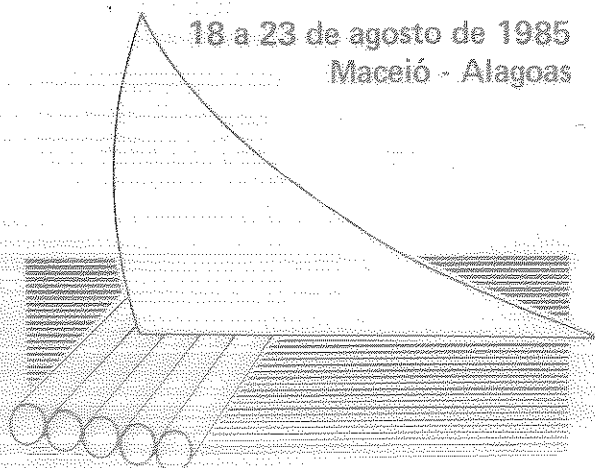


18 a 23 de agosto de 1985  
Maceió - Alagoas



ABES — ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA

# 13<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária Ambiental

ARQUIVO TECNICO

64

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MEDIÇÕES  
DE POEIRA EM SUSPENSÃO NA ATMOSFERA  
EFETUADAS PELO MÉTODO DO AMOSTRADOR  
DE GRANDES VOLUMES  
E PELO MÉTODO DA REFLETÂNCIA**

8300  
G545e  
014282

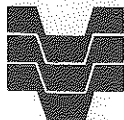


04484



014282

CETESB



**CETESB**

**Diretor Presidente:** Werner Eugênio Zulauf. **Diretor Financeiro:** Paulo Bezerril Junior. **Diretor Administrativo:** Antonio Alves de Almeida. **Diretor de Engenharia:** Nelson Mansour Nabhan. **Diretor de Controle:** Nelson Vieira de Vasconcelos. **Diretor de Planejamento Ambiental:** Fredmar Corrêa. **Diretor de Pesquisa:** Samuel Murgel Branco.

8300  
6545e  
014282

#### ESCRITÓRIO CENTRAL

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Alto de Pinheiros  
São Paulo - CEP 05459 - Telefone: (DDD 011) 210-1100  
Telex (011) 222-46 - CTS - BR

#### UNIDADES REGIONAIS E ESCRITÓRIOS

##### ● Estado de São Paulo

**Araçatuba:** Rua Silva Jardim, 906

Fone: (0186) 23.6939 - CEP 16.100

**Araraquara:** Av. Espanha, 188

Fone: (0182) 32.2211 - CEP 14.800

**Bauru:** Rua Gerson França, 11-60

Fone: (0142) 23.8466 - CEP 17.100

**Campinas:** Rua São Carlos, 287

Fone: (0192) 32.3366 - CEP 13.100

**Cubatão:** Rua Assembléia de Deus, 39 Salas 405 e 407

Fone: (0132) 61.1660 e 611301 - CEP 11.500

**Franca:** Av. Champagnat, 1808

Fone: (016) 723.9700 - CEP 14.400

**Guarulhos:** Rua Brás Cubas, 95

Fone: (011) 209.8413 - CEP 07.000

**Ipiranga:** Rua Caramuru, 573

Fone: (011) 275.7102 - CEP 04138

**Marília:** Av. Sampaio Vidal, 106

Fone: (0144) 33.8879, 33.8521, 33.8733 - CEP 17.500

**Mogi das Cruzes:** Rua Prof. Floriano de Melo, 330

Fone: (011) 469.3490 - CEP 08.700

**Novo Horizonte:** Av. da Saudade, s/n

Fone: (0175) 42.1950 - CEP 14.960

**Osasco:** Rua Nathanael Tito Salmon, 268

Fone: (011) 801.9736 - CEP 06.000

**Piracicaba:** Rua Moraes Barros, 264

Fone: (0194) 34.5132 - CEP 13.400

**Presidente Prudente:** Rua Siqueira Campos, 699

Fone: (0182) 22.1044 - CEP: 19.100

**Ribeirão Preto:** Rua Amador Bueno, 1294/1302

Fone: (016) 634.6044, 634.4536, 625.9500

- CEP 14.100

**Santana:** Av. Gal. Ataliba Leonel, 379

Fone: (011) 267.7562 - CEP 02.033

**Santos:** Rua Itapura de Miranda, 158

Fone: (0132) 33.7127, 32.9550 - CEP 11.100

**Santo André:** Rua Juquiá, 555

Fone: (011) 444.3519, 444.5767 - CEP: 09.000

**São Bernardo do Campo:** Av. Brig. Faria Lima, 360

Fone: (011) 443.4188 - CEP 09700

**Sorocaba:** Av. Dr. Eugênio Salermo, 157

Fone: (0152) 31.4877, 312065 - CEP 12.100

**Tatuapé:** Rua Henrique Setorão, 221

Fone: (011) 217.7505 - CEP 03.066

**Taubaté:** Rua Itambé, 38

Fone: (0122) 32.4829, 324900, 32.4867 - CEP 12.100

##### ● Outros Estados

**Florianópolis - SC**

Rua João Pinto, 6 - 2º andar - s/203

Fone: (0482) 22.7690 - CEP 88.000

**Recife - PE**

Rua das Fronteiras, 160

Fone: (081) 222.1013 - CEP 50.000

# ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MEDIÇÕES DE POEIRA EM SUSPENSÃO NA ATMOSFERA EFETUADAS PELO MÉTODO DO AMOSTRADOR DE GRANDES VOLUMES E PELO MÉTODO DA REFLETÂNCIA

Roberto Godinho

Químico

GERÊNCIA DE QUALIDADE DO AR

Cláudio Darwin Alonso

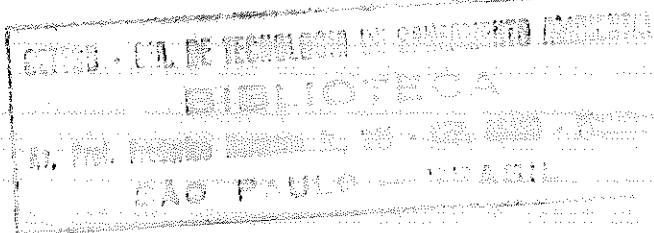
Químico

DIVISÃO DE AMOSTRAGEM E ANÁLISE DO AR

Vladimir Vieira de Oliveira

Eng.<sup>o</sup> Mecânico

DIVISÃO DE INTERPRETAÇÃO DE DADOS



## INTRODUÇÃO

Em 1968 foi instalada em São Paulo uma estação medidora de qualidade do ar que fazia parte da REDPANAIRES "Red Panamericana de muestro de la contaminación del aire"<sup>(17)</sup>. Esse tipo de estação amostradora mede dióxido de enxofre pelo método da água oxigenada e poeira em suspensão pelo método da refletância<sup>(16)</sup>.

A opção por esse tipo de estação para compor a REDPANAIRES se deu basicamente por motivos de simplicidade e custo de operação, que permitiu que um grande número de estações pudesse ser operada por diversos países em desenvolvimento.

O método de análise de material particulado em suspensão nesse tipo de estação é baseado na medida da refletividade da mancha que se forma sobre um papel de filtro quando se faz passar através dele cerca de 2,5 m<sup>3</sup> de ar ambiente durante 24 horas. Utilizando-se uma curva padrão, encontra-se a massa de material particulado retido no filtro em unidades internacionais de massa normalizada ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )<sup>(13)</sup>. Conhecendo-se a área de filtração e o volume de ar amostrado pode-se calcular a concentração em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Esse tipo de estação foi o escolhido para compor uma rede de estações de amostragem do ar que a CETESB implantou em 1973. Essa rede chegou a ser composta de 14 estações e hoje está reduzida a 6 estações. A redução do número desse tipo de estações se deu em função do início de operação da rede de estações automáticas que ocorreu em 1981<sup>(12)</sup>. A manutenção de seis dessas estações se deveu ao fato de se procurar manter uma série histórica de dados pelo menos nesses locais.

Em 1976 foram estabelecidos os padrões de qualidade do ar para quatro parâmetros, dentre eles a poeira em suspensão, sendo também fixados os métodos de medição de referência<sup>(11)</sup>. Para a poeira em suspensão o método escolhido foi o do amostrador de grandes volumes, a exemplo do que já havia ocorrido em outros países<sup>(7,14)</sup>.

Com a adoção de um padrão para poeira em suspensão baseado em medições efetuadas pelo método referência era natural que se tentasse estabelecer relações entre os dados obtidos pelos dois métodos de amostragem.

CLASS	
Nº	14282

## OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho foi reportar os resultados obtidos nos estudos de comparação de resultados obtidos pelo método da refletância e do amostrador de grandes volumes em amostragens realizadas utilizando os dois equipamentos operando em paralelo.

Estudos do mesmo tipo realizados anteriormente revelaram que não é possível estabelecer-se uma relação universal válida para todos os casos, e que essa relação ao contrário é dependente do local de amostragem e da época do ano (18,9,21,20,19,4,8). Essa variabilidade decorre do fato de se estar medindo coisas diferentes, pois enquanto a determinação gravimétrica do Hi-Vol depende da massa das partículas presentes na atmosfera (geralmente menores que 40  $\mu\text{m}$ ), no caso do método da refletância o resultado da medição é afetado em parte pela massa das partículas e em parte pela natureza das mesmas, representada principalmente por suas propriedades óticas, além do fato de este método coletar apenas partículas menores que 10  $\mu\text{m}$  (1).

Este trabalho não pretende ser um estudo das variáveis que determinam as diferenças entre os dois tipos de medição. O estudo se propõe tão somente a, dadas as duas séries de dados, verificar se existe uma forma de a partir de uma série reproduzir a outra. Esse enfoque se justifica pelo fato de na Região da Grande São Paulo ser disponível atualmente uma série de 13 anos de dados de poeira em suspensão obtidos pelo método da refletância e é portanto altamente desejável que se conheça em um nível específico local a relação que essas medições guardam em relação ao método referência.

## DADOS UTILIZADOS

Foram utilizados neste estudo 1013 pares de valores de poeira em suspensão obtidos pelo amostrador de grandes volumes e pelo método da refletância. Esses pares de valores foram obtidos em 5 das 6 estações atualmente em funcionamento na Região da Grande São Paulo e que utilizam o método da refletância.

Esses dados foram coletados com a face dos captores a cerca 1,5 m de altura em relação ao nível do solo.

Os locais de amostragem, o período de coleta de amostras e o número de pares de valores coletados pode ser visto na Tabela 1.

TABELA 1 - RESUMO DOS DADOS UTILIZADOS

ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM	PERÍODO	Nº DE PARES DE VALORES
Aclimação	29/12/72 a 03/02/76	410
Moema	05/06/73 a 20/07/73	24
Praça da República	01/08/74 a 31/01/78	302
Tatuapé	12/06/75 a 30/06/75	19
Pinheiros	13/05/80 a 26/03/84	258

## RESULTADOS OBTIDOS

Foram estudados diversos tipos de ajustes dos dados: linear, potencial, exponencial e logarítmico. Foram calculados os coeficientes de determinação e coeficientes de correlação para os diversos tipos de ajustes testados (2,5,10,3,6). A regressão linear foi a que apresentou os melhores resultados e por isso foi selecionada para representar a correlação entre os métodos em todos os casos.

As regressões lineares obtidas, os coeficientes de determinação ( $r^2$ ) e os coeficientes de correlação ( $r$ ) para cada estação são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 - REGRESSÕES LINEARES OBTIDAS

ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM	$r^2$	$r$	REGRESSÃO LINEAR
Aclimação	0,210	0,458	HV = 1,44 R + 101
Moema	0,810	0,900	HV = 1,83 R + 85
Praça da República	0,485	0,696	HV = 0,941R + 103
Tatuapé	0,840	0,917	HV = 1,16 R + 72
Pinheiros	0,753	0,868	HV = 1,04 R + 61

NOTAS:  $r^2$  = coeficiente de determinação

$r$  = coeficiente de correlação

HV = valor da concentração obtida no amostrador de grandes volumes

R = valor da concentração obtida no método da refletância

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De acordo com a EPA-USA não se recomenda a utilização de regressões lineares entre dois métodos de obtenção de dados de poeira em suspensão quando o coeficiente de correlação ( $r$ ) for menor que 0,7 (6).

Conforme se pode observar pela Tabela 2 foram obtidos valores satisfatórios de  $r$  para as estações de Moema, Tatuapé e Pinheiros. As estações com o maior número de pares de valores (Aclimação e Praça da República) e que portanto deveriam apresentar os resultados mais representativos apresentam resultados insatisfatórios.

Mesmo as regressões lineares consideradas satisfatórias apresentam os seus termos independentes muito altos. Considerando que o padrão anual para poeira em suspensão é  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  podemos verificar que em um caso o termo independente chega a ser maior que o padrão anual enquanto nos outros dois casos estão bem próximos desse valor. Esse fato sugere que as regressões obtidas provavelmente não são apropriadas para baixas concentrações.

Os resultados obtidos confirmam a expectativa de que as correlações entre os métodos são altamente dependentes dos locais de amostragem e que em todos os casos os valores obtidos pelo método da refletância são menores que os dados obtidos pelo amostrador de grandes volumes.

Na figura 1 são apresentadas graficamente as regressões lineares obtidas.

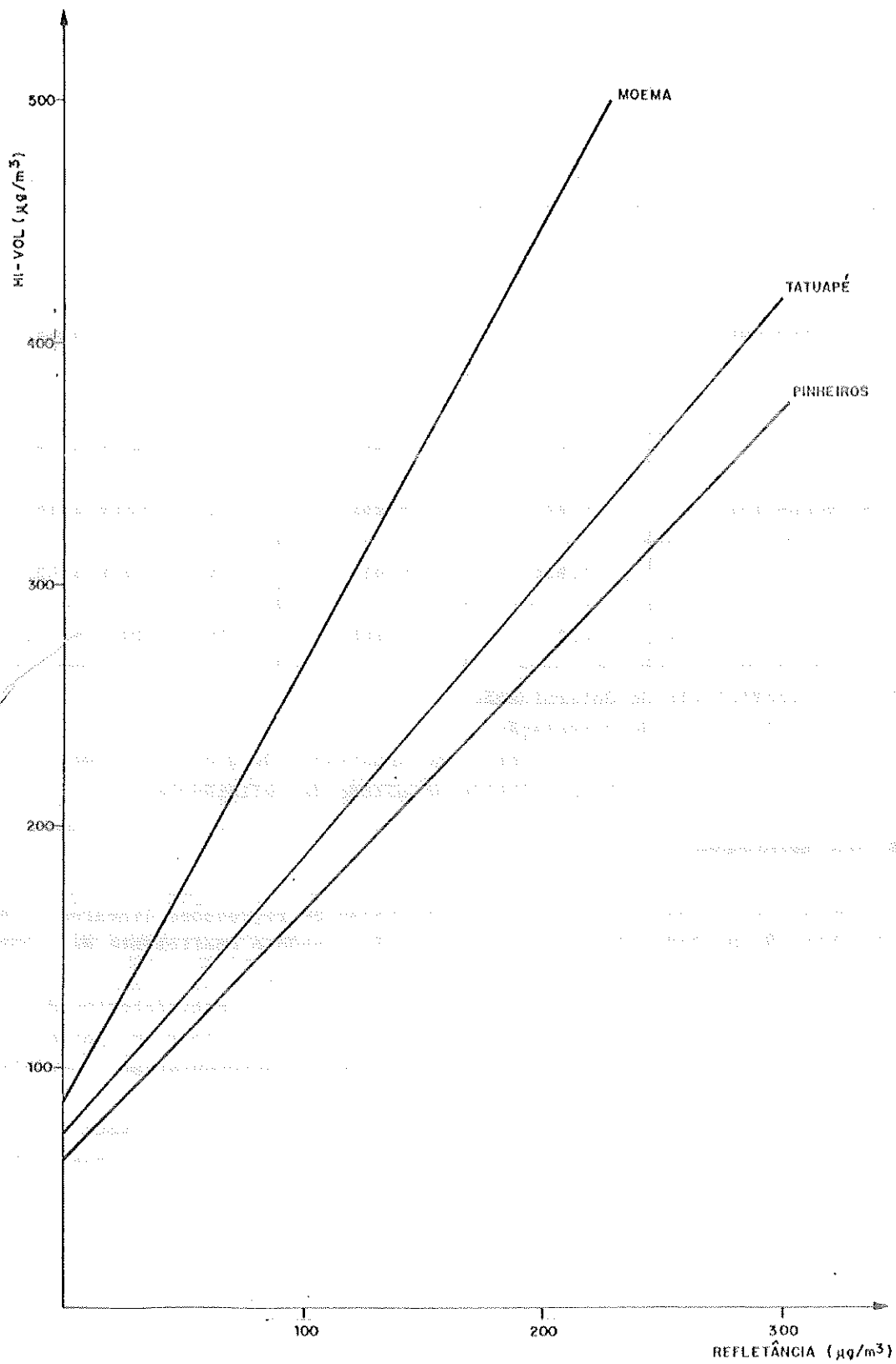


FIGURA 1 - Representação gráfica das regressões lineares obtidas no estudo.

Como forma de testar um possível uso das regressões lineares tidas como satisfatórias para estimar valores equivalentes de poeira em suspensão obtidos pelo Hi-Vol, montamos a Tabela 3.

TABELA 3 - NÍVEIS DE REFERÊNCIA DA ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, PADRÕES NACIONAIS DE QUALIDADE DO AR PARA POEIRA EM SUSPENSÃO E VALORES EQUIVALENTES EM "HI-VOL" CALCULADOS A PARTIR DOS NÍVEIS DE REFERÊNCIA PARA FUMAÇA NORMALIZADA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

TEMPO DE EXPOSIÇÃO	NÍVEIS DE REFERÊNCIA DA OMS		PADRÕES NACIONAIS DE QUALIDADE DO AR "HI-VOL"	VALORES EQUIVALENTES EM "HI-VOL" CALCULADOS PE LAS REGRESSÕES		
	FUMAÇA NORMALIZADA "SMOKE"	POEIRA EM SUSPENSÃO "HI-VOL"		MOEMA	TATUAPÉ	PINHEIROS
Curto Prazo (24 hrs)	100-150	150-230	240	268-359	188-246	165-217
Longo Prazo (média anual)	40-60	60-90	80	158-195	118-142	103-123

Nessa tabela são mostrados os níveis de referência recomendados pela Organização Mundial da Saúde<sup>(15)</sup>, os padrões nacionais de qualidade do ar para poeira em suspensão e os valores equivalentes em "hi-vol" obtidos através das regressões lineares.

Pela comparação dos valores obtidos através das regressões com os níveis de referência da OMS é possível verificar o grau de variabilidade que ocorre nos critérios de julgamento quando se usa um ou outro procedimento. Quando se usa os dados de poeira em suspensão obtidos pelo método da refletância e se os transforma em dados equivalentes de "hi-vol" na realidade está se mudando o critério de julgamento, e a magnitude na variação do critério é de tal ordem que não nos parece razoável o procedimento.

#### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos nos permitem tirar as seguintes conclusões:

- Os resultados de poeira em suspensão obtidos pelo método da refletância são sistematicamente menores que aqueles obtidos pelo método do amostrador de grandes volumes e portanto não são comparáveis diretamente com os padrões de qualidade do ar estabelecidos com base no método referência;
- Não nos parece razoável adotar-se um procedimento de correção dos dados de poeira em suspensão obtidos pelo método da refletância para dados equivalentes de "hi-vol" através de equações matemáticas, uma vez que as regressões lineares obtidas não são satisfatórias para todas as estações. Além disso, mesmo para as estações onde se obteve regressões lineares consideradas satisfatórias o processo de correção não parece fornecer resultados consistentes.

Diante dessas conclusões fazemos as seguintes recomendações:

- As séries originais de dados de poeira em suspensão obtidas pelo método da refletância devem ser mantidas sem nenhum tipo de correção;
- Esses dados não devem ser comparados com os padrões de qualidade para poeira em suspensão estabelecidos com base no amostrador de grandes volumes. Como critério de julgamento devem ser utilizados os níveis de referência recomendados pela Organização Mundial da Saúde para fumaça normalizada ("smoke").

- c) As estações em operação que utilizam o método da refletância devem ser mantidas com o objetivo exclusivo de possibilitar a verificação da evolução do parâmetro e para não quebrar a série histórica. No caso da Região da Grande São Paulo as estações estão completando 13 anos de dados em 1985, uma série extremamente útil para a observação de tendências;
- d) No caso da instalação de novas estações desse tipo deve se ter em mente de uma forma muito clara quais as limitações dos dados a serem obtidos e qual a real dimensão do uso que se poderá fazer deles.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BENNET, B.G. Urban air pollution Worldwide. *Environ. Sci. Technol.*, 19 (4), 1985
2. CETESB *Estudo Comparativo entre amostradores de poeira*. São Paulo, DMID/CETESB, 1977 (Projeto do Plano de Atividades de 1976; 27/76).
3. CHAKRAVARTI, I. M. et al. *Handbook of Methods of Applied Statistics*. New York, John Wiley Sons, 1967 V.1
4. COULSON, J. & ELLISION, Mck. A Calibration of the Filter paper method of estimation of smoke. *Brit J. Appl. Phys.*, 14: 899 - , 1963.
5. DRAPER, N. R. & SMITH, H. *Applied Regression Analysis*. New York, John Wiley & Sons, 1966.
6. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Guidance for selecting TSP episode monitoring methods*. Estados Unidos, EPA, 1979. (Guideline Serie; PB 298 459 - Research Triangle Park, NC).
7. ESTADOS UNIDOS DA AMERICA. Agência de Proteção do meio ambiente. Protection of Environment; Part 50: National primary and secondary ambient air quality standards. *Code of Federal Regulations*, 40.
8. GRIGGS, M. Relationship of optical observations to aerosol mass loading. *J. Air Poll. Control. Assoc.*, 22: 148-52, 1974.
9. INGRAM, W.T. & GOLDEN, J. Smoke curve calibration. *J. Air Poll. Control Assoc.*, 23: 110, 1973.
10. LEME, R.A.S *Curso de estatística: elementos*. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, 1963.
11. MINISTÉRIO DO INTERIOR. Secretaria Especial do meio ambiente. *Portaria*; 231 1976.
12. OLIVEIRA, V.V. et. al. *Rede Automática de amostragem de poluentes atmosféricos instalada na Região da Grande São Paulo, 1979*. (Apresentado ao Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, 10., Manaus, 1979).
13. ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO ECONOMICA E DESENVOLVIMENTO. *Methods of measuring air pollution*. França, 1964.

- 
14. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE . *Selected Methods of measuring air pollutants*. 1976 (OMS; 24).
  15. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Sulfur oxides and suspended particulate matter*. Geneva, OMS, 1979. (Environmental Health Criteria; 8).
  16. ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE. Red Panamericana de Muestro de la Contaminación del Aire - Redpanaire. *Manual de Operaciones*. Lima, CEPIS, 1970.
  17. ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE. Red Panamericana de muestro de la Contaminación del aire - Redpanaire. *Informe 1967-74*. (Série Técnica do Departamento de Engenharia e Ciências do Ambiente; 18).
  18. PEDACE, E.A. & SANSONE, E.B. The relationship between soiling index and suspended particulate matter concentrations. *J. Air Poll. Control Assoc.* 22: 348-, 1972.
  19. SANDERSON, H.P. & KATZ, M. The optical evaluation of smoke on particulate matter collected on filter paper. *J. Air Poll. Control Assoc.*, 13: 476-, 1963.
  20. SULLIVAN, J.L. The calibration of smoke density. *J. Air Poll. Control Assoc.*, 12: 474-, 1962.
  21. WALLER, R.E. Experiments on the calibration of smoke filters. *J. Air Poll. Control Assoc.*, 14 : 323-, 1964.

Date Acq'd:	01/08/86
Indic.:	
Quantity:	
Price:	1.00
Date Recd:	01/08/86



CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental  
Av. Professor Frederico Hermann Jr., 345 - São Paulo - SP. - CEP 05459  
Telefone: (011) 210-1100 (Telex (011) 222-46-CTS - BR