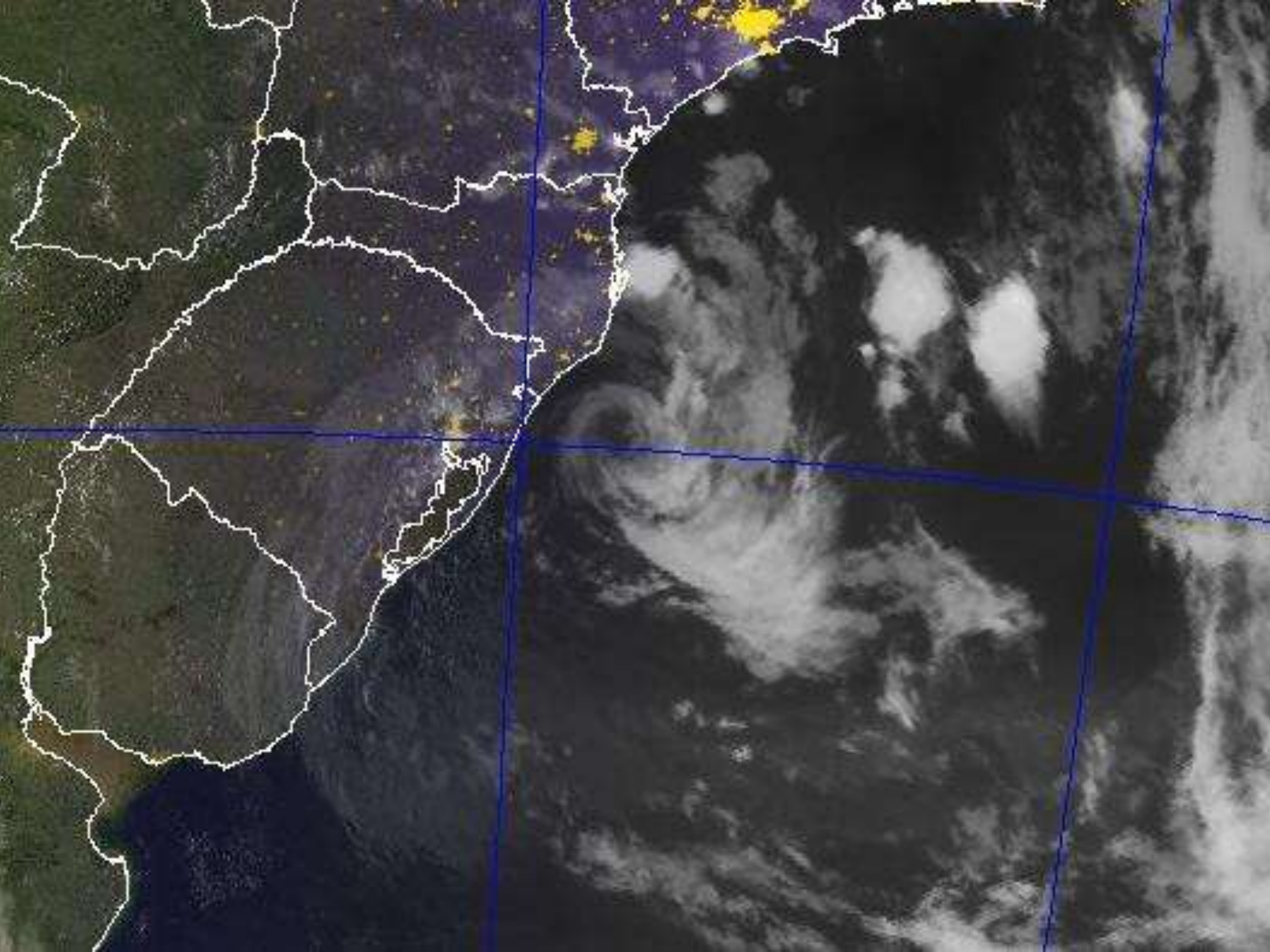
Satélite GOES-12 (23 a 29-03-04)

Animação e legendas:

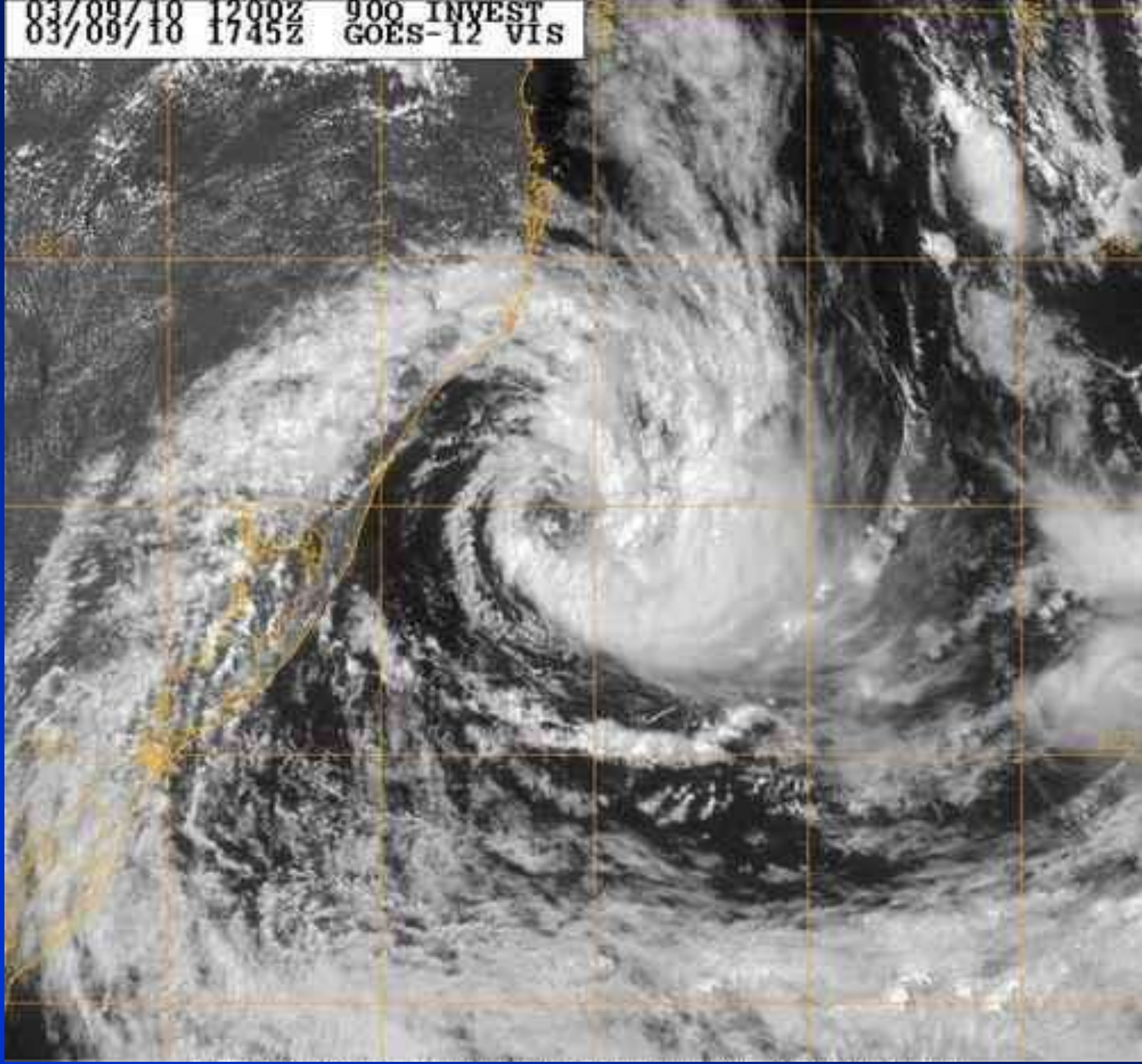
www.popa.com.br

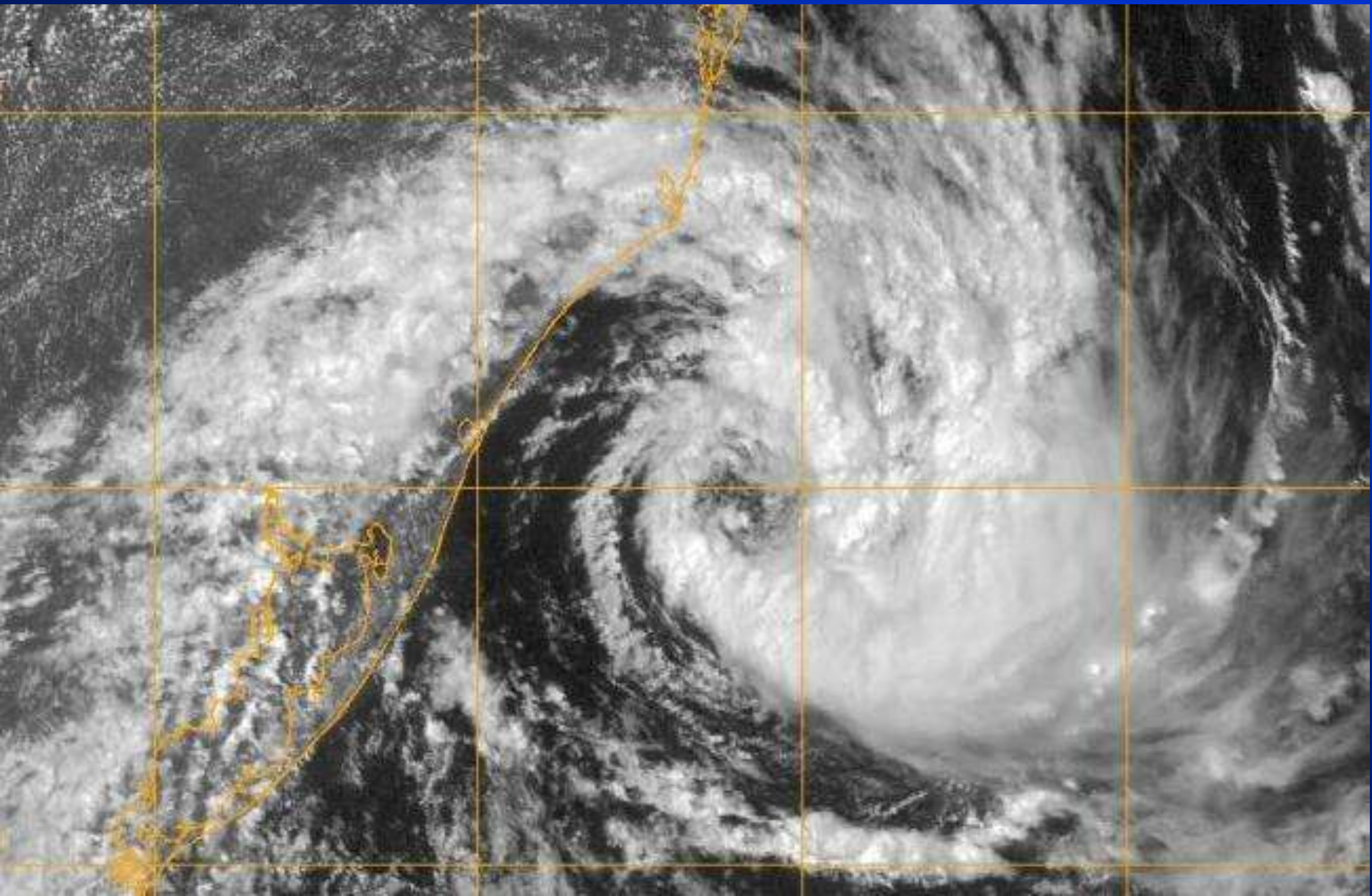


09MAR2010



03/09/10 1200Z 900 INVEST
03/09/10 1745Z GOES-12 VIS





NWS HYDROMETEOROLOGICAL PREDICTION CENTER CAMP SPRINGS MD
1157 AM EST TUE MAR 09 2010

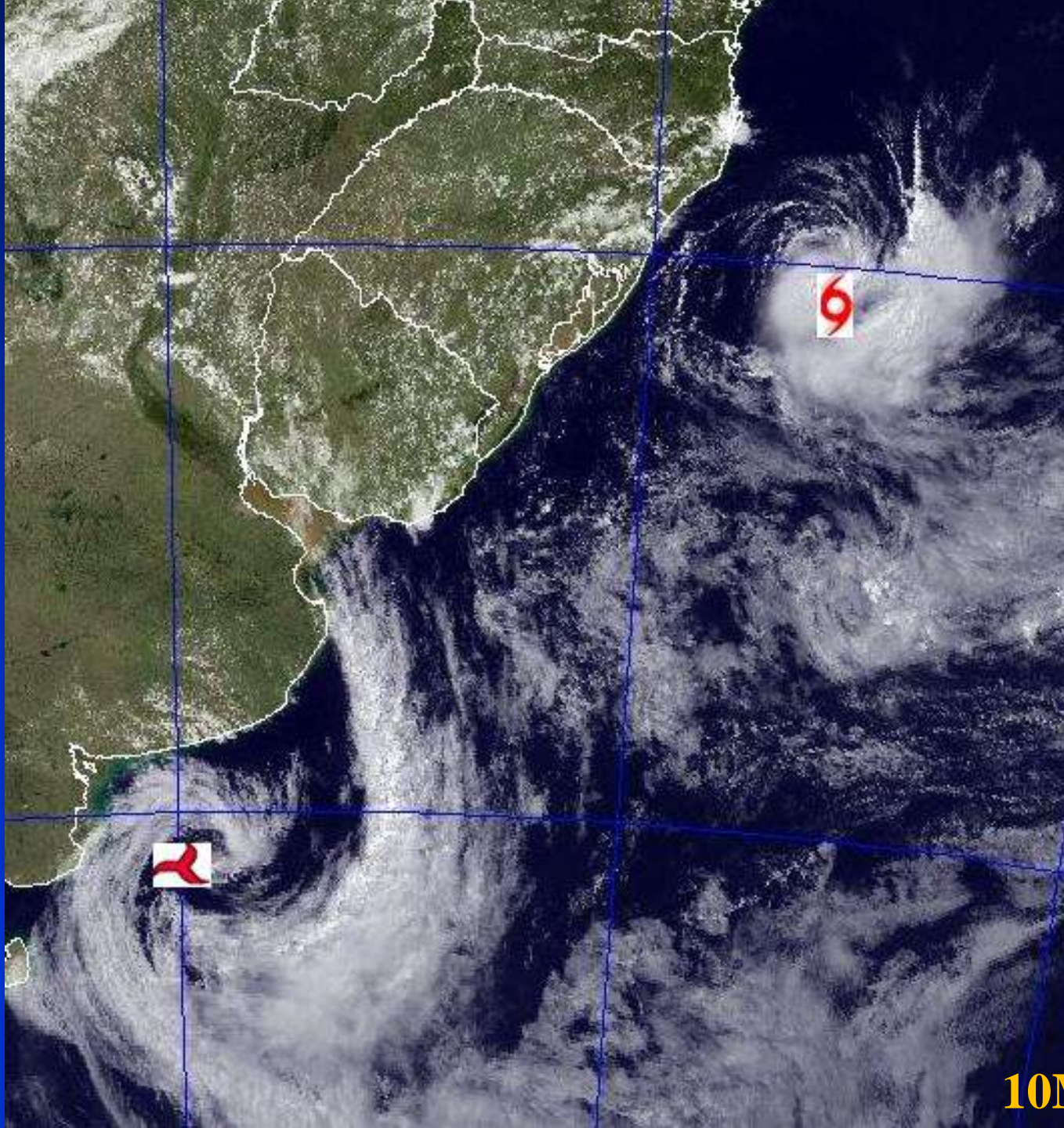
GFS DATA AT FTPPRD.NCEP.NOAA.GOV/PUB/DATA/NCCF/COM/GFS/PROD/

NOTE: A SUBTROPICAL CYCLONE LIES OFF THE SOUTHERN COAST OF BRASIL...WITH AN ESTIMATED MINIMAL CENTRAL PRESSURE OF 1003 HPA...AND MAXIMUM SUSTAINED WINDS OF 25-34KT. DEEP CONVECTION IS WRAPPING AROUND THE CLOSED CIRCULATION...AND WITH SEA SURFACE TEMPERATURES OF 26C...THIS SYSTEM MIGHT MAKE THE TRANSITION TO A TROPICAL CYCLONE LATER THIS EVENING/EARLY MORNING HOURS. THE POTENTIAL FOR HEAVY RAINFALL AMOUNTS ON THE SOUTHERN STATES OF BRASIL PERSISTS...WITH MOST INTENSE CONVECTION EXPECTED ON THE OFFSHORE WATERS. SEVERE CONVECTION IS STILL POSSIBLE AS THE UPPER LEVEL COLD CORE TROUGH CONTINUES TO ENHANCE CONVECTIVE INSTABILITY IN THIS REGION.

AS INDICATED...A SUBTROPICAL CYCLONE LIES OFF THE SOUTHERN COAST OF BRASIL. ALOFT...A 200 HPA LOW OVER SOUTHERN SAO PAULO/SANTA CATARINA ANCHORS AN UPPER LEVEL TROUGH INTO MID SECTIONS OF SOUTH AMERICA. AT LOW LEVELS...A WARM CORE 1003 HPA LOW CENTERS OFF THE COAST...SUSTAINING ORGANIZED DEEP CONVECTION. THROUGH 36-48 HRS THE UPPER CIRCULATION WILL EJECT TO THE EAST-SOUTHEAST AS A NORTHERN STREAM SHORT WAVE TROUGH MOVES ACROSS PARAGUAY/SOUTHERN BRASIL. THE LOW LEVEL CIRCULATION...HOWEVER...WILL REMAIN NEARLY STATIONARY WHILE MEANDERING OFF THE COAST OF BRASIL THROUGH 48-54 HRS. BY 60-72 HRS...THE LOW WILL START TO EJECT TO THE EAST-SOUTHEAST AS A POLAR FRONT LIFTS ACROSS URUGUAY. AS THE SURFACE CYCLONE EJECTS TO THE EAST-SOUTHEAST IT WILL ENTER COOLER WATERS...AND IT IS THEN FORECAST TO EVOLVE INTO AN EXTRATROPICAL CYCLONE. MEANWHILE...THIS SYSTEM WILL SUSTAIN STRONG WINDS ALONG THE SOUTHERN COAST OF BRASIL TO RANGE BETWEEN 25-34KT...WHILE ON THE SERRA DO MAR THE WINDS COULD PEAK AT 50KT. MODERATE TO HEAVY RAINS ARE EXPECTED TO SUSTAIN ACCUMULATION OF 20-45MM/DAY. LOCALLY HIGHER AMOUNTS ARE STILL POSSIBLE AND IF A STRONG ONSHORE FLOW ESTABLISHES THEY COULD EXCEED 250MM. THE UNCERTAINTY IS VERY HIGH SO PLAN FOR THE WORST.



10MAR2010

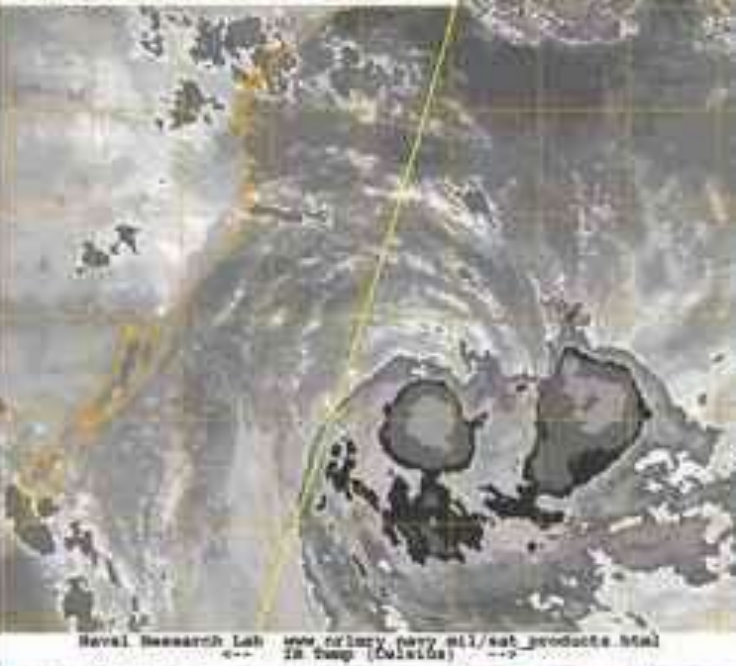


10MAR2010

03/11/10 0000Z 900 INVEST
03/11/10 0807Z WindSat OVERPASS
03/11/10 0739Z GOES-12 IR

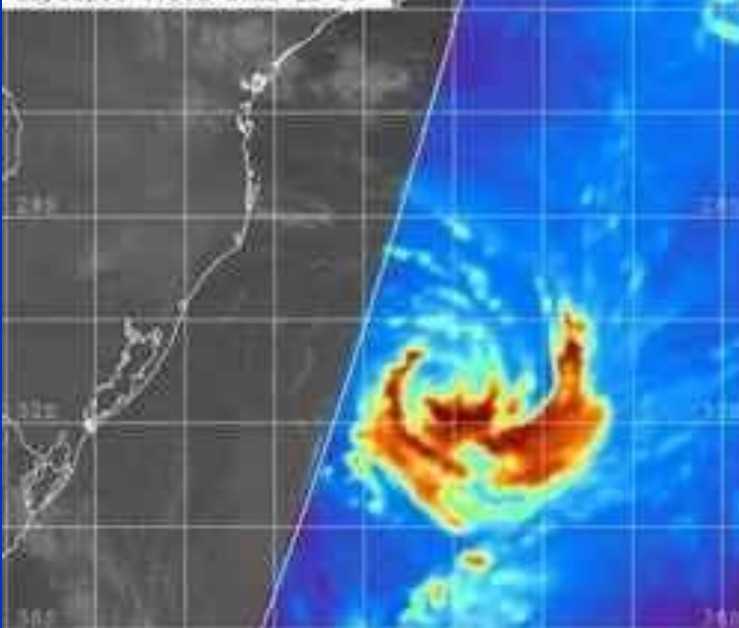


03/11/10 0000Z 900 INVEST
03/11/10 0807Z WindSat OVERPASS
03/11/10 0739Z GOES-12 IR-BD

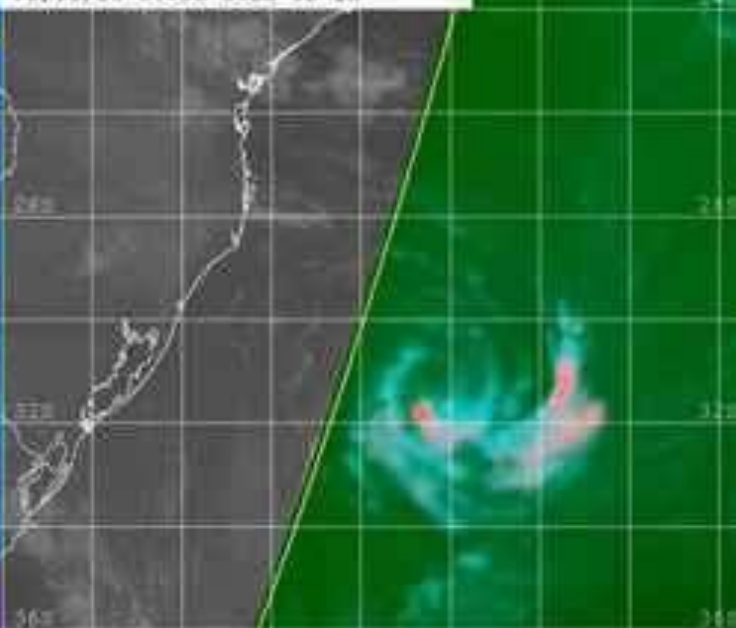


Naval Research Lab www.crlmy.navy.mil/sat_products.html
← IR temp (Celsius) →

03/11/10 0000Z 900 INVEST
03/11/10 0807Z WindSat 37W
03/11/10 0739Z GOES-12 IR

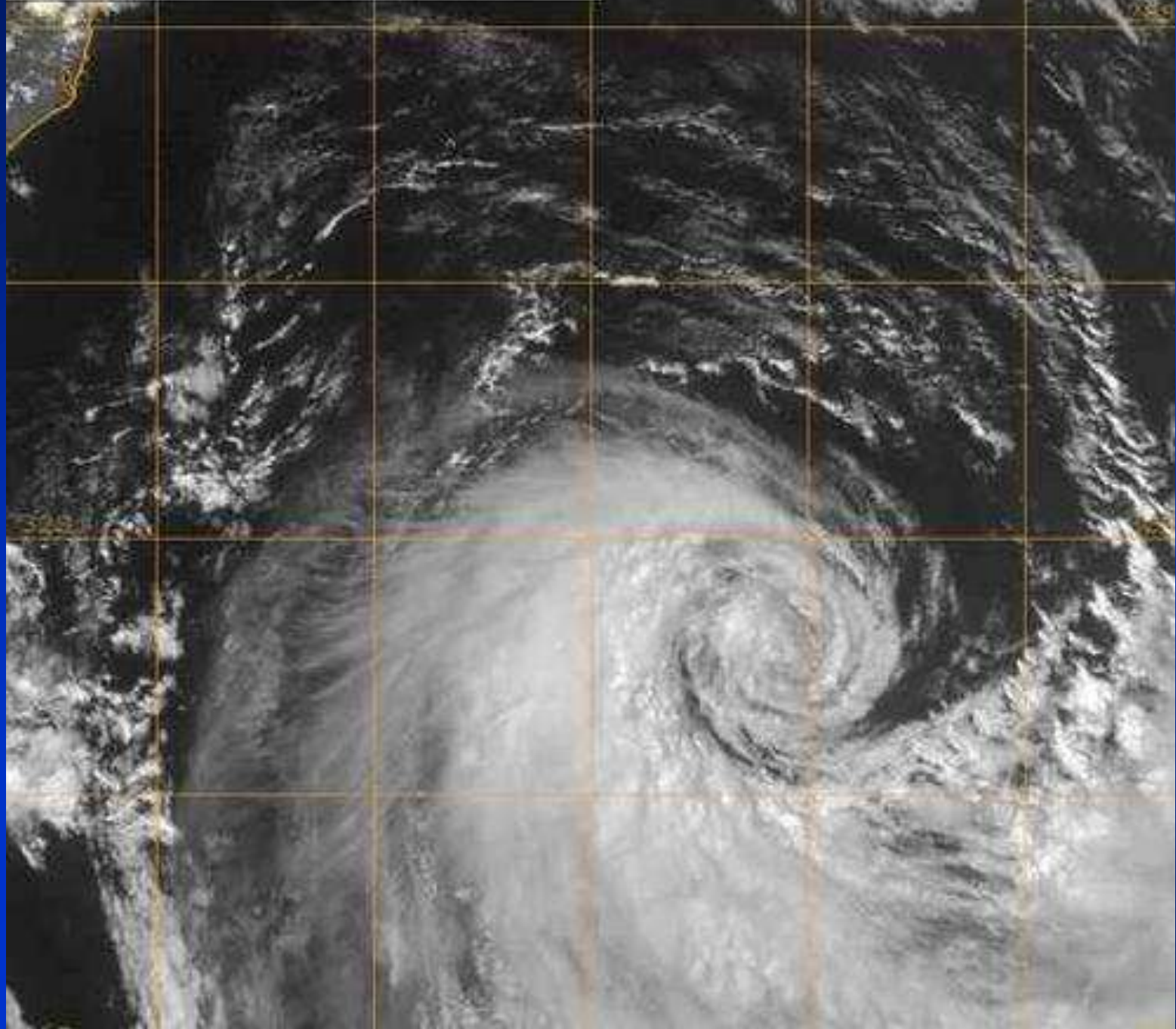


03/11/10 0000Z 900 INVEST
03/11/10 0807Z WindSat COMPOSITE
03/11/10 0739Z GOES-12 IR



Naval Research Lab www.crlmy.navy.mil/sat_products.html

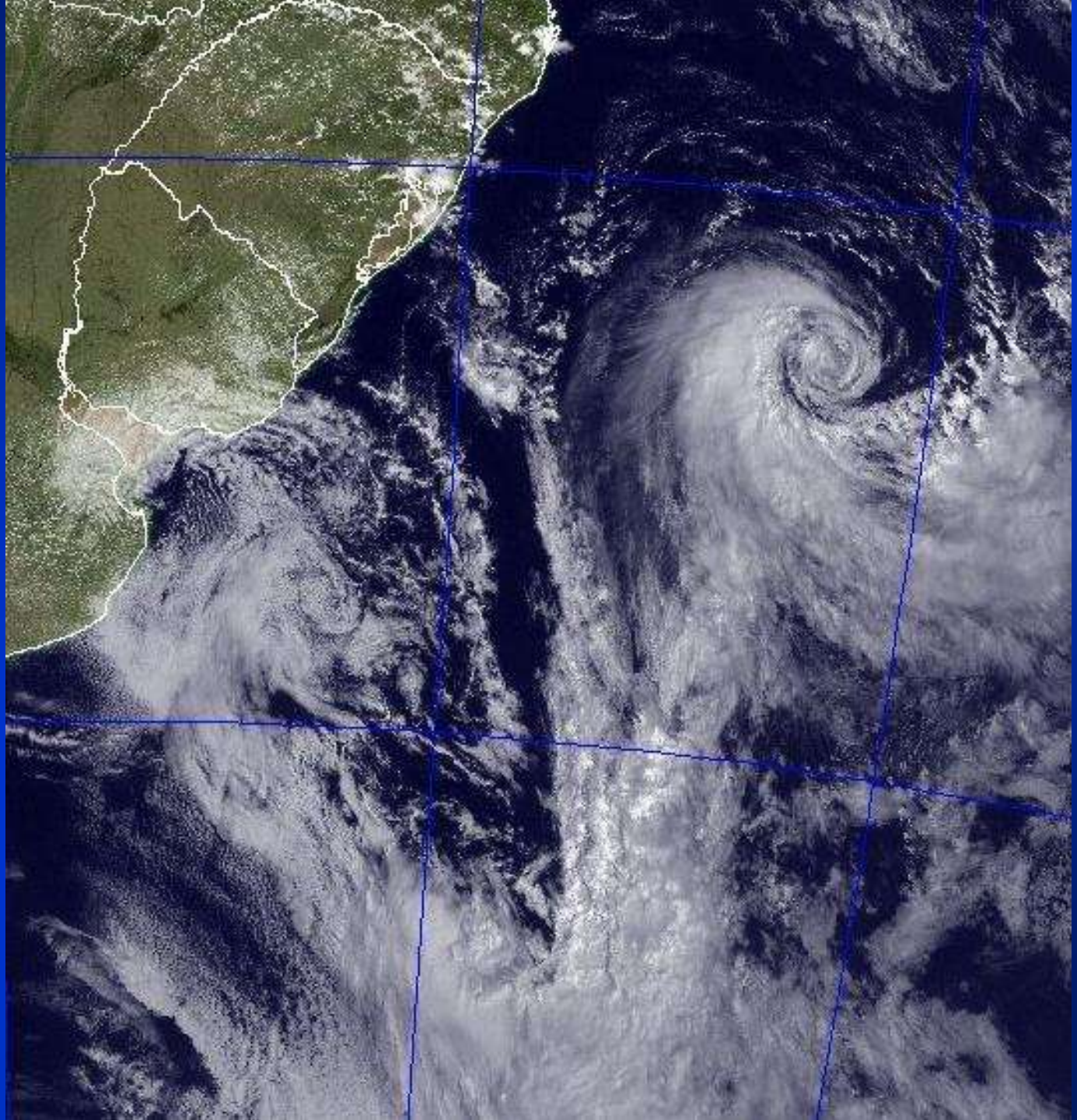
03/11/18 1200Z 900 INVEST
03/11/18 1745Z GOES-12 VIS



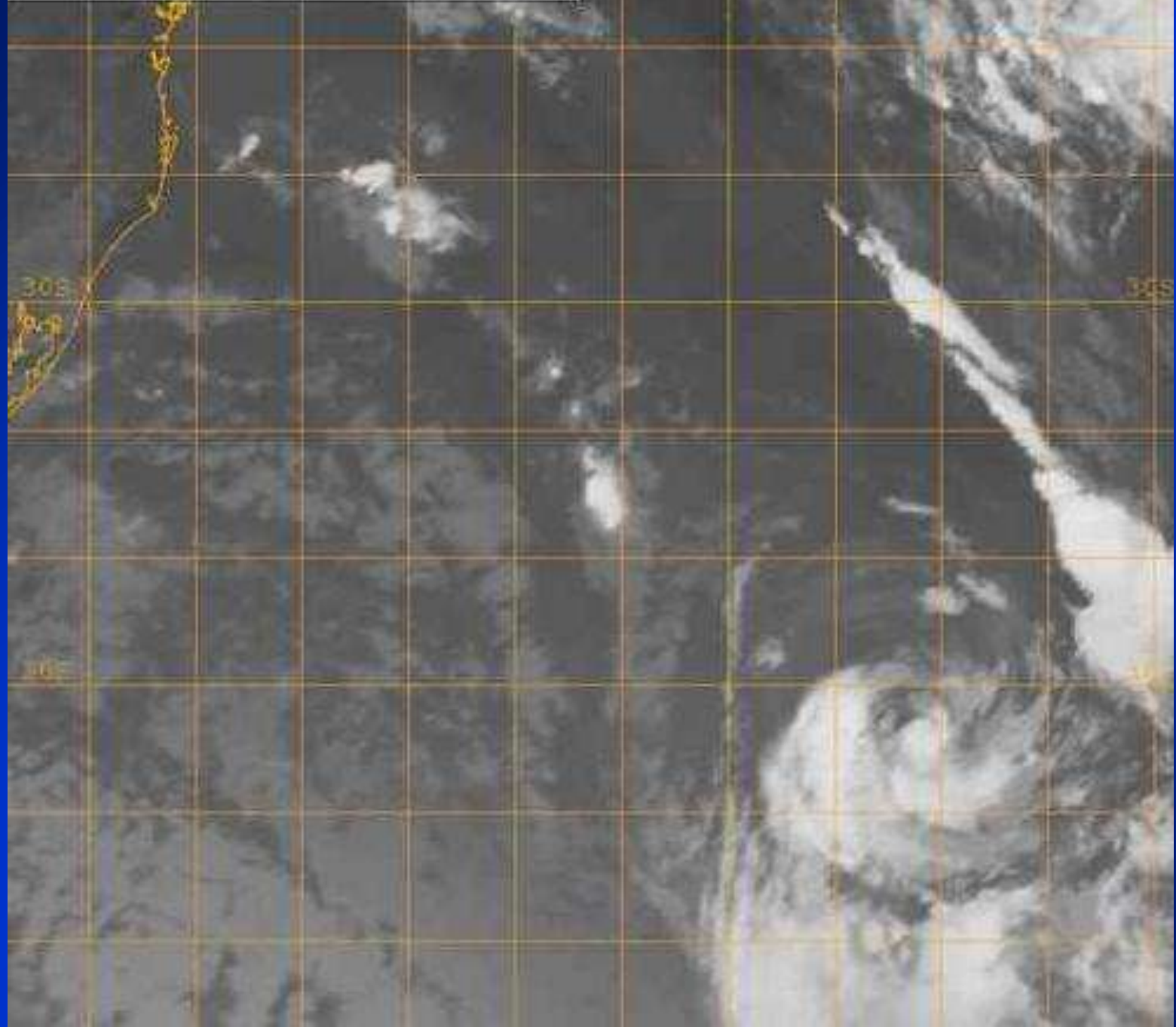
DATE/TIME	LAT	LON	CLASSIFICATION	STORM
11/1745 UTC	32.9S	42.3W	EXTRATROPICAL	INVEST
11/1145 UTC	31.8S	44.0W	T2.5/2.5	INVEST
11/0545 UTC	31.0S	44.6W	T2.0/2.5	INVEST
10/2345 UTC	30.9S	45.5W	T2.5/2.5	INVEST
10/1745 UTC	29.9S	46.6W	T2.5/2.5	INVEST
10/1045 UTC	29.8S	47.5W	T2.0/2.0	INVEST
10/0545 UTC	29.5S	48.0W	ST2.5	INVEST
09/2345 UTC	29.8S	48.1W	ST2.5	INVEST
09/1745 UTC	30.0S	48.3W	ST1.5	INVEST
09/1145 UTC	30.6S	48.0W	ST1.5	INVEST
09/0615 UTC	30.4S	46.0W	ST1.5	INVEST
08/2345 UTC	29.8S	45.1W	ST1.5	INVEST

STORM ANITA

11MAR2010

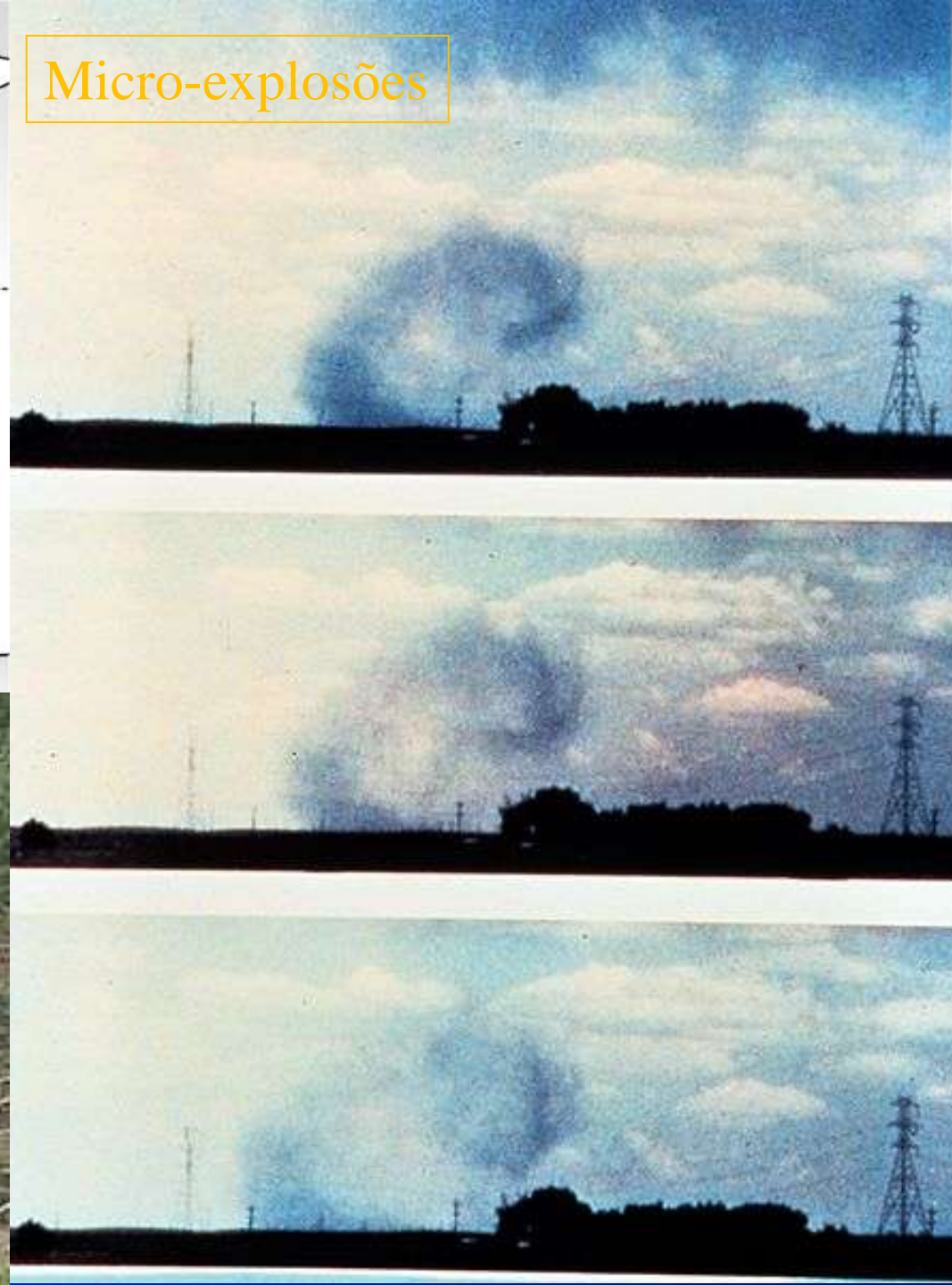
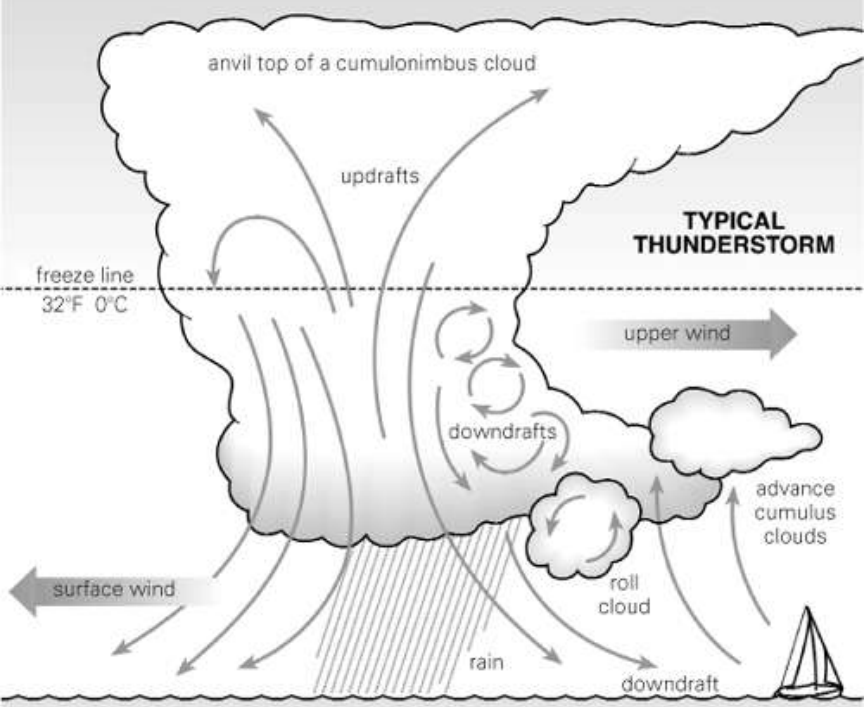


03/12/10 0000Z 900 INVEST
03/12/10 1200Z MSG-2 IR



**TORNADOS
&
MICRO-
EXPLOSÕES**

Micro-explosões





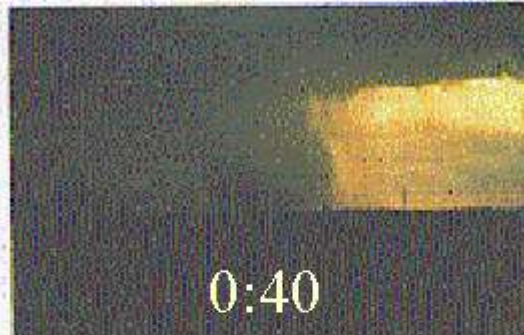
Downburst



(c) Copyright 1978, Michael R. Smith



0:00



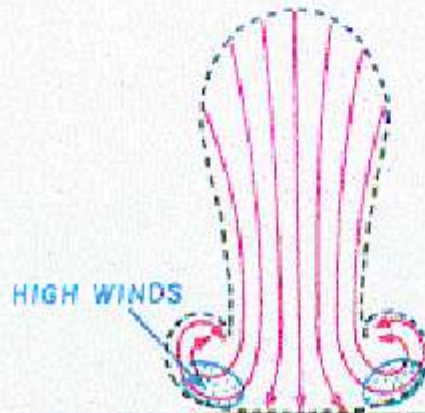
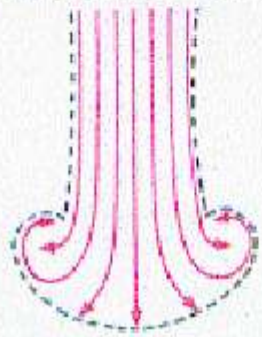
0:40



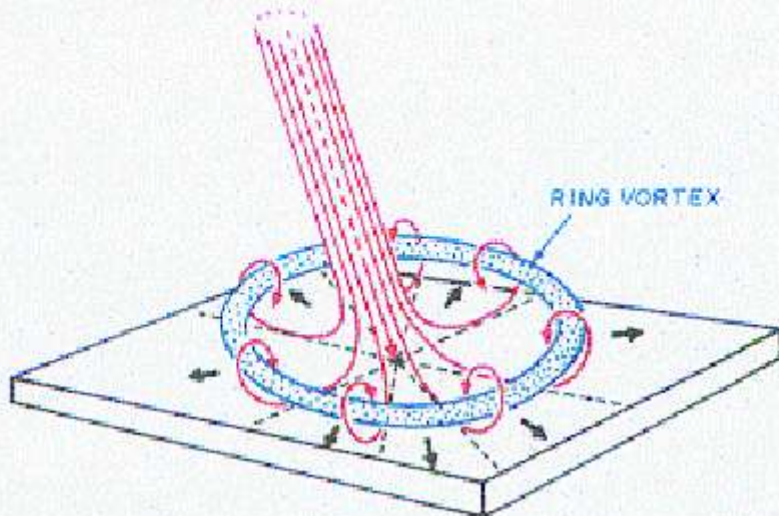
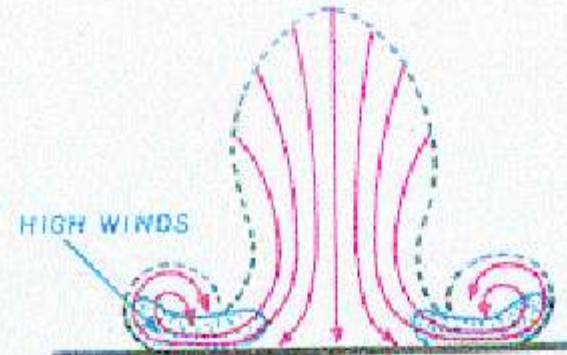
1:20

Midair Microburst

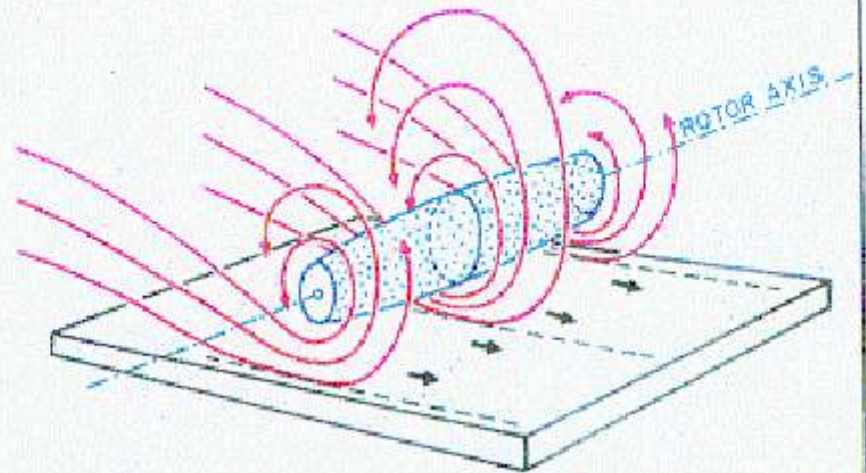
Surface Microburst



TOUCHDOWN

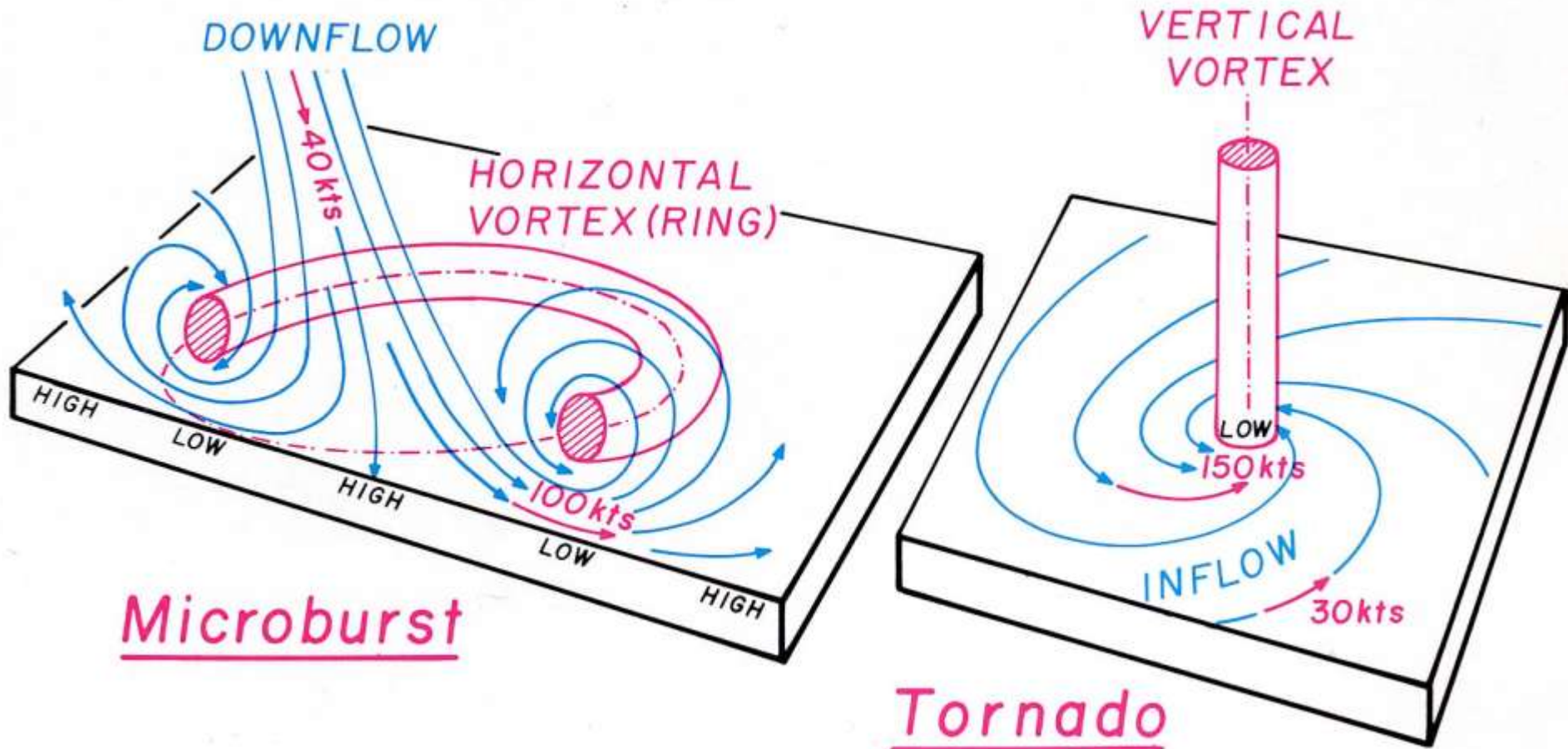


RING VORTEX



ROTOR AXIS

Downbursts & Tornadoes



Schematic of the flow fields within downbursts and tornadoes (Fujita, 1985).

Porto Alegre, RS – 19NOV 2009

Gust Speed: 32,6m/s



Tramandaí, RS – NOV 2009

Gust Speed: 36,8m/s



Tramandaí, RS – NOV 2009



Tramandaí, RS – NOV 2009



Tramandaí, RS – NOV 2009



Tramandaí, RS – N



Tornado F1 - Tubarão, SC - 16FEV2008



Tornado F1 - Tubarão, SC - 16FEV2008



Tornado F1 - Tubarão, SC - 16FEV2008



Tornado de Muitos Capões (RS) - 29 de agosto de 2005 / 20:40 h, associado a passagem de uma frente fria. As áreas de instabilidades intensificaram-se no período noturno, cobrindo toda a área do município. No horário da ocorrência do fenômeno, a célula convectiva mais intensa estava sobre a área afetada. Essa frente fria também gerou chuva intensa e grande atividade de descargas atmosféricas (raio) na região de Muitos Capões. Esse tornado percorreu uma extensão de 48 km, iniciando em Capão Bonito do Sul, percorrendo toda a extensão de Muitos Capões e dissipando no município de Vacaria. O local mais afetado foi o centro da cidade de Muitos Capões, onde o rastro de destruição chegou a atingir uma largura de 290 m.

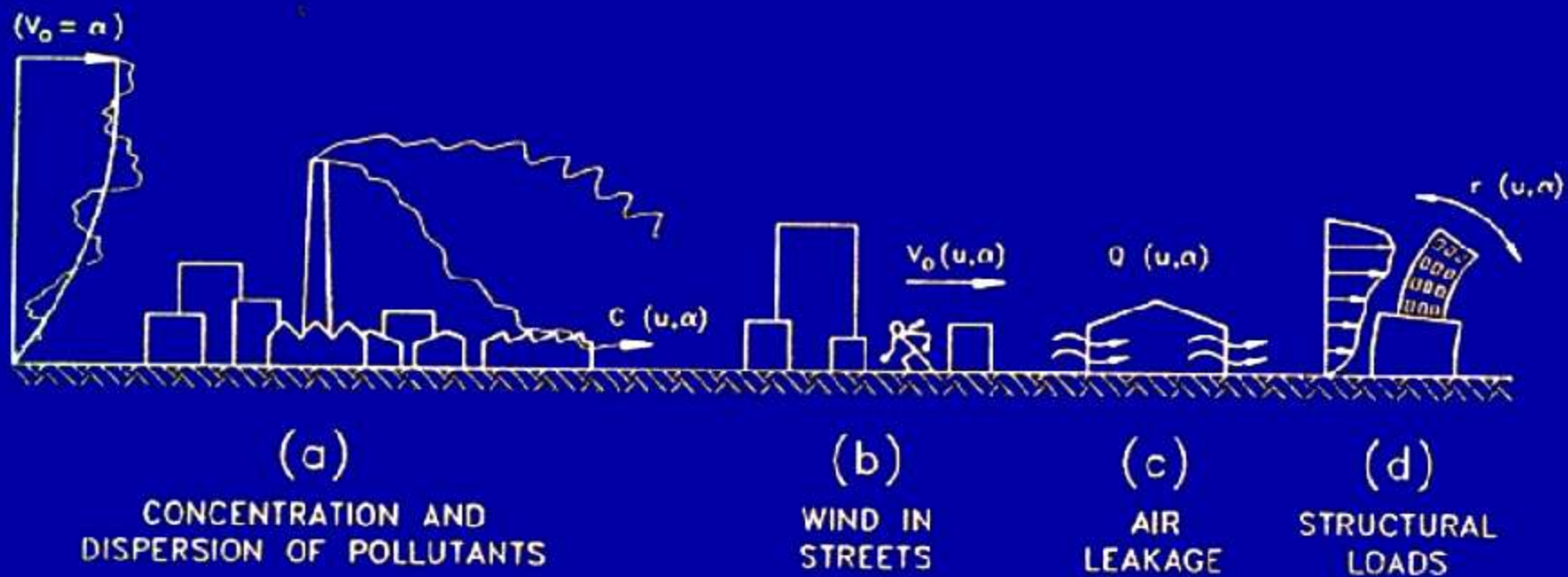
Características de F2/F3.







Wind Effects in Cities:



NBR-6123 - Brazilian Wind Code / 1988

QUASI-STEADY APPROACH

$$F = q (C_e - C_i) A$$

$$q = 0.613 V_k^2$$

$$V_k = V_o S_1 S_2 S_3$$

V_o : basic wind speed (3s, 10m heigth, open terrain, P=0.02 annual)

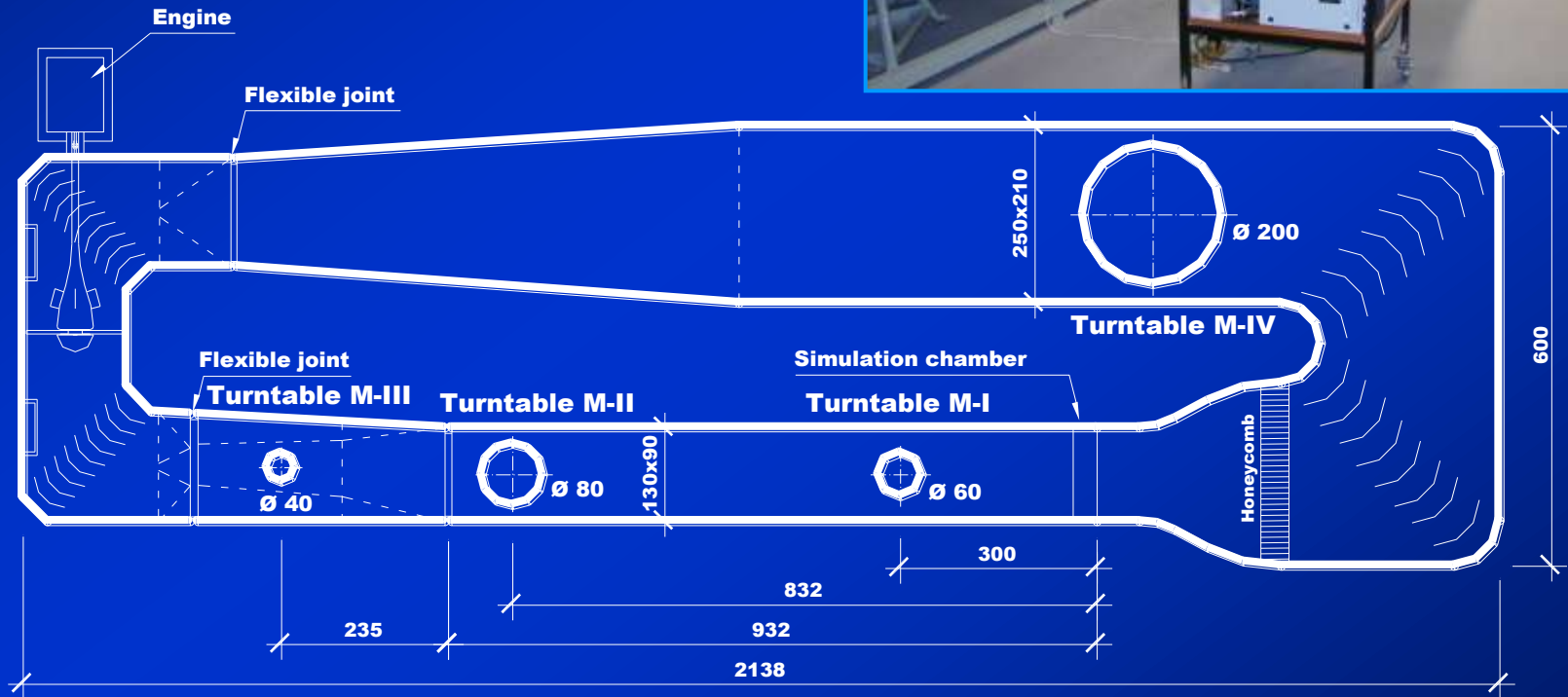
S_1 : topographic factor

S_2 : terrain roughness, building dimensions and heigth above terrain

S_3 : statistical factor

Túnel de Vento

Prof. Joaquim Blessmann



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

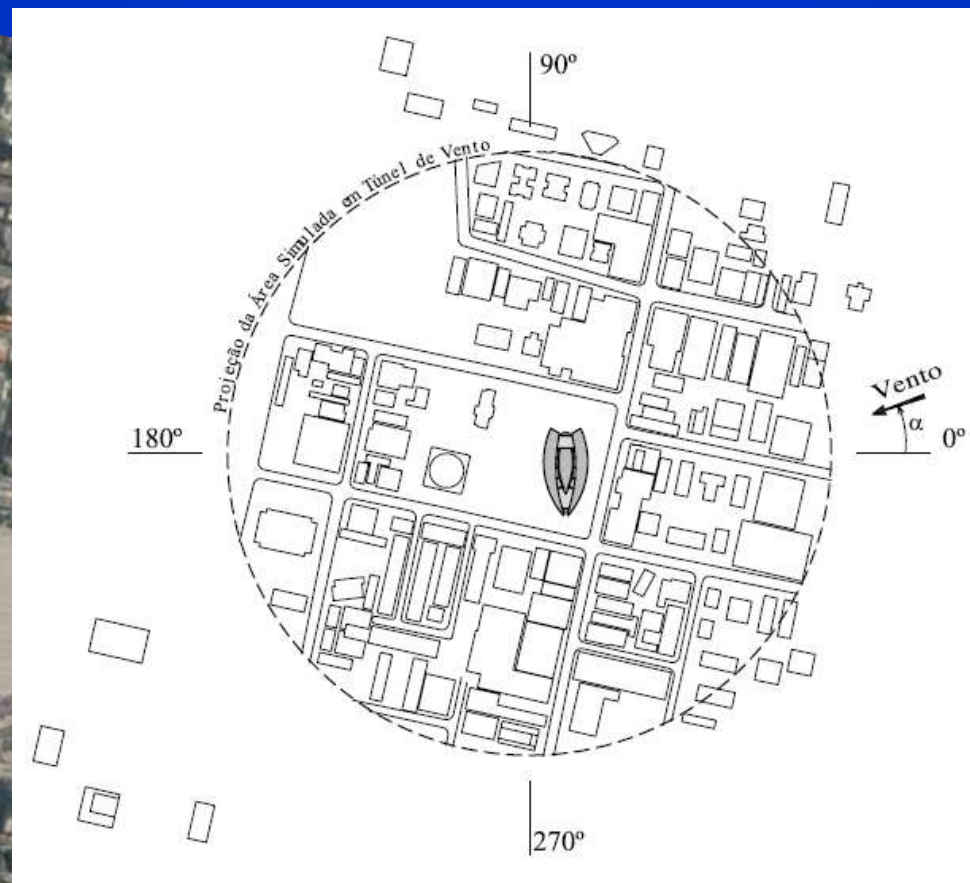
Empreendimento YUNY Leopoldo Green, São Paulo – SP

YUNY Incorporadora



Empreendimento YUNY Leopoldo Green, São Paulo – SP

Referência para o ângulo de incidência e área simulada no Túnel de Vento



Empreendimento YUNY Leopoldo Green, São Paulo – SP

1. Medida de Pressões



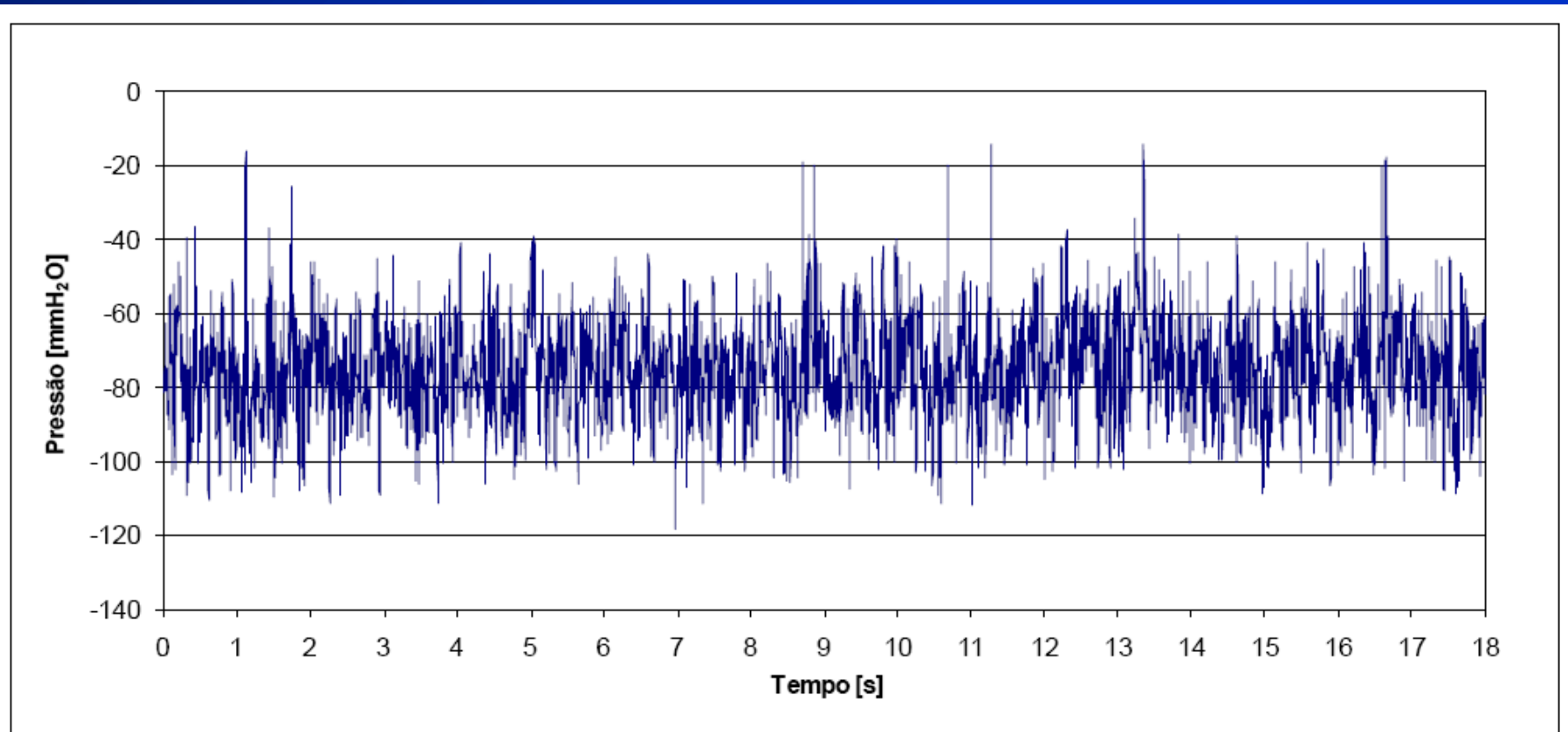
Configuração I
COM Heliponto



Configuração II
SEM Heliponto

Empreendimento YUNY Leopoldo Green, São Paulo – SP

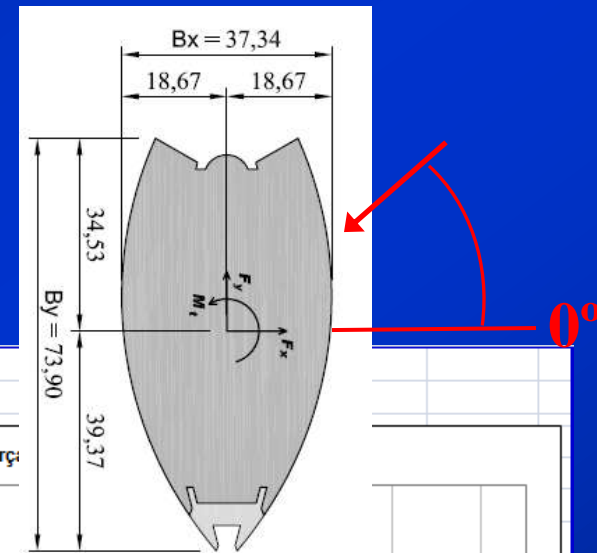
Exemplo de medida de pressões com transdutores elétricos



Registro da variação da pressão ao longo do tempo, a partir dos transdutores elétricos de pressão, para a tomada 65 e ângulo de incidência do vento de 300° (Config. I) – Empreendimento YUNY Leopoldo Green.

Empreendimento YUNY Leopoldo Green, São Paulo – SP

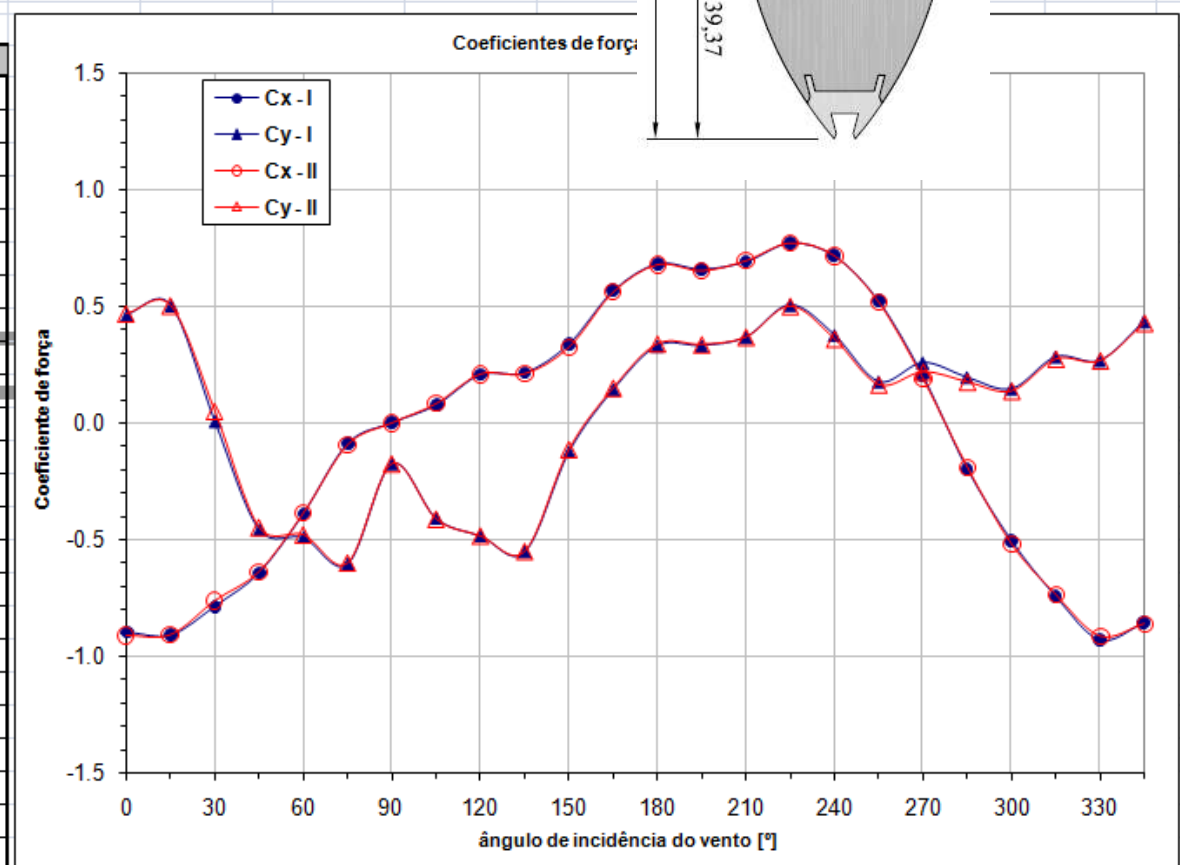
Comparação Carregamentos Globais



YUNY Leopoldo Green - Comparação de coeficientes de forças - Configuração I x Configuração II

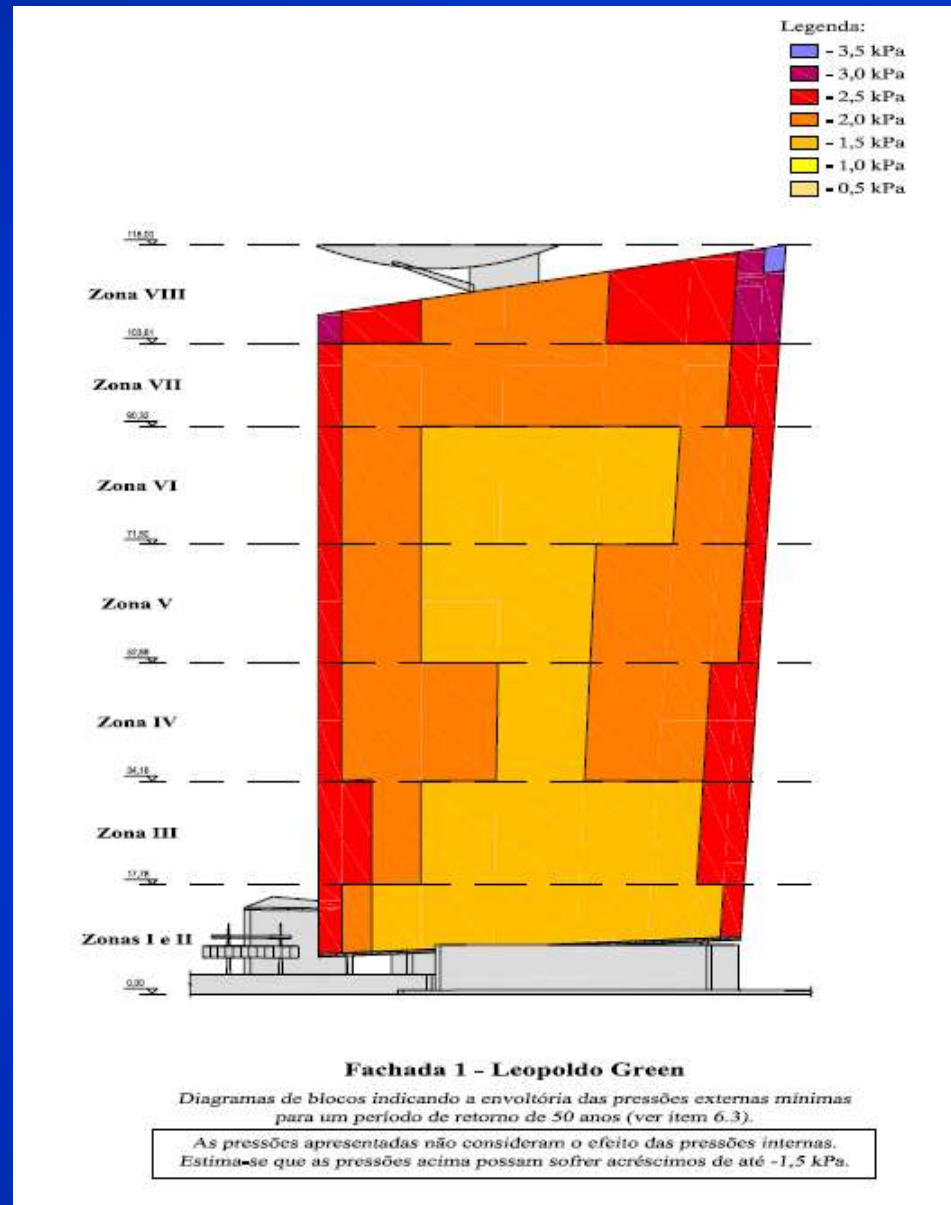
Coeficientes de força globais (C_x e C_y)

Ângulo	Configuração I		Configuração II	
	C_x	C_y	C_x	C_y
0°	-0.90	0.47	-0.91	0.47
15°	-0.91	0.51	-0.91	0.51
30°	-0.79	0.01	-0.76	0.06
45°	-0.64	-0.45	-0.64	-0.44
60°	-0.39	-0.49	-0.38	-0.47
75°	-0.09	-0.60	-0.09	-0.59
90°	0.00	-0.17	0.00	-0.17
105°	0.08	-0.41	0.08	-0.41
120°	0.21	-0.48	0.21	-0.48
135°	0.22	-0.55	0.21	-0.54
150°	0.34	-0.12	0.32	-0.11
165°	0.57	0.15	0.56	0.15
180°	0.68	0.33	0.68	0.34
195°	0.66	0.34	0.65	0.34
210°	0.69	0.37	0.70	0.37
225°	0.77	0.51	0.77	0.51
240°	0.72	0.38	0.72	0.36
255°	0.52	0.18	0.52	0.17
270°	0.20	0.26	0.19	0.22
285°	-0.20	0.20	-0.19	0.18
300°	-0.50	0.15	-0.52	0.14
315°	-0.74	0.29	-0.73	0.28
330°	-0.93	0.27	-0.91	0.27
345°	-0.86	0.44	-0.86	0.43



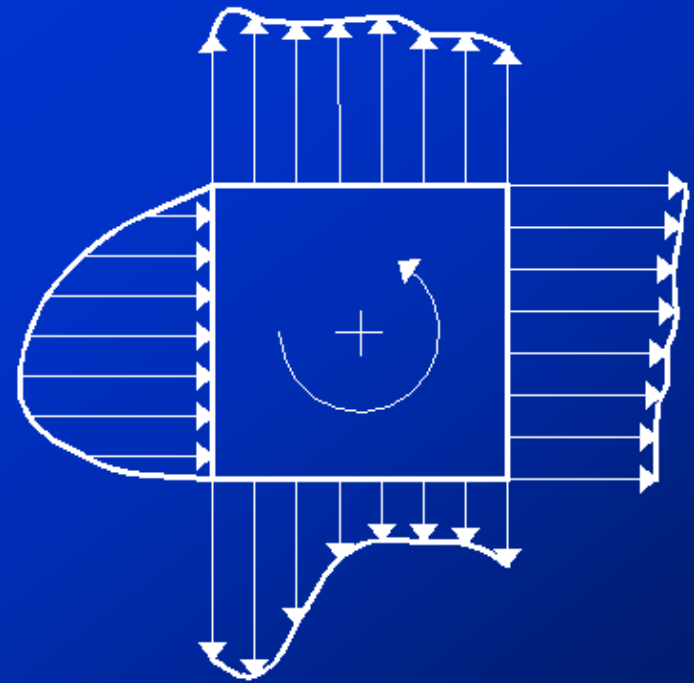
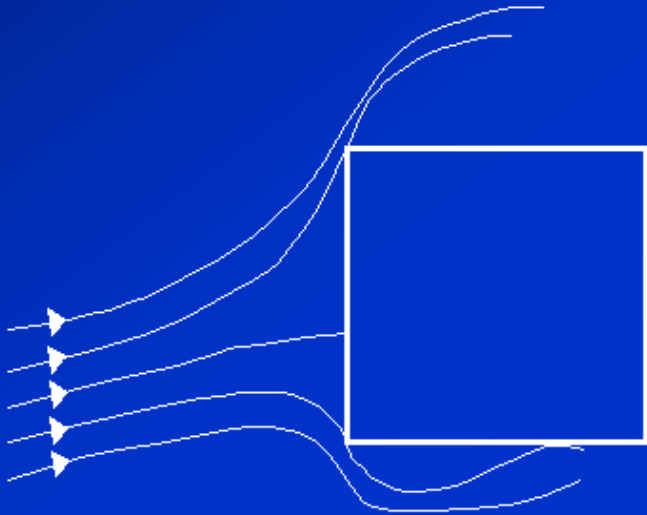
YUNY – Leopoldo Green

Diagrama de blocos para dimensionamento das fachadas



- Incidência do Vento
- Assimetria Estrutural

→ TORÇÃO



NBR-6123

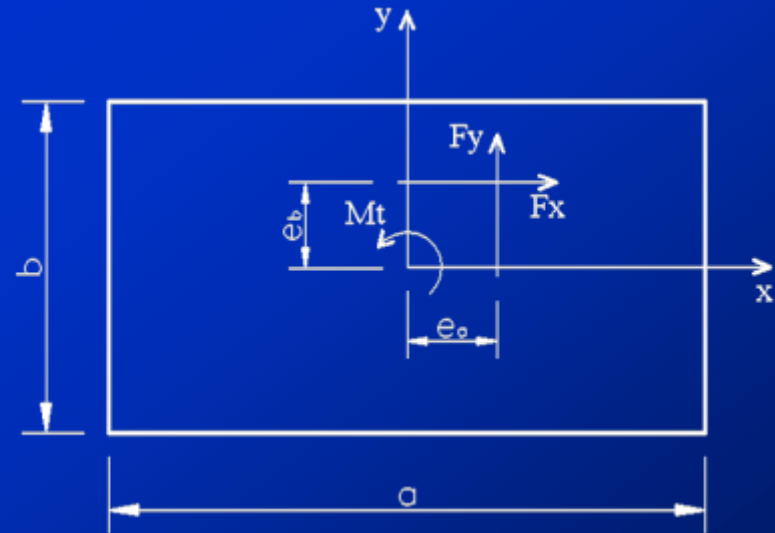
A torção é calculada considerando as seguintes excentricidades, em relação ao eixo vertical geométrico:

- edificação sem efeitos de vizinhança:

$$e_a=0,075 a \quad e \quad e_b=0,075 b$$

- edificações com efeito de vizinhança:

$$e_a=0,15 a \quad e \quad e_b=0,15 b$$



Modelos Ensaaiados

Projeto *Torre de Málaga*

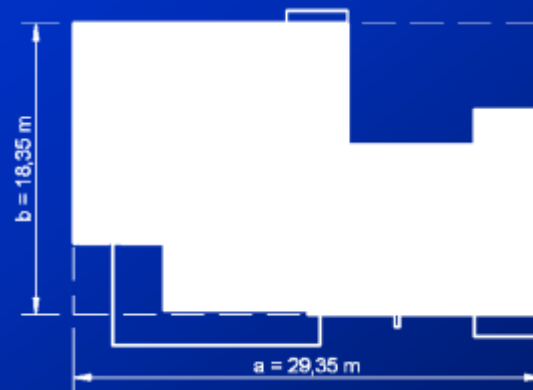


Altura: 118,0 m

Local: Londrina/PR

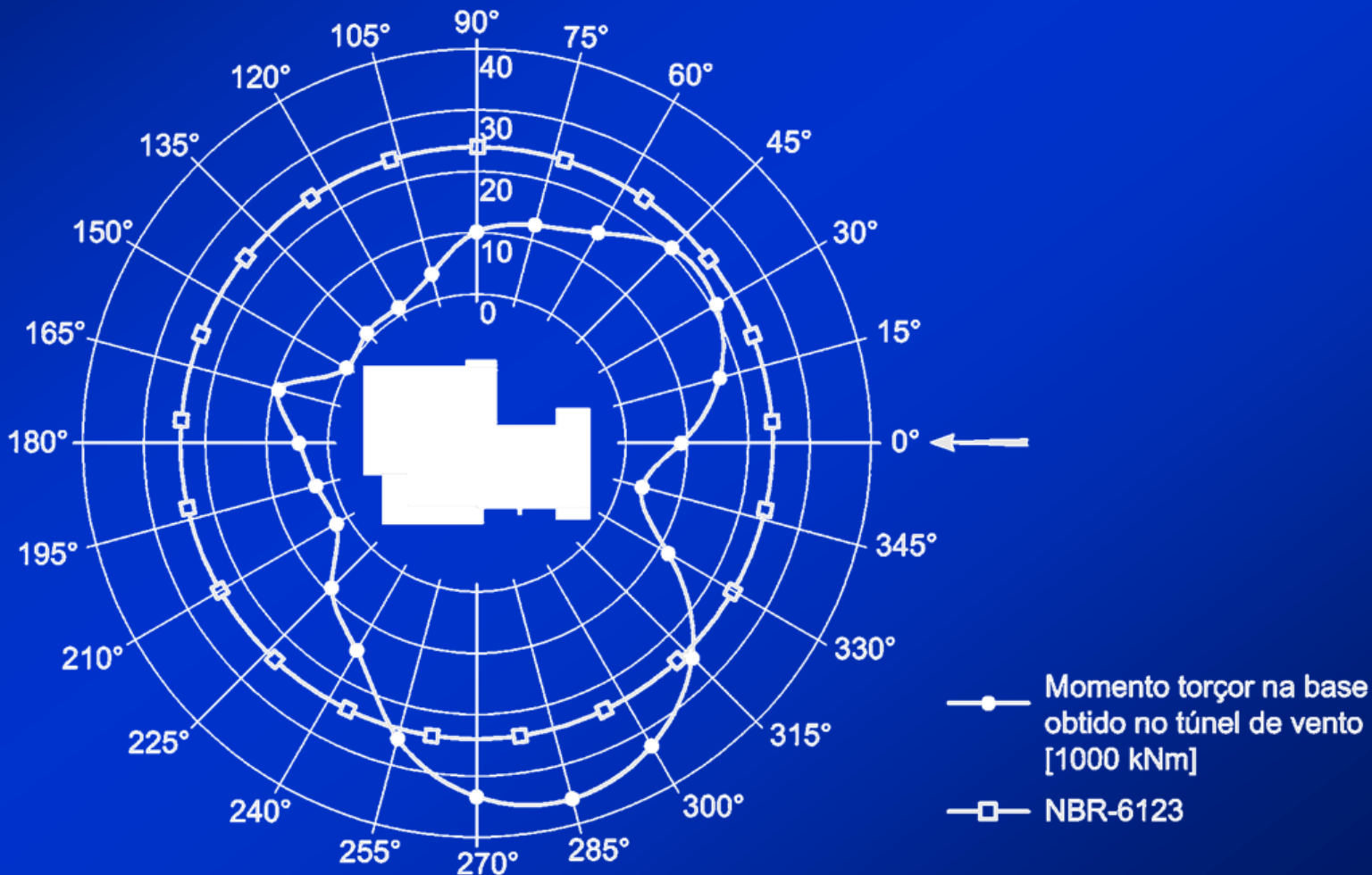
Projeto: VM Garcia Eng.

Contratante: GALMO Eng.



Análise dos Resultados

Projeto *Torre de Málaga*



Modelos Ensaaiados

Projeto *L'Essence Jardins*



Altura: 120,1 m

Local: São Paulo/SP

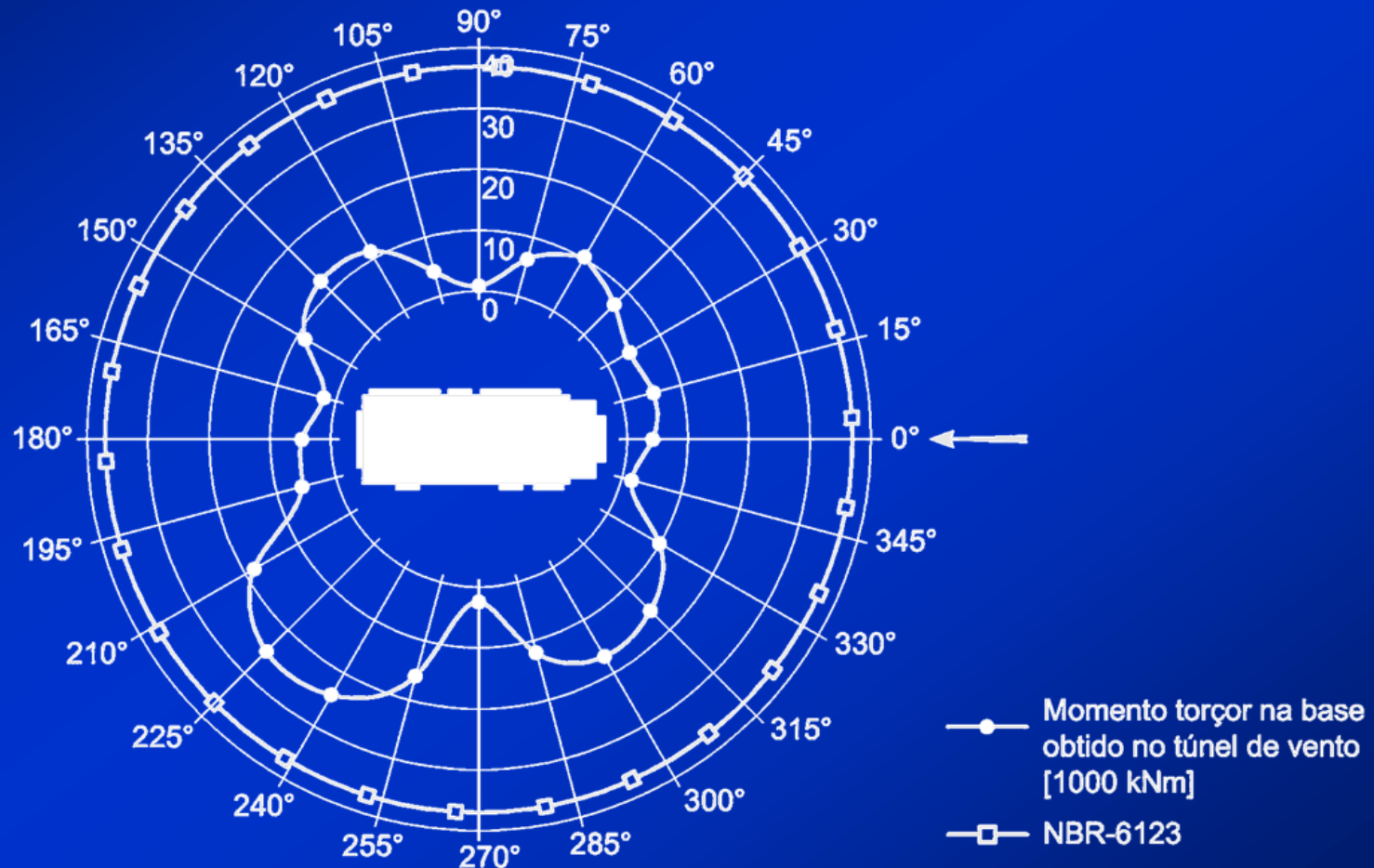
Projeto: França & Associados

Contratante: INPAR



Análise dos Resultados

Projeto *L'Essence Jardins*



Modelos Ensaaiados

Projeto *RochaVerá*



Altura: 75,0 m

Local: São Paulo/SP

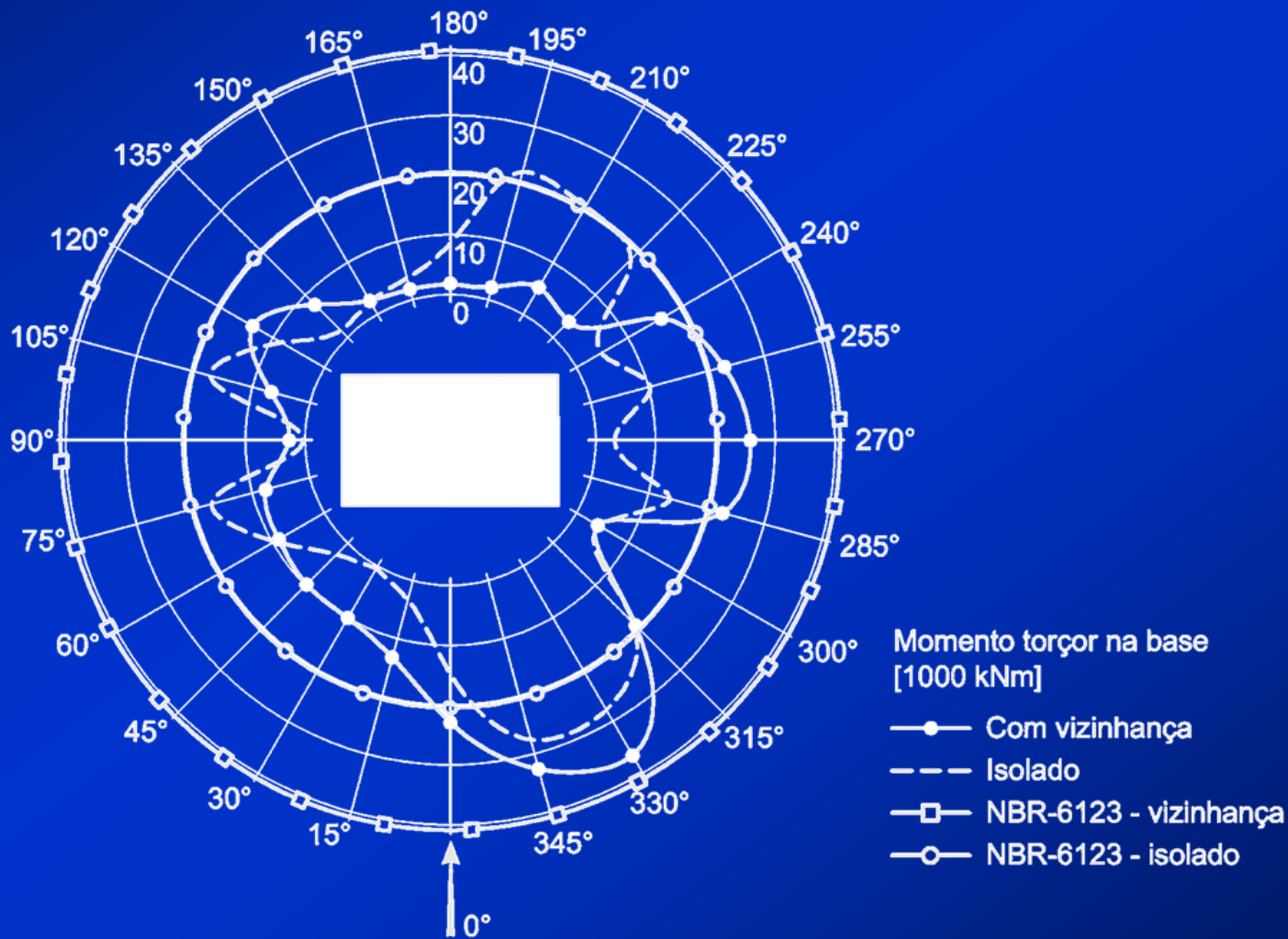
Projeto: Julio Kasoy e Mário Franco

Contratante: Tishman Speyer/Método



Análise dos Resultados

Projeto *RochaVerá*



Modelos Ensaaiados

Projeto *SP Wellness*

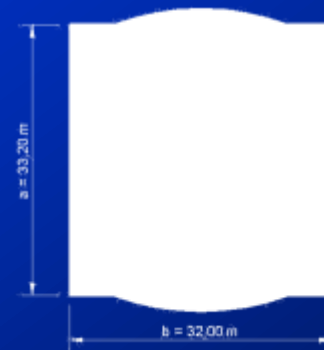


Altura: 93,5 m

Local: São Paulo/SP

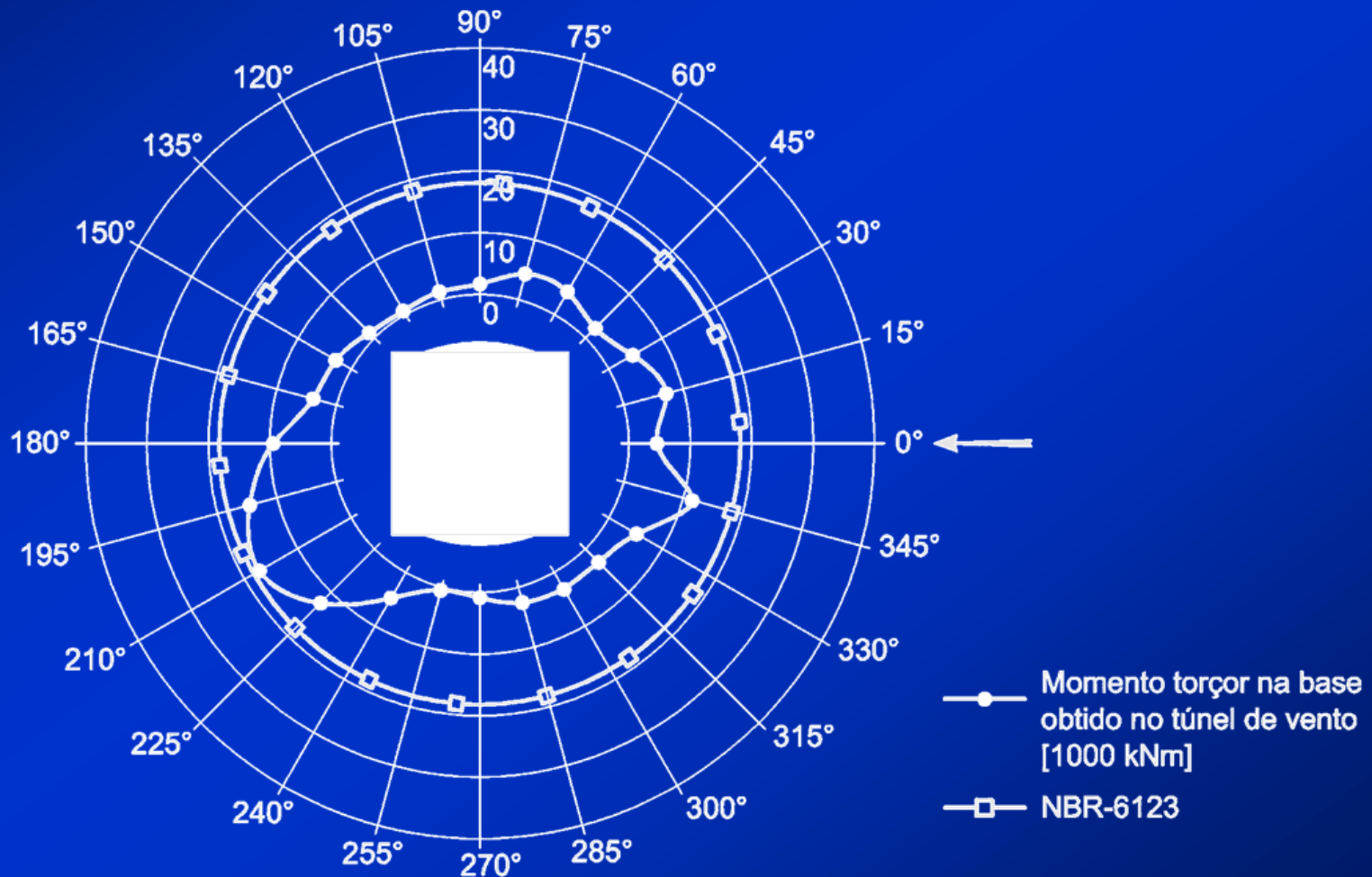
Projeto: Pasqua e Graziano

Contratante: MATEC / TAKAOKA



Análise dos Resultados

Projeto *SP Wellness*



Modelos Ensaaiados

Projeto *Brascan Century*

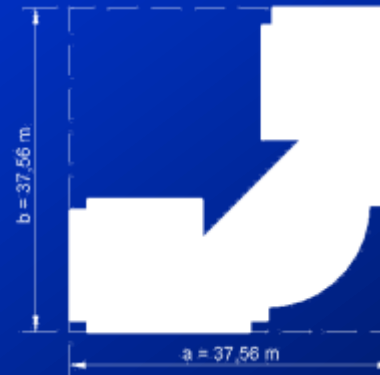


Altura: 118,6 m

Local: São Paulo/SP

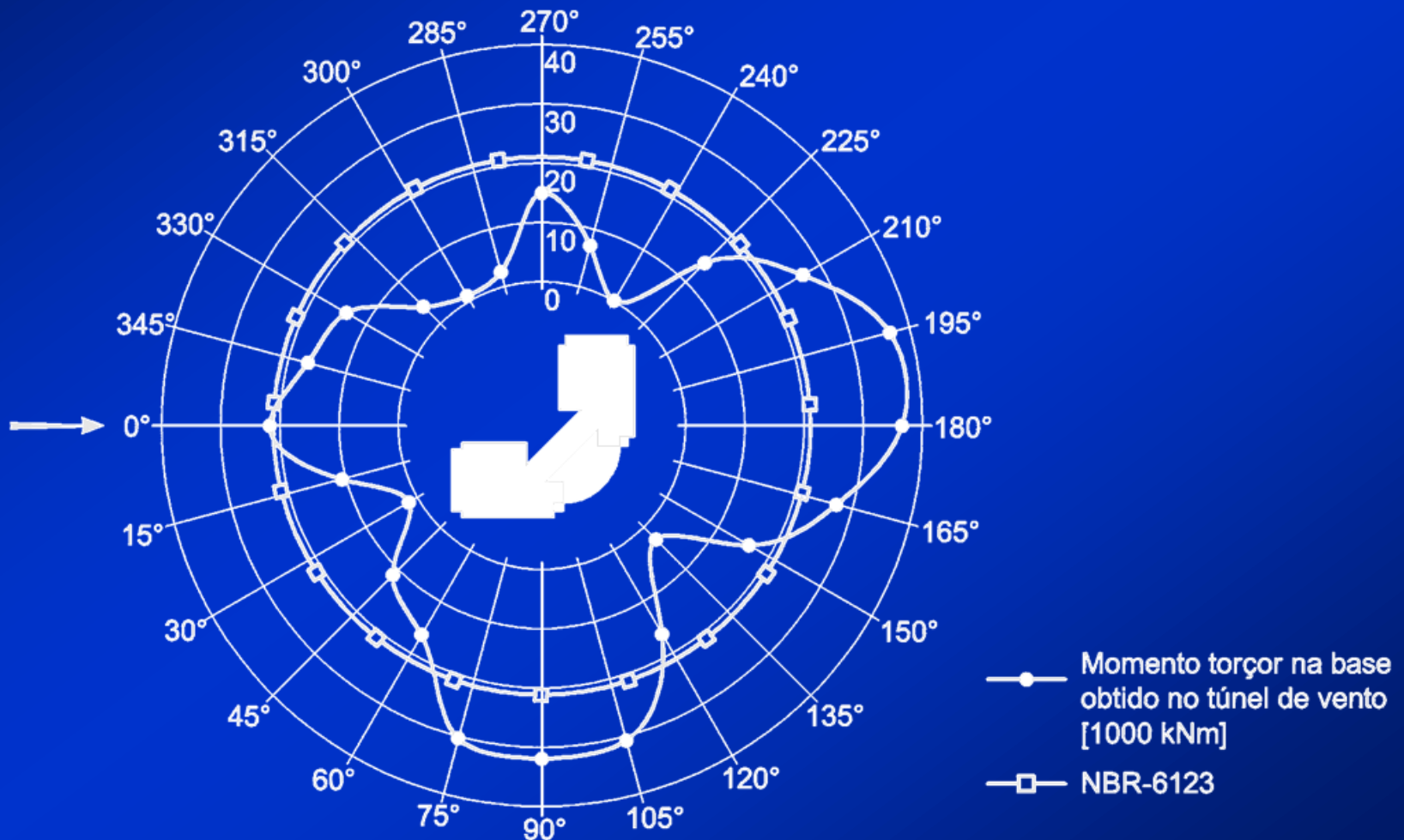
Projeto: França & Associados

Contratante: Brascan



Análise dos Resultados

Projeto *Brascan Century*

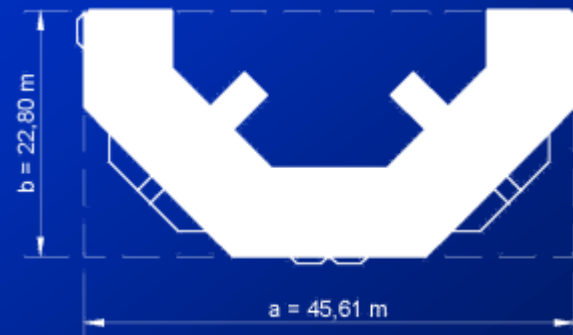


Modelos Ensaaiados

Projeto *Cyrela Classique*

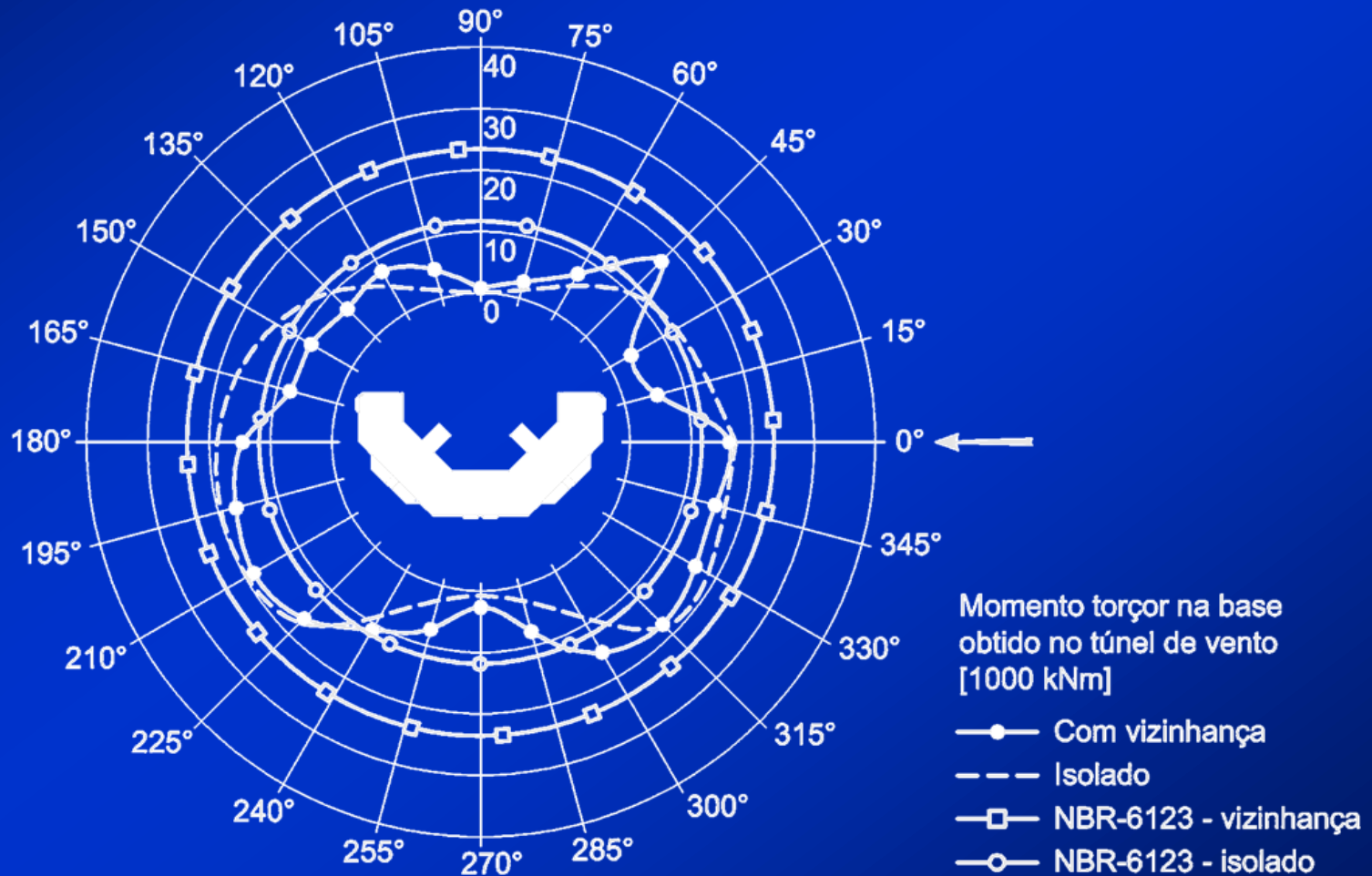


Altura: 72,5 m
Local: São Paulo/SP
Projeto: Vantec
Contratante: Cyrela



Análise dos Resultados

Projeto *Cyrela Classique*



Modelos Ensaaiados

Projeto *Gafisa-Eldorado*

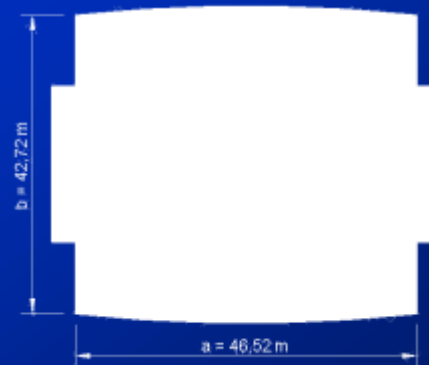


Altura: 142,5 m

Local: São Paulo/SP

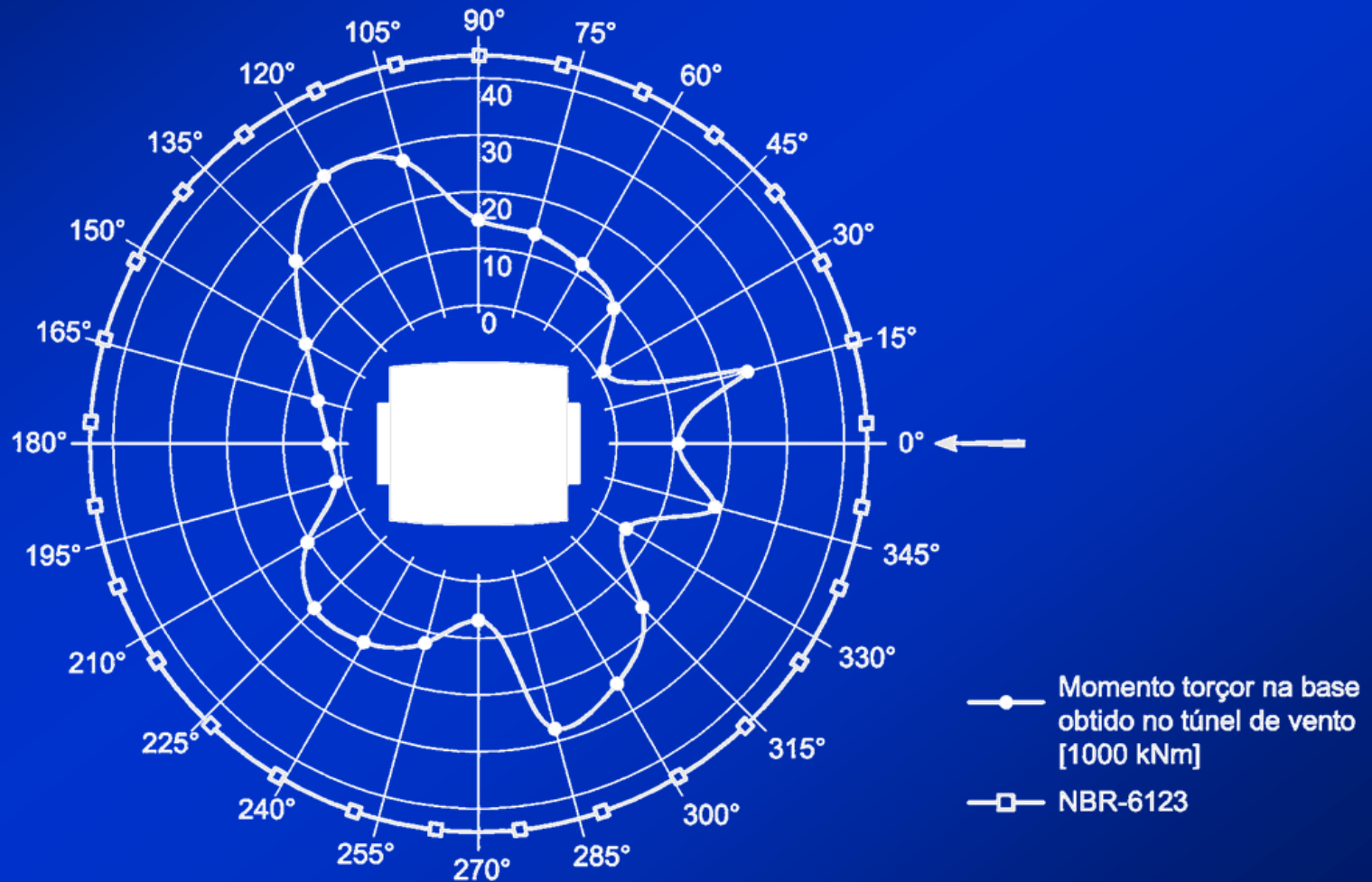
Projeto: França & Associados

Contratante: Gafisa



Análise dos Resultados

Projeto *Gafisa-Eldorado*



Modelos Ensaaiados

Projeto *e-Tower*

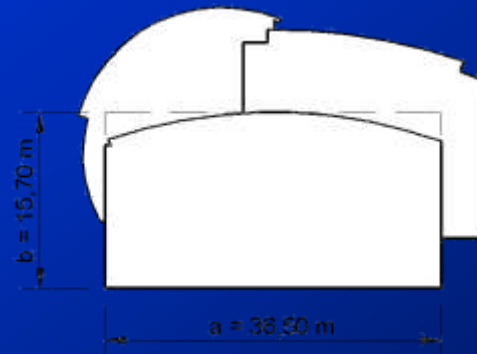


Altura: 149,5 m

Local: São Paulo/SP

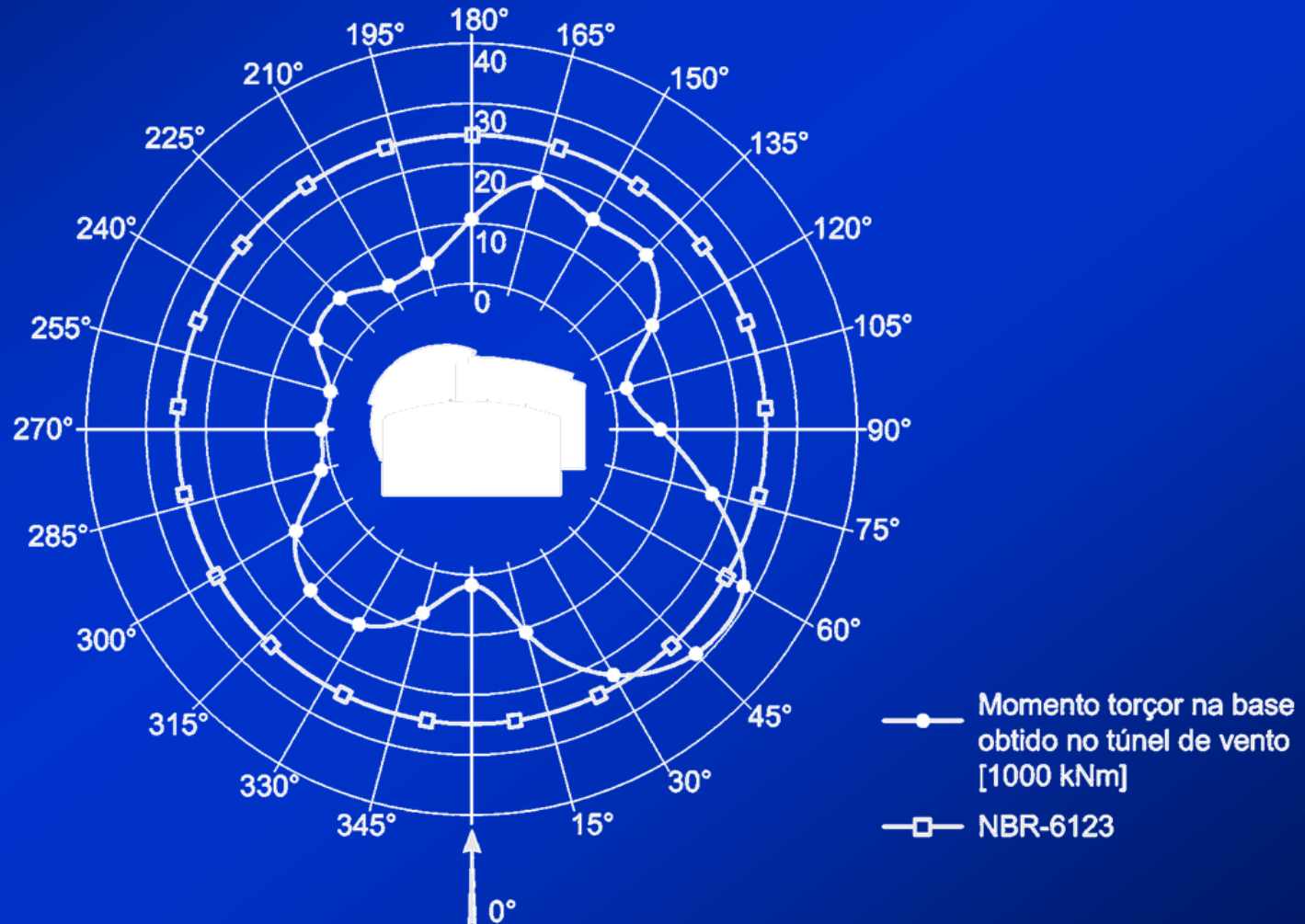
Projeto: França & Associados

Contratante: Tecnum / Munir Abud



Análise dos Resultados

Projeto *e-Tower*



Modelos Ensaaiados

Projeto *Mandarim*



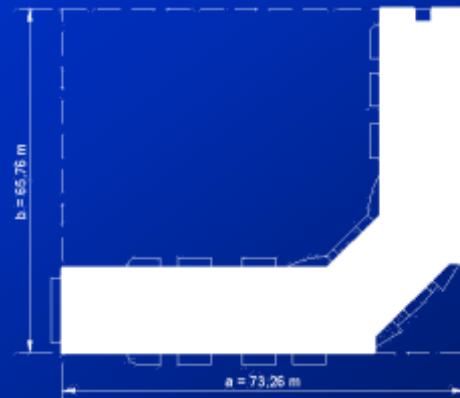
Altura: 63,5 m

Local: Rio de Janeiro/SP

Projeto: SOMA Eng.

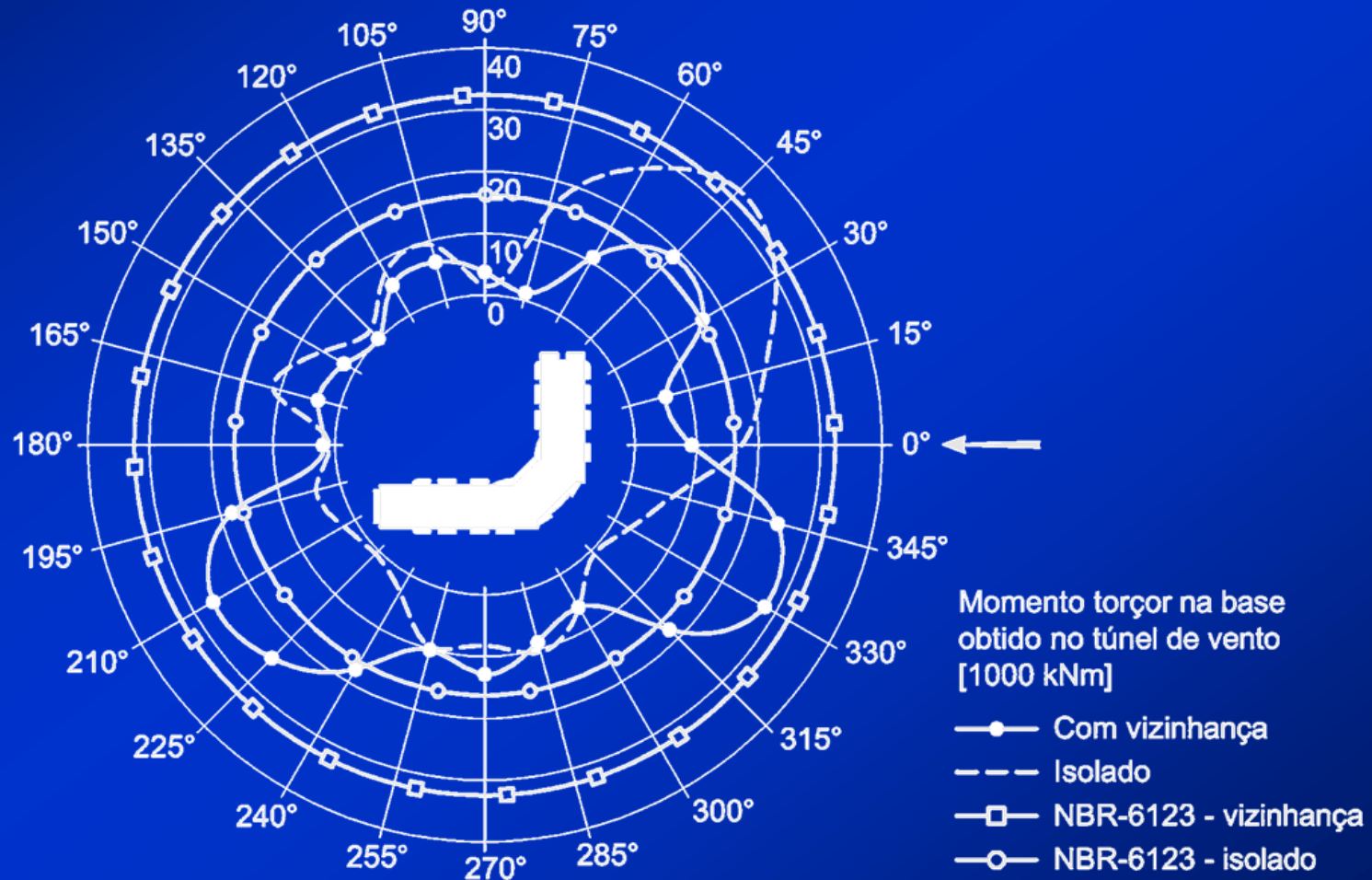
Consultoria: Anibal Knijnik

Contratante: Option



Análise dos Resultados

Projeto *Mandarim*



Modelos Ensaaiados

Projeto *Sundeck*

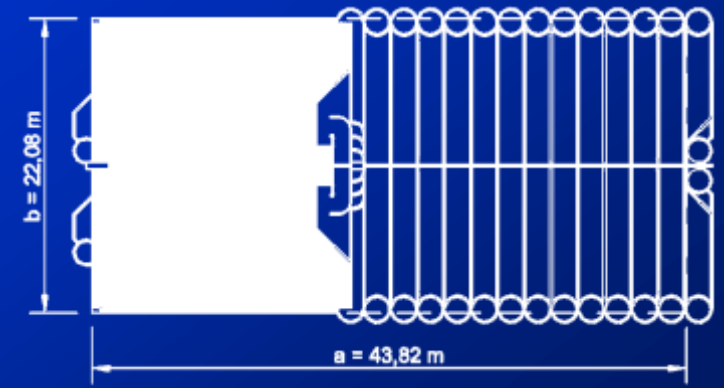


Altura: 56,5 m

Local: Rio de Janeiro/SP

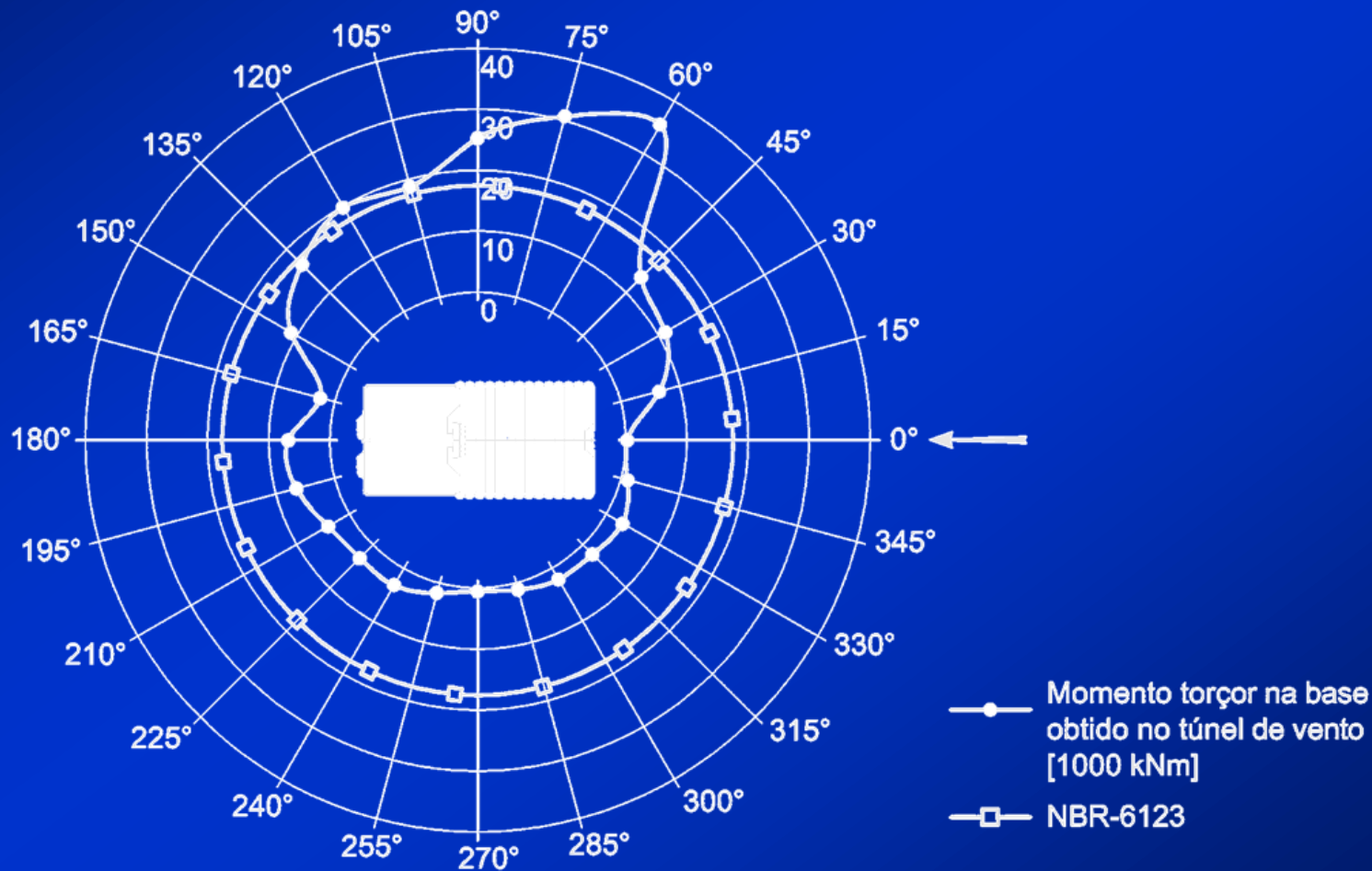
Projeto: SOMA Eng.

Contratante: Gafisa



Análise dos Resultados

Projeto *Sundeck*



Modelos Ensaaiados

Projeto *Sunset*



Altura: 93,3 m

Local: Novo Hamburgo/RS

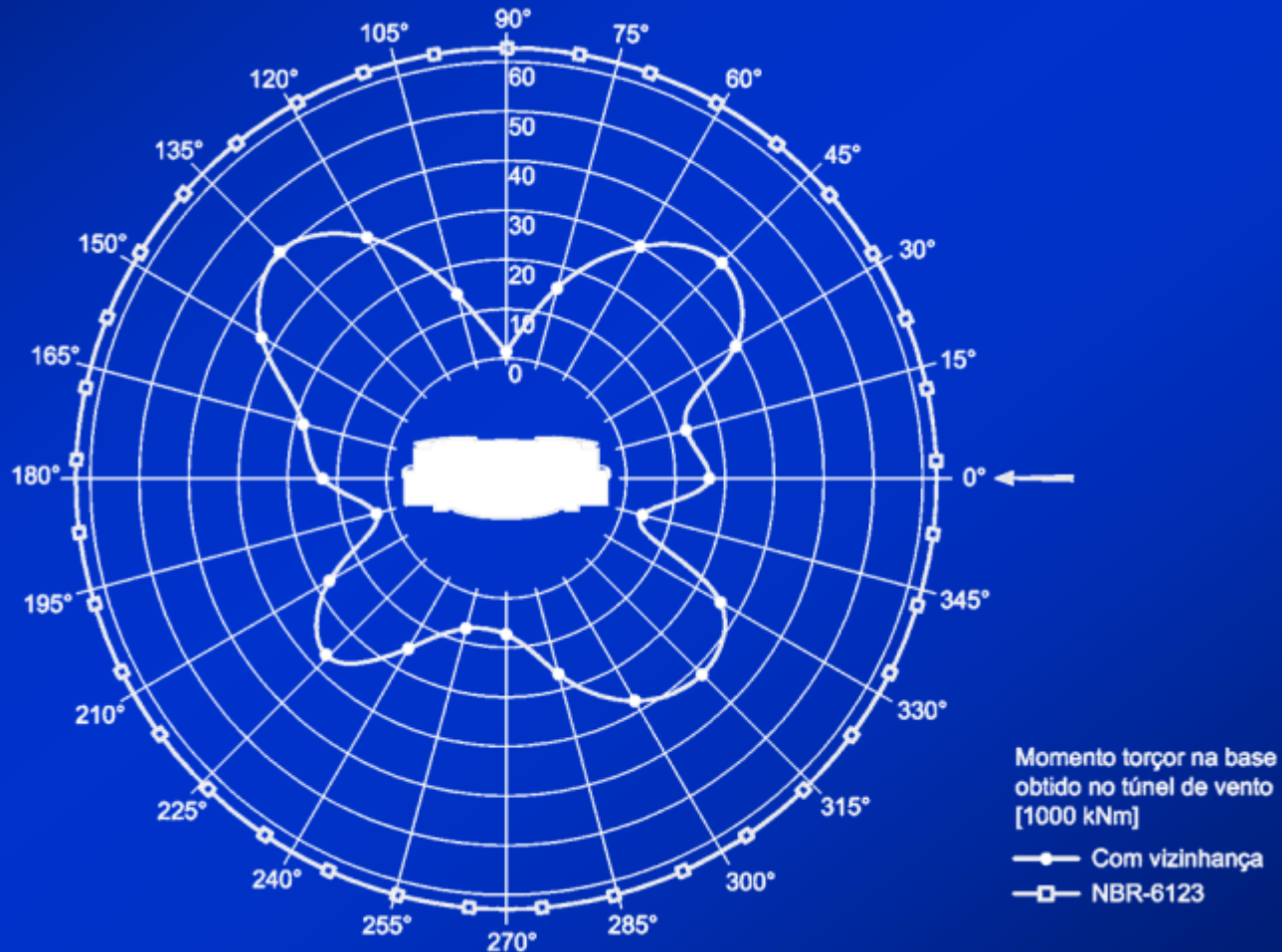
Projeto: AXIAL Eng.

Contratante: Mosmann



Análise dos Resultados

Projeto *Sunset*



Modelos Ensaaiados

Projeto *Estrela do Atlântico*

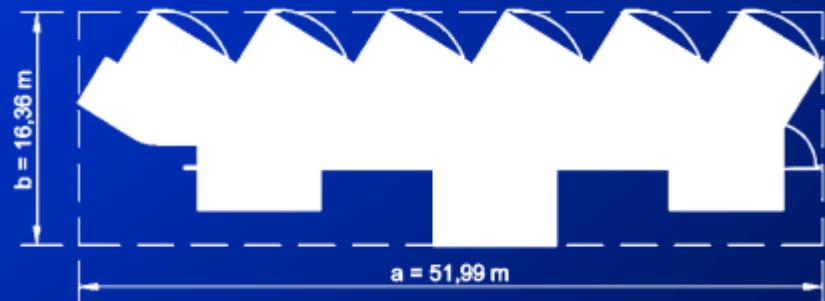


Altura: 130,24 m

Local: Natal/RN

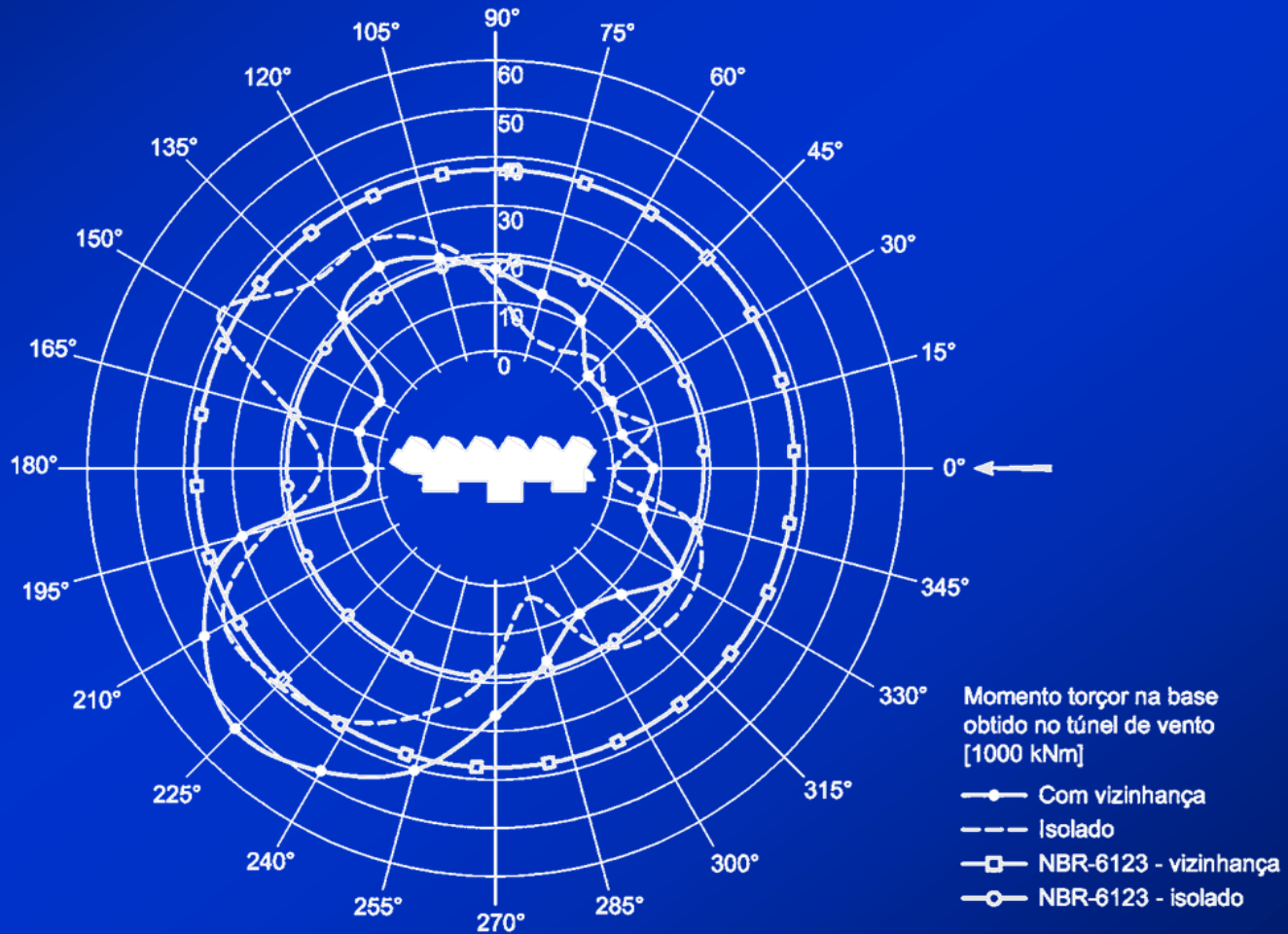
Projeto: ACGM Eng.

Contratante: J.P.G Natal





















Análise dos Resultados



















Projeto *Estrela do Atlântico*



Túnel de Vento/NBR

Modelo	Situação	a [m]	a/b	h/a	Túnel de Vento/NBR						Planta	Elevação
					$ F_y $ NBR [kN]	$ F_y $ * NBR [kN]	$ M_d $ TÚNEL [kNm]	\hat{e}_a/a	\hat{e}_a/a^*	e_a/a NBR		
1	com vizinhança	29,35	1,60	4,02	5.444	7.077	35.771	0,22	0,17	0,15		
2	com vizinhança	40,74	2,36	2,95	6.042	7.854	24.915	0,10	0,08	0,15		
3	isolado	47,60	1,34	1,56	5.715	—	27.734	0,10	—	0,075		
3	com vizinhança	47,60	1,34	1,56	—	7.430	36.479	—	0,10	0,15		
4	com vizinhança	33,20	1,04	2,82	3.647	4.741	17.150	0,14	0,11	0,15		
4	com vizinhança	33,20	1,04	2,82	3.647	4.741	9.540	0,08	0,06	0,15		
5	com vizinhança	37,56	1,00	2,89	3.743	4.866	36.503	0,26	0,20	0,15		
6	isolado	45,61	2,00	1,59	3.435	—	17.448	0,11	—	0,075		
6	com vizinhança	45,61	2,00	1,59	—	4.465	17.179	—	0,08	0,15		

Túnel de Vento/NBR

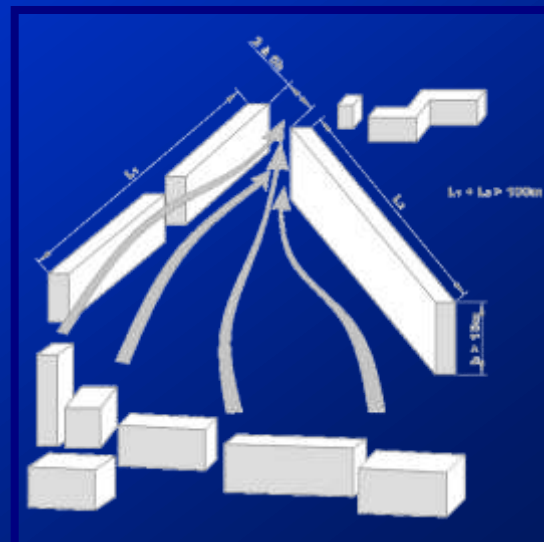
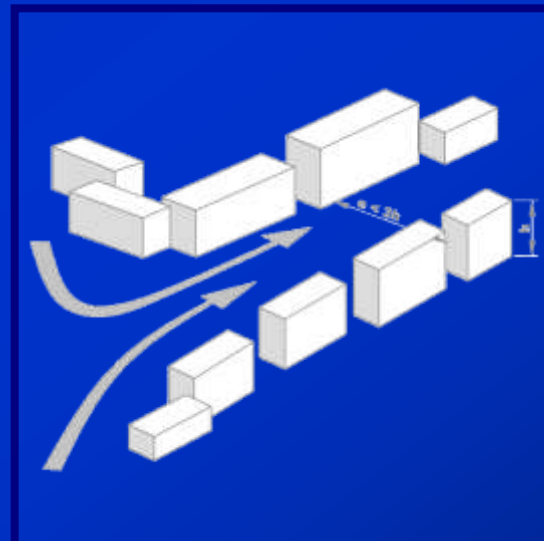
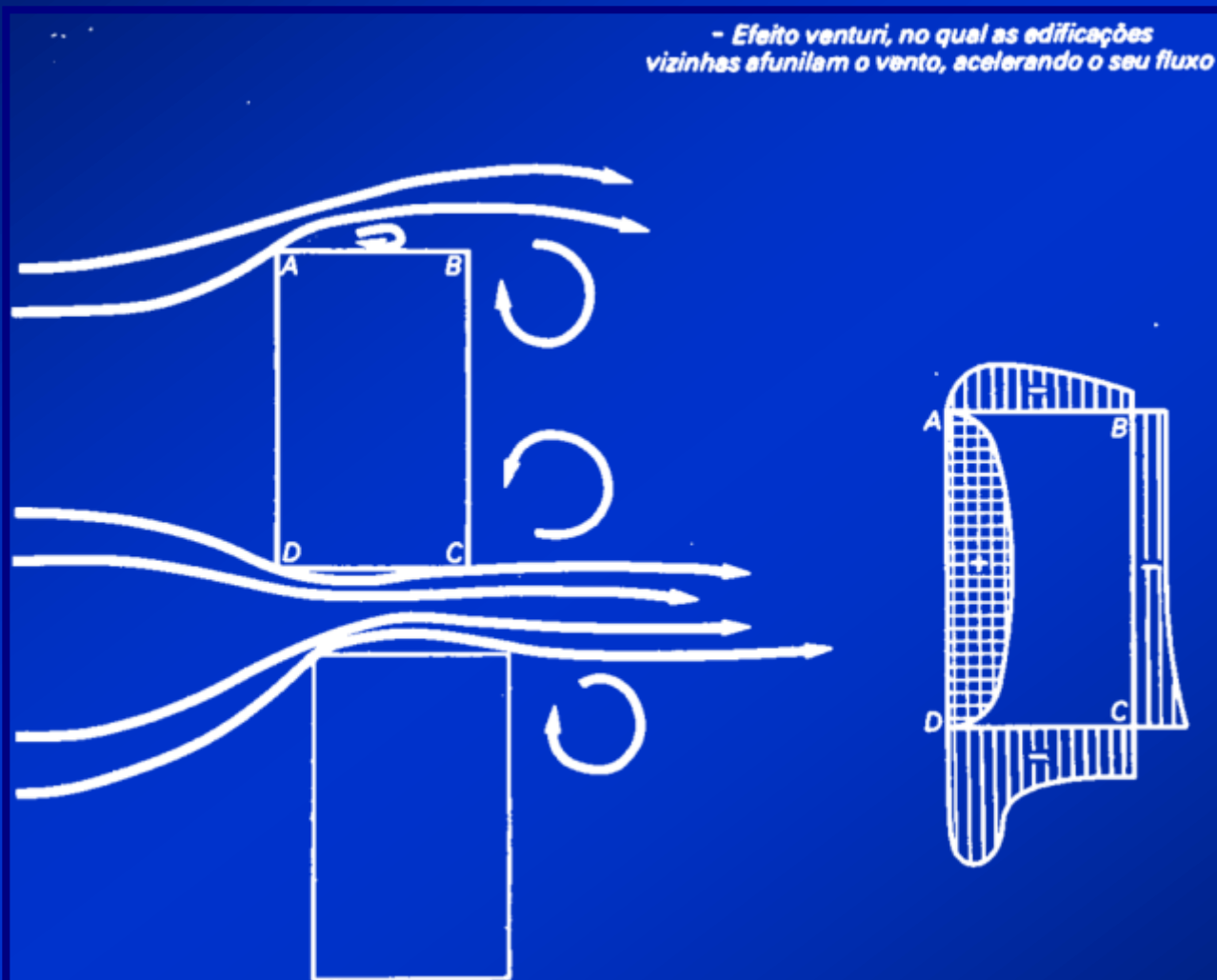
Modelo	Situação	a [m]	a/b	h/a	Túnel de Vento/NBR			\hat{e}_a/a	\hat{e}_a/a^*	e_a/a NBR	Planta	Elevação
					$ F_y $ NBR [kN]	$ F_y ^*$ NBR [kN]	$ M_d $ TÚNEL [kNm]					
7	com vizinhança	46,52	1,09	3,06	6.375	8.288	29.772	0,10	0,08	0,15		
8	isolado	36,50	2,33	4,10	9.054	11.770	30.100	0,09	0,07	0,075		
9	Conf. I (isolado)	73,26	1,11	0,87	2.949	—	33.541	0,16	—	0,075		
9	Conf. II (c/ viz.)	73,26	1,11	0,87	—	3.834	27.452	—	0,10	0,15		
10	E1 (c/ viz.)	43,82	1,99	1,29	2.667	3.467	11.960	0,10	0,08	0,15		
10	E2 (c/ viz.)	43,82	1,99	1,29	2.667	3.467	36.226	0,31	0,24	0,15		
11	com vizinhança	40,78	2,51	2,29	10.269	13.349	40.515	0,10	0,07	0,15		
12	isolado	51,99	3,18	2,51	4.805	—	41.024	0,16	—	0,075		
12	com vizinhança	51,99	3,18	2,51	—	6.247	51.680	—	0,16	0,15		

Principais Constatações

- Para os modelos isolados as excentricidades obtidas experimentalmente (túnel de vento) foram superiores às indicadas pela NBR-6123;
- Recomenda-se a adoção de um valor único de excentricidade para a NBR-6123: $e_d/a = 0,15$;
 - ✓ adequado para edificações com secção transversal retangular
 - ✓ as forças de arrasto indicadas pela NBR devem ser majoradas pelo fator de vizinhança (FV)
- A curva dos coeficientes de arrasto indicada na NBR-6123 deve ser revista;
- Formas distintas de secção transversal devem ser testadas em túnel de vento.

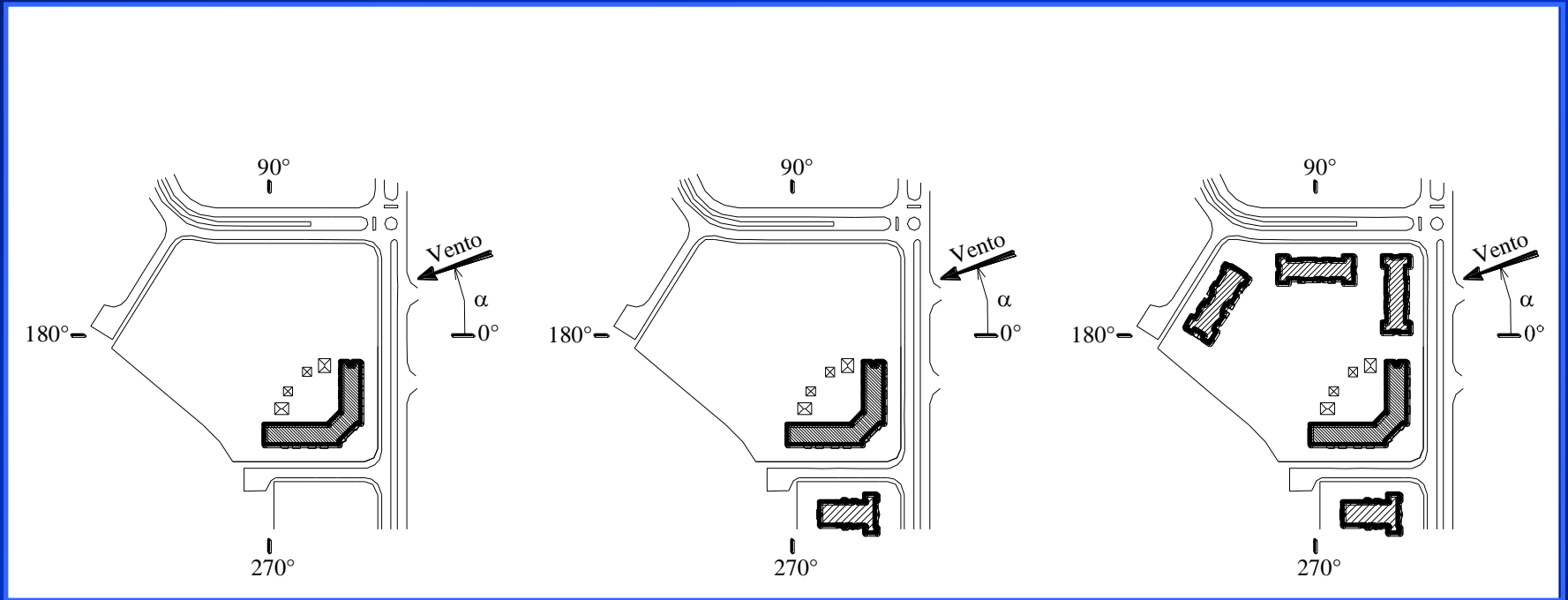
- Efeitos de vizinhança

Efeito Venturi



Edifício Mandarin, Rio de Janeiro - RJ

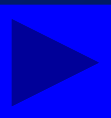
- Configurações testadas



Configuração I

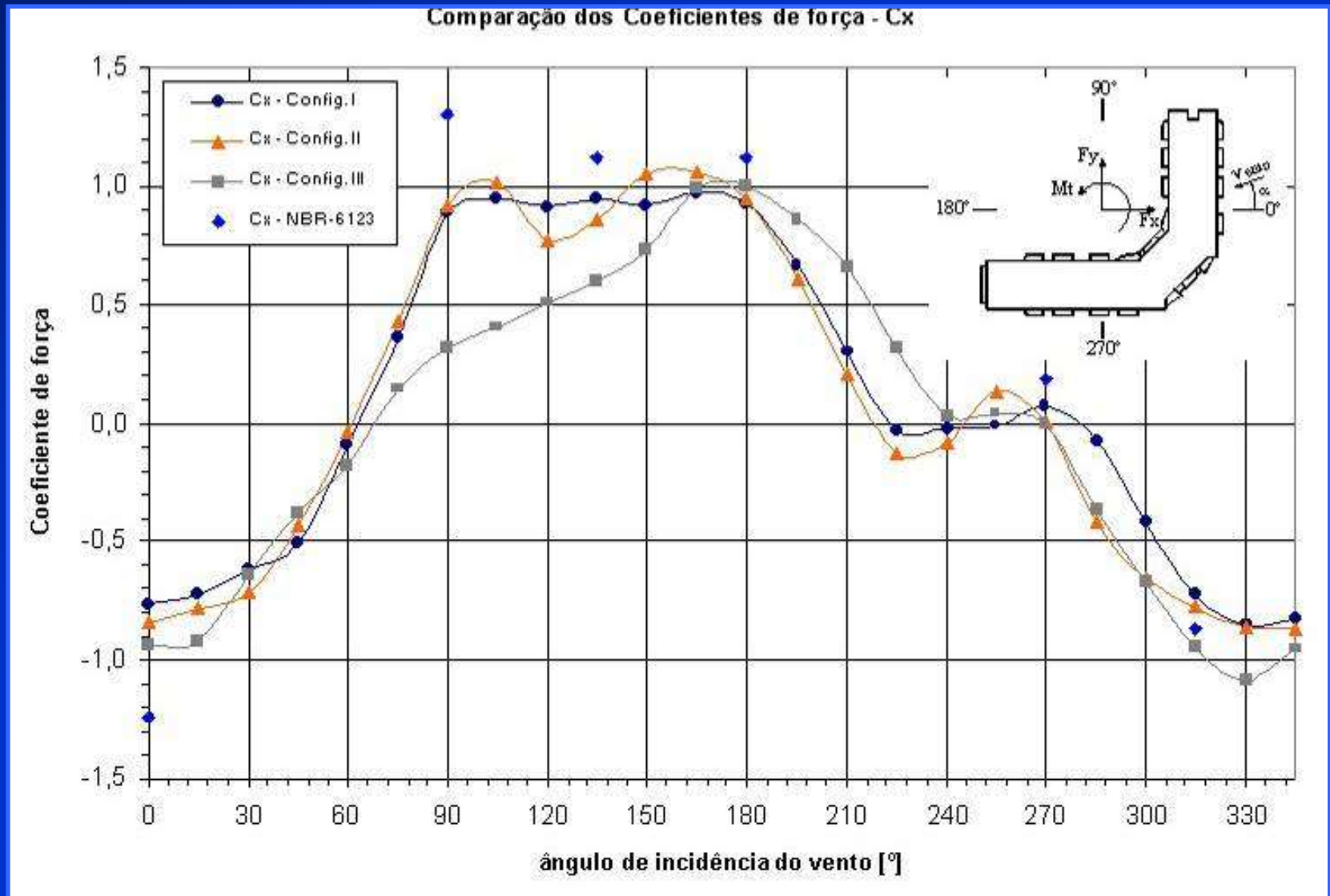
Configuração II

Configuração III



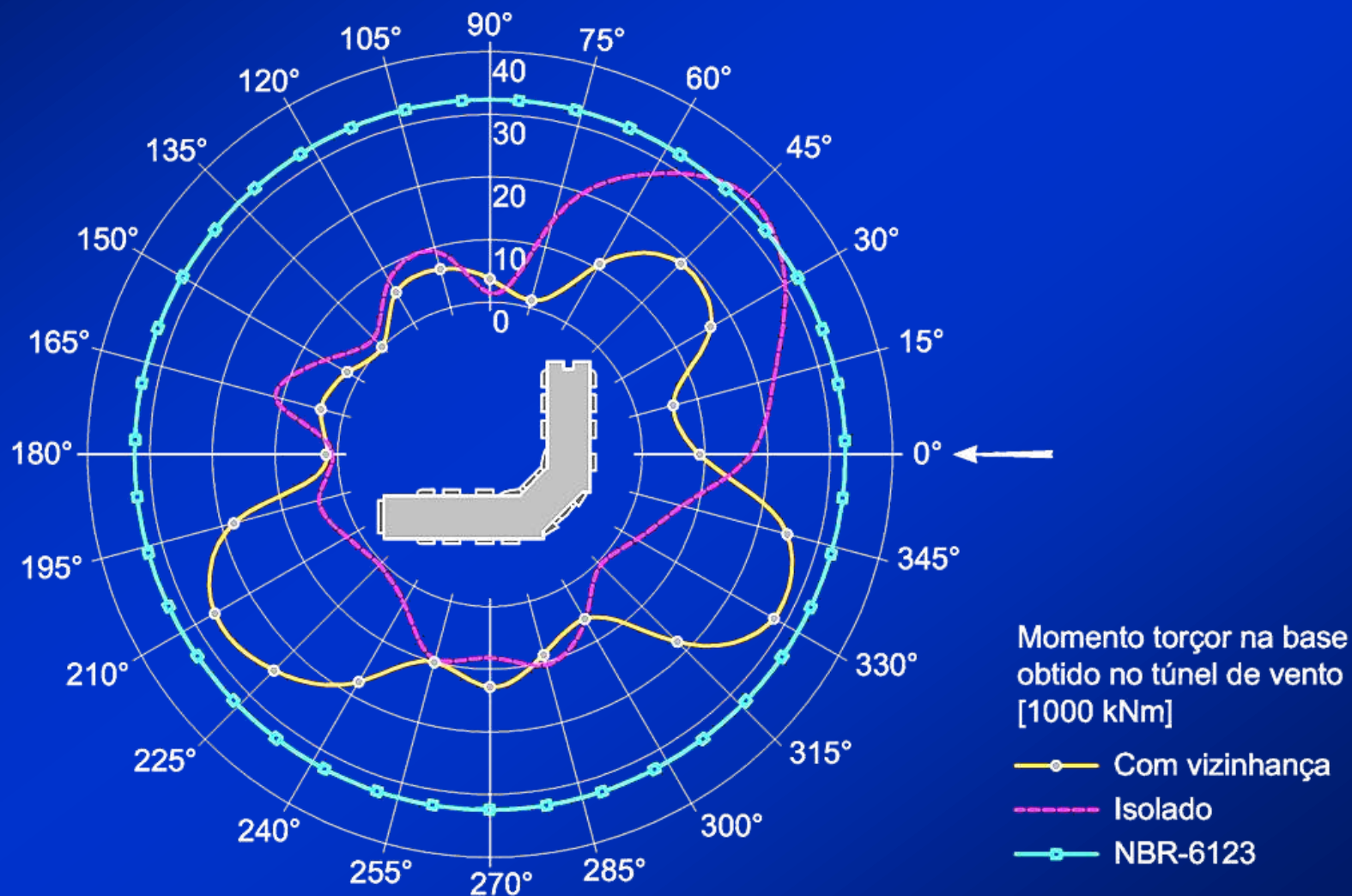
Edifício Mandarin, Rio de Janeiro - RJ

- Coeficientes de força na direção X



Edifício Mandarin, Rio de Janeiro - RJ

Análise dos Resultados

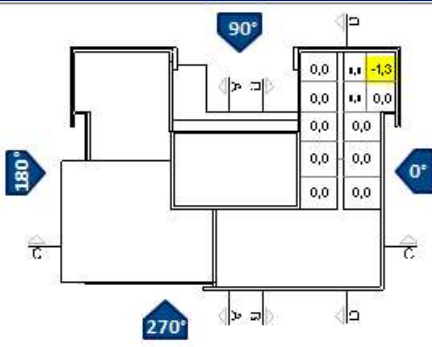


Edifício Mandarin, Rio de Janeiro - RJ



MULTIPLAN – Barra Shopping Sul / Porto Alegre

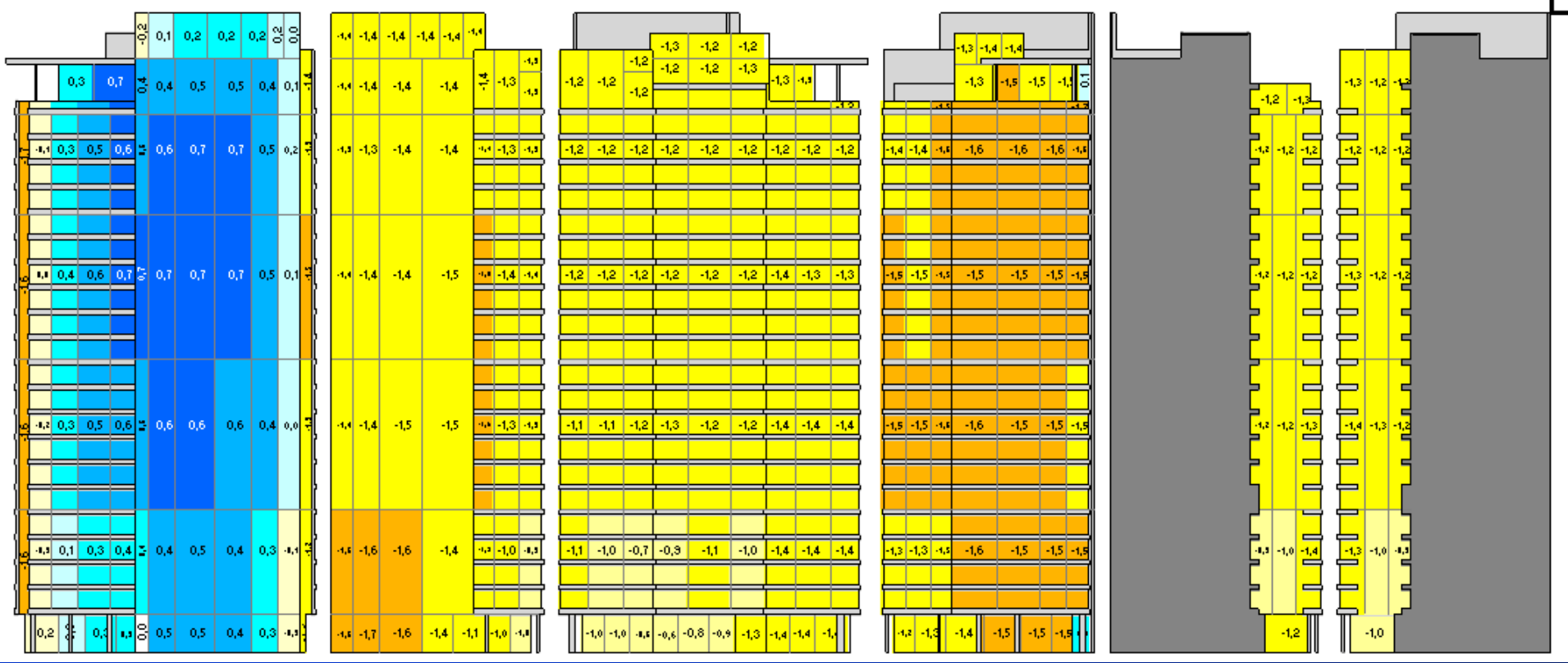


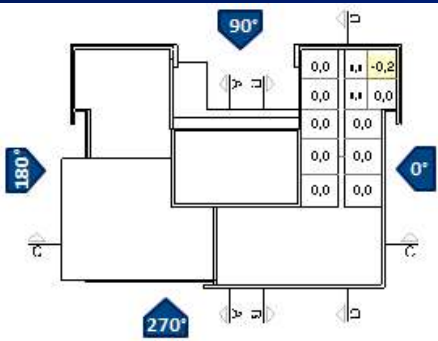


Ângulo de incidência do vento **270**

Legenda:

Dark Blue	$cp > 1,2$	Light Blue	$0,4 < cp \leq 0,6$	Dark Red	$cp < -3,5$	Orange	$-1,5 > cp \geq -2,0$
Blue	$1,0 < cp \leq 1,2$	Cyan	$0,2 < cp \leq 0,4$	Red	$-3,0 > cp \geq -3,5$	Yellow	$-1,0 > cp \geq -1,5$
Light Blue	$0,8 < cp \leq 1,0$	White	$0,0 < cp \leq 0,2$	Dark Red	$-2,5 > cp \geq -3,0$	Light Yellow	$-0,5 > cp \geq -1,0$
Medium Blue	$0,6 < cp \leq 0,8$	White	$cp = 0,0$	Orange	$-2,0 > cp \geq -2,5$	Lightest Yellow	$0,0 > cp \geq -0,5$



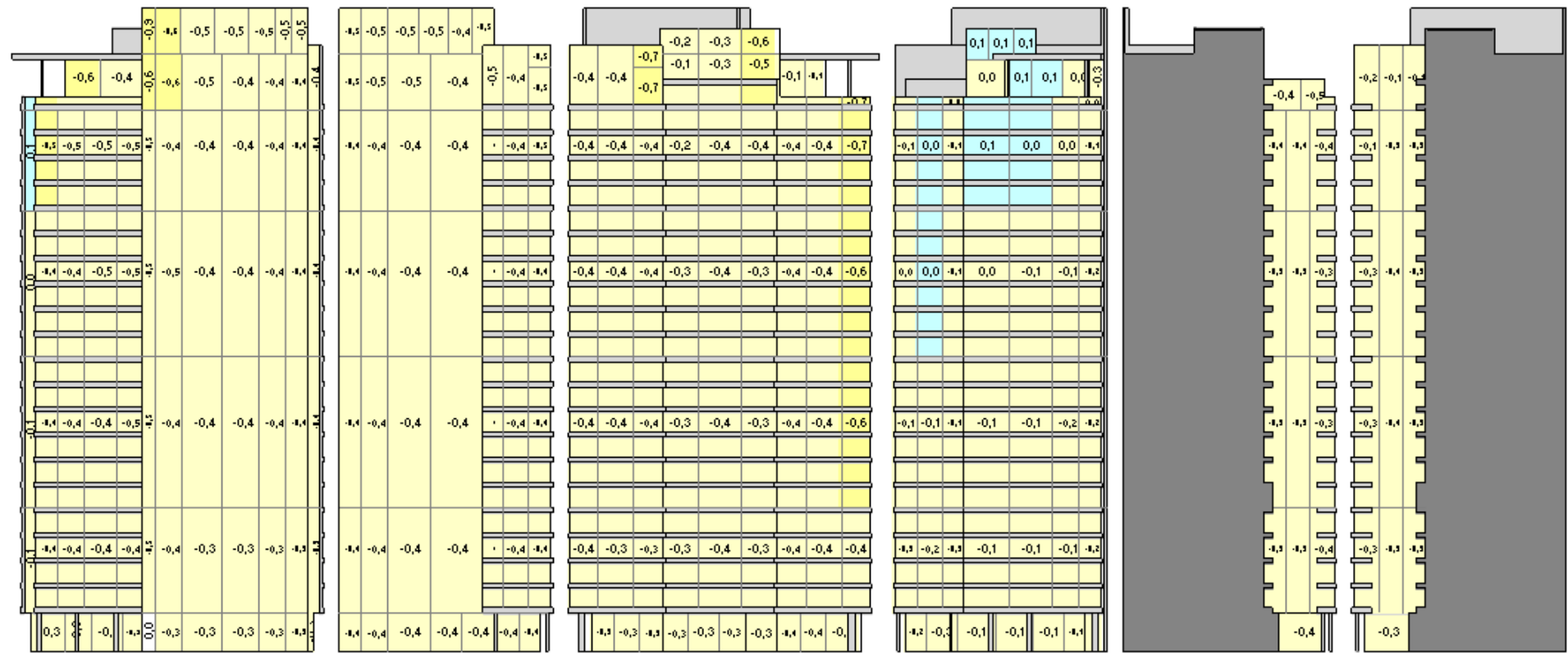


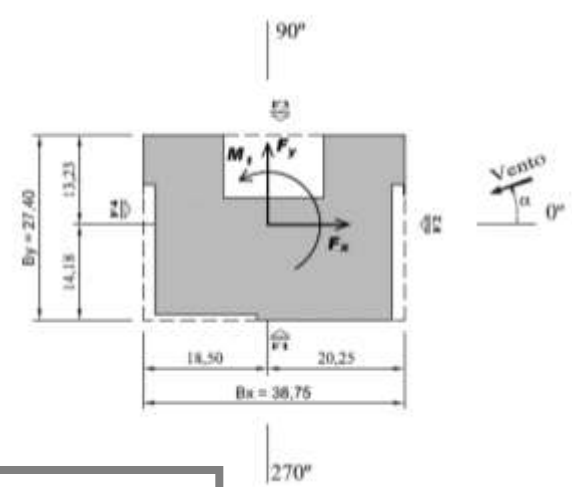
Ângulo de incidência do vento

180

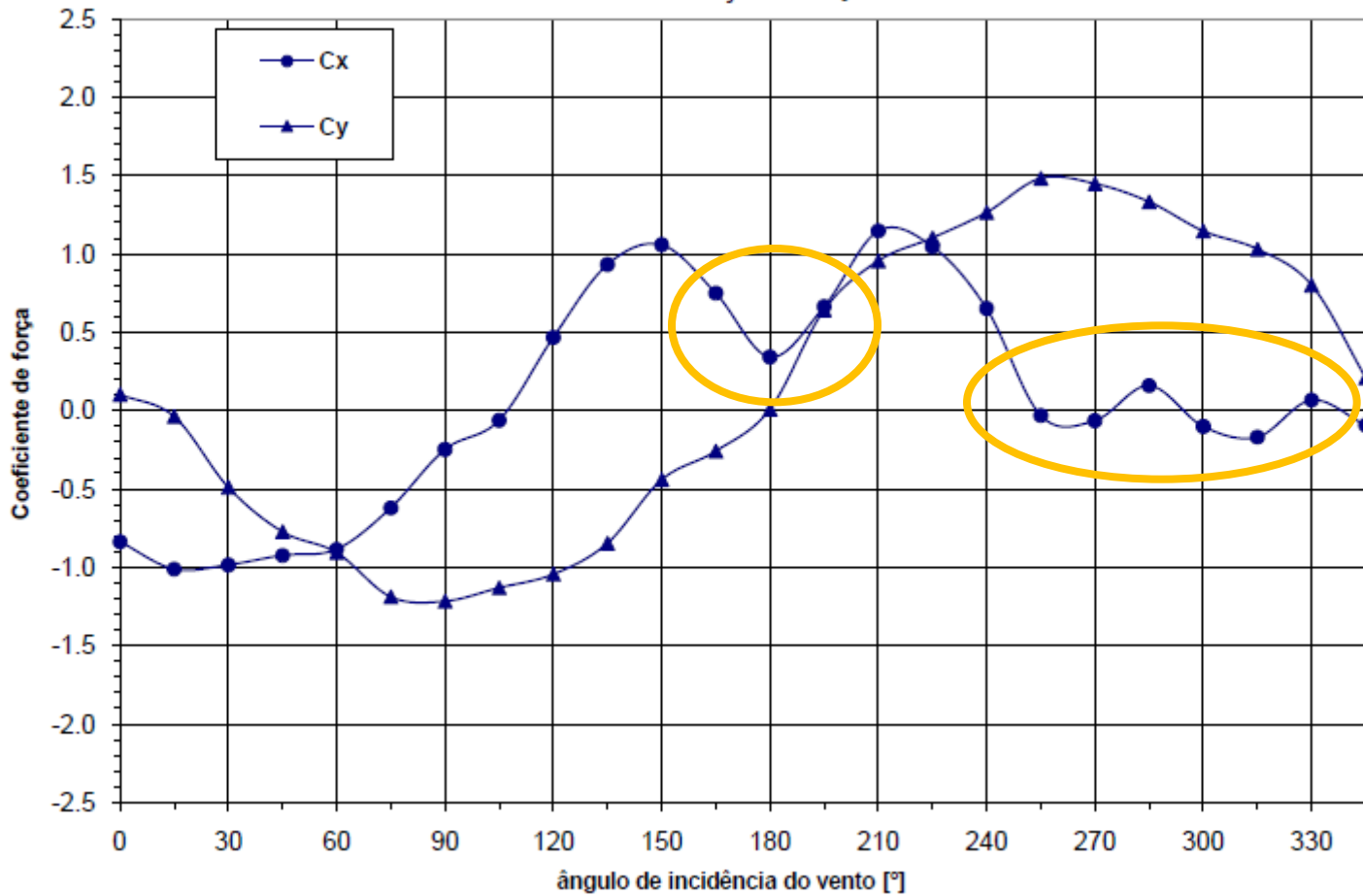
Legenda:

Dark Blue	$cp > 1,2$	Light Blue	$0,4 < cp \leq 0,6$	Dark Red	$cp < -3,5$	Orange	$-1,5 > cp \geq -2,0$
Medium Blue	$1,0 < cp \leq 1,2$	Cyan	$0,2 < cp \leq 0,4$	Red	$-3,0 > cp \geq -3,5$	Yellow	$-1,0 > cp \geq -1,5$
Light Blue	$0,8 < cp \leq 1,0$	White	$0,0 < cp \leq 0,2$	Dark Red	$-2,5 > cp \geq -3,0$	Light Yellow	$-0,5 > cp \geq -1,0$
Blue	$0,6 < cp \leq 0,8$	White	$cp = 0,0$	Orange	$-2,0 > cp \geq -2,5$	Yellow	$0,0 > cp \geq -0,5$





Coeficientes de força - Cx & Cy



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 (≤ 1.3)

$$V_k = V_o S_1 S_2 S_3$$

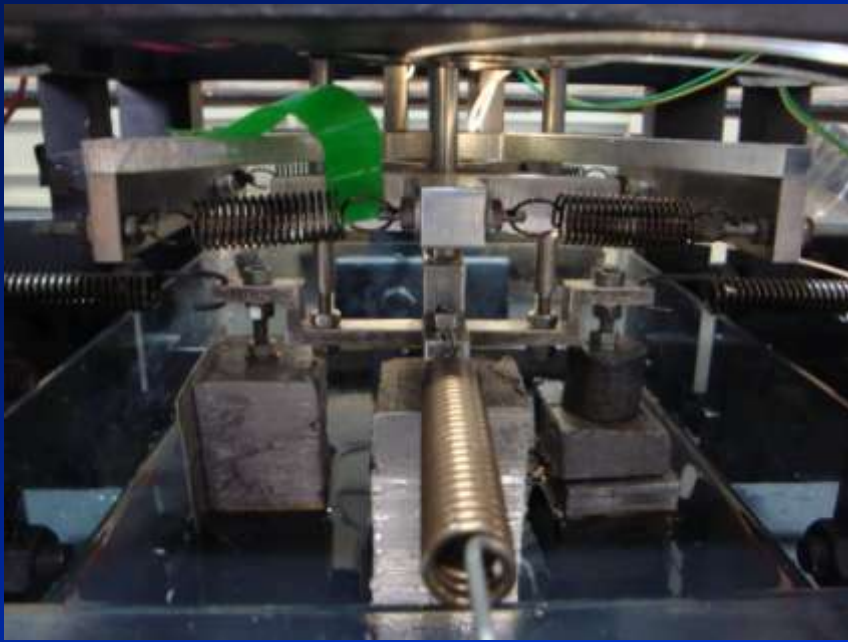
V_o : basic wind speed (3s, 10m heigth, open terrain, 50year)

S_1 : topographic factor

S_2 : terrain roughness, building dimensions and heigth above terrain

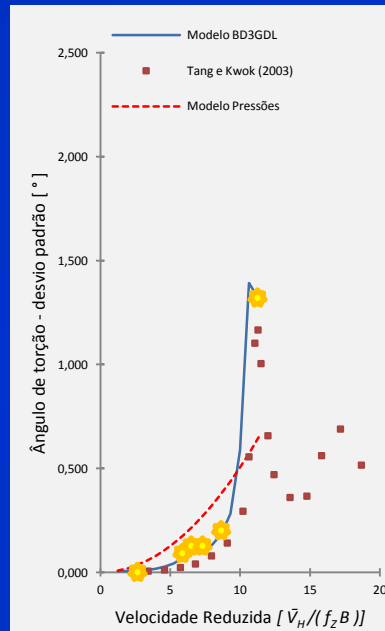
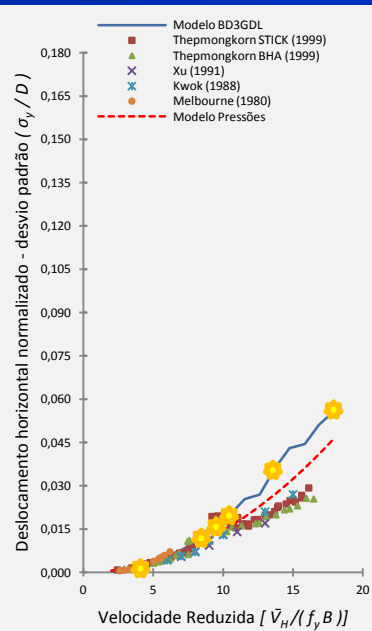
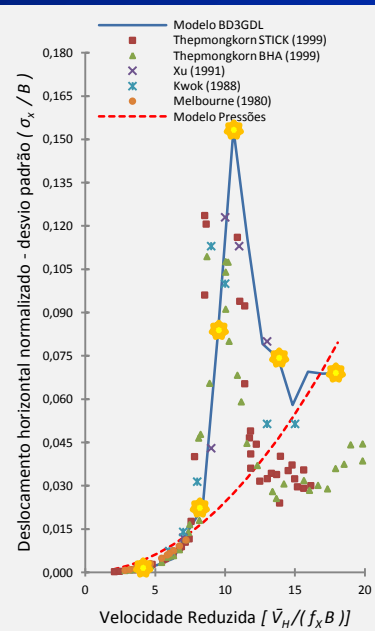
S_3 : statistical factor

DEVICE FOR DYNAMIC TESTS OF TALL BUILDING MODELS



DYNAMIC TESTS - CAARC BUILDING

Wind on Larger Face





L A C

LABORATÓRIO
DE AERODINÂMICA
DAS CONSTRUÇÕES

