

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos

***ESTUDO DE CASO
POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA
NO CONTEXTO DA MOBILIDADE NO
MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS***

Tadeu Malheiros

2016

Com o significativo aumento da frota de veículos no Município de São Carlos na última década, o envelhecimento da frota de ônibus e um número grande de caminhões atravessando o centro do município, cresce a preocupação com a saúde pública da cidade. Assim, o Ministério Público encaminhou a solicitação de um estudo urgente relacionado à questão da mobilidade na cidade.

A preocupação maior está na região central do município, onde se concentra grande parte das atividades de serviços, em especial, a avenida São Carlos e a Rua Dona Alexandrina, entre as vias Av Trabalhador Saocarlense e a Rua Raimundo Correa.

O processo encaminhado pelo Ministério Pública solicita as seguintes análises:

- 1. Inventário da emissão veicular no município;**
- 2. Contribuição da Av São Carlos e da Rua Dona Alexandrina, entre as vias Av Trabalhador Saocarlense e a Rua Raimundo Correa na qualidade do ar. Considerar uma faixa de 200 m para cada lado das vias. Identificar pontos de interesse, tais como escolas, postos de saúde;**
- 3. Alternativas de intervenção e os respectivos impactos.**

O Ministério Público realizou medição de veículos nas vias em questão, tendo identificado o seguinte quadro na situação atual:

(tipo de veículo; quantidade por hora e velocidade média, conforme dias e horários na semana)

•Carros

•0h:00 – 6h:00 → 600 veíc/h; 50km/h

•6h:00 – 9h:00 → 2000 veíc/h; 25 km/h

•9h:00 – 16h:00 → 900 veíc/h; 35 km/h

•16h:00 – 19h:00 → 2000 veíc/h; 25 km/h

•19h:00 – 24h:00 → 750 veíc/h; 40 km/h

(considerar também poeira em suspensão, e desgaste dos pneus)

O Ministério Público realizou medição de veículos nas vias em questão, tendo identificado o seguinte quadro na situação atual:

(tipo de veículo; quantidade por hora e velocidade média, conforme dias e horários na semana)

•Caminhões

•0h:00 – 6h:00 → 30 veíc/h; 35km/h

•6h:00 – 9h:00 → 150 veíc/h; 20 km/h

•9h:00 – 16h:00 → 50 veíc/h; 30 km/h

•16h:00 – 19h:00 → 100 veíc/h; 20 km/h

•19h:00 – 24h:00 → 20 veíc/h; 35 km/h

(considerar também poeira em suspensão, e desgaste dos pneus)

O Ministério Público realizou medição de veículos nas vias em questão, tendo identificado o seguinte quadro na situação atual:

(tipo de veículo; quantidade por hora e velocidade média, conforme dias e horários na semana)

•Motos

•0h:00 – 6h:00 → 200 veíc/h; 50km/h

•6h:00 – 9h:00 → 500 veíc/h; 35 km/h

•16h:00 – 19h:00 → 8000 veíc/h; 30 km/h

•19h:00 – 24h:00 → 300 veíc/h; 50 km/h

(considerar também poeira em suspensão, e desgaste dos pneus)

O Ministério Público realizou medição de veículos nas vias em questão, tendo identificado o seguinte quadro na situação atual:

(tipo de veículo; quantidade por hora e velocidade média, conforme dias e horários na semana)

•Ônibus urbano

Utilizar os dados do Relatório TRANSPORTE PÚBLICO NA CIDADE DE SÃO CARLOS - aspectos gerais e Níveis de emissão de poluentes.

Autores: Luciana da Costa Ferreira; Natalia Aparecida Killer; Tatiana Costa Guimarães Trindade

(considerar também poeira em suspensão, e desgaste dos pneus)

Para o cálculo da poeira em suspensão, e desgaste dos pneus, utilizar a soma dos valores abaixo:

FATOR DE EMISSÃO DE MATERIAL PARTICULADO

Para PNEUS (conforme Cetesb 2001)

para todos os veículos (4 pneus)

(para motos considerar metade)

0,07

[g/km]

EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DO MATERIAL PARTICULADO PM10

CONFORME METODOLOGIA EPA

Para malha urbana

$$e = 1,0298 * (((1.5 * \text{veic_leve} + 15 * \text{veic_pesado}) / (\text{totalveic}) / 3)^{1,5})$$

onde : e= fator de emissão de material particulado PM10 por veículo em g/km



⌘ Bases de datos
meteorológicos de
superficie

Fontes de busca



⌘ NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration:

📄 <http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdopoemain.cmd?datasetabbv=DS3505&countryabbv=&georegionabbv=&resolution=40>

⌘ INMET - Instituto Nacional de Meteorologia:

📄 <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>

Utilizando o Software



⌘ Arquivos de entrada .INP

- ☑ Blocos:
- ☑ Localização da Fonte
- ☑ Parâmetros da Fonte
- ☑ Grade de Coordenadas

⌘ Arquivos de saída .OUT

Localização da fonte

```
SO STARTING
** Source Location **
** Source ID - Type - X Coord. - Y Coord. **
LOCATION FONTEL1 AREA 201629.350 7560814.150 839.000
LOCATION FONTEL2 AREA 201622.940 7560964.590 837.000
LOCATION FONTEL3 AREA 201615.570 7561112.660 836.000
LOCATION FONTEL4 AREA 201605.570 7561247.870 836.000
LOCATION FONTEL5 AREA 201602.780 7561393.420 835.000
LOCATION FONTEL6 AREA 201597.290 7561545.660 831.000
LOCATION FONTEL7 AREA 201590.630 7561689.750 826.000
LOCATION FONTEL8 AREA 201583.510 7561841.560 821.000
LOCATION FONTEL9 AREA 201577.160 7561989.170 816.000
LOCATION FONTEL10 AREA 201569.280 7562134.330 814.000
```

Parâmetros da fonte

		Fator de emissão	Altura de Emissão	Largura	Comprimento	Grau de inclinação com o Norte
**	Source Parameters	**				
SRCPARAM	FONTEL1	1.15E-7	0.500	15.000	150.000	000.000
SRCPARAM	FONTEL2	1.15E-7	0.500	15.000	150.000	000.000
SRCPARAM	FONTEL3	1.15E-7	0.500	15.000	150.000	000.000
SRCPARAM	FONTEL4	1.15E-7	0.500	15.000	150.000	000.000
SRCPARAM	FONTEL5	1.15E-7	0.500	15.000	150.000	000.000
SRCPARAM	FONTEL6	1.15E-7	0.500	15.000	150.000	000.000
SRCPARAM	FONTEL7	1.15E-7	0.500	15.000	150.000	000.000
SRCPARAM	FONTEL8	1.15E-7	0.500	15.000	150.000	000.000
SRCPARAM	FONTEL9	1.15E-7	0.500	15.000	150.000	000.000
SRCPARAM	FONTEL10	1.15E-7	0.500	15.000	068.720	000.000

Dados da fonte (GRID)

Nº de
linhas
Espaçamento
Longitude
Latitude

RE	STARTING	UCART1	STA	XYINC	193509.00	33	500.00	7554694.00	33	500.00		
GRIDCART	UCART1	ELEV	1	824.1	826.0	827.5	817.0	824.1	816.0			
GRIDCART	UCART1	ELEV	1	806.4	840.2	837.8	828.7	826.8	817.1			
GRIDCART	UCART1	ELEV	1	844.8	828.4	811.9	800.4	800.6	831.1			
GRIDCART	UCART1	ELEV	1	843.5	831.8	822.7	820.8	805.0	797.5			
GRIDCART	UCART1	ELEV	1	787.1	748.9	748.6	747.1	753.4	755.9			
GRIDCART	UCART1	ELEV	1	766.1	770.4	794.2						
GRIDCART	UCART1	ELEV	2	796.8	814.0	827.0	830.5	839.7	823.1			
GRIDCART	UCART1	ELEV	2	826.7	840.1	823.0	818.7	810.8	802.2			
GRIDCART	UCART1	ELEV	2	827.3	823.6	791.9	782.4	809.8	839.5			
GRIDCART	UCART1	ELEV	2	845.9	821.7	800.5	785.0	772.7	764.9			
GRIDCART	UCART1	ELEV	2	751.3	758.1	762.7	782.7	778.7	776.9			
GRIDCART	UCART1	ELEV	2	772.8	765.1	779.5						
GRIDCART	UCART1	ELEV	3	804.2	813.6	808.8	825.2	833.6	828.1			
GRIDCART	UCART1	ELEV	3	828.0	819.7	813.2	811.2	805.5	781.5			
GRIDCART	UCART1	ELEV	3	793.6	790.2	773.1	799.7	818.0	837.7			
GRIDCART	UCART1	ELEV	3	855.7	846.0	829.5	814.9	779.0	778.1			
GRIDCART	UCART1	ELEV	3	760.9	761.6	769.7	780.4	802.6	796.7			
GRIDCART	UCART1	ELEV	3	805.8	778.9	791.5						

Utilizando o Software



- ⌘ Arquivos auxiliares:
 - ☑ Dados meteorológicos

Dados Meteorológicos

Ano/Mês/Dia/Estação Direção do Vento Velocidade (m/s) Estabilidade Klara Altura (m)

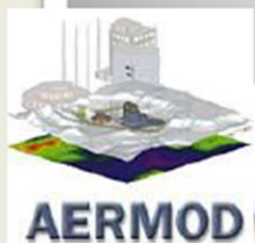
Ano/Mês/Dia/Estação	Direção do Vento	Velocidade (m/s)	Estabilidade	Klara	Altura (m)
837810 14 837810 14					
14102424	235.0000	1.4000	294.4	3	500.0 200.0
141025 1	144.0000	2.7000	294.0	3	500.0 200.0
141025 2	123.0000	2.2000	293.7	3	500.0 200.0
141025 3	115.0000	1.9000	293.7	3	500.0 200.0
141025 4	113.0000	2.8000	293.3	3	500.0 200.0
141025 5	112.0000	2.9000	292.4	3	500.0 200.0
141025 6	103.0000	2.8000	292.4	3	500.0 200.0
141025 7	352.0000	2.3000	292.0	3	500.0 200.0
141025 8	019.0000	3.9000	291.3	3	500.0 200.0
141025 9	039.0000	3.8000	290.9	3	500.0 200.0
14102510	024.0000	3.6000	291.1	3	500.0 200.0

Metodologia

• 3) Busca dados meteorológicos

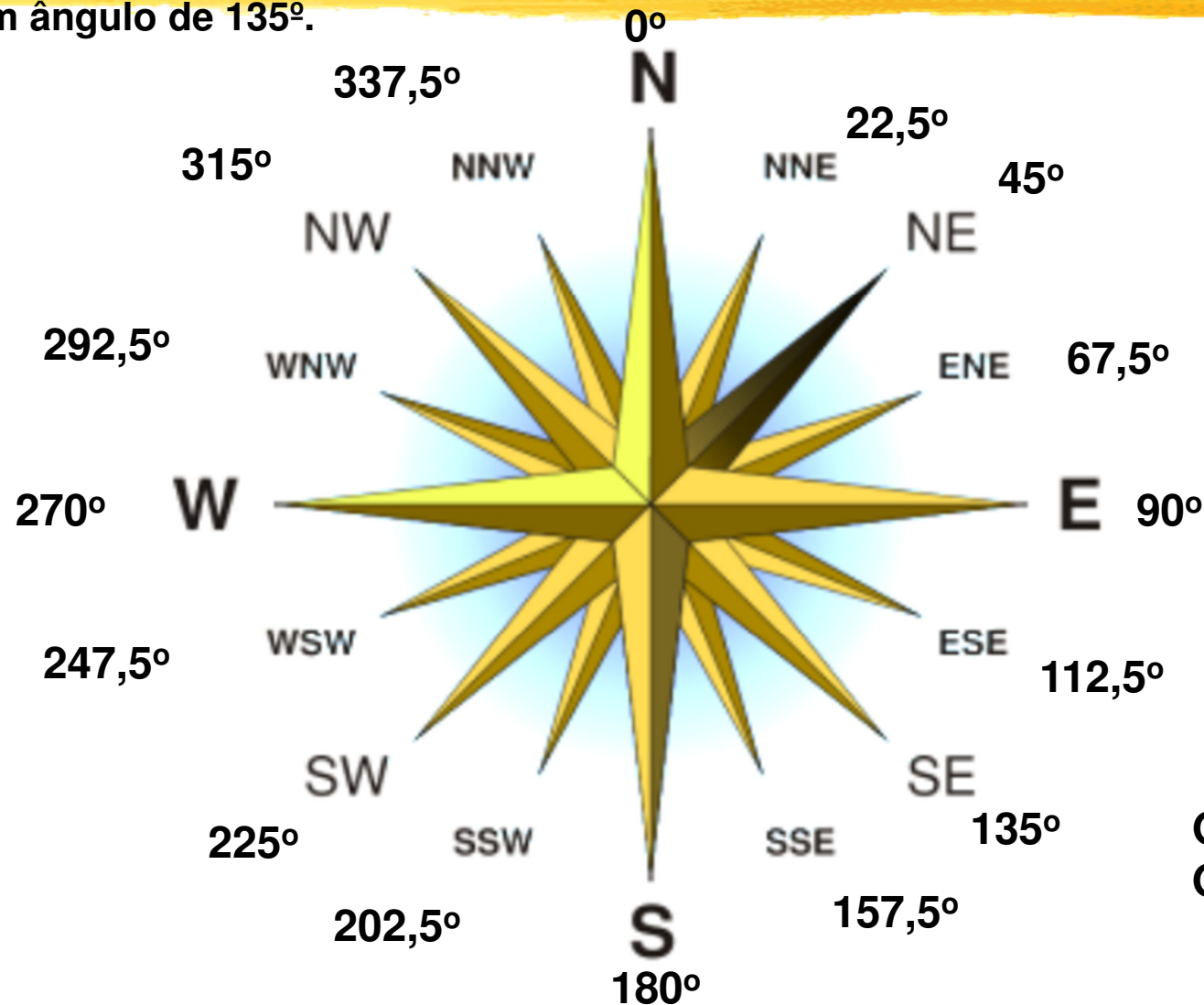
1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
2	hora local	Ano	Mês	Dia	Data	Hora UTC	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Pto. Orvalho (°C)			Pressão (hPa)			Vento (m/s)			Radiação (kJ/m²)	Chuva (mm)
3							Inst.	Máx.	Mín.	inst.	Máx.	Mín.	inst.	Máx.	Mín.	inst.	Máx.	Mín.	Vel.	Dir.	Raj.		
3	21	2013	5	4	04/05/2013	00	20,9	21,6	20,8	89	89	86	18,9	19,2	18,8	1015,3	1015,5	1015,3	0,5	342	1,4	-3,53	0
4	22	2013	5	4	04/05/2013	01	20,3	20,9	20,3	90	90	89	18,6	18,9	18,6	1015,5	1015,5	1015,2	0,8	318	1,5	-3,54	0
5	23	2013	5	4	04/05/2013	02	19,8	20,3	19,8	91	91	90	18,3	18,7	18,3	1015,5	1015,6	1015,5	0,4	295	1,8	-3,54	0
6	0	2013	5	4	04/05/2013	03	19,3	20	19,3	92	92	91	18	18,5	18	1015,7	1015,7	1015,5	0,6	288	1,7	-3,52	0
7	1	2013	5	4	04/05/2013	04	19,5	19,5	19	93	93	92	18,4	18,4	17,8	1015,2	1015,8	1015,2	1,2	319	2,3	-3,42	0
8	2	2013	5	4	04/05/2013	05	19,4	19,6	19,4	93	93	93	18,2	18,4	18,2	1014,9	1015,2	1014,9	1,4	311	3,2	-3,48	0
9	3	2013	5	4	04/05/2013	06	19	19,4	18,8	93	93	93	17,9	18,2	17,7	1014,6	1014,9	1014,5	1,6	301	3	-3,53	0
10	4	2013	5	4	04/05/2013	07	18,4	19	18,4	93	93	93	17,3	17,9	17,3	1014,4	1014,7	1014,4	1,2	334	3	-3,48	0
11	5	2013	5	4	04/05/2013	08	18,1	18,4	18	94	94	93	17,1	17,4	17,1	1014,8	1014,8	1014,3	1,1	328	2,4	-3,53	0
12	6	2013	5	4	04/05/2013	09	18	18,1	17,9	94	95	94	17,1	17,2	16,9	1015,6	1015,6	1014,8	1,3	302	2,6	2,305	0
13	7	2013	5	4	04/05/2013	10	20	20	18	92	95	92	18,7	18,7	17,1	1016,2	1016,2	1015,5	1,5	310	3,5	243	0
14	8	2013	5	4	04/05/2013	11	23,8	23,8	20	82	92	82	20,5	20,6	18,7	1016,5	1016,5	1016,2	1,7	341	3,7	1071	0
15	9	2013	5	4	04/05/2013	12	27	27	23,5	73	82	73	21,6	21,7	20	1016,6	1016,7	1016,5	1,2	304	3,9	1803	0
16	10	2013	5	4	04/05/2013	13	28,7	28,7	27	58	73	58	19,7	21,9	19,2	1015,9	1016,6	1015,9	1,7	10	4,8	2376	0
17	11	2013	5	4	04/05/2013	14	29,5	30	28,5	51	59	51	18,3	20,1	18,2	1014,7	1015,9	1014,7	2,1	20	4,6	2739	0
18	12	2013	5	4	04/05/2013	15	30,7	30,7	29,5	45	53	43	17,5	19,6	16,5	1013,7	1014,7	1013,7	2,4	339	5,1	2886	0
19	13	2013	5	4	04/05/2013	16	31,3	31,4	30	48	46	48	17,4	18	16,2	1012,5	1013,7	1012,5	1,9	15	5,7	2764	0
20	14	2013	5	4	04/05/2013	17	30,2	31,4	29,9	54	54	42	19,9	19,9	16,6	1011,6	1012,5	1011,6	2,9	58	6,4	2397	0

- Estação de Monitoramento da UFES
- Adaptação dos dados em planilha de forma a servir como input do programa



Direção do vento

A direção do vento é indicada pela direção de onde o vento é proveniente, ou seja, de onde ele vem. A direção é expressa tanto em termos da direção de onde ele provém como em termos do azimute, isto é, do ângulo que o vetor da direção forma com o Norte geográfico local. Assim, um vento de SE terá um ângulo de 135°.



Pontos:

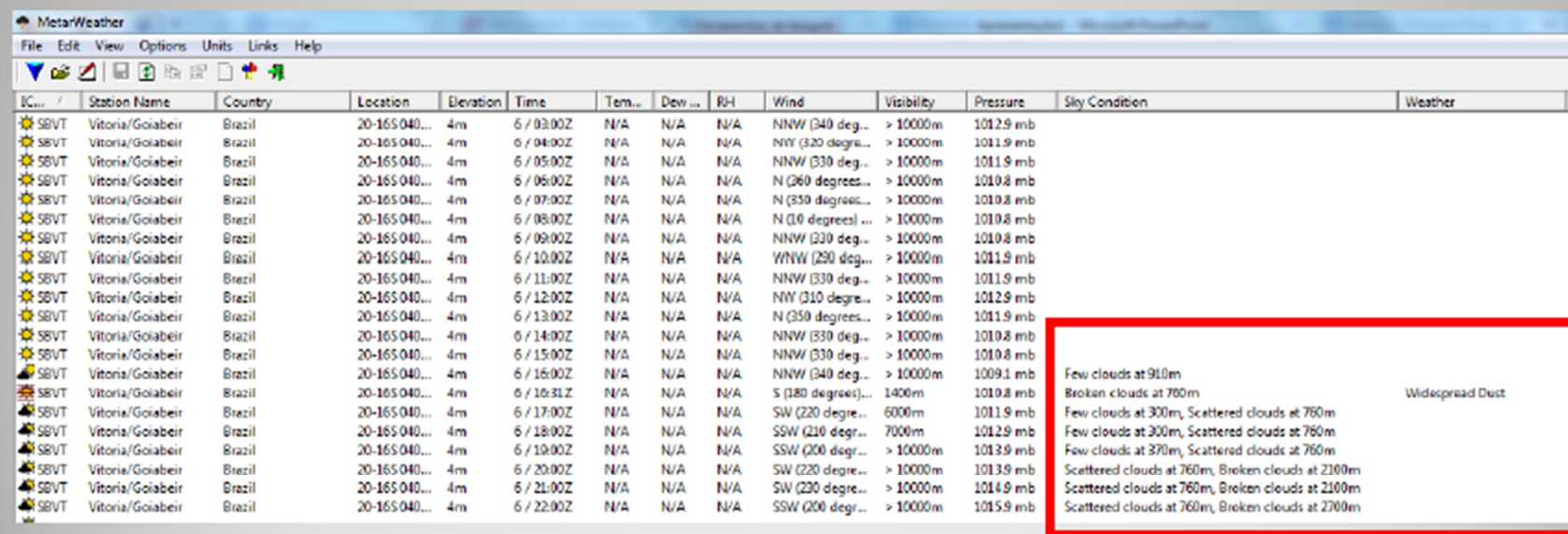
-cardeais,
colaterais e
sub-
colaterais

QUADRANTES E
OCTANTES

Metodologia

3) Busca dados meteorológicos

- Obtenção dos Dados de Altura da Base da Nuvem:



IC...	Station Name	Country	Location	Elevation	Time	Tem...	Dew...	RH	Wind	Visibility	Pressure	Sky Condition	Weather
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 03:00Z	N/A	N/A	N/A	NNW (340 deg...	> 10000m	1012.9 mb		
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 04:00Z	N/A	N/A	N/A	NY (320 degre...	> 10000m	1011.9 mb		
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 05:00Z	N/A	N/A	N/A	NNW (330 deg...	> 10000m	1011.9 mb		
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 06:00Z	N/A	N/A	N/A	N (260 degrees...	> 10000m	1010.8 mb		
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 07:00Z	N/A	N/A	N/A	N (350 degrees...	> 10000m	1010.8 mb		
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 08:00Z	N/A	N/A	N/A	N (10 degrees) ...	> 10000m	1010.8 mb		
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 09:00Z	N/A	N/A	N/A	NNW (330 deg...	> 10000m	1010.8 mb		
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 10:00Z	N/A	N/A	N/A	WNW (290 deg...	> 10000m	1011.9 mb		
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 11:00Z	N/A	N/A	N/A	NNW (330 deg...	> 10000m	1011.9 mb		
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 12:00Z	N/A	N/A	N/A	NY (310 degre...	> 10000m	1012.9 mb		
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 13:00Z	N/A	N/A	N/A	N (350 degrees...	> 10000m	1011.9 mb		
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 14:00Z	N/A	N/A	N/A	NNW (330 deg...	> 10000m	1010.8 mb		
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 15:00Z	N/A	N/A	N/A	NNW (330 deg...	> 10000m	1010.8 mb		
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 16:00Z	N/A	N/A	N/A	NNW (340 deg...	> 10000m	1009.1 mb		
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 16:31Z	N/A	N/A	N/A	S (180 degrees)...	1400m	1010.8 mb	Few clouds at 910m Broken clouds at 760m	Widespread Dust
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 17:00Z	N/A	N/A	N/A	SW (220 degre...	6000m	1011.9 mb	Few clouds at 300m, Scattered clouds at 760m	
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 18:00Z	N/A	N/A	N/A	SSW (210 degr...	7000m	1012.9 mb	Few clouds at 300m, Scattered clouds at 760m	
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 19:00Z	N/A	N/A	N/A	SSW (200 degr...	> 10000m	1013.9 mb	Few clouds at 370m, Scattered clouds at 760m	
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 20:00Z	N/A	N/A	N/A	SW (220 degre...	> 10000m	1013.9 mb	Scattered clouds at 760m, Broken clouds at 2100m	
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 21:00Z	N/A	N/A	N/A	SW (230 degre...	> 10000m	1014.9 mb	Scattered clouds at 760m, Broken clouds at 2100m	
☀	SBVT Vitoria/Goiabeir	Brazil	20-16S 040...	4m	6 / 22:00Z	N/A	N/A	N/A	SSW (200 degr...	> 10000m	1015.9 mb	Scattered clouds at 760m, Broken clouds at 2700m	

Uso do decodificador MetaWeather



Fundamentos da Dispersão Atmosférica
Profª Taciana Albuquerque

Dados Meteorológicos

para o estudo de caso de São Carlos Levantar no INMET dados dos últimos 3 meses.

- * direções de vento?**
- * chuva?**
- * relacionar com classe de estabilidade**

Classes de Estabilidade da Atmosfera



- ⌘ **Classe A – extremamente instável**
- ⌘ **Classe B – instável**
- ⌘ **Classe C – ligeiramente instável**
- ⌘ **Classe D – neutra**
- ⌘ **Classe E – ligeiramente estável**
- ⌘ **Classe F - estável**

**classe de estabilidade em função da velocidade do vento,
insolação e condições do céu
[Pasquill & Turner]**

Velocidade do vento (m/s)	Período diurno			Período noturno	
	Radiação solar incidente			Nebulosidade	
	Forte	Moderada	Fraca	Nublado (<4/8)	Pouco nublado (>4/8)
< 2	A	A - B	B	E	F
2 - 3	A - B	B	C		
3 - 5	B	B - C	C	D	E
5 - 6	C	C - D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D