

# Recursos Atmosfericos

Professor:  
Neyval Costa Reis Jr.



Departamento de  
Engenharia Ambiental  
Centro Tecnológico  
UFES

## Programa Detalhado

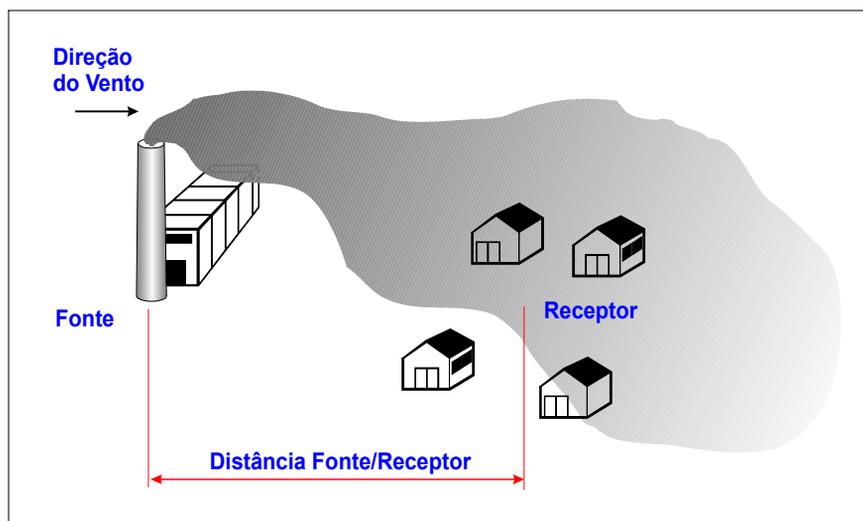
- Atmosfera
  - Camadas
  - Constituintes
  - Balanço de energia
  - Ventos na atmosfera
- Poluentes Atmosféricos
  - – Principais poluentes suas fontes e seus efeitos sobre as propriedades da atmosfera, a saúde humana e animal, os vegetais e os materiais.
  - – Qualidade do ar
    - Padrões de qualidade do ar
    - Gestão da qualidade do ar de uma região
    - Monitoramento
  - – Estimativa de emissão
- Dispersão de poluentes na atmosfera ←
  - – Meteorologia local e global da poluição do ar
  - – Estabilidade atmosférica
  - – Mecanismos de remoção
  - – Elementos e fatores climáticos.
- Aproveitamento energético eólico.

## Aula IV



# Dispersão de poluentes na atmosfera

## Definições

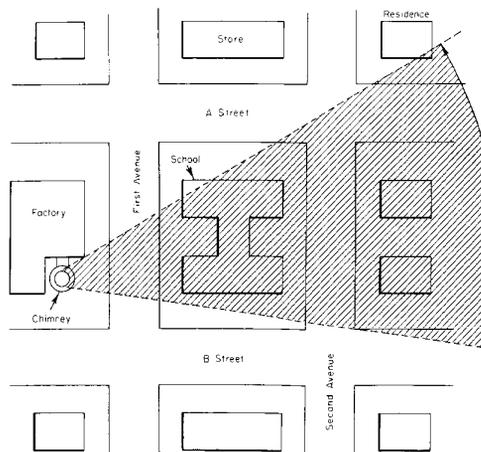


# Escalas de problemas

## 2 classificações

- Escalas territoriais
  - Local
  - Urbana
  - Regional
  - Continental
- Escalas meteorológicas
  - Microescala meteorológica
  - Mesoescala meteorológica
  - Macroescala meteorológica

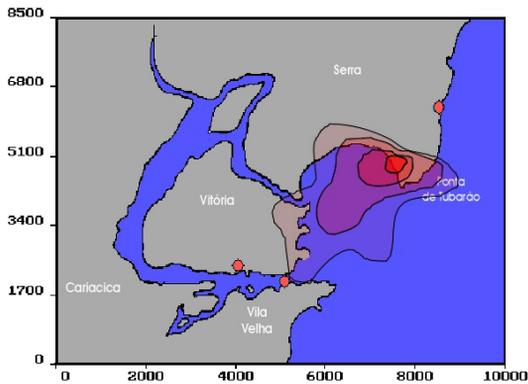
# Escalas territoriais



## Escala local

- Escala vertical do problema - 100 m
- Escala de tempo - horas

# Escalas territoriais



## Escala Urbana

- Escala vertical do problema - 2km
- Escala de tempo-dias

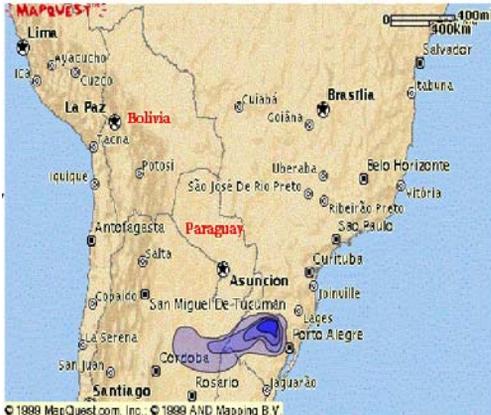
# Escalas territoriais



## Escala Regional

- Escala vertical do problema - troposfera
- Escala de tempo-meses

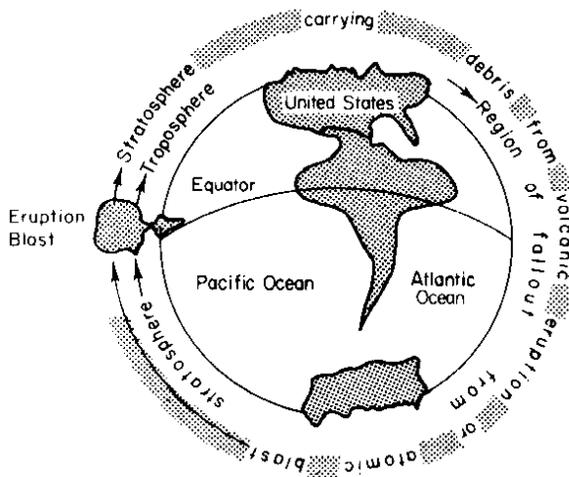
# Escalas territoriais



## Escala Continental

- Escala vertical do problema - estratosfera
- Escala de tempo - anos

# Escalas territoriais

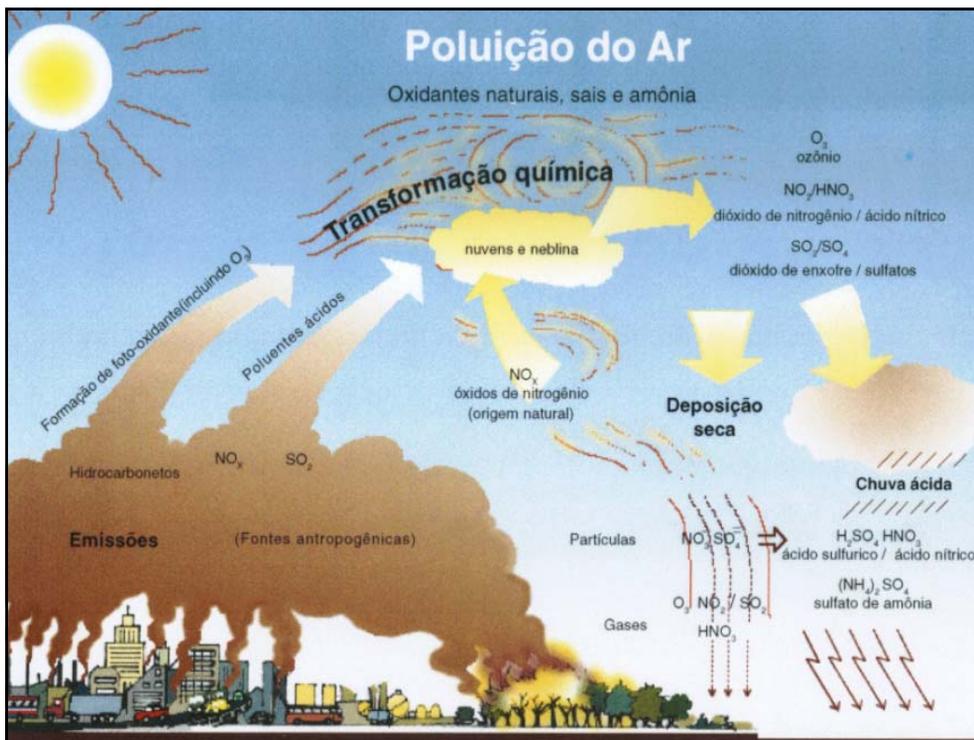


## Escala Global

- Escala vertical do problema - atmosfera
- Escala de tempo - décadas

# Escalas meteorológicas

- **Microescala meteorológica:** fenômenos que ocorrem sobre distâncias inferiores a 10 quilômetros (por exemplo: dispersão de gases de uma chaminé)
- **Mesoescala meteorológica:** fenômenos que ocorrem sobre centenas de quilômetros (por exemplo: brisas marinhas)
- **Macroescala meteorológica:** fenômenos que ocorrem sobre milhares de quilômetros (por exemplo: zonas de alta e baixa pressão e frentes frias)



## **Transporte de poluentes na baixa atmosfera**

### **Transporte de contaminantes na baixa atmosfera**

**Convecção**

(campo de ventos)

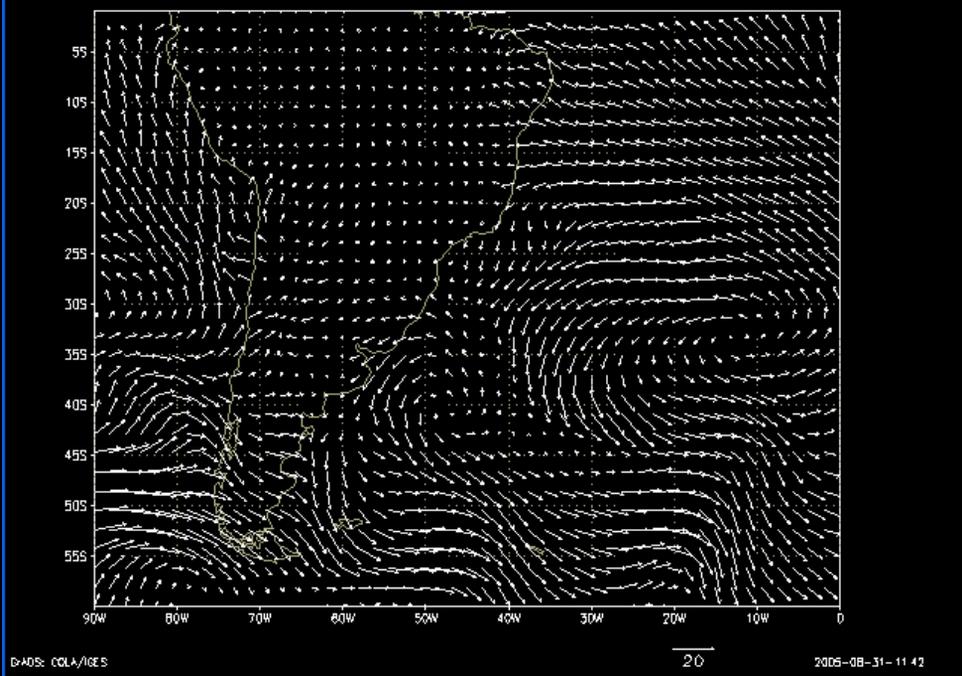
**+**

**Difusão**

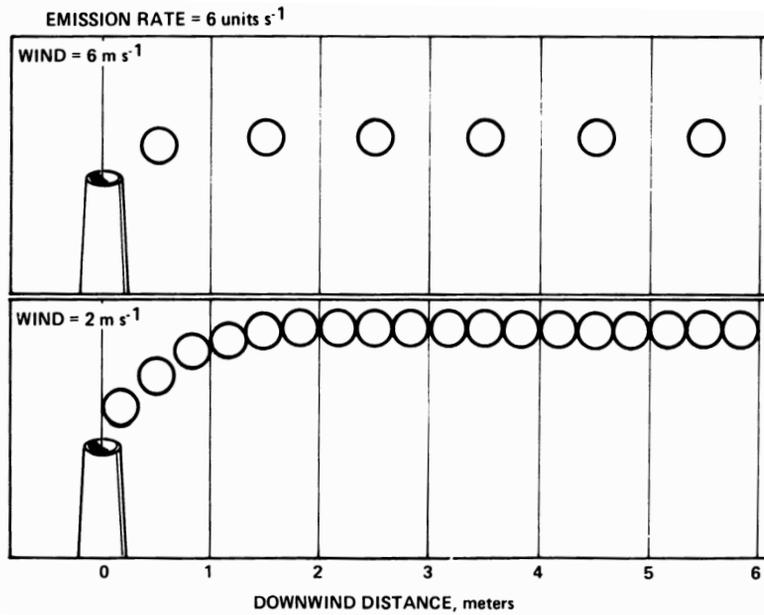
(Turbulência)

# Estrutura dos ventos na troposfera

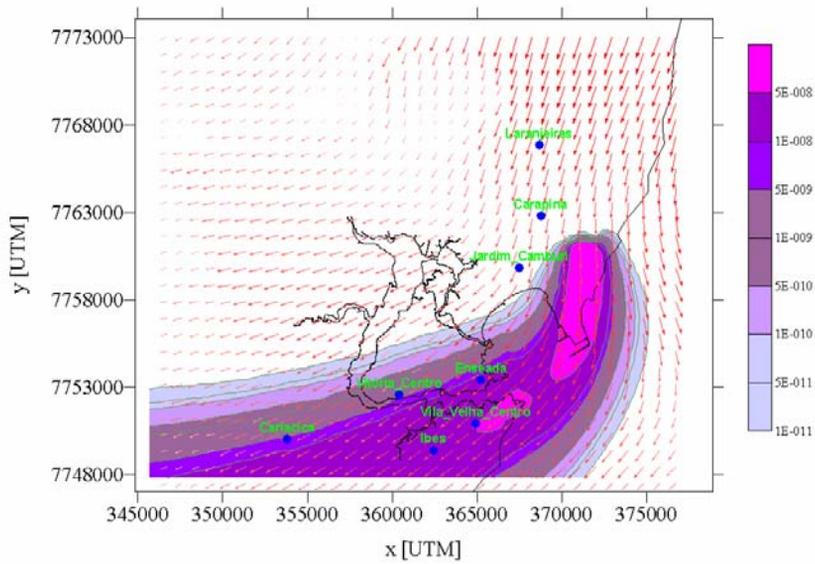
Circulação de grande escala na América do Sul (dados NOAA)



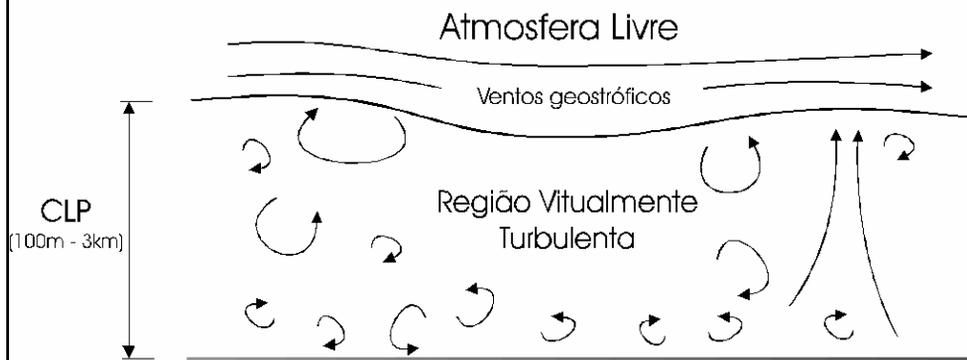
## Efeito da Velocidade do Vento (convecção)



## Efeito da Velocidade do Vento (convecção)

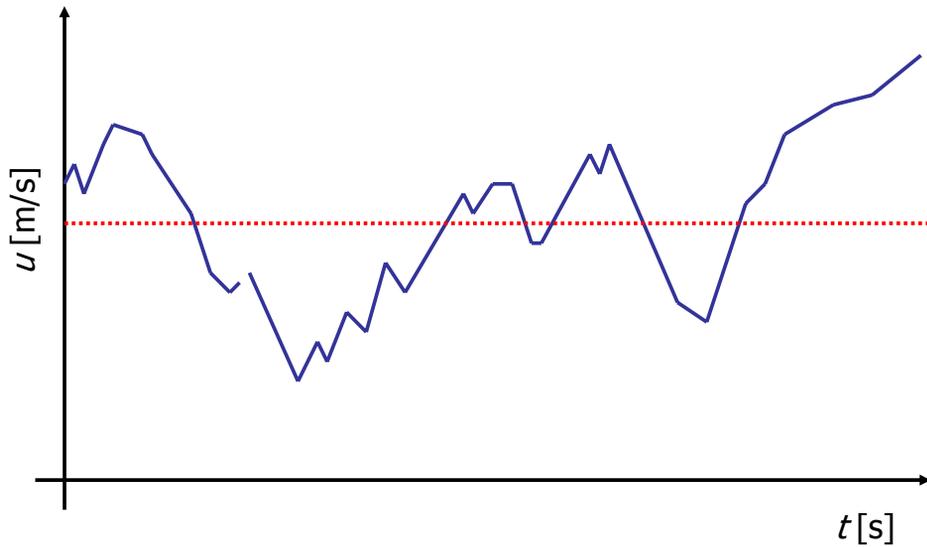


# Estrutura dos ventos na troposfera

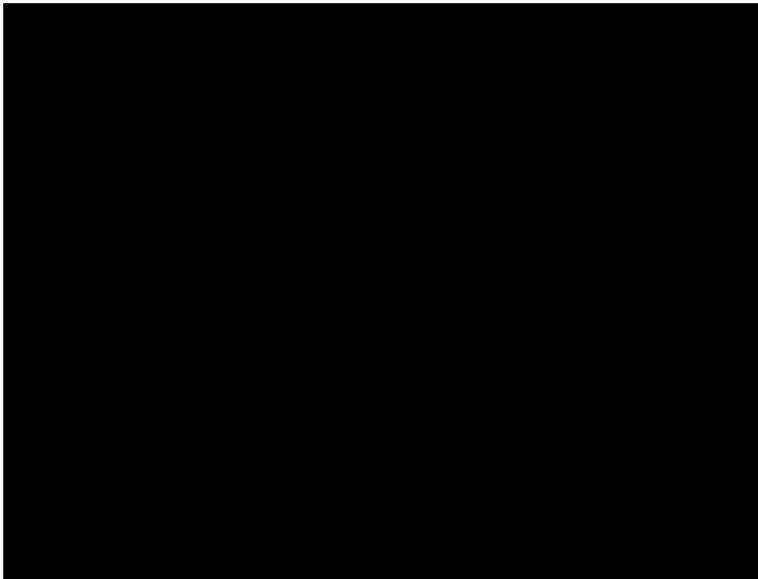


Estrutura  
dos ventos  
na  
troposfera

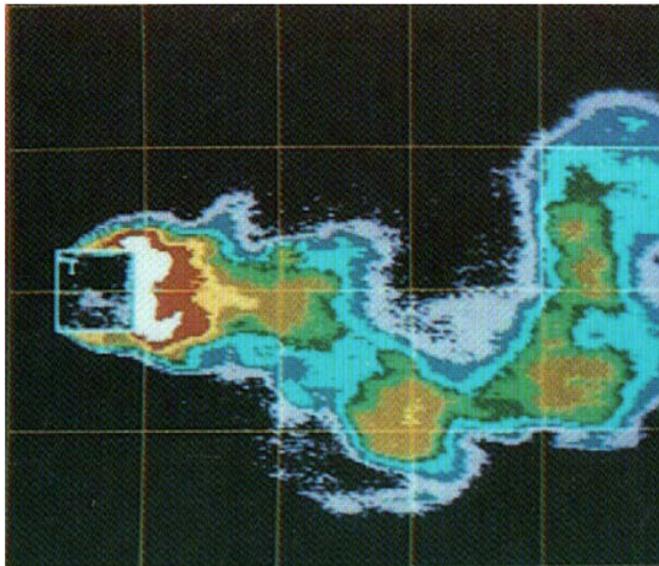
## Turbulência



## Turbulência atmosférica

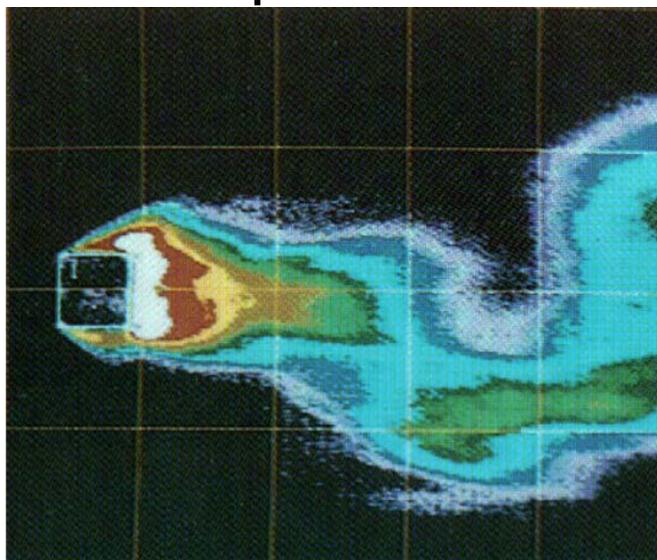


## Média no tempo



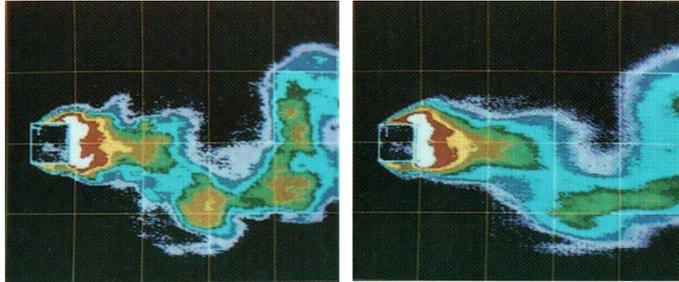
(a) 1 Frames, 0.03 sec.

## Média no tempo



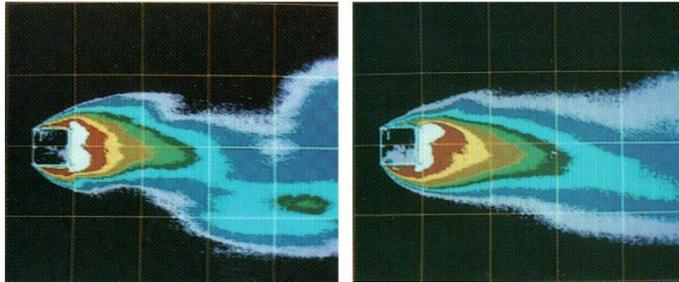
(b) 4 Frames, 0.13 sec.

# Média no tempo



(a) 1 Frames, 0.03 sec.

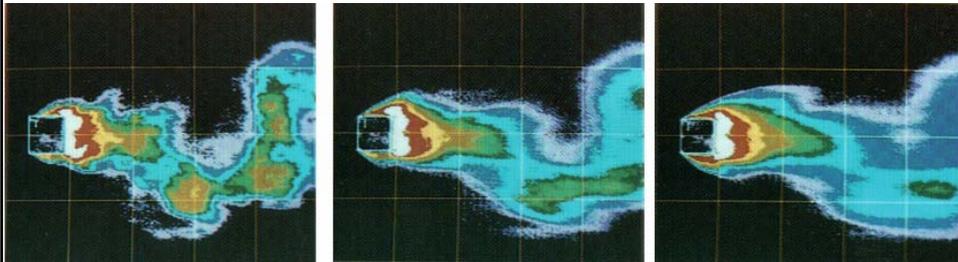
(b) 4 Frames, 0.13 sec.



(c) 8 Frames, 0.27 sec.

(d) 30 Frames, 1.0 sec.

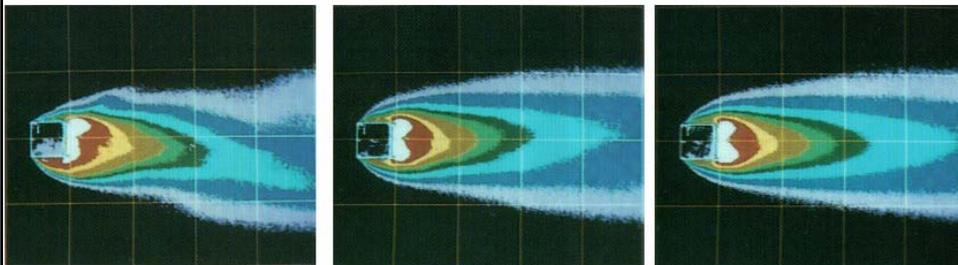
# Média no tempo



(a) 1 Frames, 0.03 sec.

(b) 4 Frames, 0.13 sec.

(c) 8 Frames, 0.27 sec.

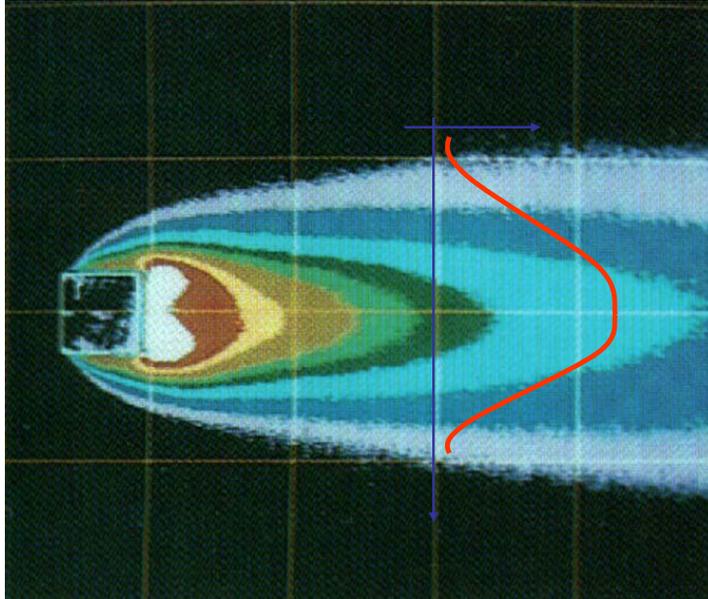


(d) 30 Frames, 1.0 sec.

(e) 120 Frames, 4.0 sec.

(f) 450 Frames, 15.0 sec.

# Média no tempo



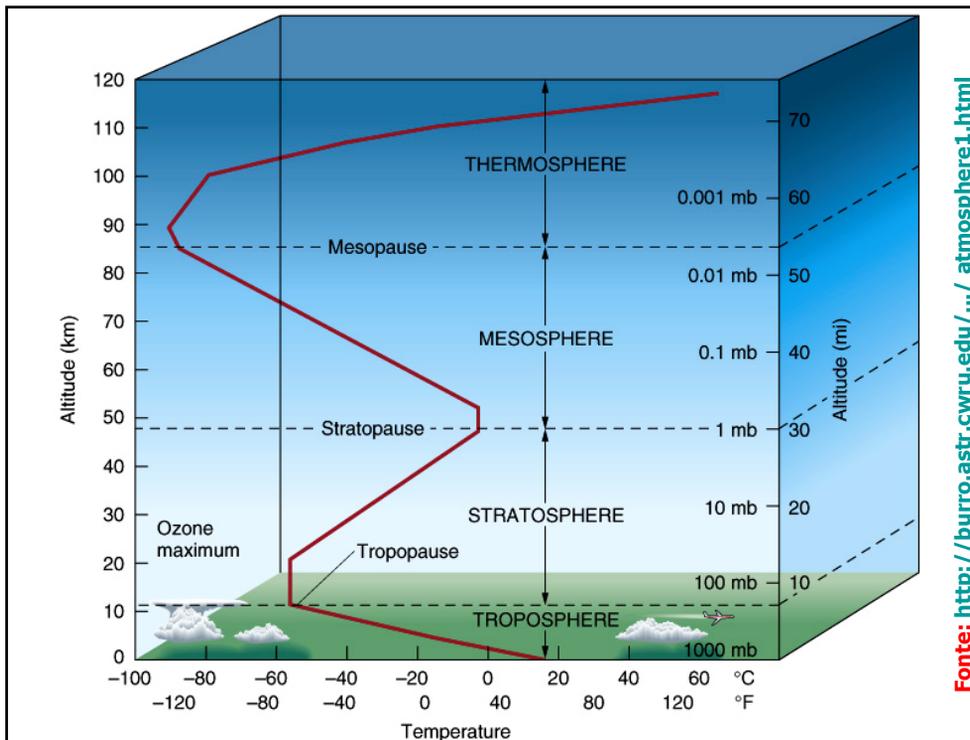
## Turbulência na atmosfera

- A intensidade de Turbulência na atmosfera é fortemente ligada a estratificação vertical de temperaturas (densidade).
- O perfil vertical de temperaturas pode agir **suprimindo** ou **ampliando** os movimentos turbulentos, este efeito é chamado **Estabilidade Atmosférica**.

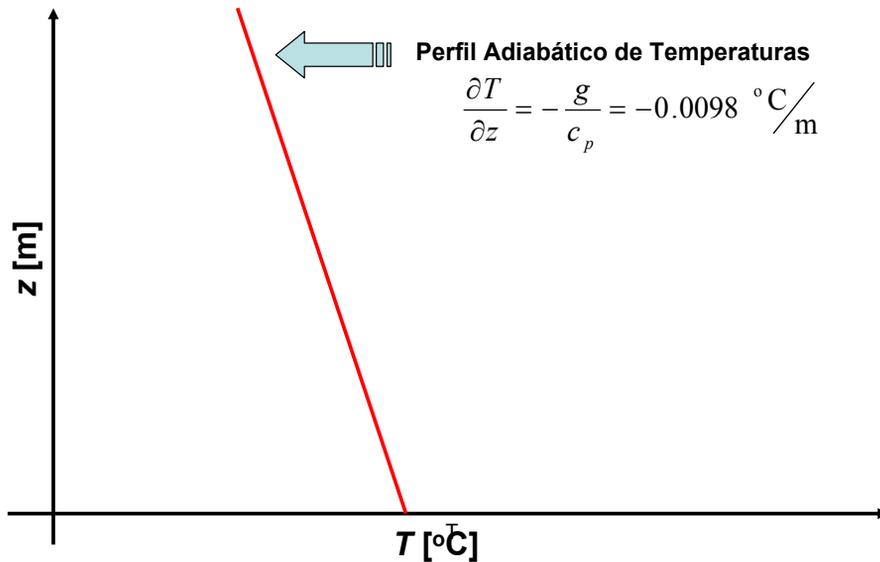
# Turbulência atmosférica



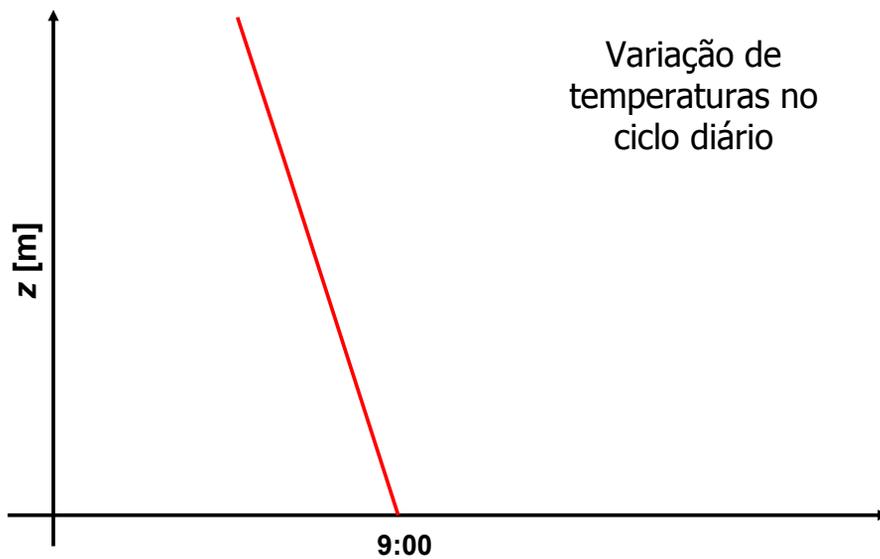
Desenho esquemático dos grandes vórtices atmosféricos (recirculações) na CLP.



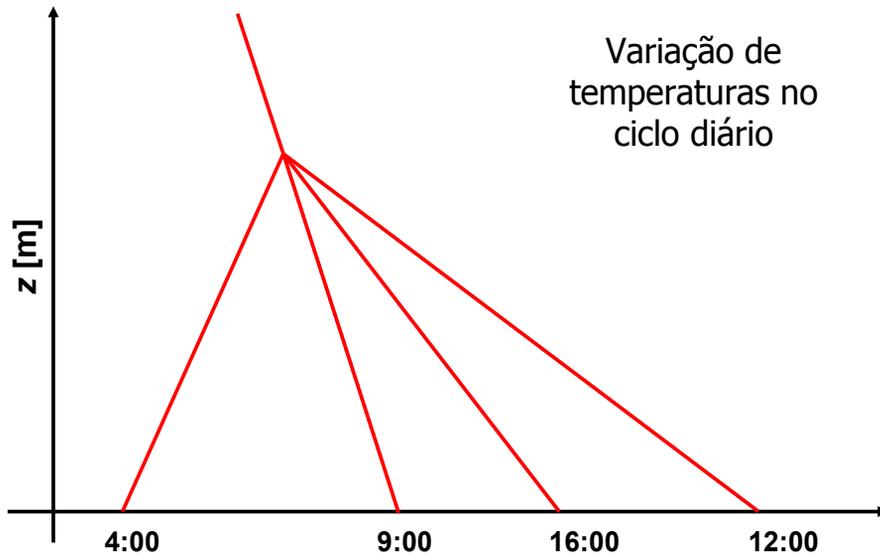
## Estabilidade atmosférica



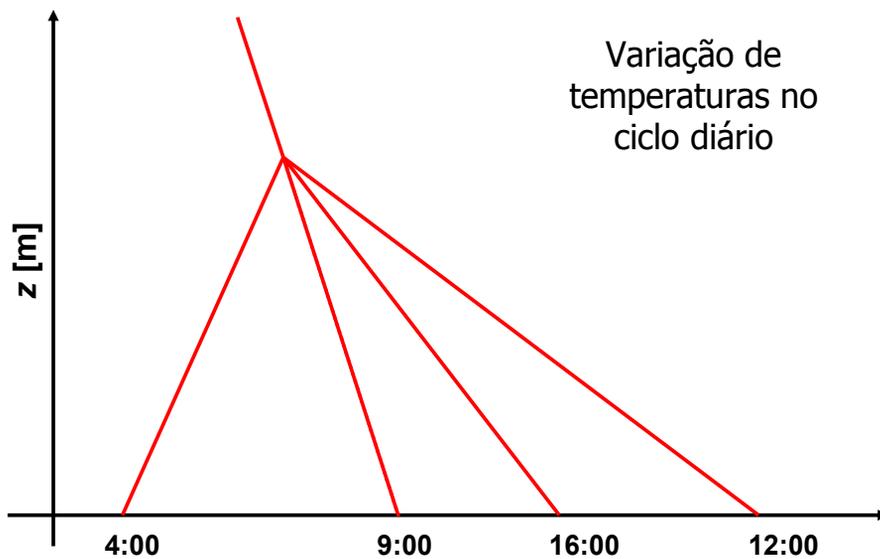
## Estabilidade atmosférica



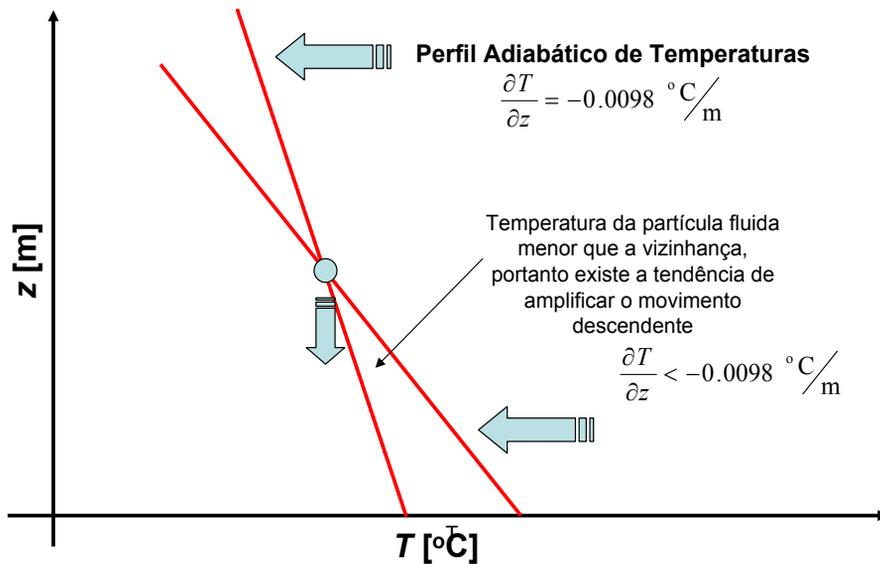
## Estabilidade atmosférica



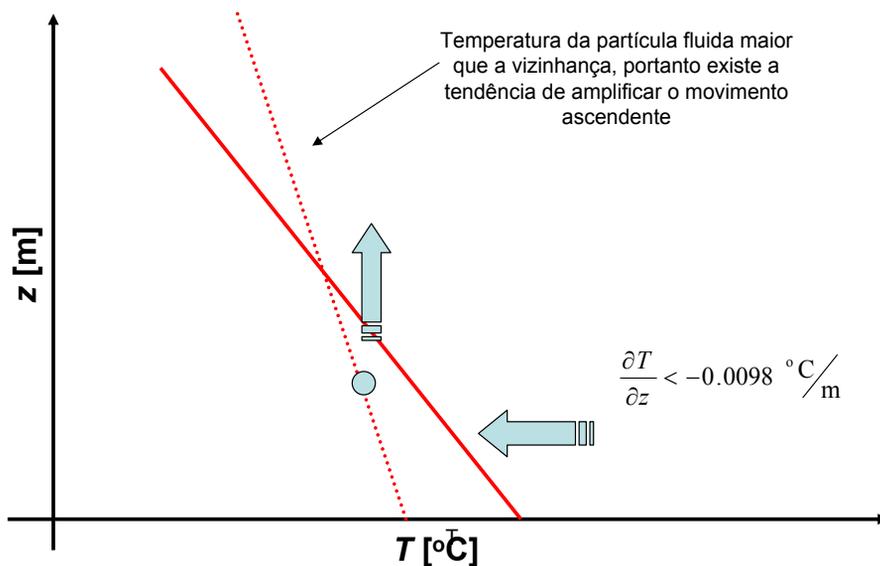
## Estabilidade atmosférica



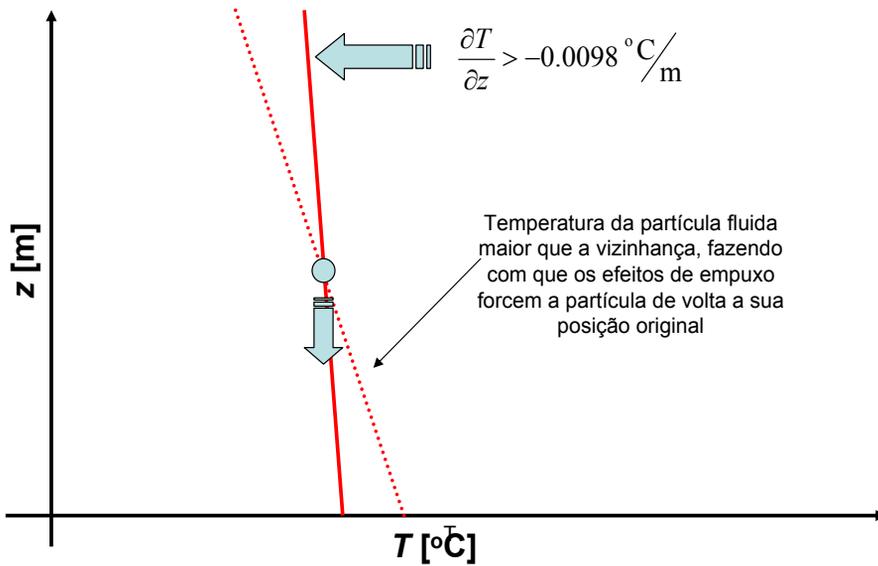
## Estabilidade atmosférica (Condição Instável)



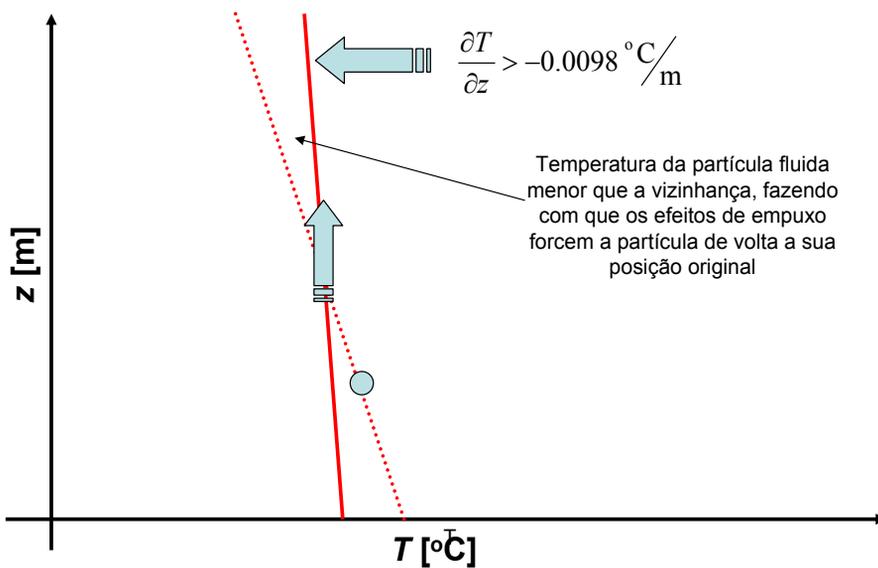
## Estabilidade atmosférica (Condição Instável)



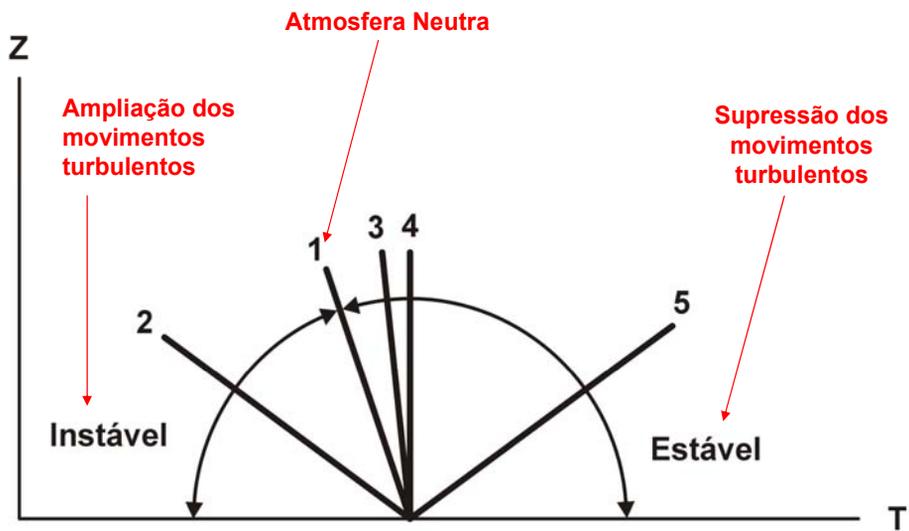
## Estabilidade atmosférica (Condição Estável)



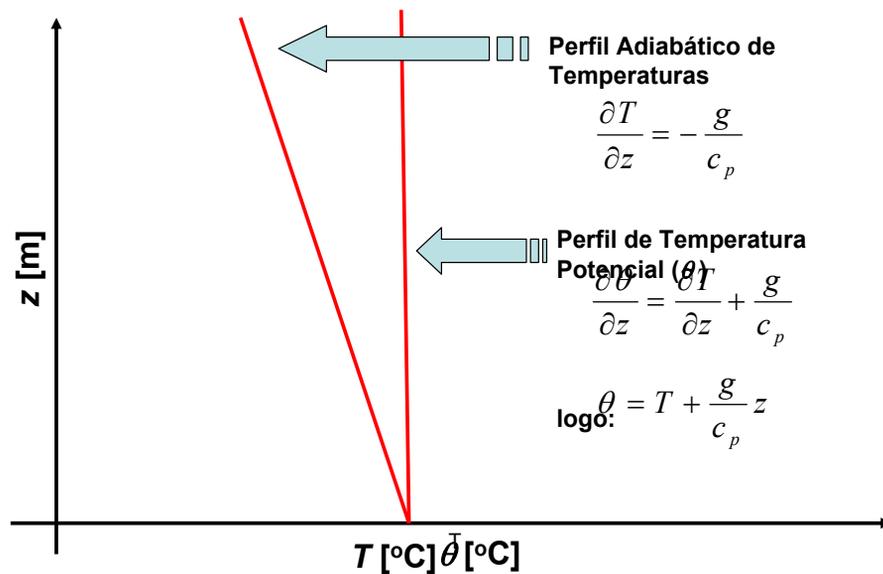
## Estabilidade atmosférica (Condição Estável)



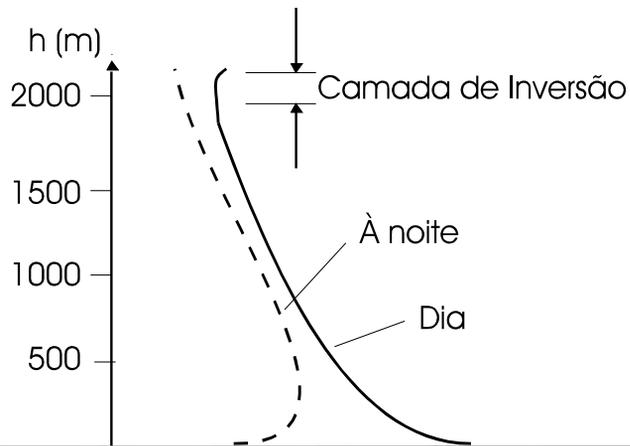
# Estabilidade atmosférica



# Temperatura Potencial

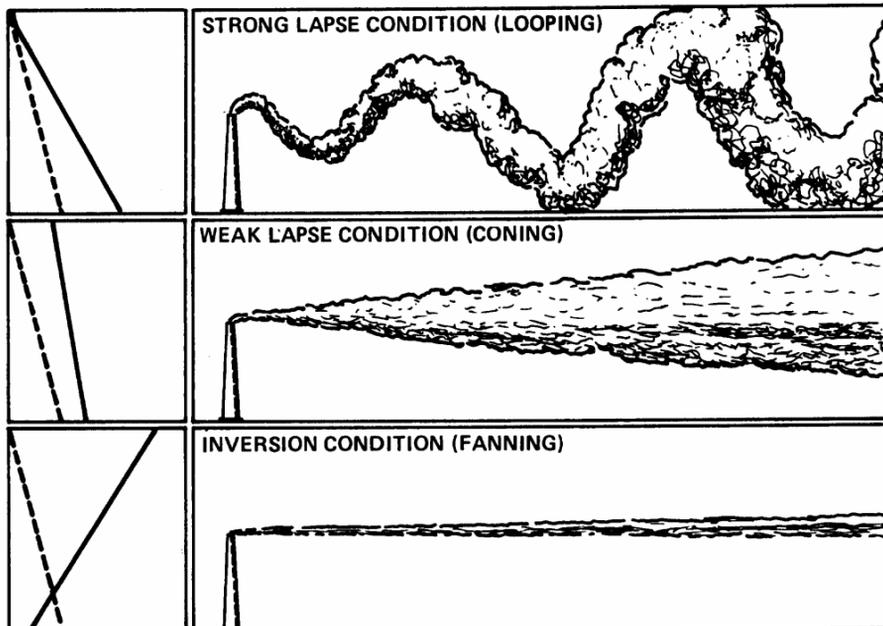


## Estabilidade atmosférica

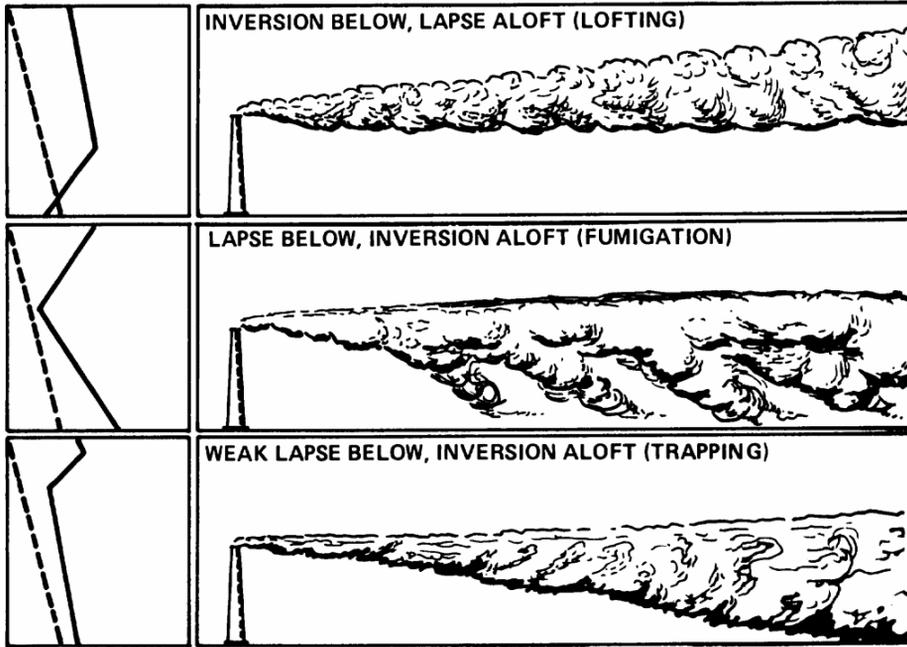


Perfis médios de temperatura durante o dia e à noite.

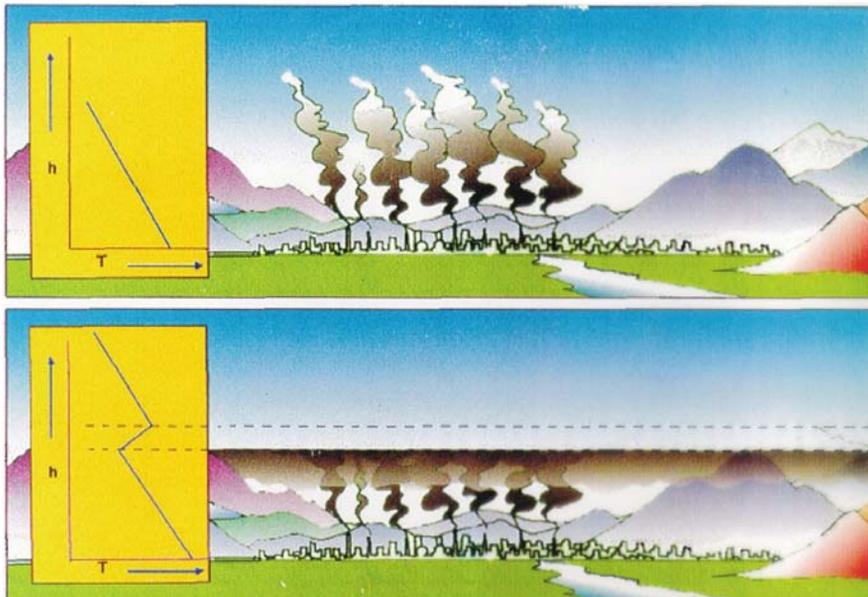
## Estabilidade atmosférica



## Estabilidade atmosférica



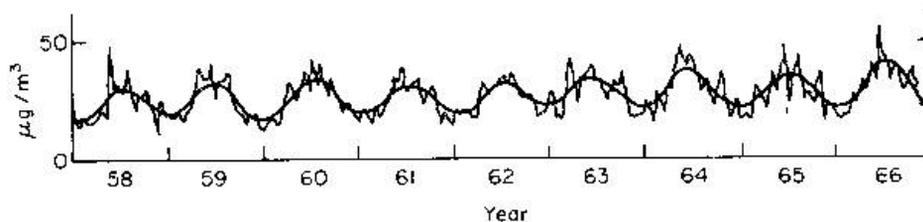
## Estabilidade atmosférica



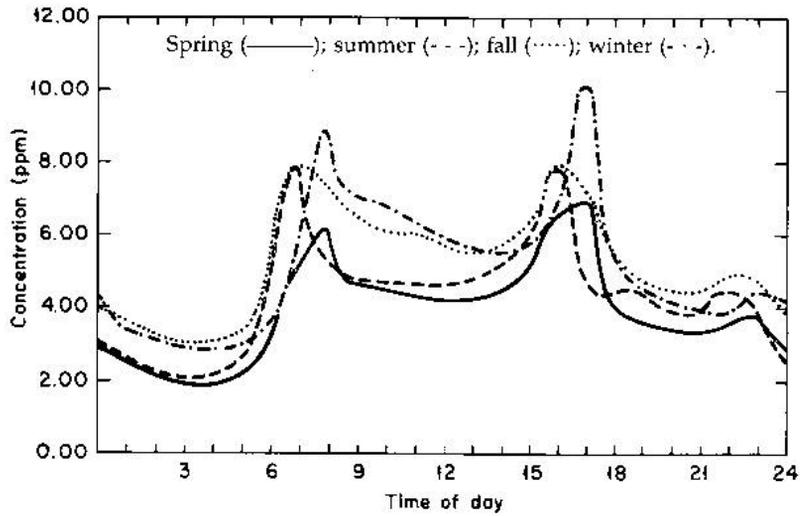
# Classes de estabilidade de Pasquill

Velocidade do vento a 10 m do solo (m/s)	Radiação solar (I) (W/m <sup>2</sup> )			Cobertura noturna de nuvens (cn)	
	I > 700	350 ≤ I ≤ 700	I < 350	cn ≥ 4/8	cn ≤ 3/8
< 2	A	A - B	B	—	—
2 - 3	A - B	B	C	E	F
3 - 5	B	B - C	C	D	E
5 - 6	C	C - D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D
Onde:	A: extremamente instável		D: neutra		
	B: moderadamente instável		E: fracamente estável		
	C: fracamente instável		F: moderadamente estável		

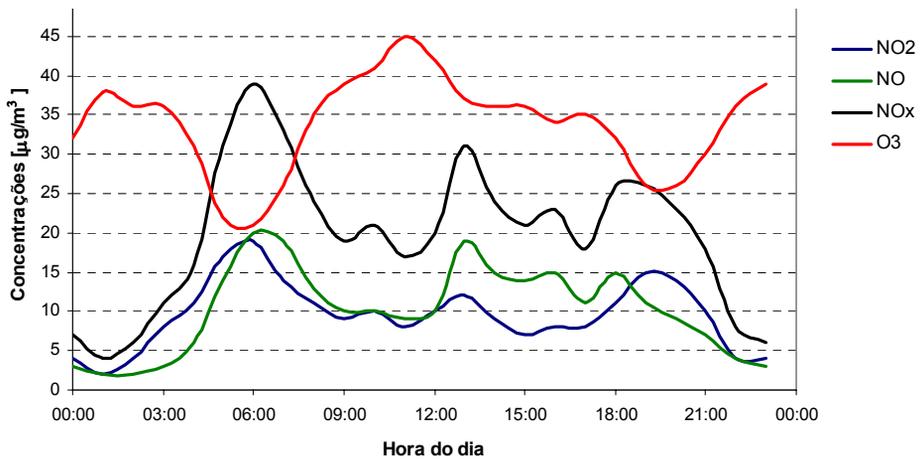
## Variações de concentração ao longo dos anos



## Variações de concentração durante o ano



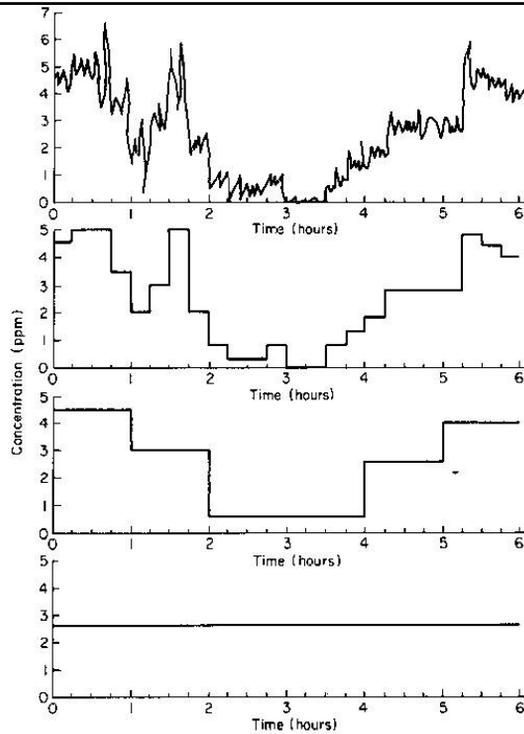
## Variações de concentração durante o dia



Concentrações

Médias e

flutuações

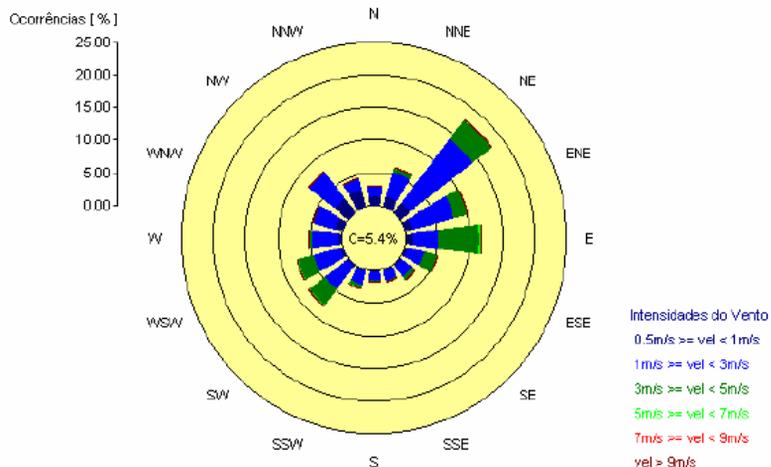


## RELATÓRIO DA QUALIDADE DO AR

### Meteorologia

#### Direção e Velocidade do Vento

Rosa dos Ventos - Período: 01/01/2003 a 12/31/2003 23:59:59  
Direção e Vel. do Vento a 0m (Dados: Rotina) - RAMQAr 2 - Carapina

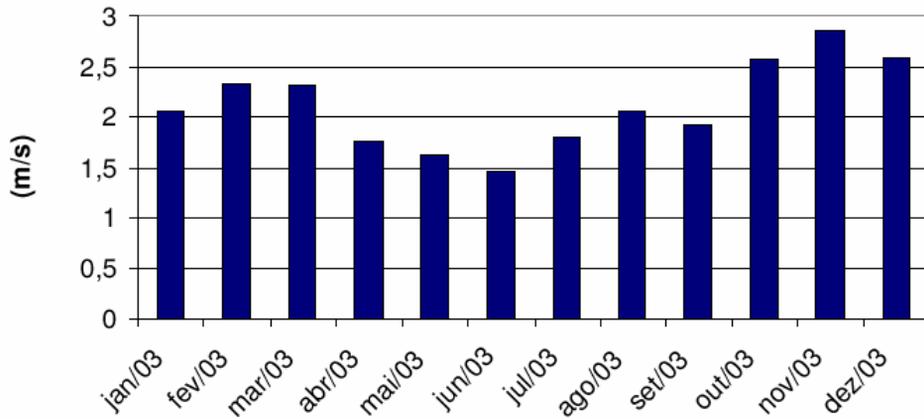


Relatório Anual da Qualidade do Ar, SEAMA, 2003

## RELATÓRIO DA QUALIDADE DO AR

### Meteorologia

#### Velocidade Média dos Ventos - 2003 Região da Grande Vitória

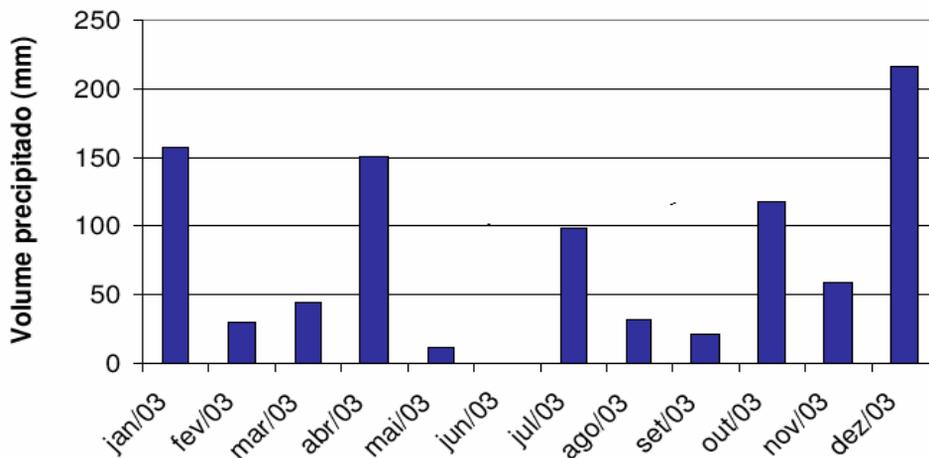


Relatório Anual da Qualidade do Ar, SEAMA, 2003

## RELATÓRIO DA QUALIDADE DO AR

### Meteorologia

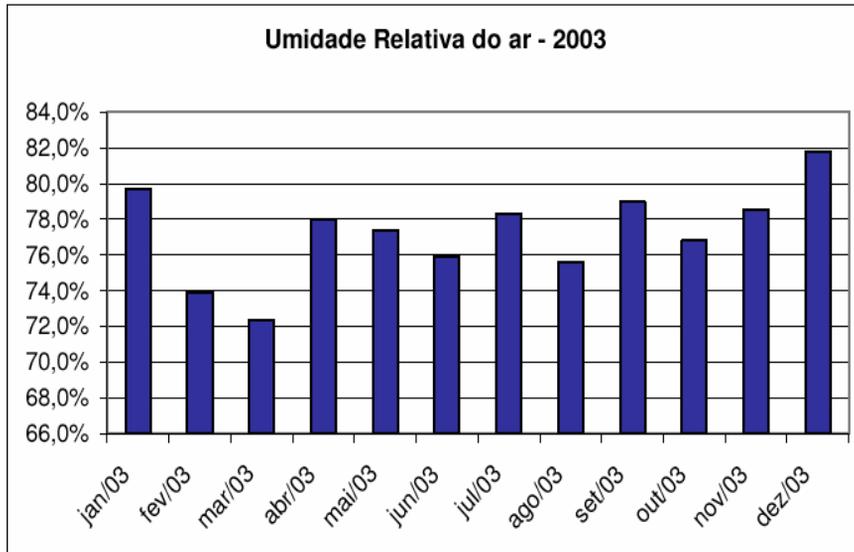
#### Precipitação Pluviométrica - 2003



Relatório Anual da Qualidade do Ar, SEAMA, 2003

## RELATÓRIO DA QUALIDADE DO AR

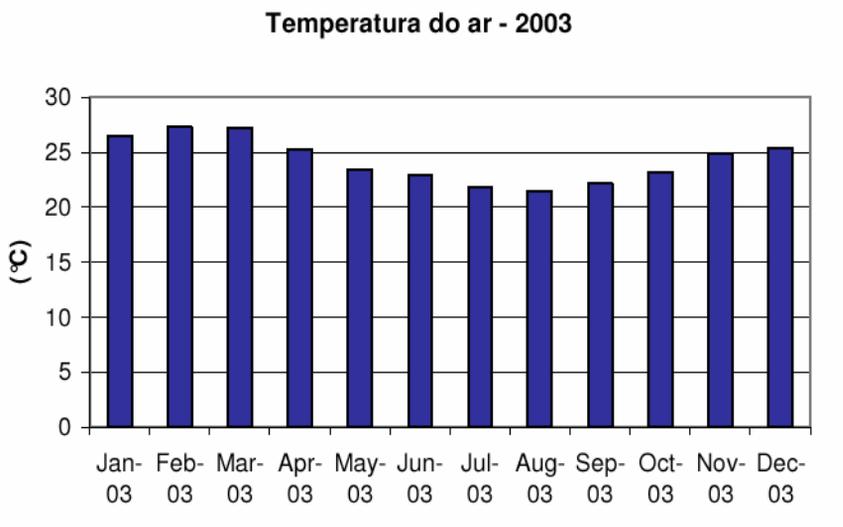
### Meteorologia



Relatório Anual da Qualidade do Ar, SEAMA, 2003

## RELATÓRIO DA QUALIDADE DO AR

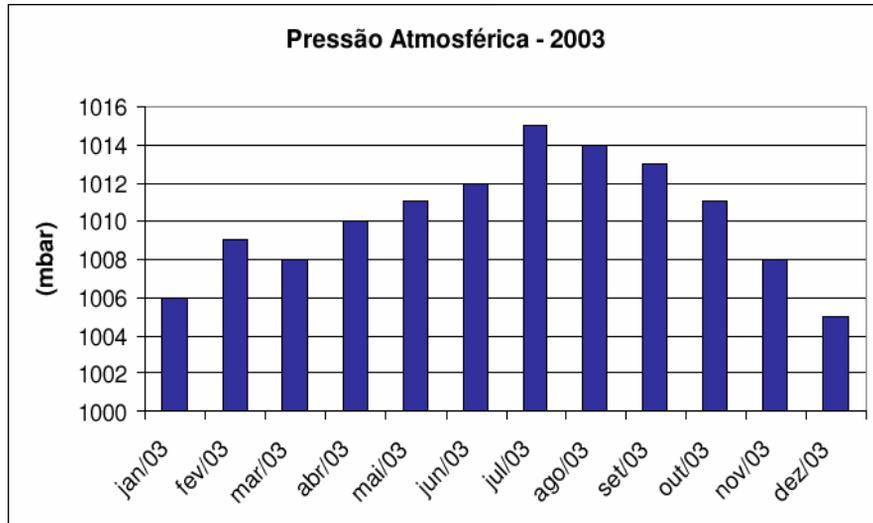
### Meteorologia



Relatório Anual da Qualidade do Ar, SEAMA, 2003

# RELATÓRIO DA QUALIDADE DO AR

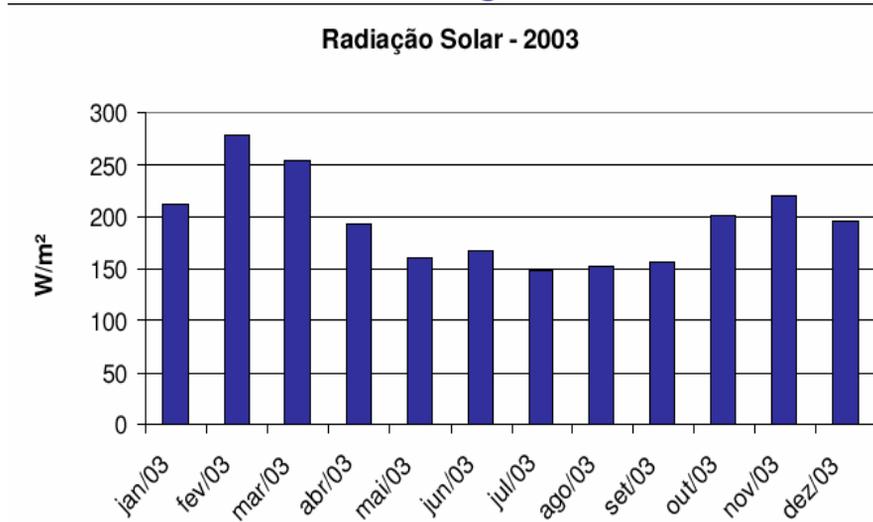
## Meteorologia



Relatório Anual da Qualidade do Ar, SEAMA, 2003

# RELATÓRIO DA QUALIDADE DO AR

## Meteorologia

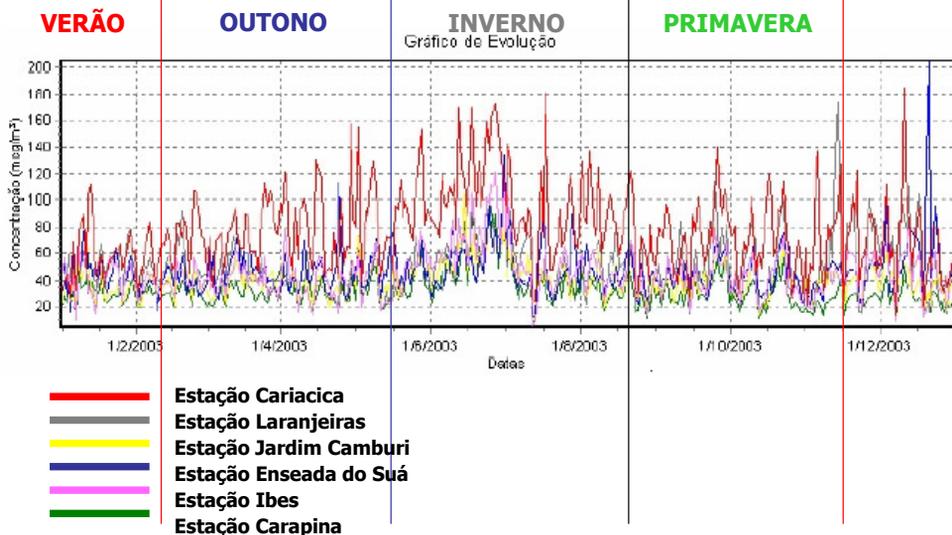


Relatório Anual da Qualidade do Ar, SEAMA, 2003

# RELATÓRIO DA QUALIDADE DO AR

## Resultados

(Partículas Totais em Suspensão Exposição a Curto Período: Médias Móveis de 24horas)

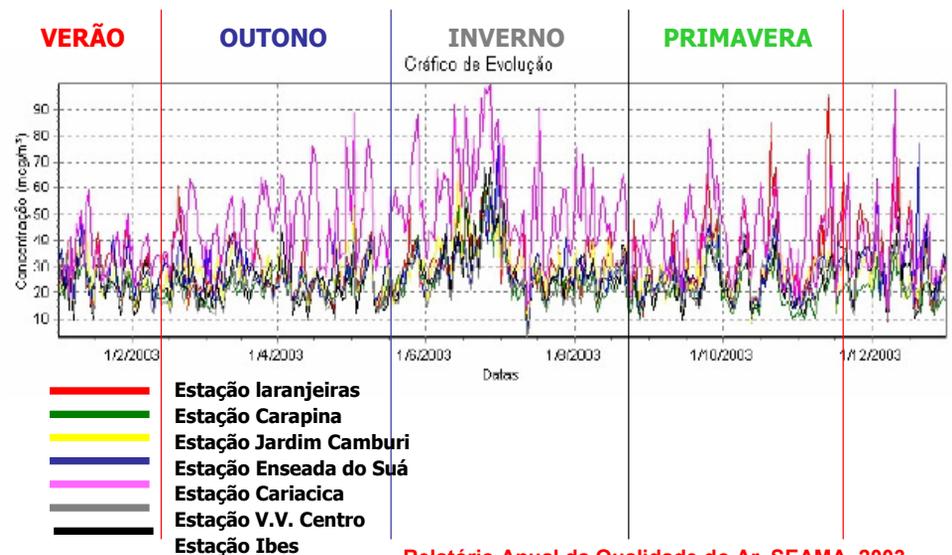


Relatório Anual da Qualidade do Ar, SEAMA, 2003

# RELATÓRIO DA QUALIDADE DO AR

## Resultados

(Partícula Inaláveis Exposição a Curto Período: Médias Móveis de 24horas)

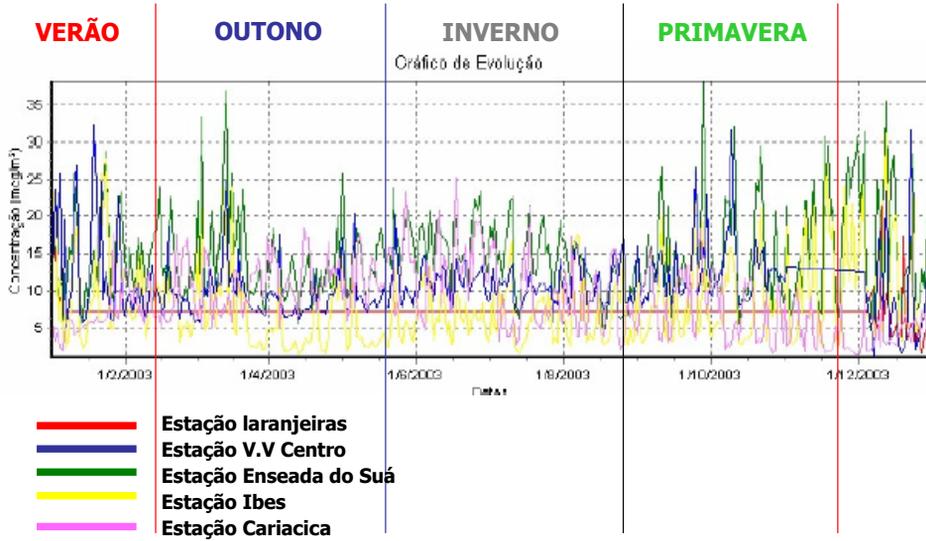


Relatório Anual da Qualidade do Ar, SEAMA, 2003

# RELATÓRIO DA QUALIDADE DO AR

## Resultados

(Dióxido de Enxofre Exposição a Curto Período: Médias Móveis de 24horas)

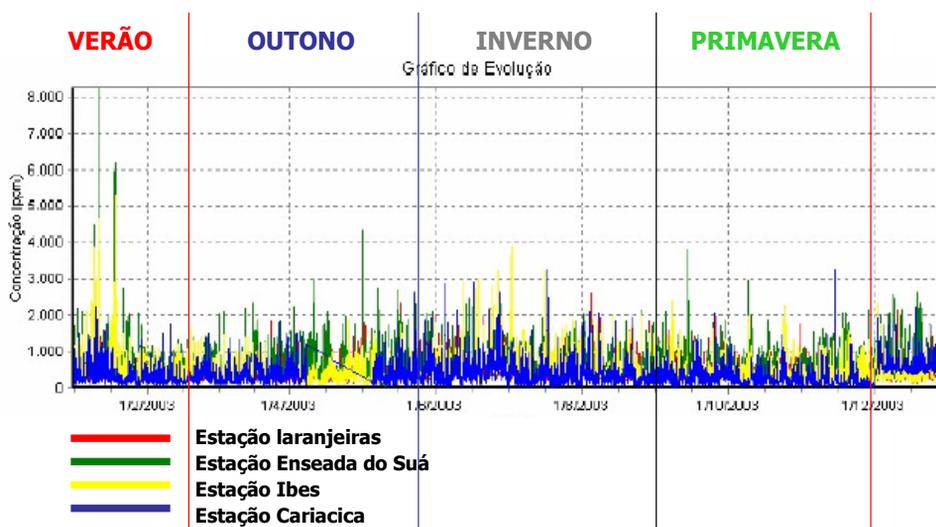


Relatório Anual da Qualidade do Ar, SEAMA, 2003

# RELATÓRIO DA QUALIDADE DO AR

## Resultados

(Monóxido de Carbono, Exposição a Curto Período:)

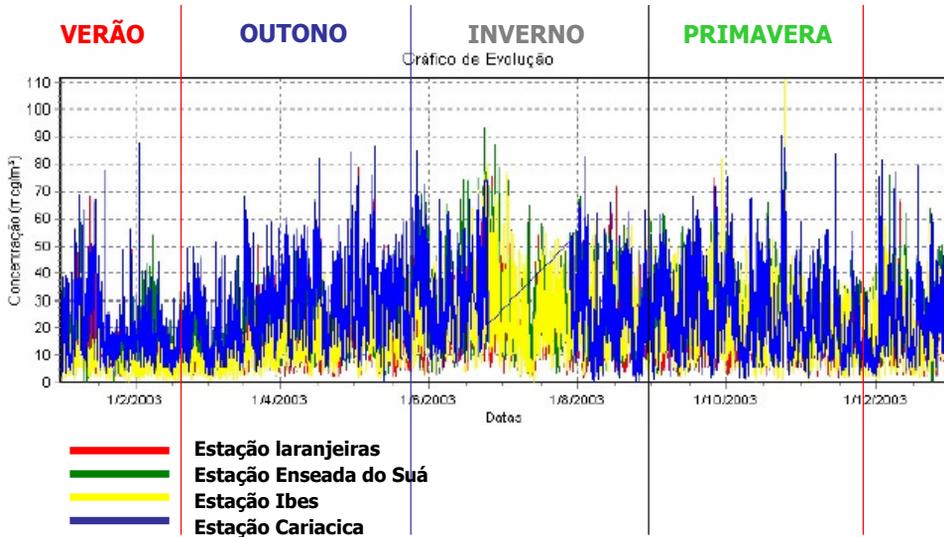


Relatório Anual da Qualidade do Ar, SEAMA, 2003

# RELATÓRIO DA QUALIDADE DO AR

## Resultados

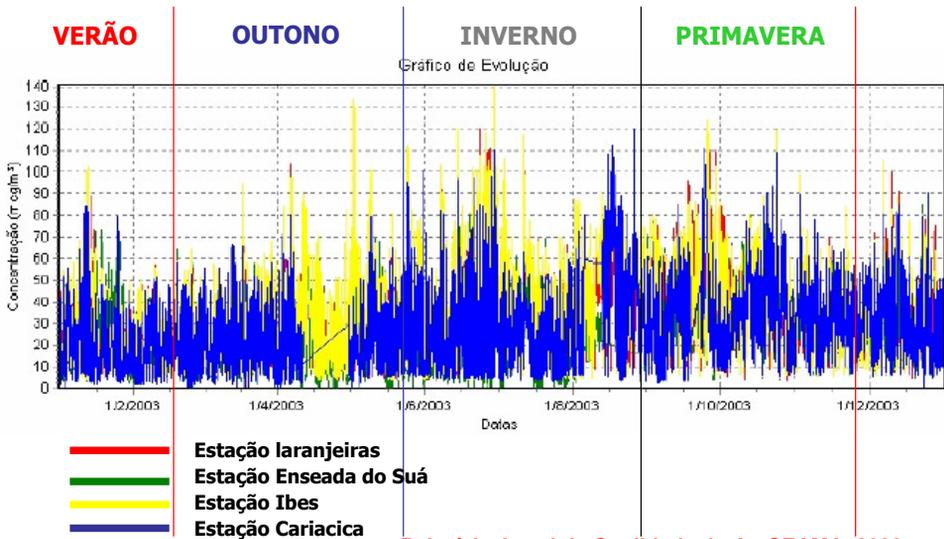
(Dióxido de Nitrogênio Exposição a Curto Período: Médias Móveis de 24 horas)

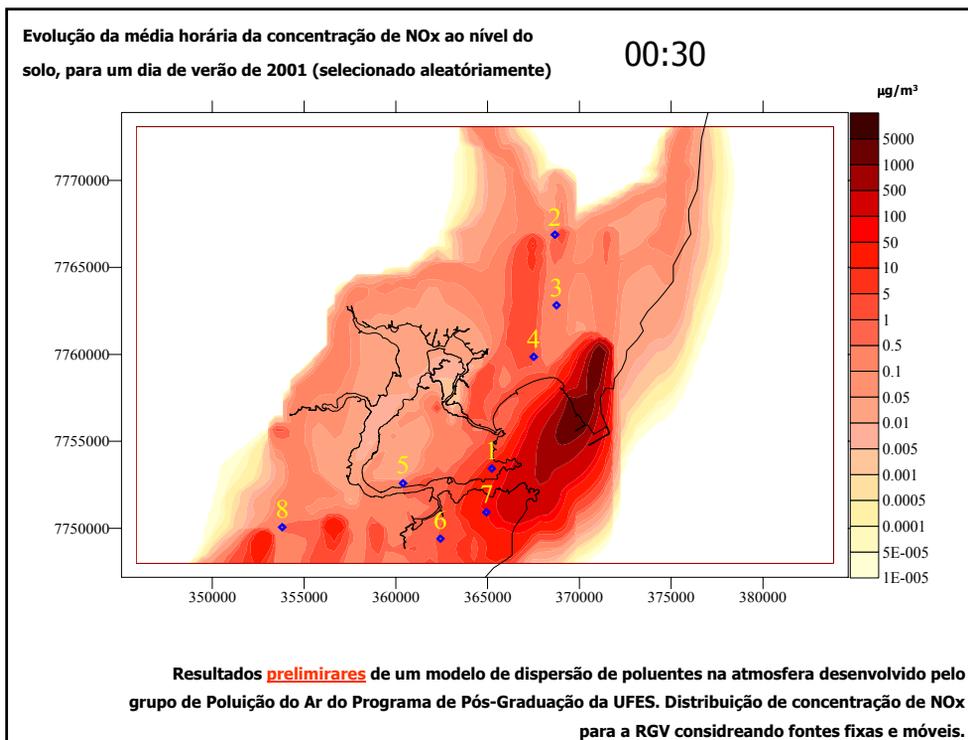
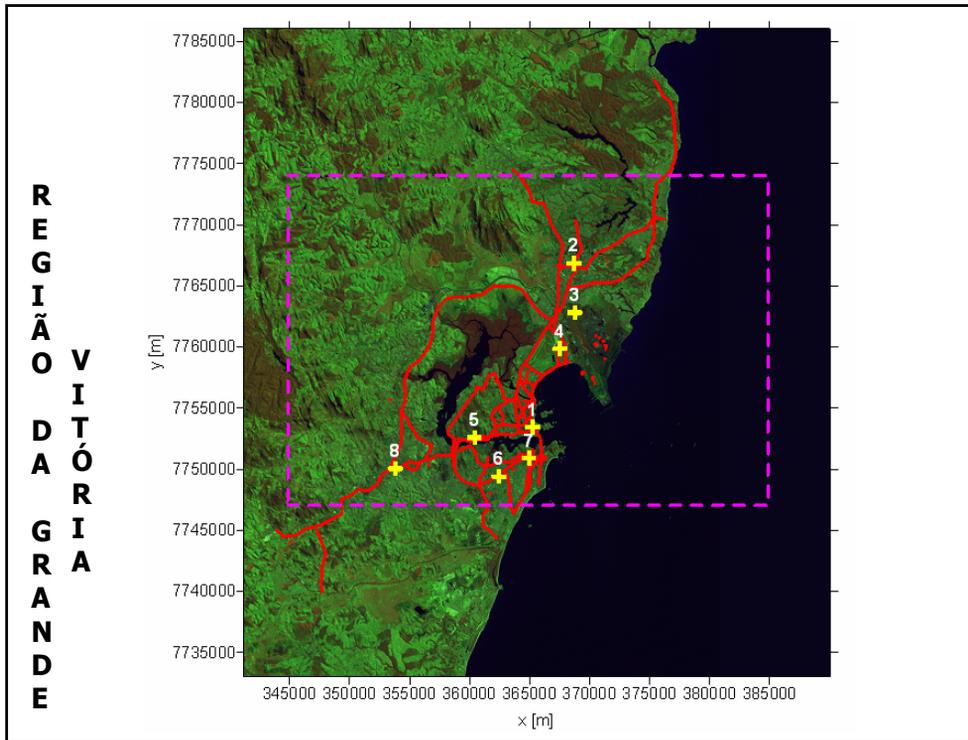


# RELATÓRIO DA QUALIDADE DO AR

## Resultados

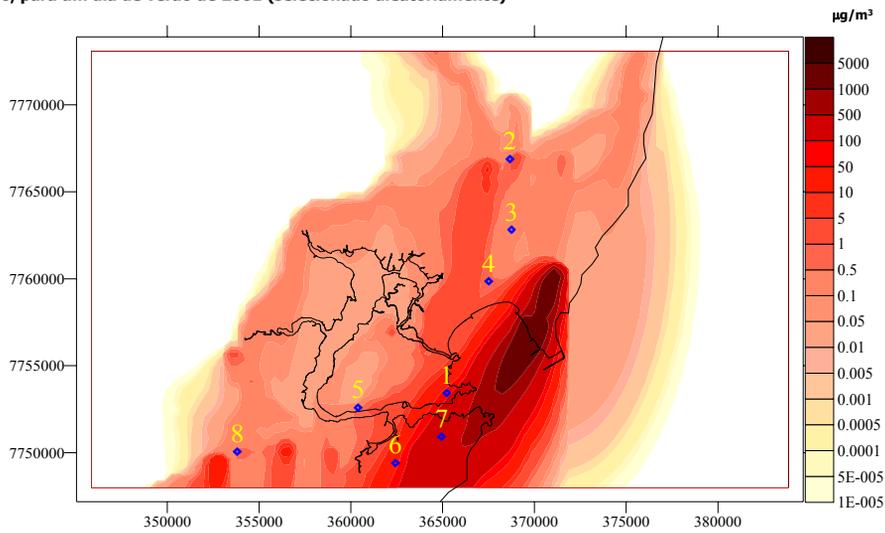
(Ozônio Exposição a Curto Período: Médias Móveis de 24 horas)





Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

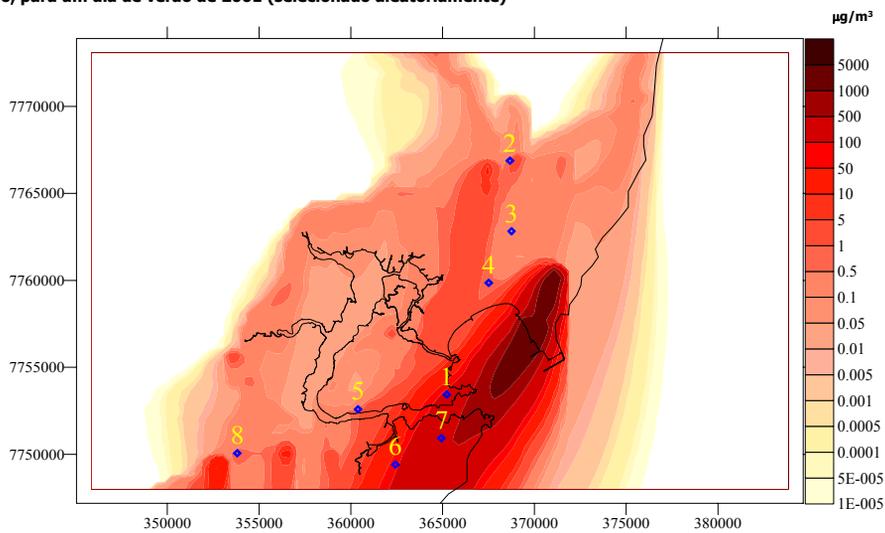
01:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

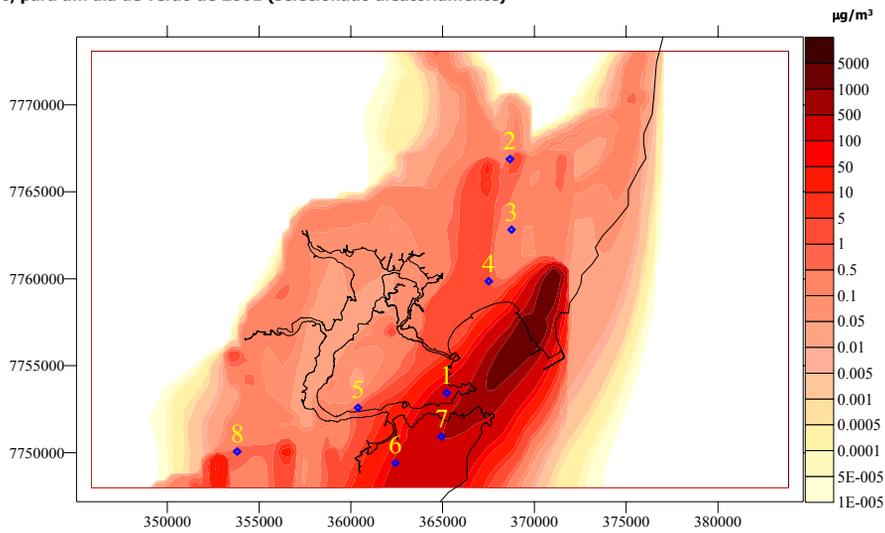
02:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

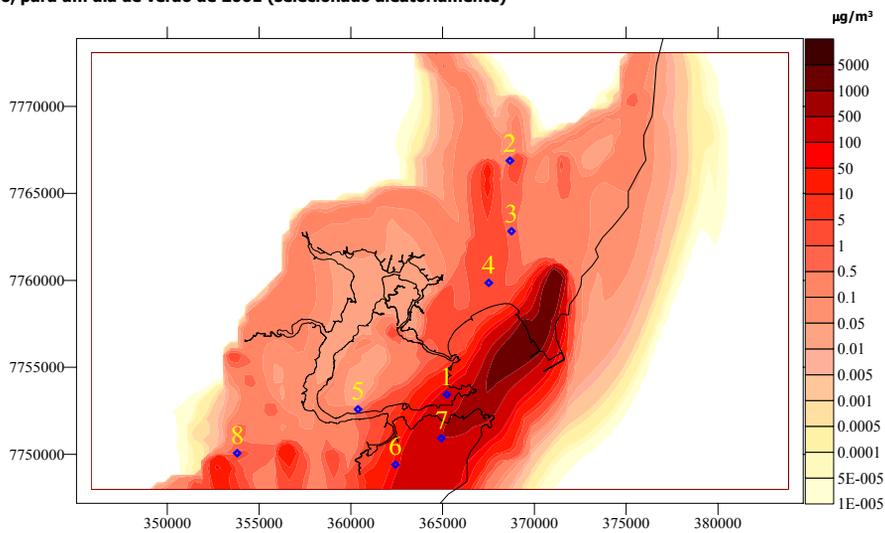
03:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

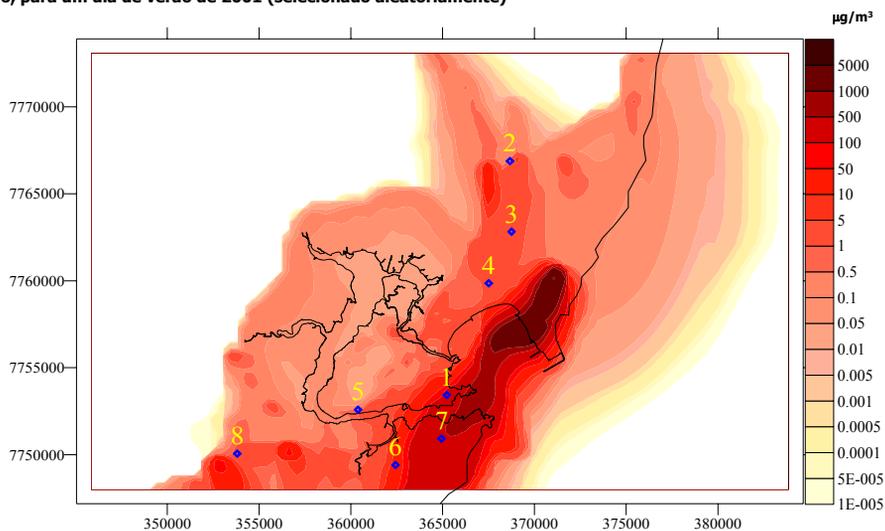
04:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

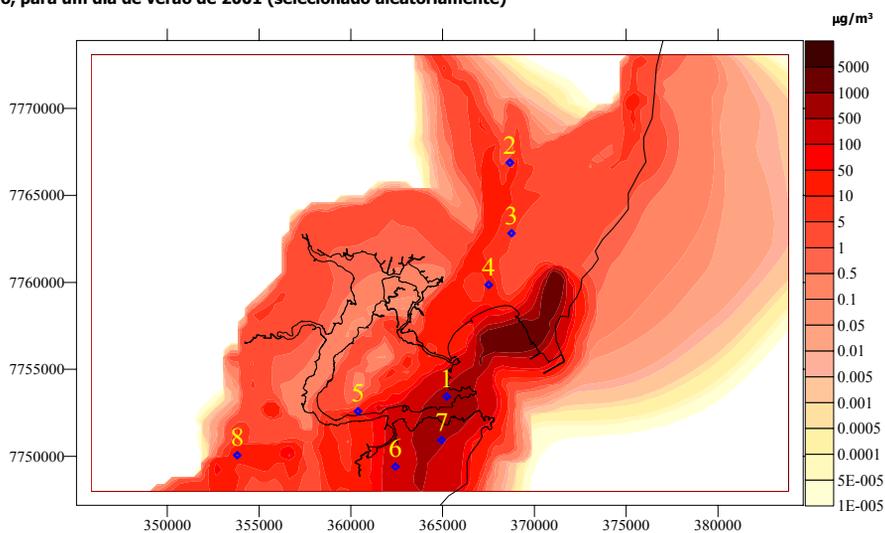
05:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

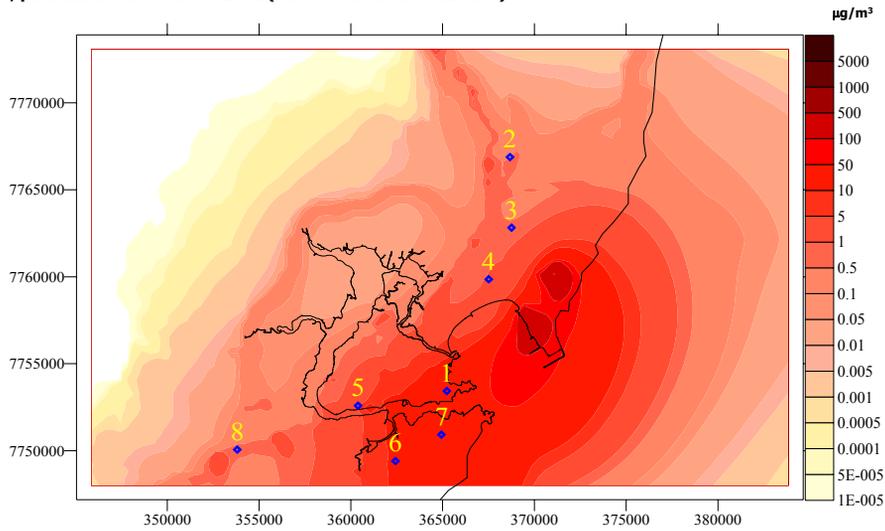
06:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

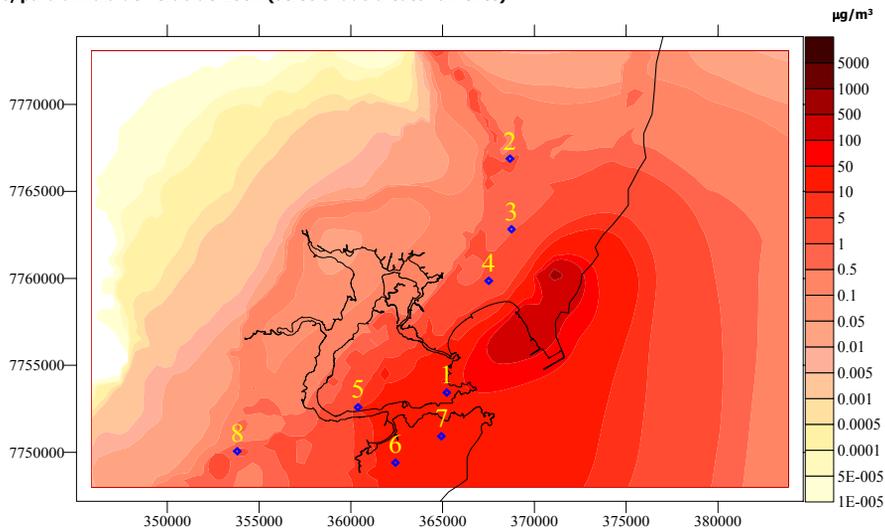
07:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

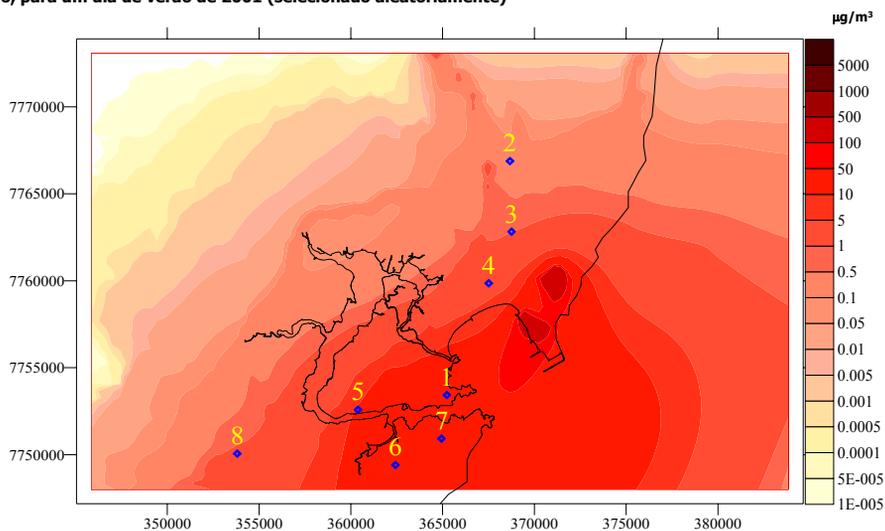
08:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

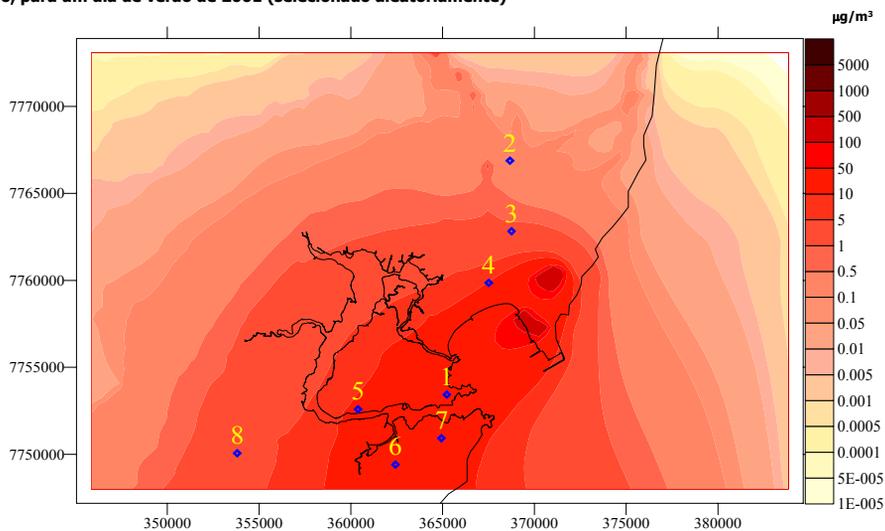
09:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

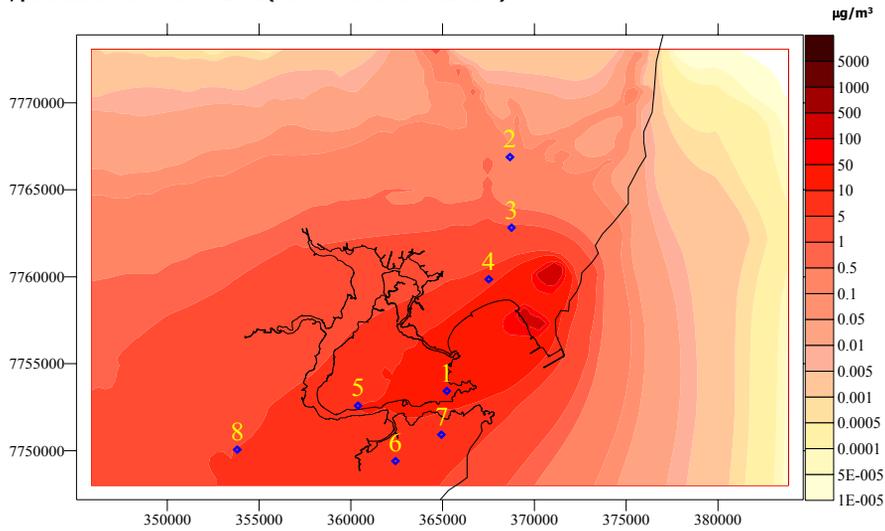
10:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

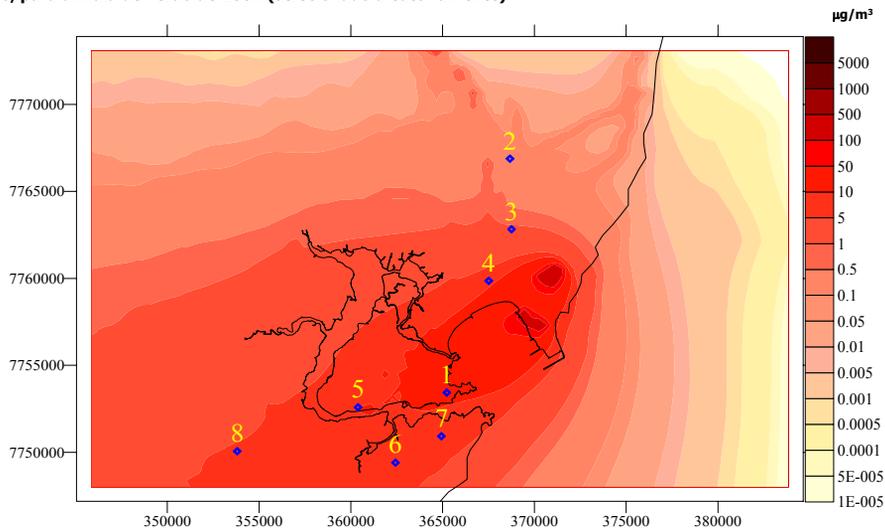
11:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

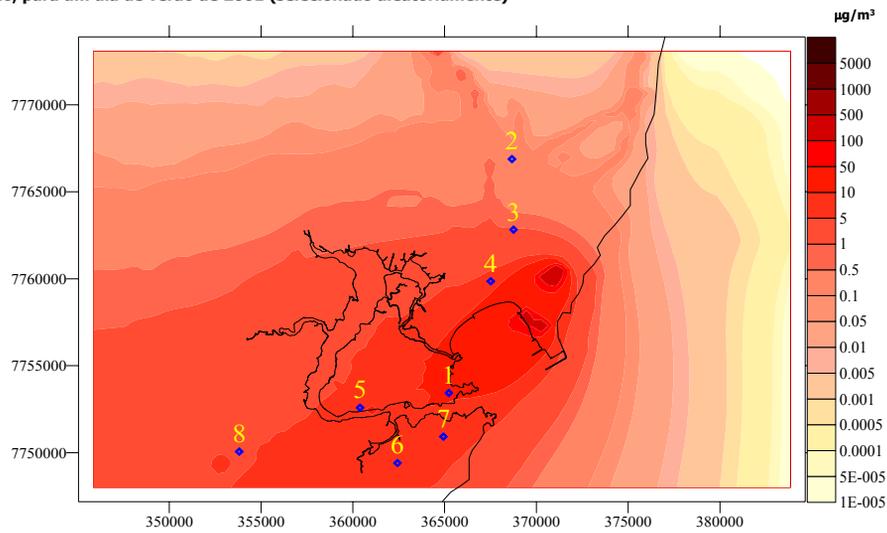
12:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

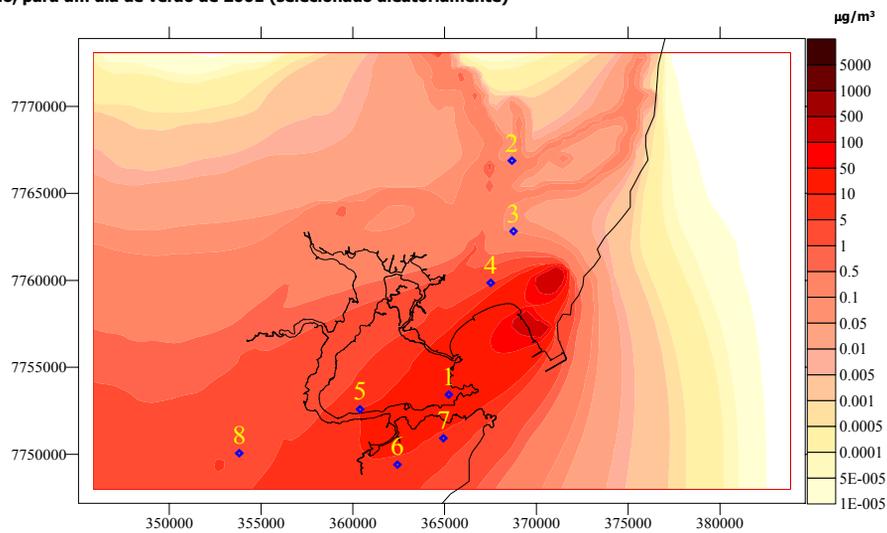
13:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

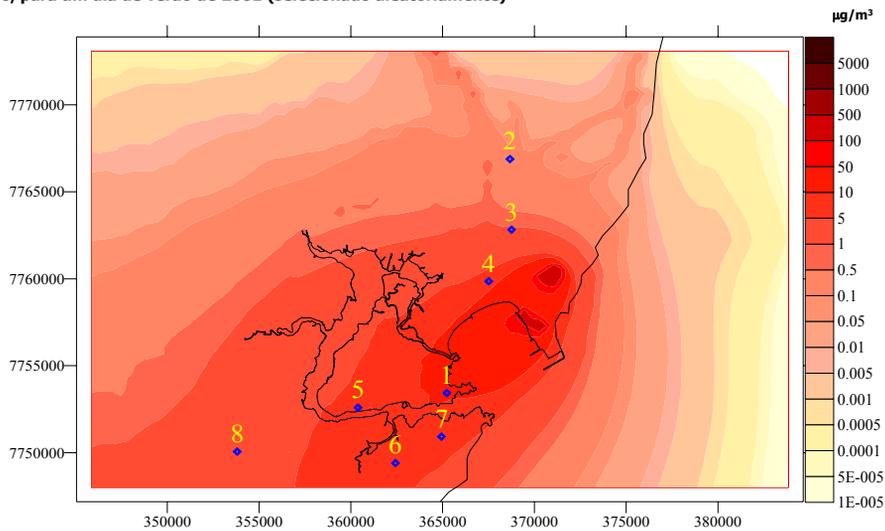
14:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

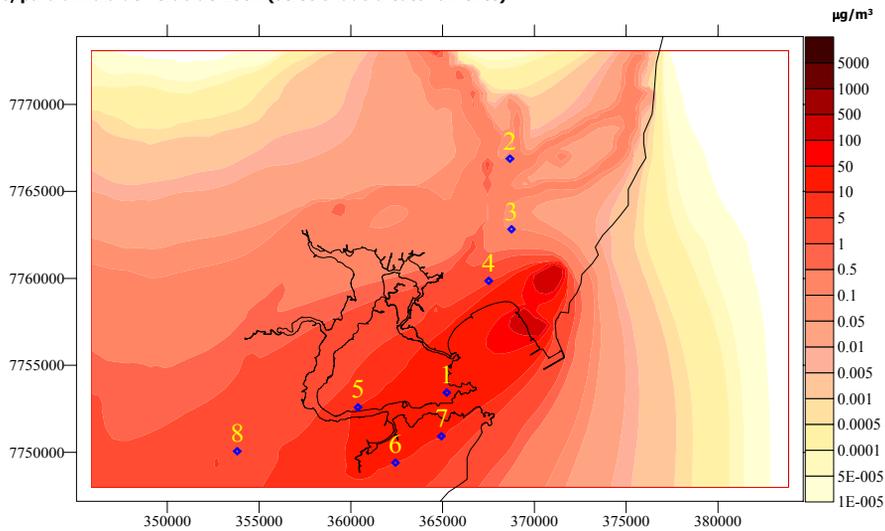
15:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

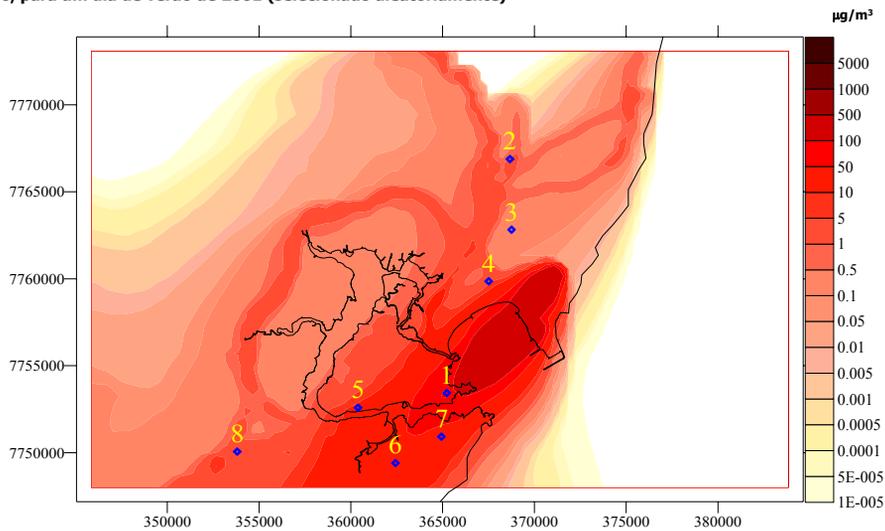
16:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

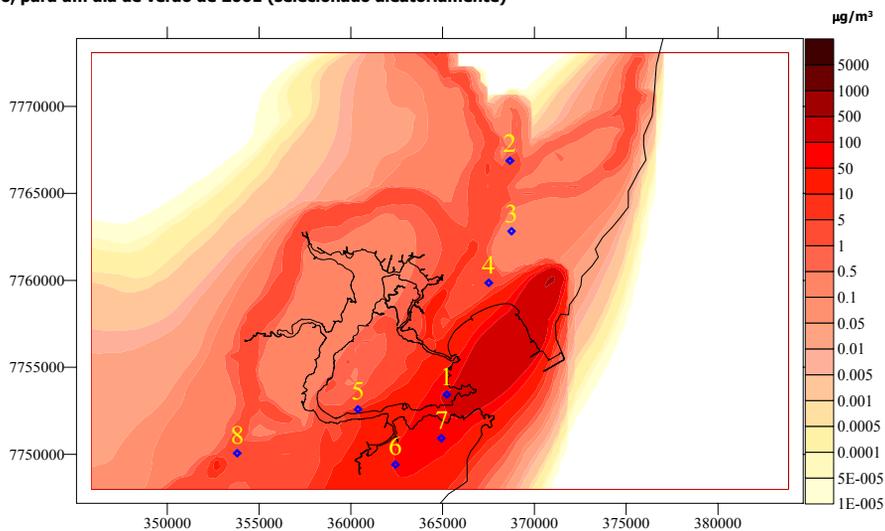
17:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

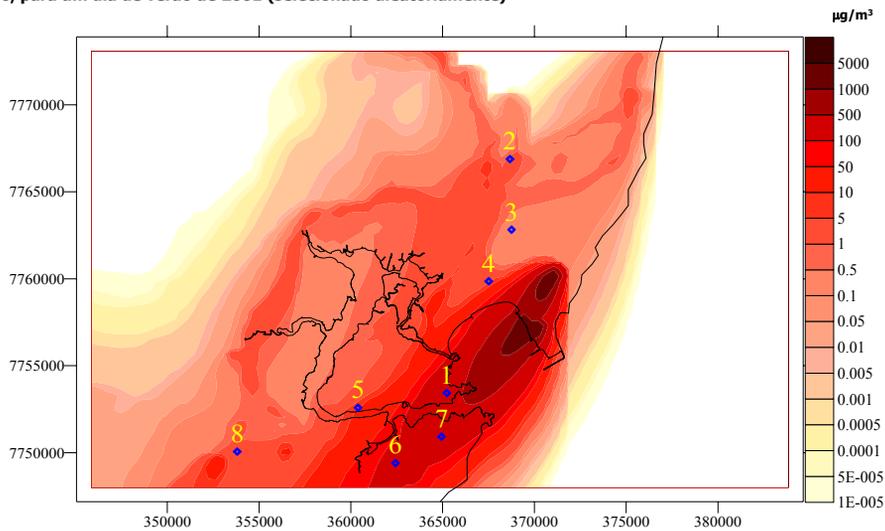
18:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

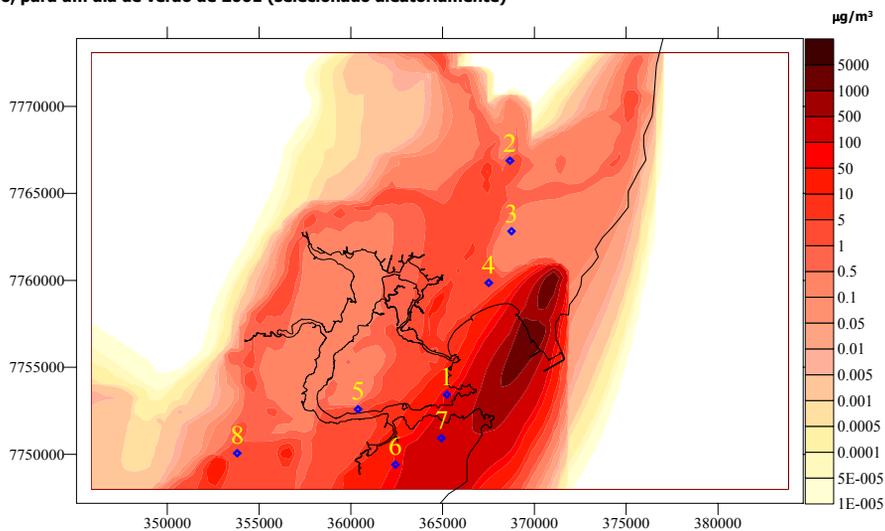
19:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

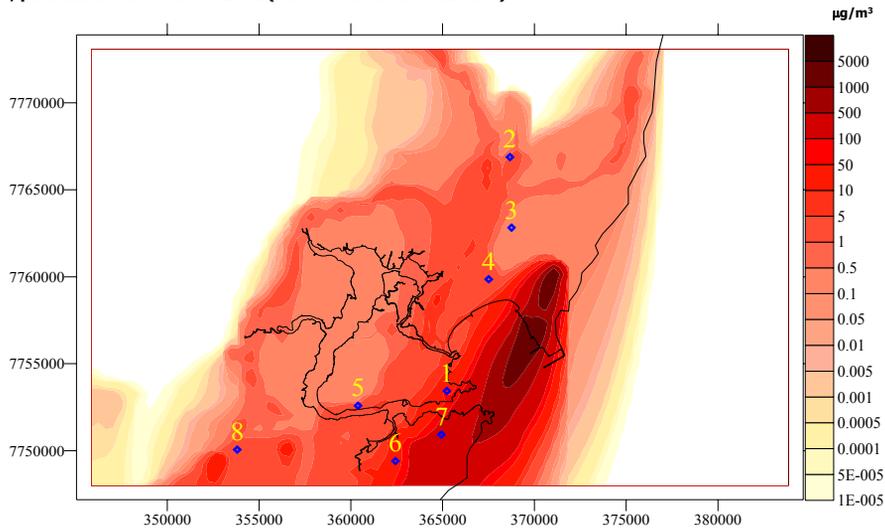
20:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

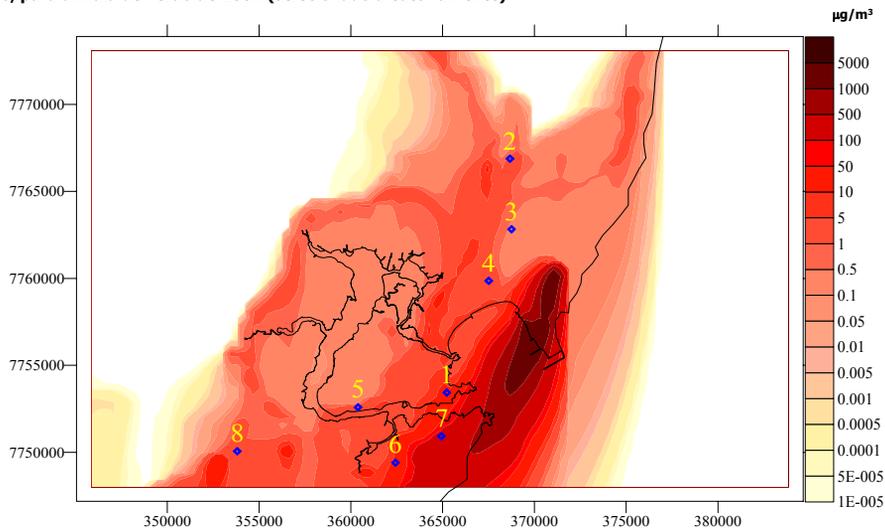
21:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

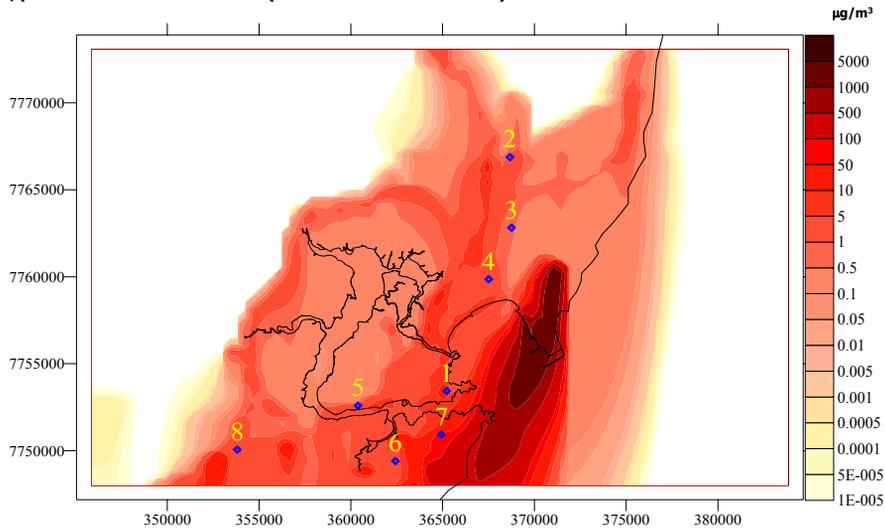
22:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

Evolução da média horária da concentração de NOx ao nível do solo, para um dia de verão de 2001 (selecionado aleatoriamente)

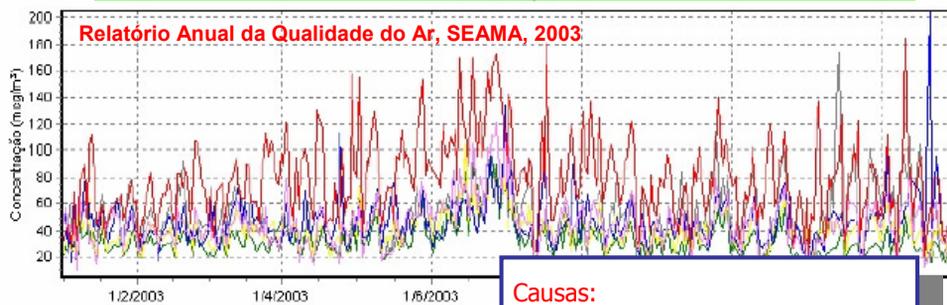
23:30



Resultados preliminares de um modelo de dispersão de poluentes na atmosfera desenvolvido pelo grupo de Poluição do Ar do Programa de Pós-Graduação da UFES. Distribuição de concentração de NOx para a RGV considerando fontes fixas e móveis.

## Variação temporal da concentração de poluentes na atmosfera

(Partículas Totais em Suspensão Exposição a Curto Período: Médias Móveis de 24horas)



— Estação Cariacica  
— Estação Laranjeiras  
— Estação Jardim Camburi  
— Estação Enseada do Suá  
— Estação Ibes  
— Estação Carapina

Causas:

- Variações na emissão
- Condições meteorológicas
  - Direção e velocidade do vento
  - Estabilidade atmosférica
  - Processos de remoção

