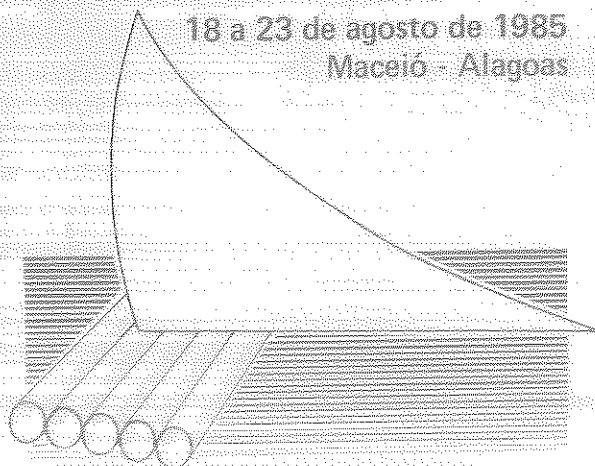


18 a 23 de agosto de 1985  
Maceió - Alagoas



APES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA

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

65

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MEDIÇÕES  
DE POEIRA EM SUSPENSÃO NA ATMOSFERA  
EFETUADAS PELO MÉTODO DO AMOSTRADOR  
DE GRANDES VOLUMES E PELO  
MÉTODO DE ATENUAÇÃO DE RADIAÇÃO  $\beta$**

ARQUIVO TECNICO

8300  
G545e  
014283

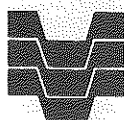


04485



014283

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.

#### 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) 23.6838 - CEP 16.100

**Araraquara:** Av. Espanha, 188

Fone (0162) 32.2211 - CEP 14.800

**Bauri:** 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 Assembleia de Deus, 39 Salas 405 e 407

Fone: (0132) 61.1660 e 61.1301 - 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 Titto 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, 31.2065 - CEP 12.100

**Tatuapé:** Rua Henrique Setorio, 221

Fone: (011) 217.7505 - CEP 03.066

**Taubaté:** Rua Itambé, 38

Fone: (0122) 32.4829, 32.4900, 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

B300  
G545e  
014283

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MEDIÇÕES DE POEIRA EM SUSPENSÃO NA  
ATMOSFERA EFETUADAS PELO MÉTODO DO AMOSTRADOR DE GRANDES  
VOLUMES E PELO MÉTODO DE ATENUAÇÃO DE RADIAÇÃO  $\beta$**

**Roberto Godinho**

*Químico*

**GERÊNCIA DE QUALIDADE DO AR**

**Vladimir Vieira de Oliveira**

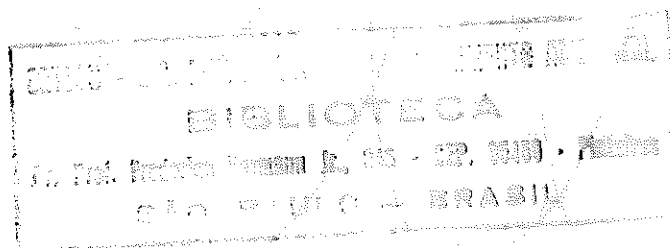
*Eng.º Mecânico*

**DIVISÃO DE INTERPRETAÇÃO DE DADOS**

**Claudio Darwin Alonso**

*Químico*

**DIVISÃO DE AMostrAGEM E ANÁLISE DO AR**



**INTRODUÇÃO**

As partículas sólidas ou líquidas em suspensão na atmosfera representam um dos poluentes mais importantes no estudo de avaliação da qualidade do ar dos grandes centros urbanos e áreas industrializadas.

As principais fontes de emissão de partículas para a atmosfera (material particulado) são os processos e operações industriais, queima de combustíveis em fontes estacionárias, veículos automotores e queima de resíduos sólidos. Além dessas fontes de emissões citadas, o material particulado presente na atmosfera também pode ser originado pela ação dos ventos sobre o solo e pela reação entre componentes naturais da atmosfera e outros poluentes emitidos na forma de gases ou vapores, mudando o estado físico desses gases ou vapores para partículas sólidas ou líquidas<sup>(14)</sup>.

As propriedades físicas e químicas das partículas em suspensão na atmosfera são de fundamental importância para o desenvolvimento de estudos da qualidade do ar e na escolha e dimensionamento dos equipamentos de controle das fontes de emissões. Uma das propriedades mais importantes é o tamanho das partículas pois tanto a eficiência de coleta de partículas de um equipamento de controle de fontes, como a eficiência de captura de partículas em um sistema de amostragem do ar, dependem da forma como estão distribuídas as partículas no meio fluido em função do seu tamanho. Em geral, as partículas encontradas na atmosfera tem diâmetros variando entre 0,001 e 500  $\mu\text{m}$ , sendo que a maior parte da massa total é representada pelas partículas de 0,1 a 10  $\mu\text{m}$  de diâmetro<sup>(15)</sup>. Outra informação importante é que o tamanho das partículas na atmosfera depende da sua origem e formação<sup>(15)</sup>.

O estudo da distribuição de tamanho das partículas na atmosfera normalmente é baseado no número de partículas, na área superficial das partículas e no volume(ou massa) das partículas. A Figura 1 ilustra os tipos de distribuição de frequência normalmente encontrados na atmosfera. Como se pode observar na figura, a distribuição em volume(ou massa) apresenta uma superposição de duas distribuições e cobrem a faixa de tamanho de partículas acima de 0,1  $\mu\text{m}$ <sup>(7)</sup>.

CELENS - CIA. DE TECNOLOGIA DE SUPERMERCADO ALIMENTAR

**BIBLIOTECA**

CLASSE	8300
	6545 RD
DATA	14/2/83

8300  
6545E  
014283

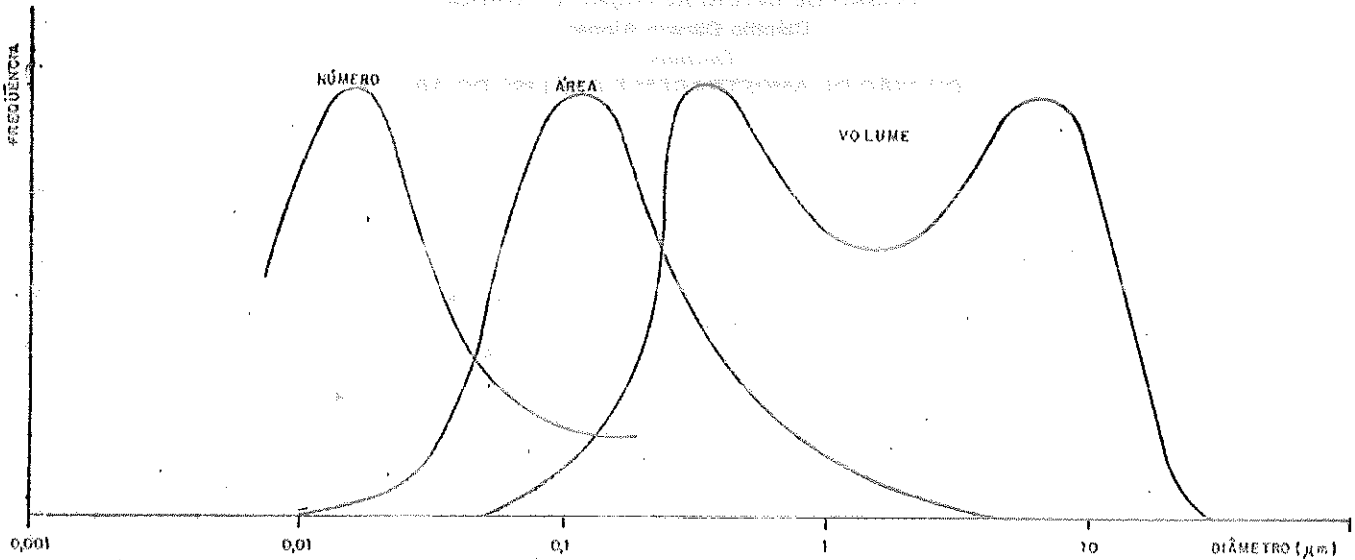


FIGURA 1. - Distribuição típica de tamanho de partículas.

Na Figura 2 pode-se observar novamente que a distribuição em volume(massa) apresenta duas modas distintas, uma com diâmetro aproximado de 0,5  $\mu\text{m}$ , variando a distribuição entre 0,1 e 1,0  $\mu\text{m}$  e a outra com diâmetro aproximado de 10,0  $\mu\text{m}$  variando a distribuição entre 1,0 e 100  $\mu\text{m}$ . O aspecto "bi-modal" da distribuição em volume(ou massa) é explicado pela origem ou formação das partículas. Na distribuição das partículas finas os processos de formação mais comuns das partículas são a coagulação, sublimação e condensação enquanto que na distribuição das partículas grosseiras os processos de desintegração mecânica predominam na formação das partículas (11).

As partículas em suspensão na atmosfera urbana causam danos a saúde do homem afetando diretamente o trato respiratório superior e pulmões; reduzem a visibilidade; aumentam a possibilidade de precipitação, formação de fumaça e nuvens; reduzem a radiação solar interferindo assim na temperatura ambiente e nas alterações biológicas do crescimento das plantas; e atacam os materiais em geral. A magnitude desses efeitos depende do tamanho e forma das partículas, da concentração e da composição química. A eficiência de deposição das partículas no sistema respiratório humano varia em função do diâmetro das partículas. As partículas com diâmetro abaixo de 10  $\mu\text{m}$  são consideradas de maior importância do ponto de vista dos efeitos sobre a saúde devido a sua maior eficiência de penetração e deposição nos pulmões. As partículas em suspensão com diâmetro inferior a 10  $\mu\text{m}$  são denominadas comumente como "partículas inaláveis", embora o limite de 10  $\mu\text{m}$  seja ainda discutível pelos estudiosos do assunto (1,9).

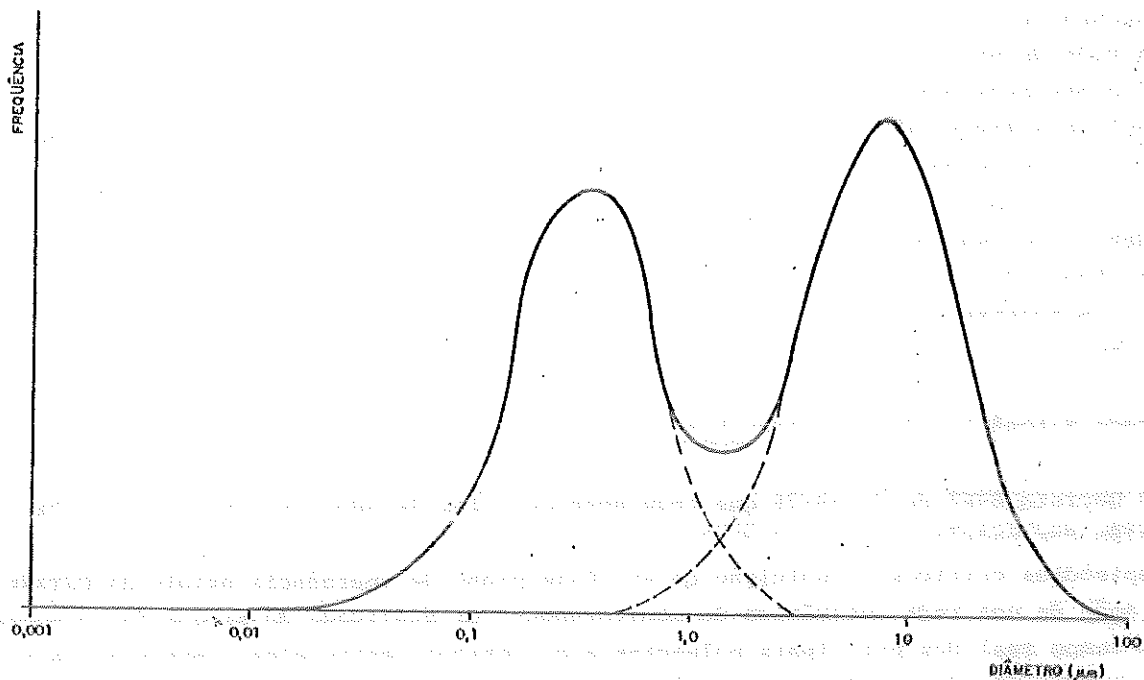


FIGURA 2 - Distribuição típica de tamanho de partículas em volume (massa)<sup>11</sup>

Devido a importância do tamanho das partículas no estudo de efeitos sobre a saúde, os métodos de coleta de amostras de material particulado para estudos de avaliação da qualidade do ar são projetados e dimensionados para coletar partículas até um determinado tamanho e/ou para separar as partículas coletadas por faixas de tamanho de partículas, dependendo dos objetivos de cada estudo.

#### MÉTODOS DE AMOSTRAGEM UTILIZADOS

A CETESB mantém em operação na região da Grande São Paulo e Cubatão, 3 (três) redes de monitoramento de material particulado, sendo duas redes manuais e uma automática, nas quais são utilizados métodos de amostragem e análise diferentes de acordo com os objetivos propostos para cada uma dessas redes. Neste estudo foram utilizados os dados da Rede Manual dos Amostradores de Grandes Volumes e da Rede Automática de Monitores Beta.

#### Rede manual dos amostradores de grandes volumes (Rede de Hi-Vol)<sup>(3)</sup>

Os padrões de qualidade do ar para todo o território nacional estabelecidos pela SEMA e adotados para o Estado de São Paulo através do regulamento da Lei Estadual nº 997 de 31/05/76, foram baseados nos padrões de qualidade do ar dos USA e indicam o Amostrador de Grandes Volumes (Hi-Vol) como o método de referência para a determinação das concentrações de material particulado objetivando comparações com os padrões de qualidade do ar fixados.

O amostrador de grandes volumes (Hi-Vol) é um equipamento projetado e dimensionado para coletar partículas com diâmetros menores do que 100 µm, fazendo passar o ar amostrado através de um filtro de fibra de vidro com uma vazão de 1,3 a 1,7 m<sup>3</sup>/min. por um período de 24 horas. A concentração em massa do material particulado é determinada gravimetricamen-

te pela diferença de massa do filtro antes e depois da coleta da amostra e pelo volume de ar amostrado. O resultado obtido é comumente apresentado como material particulado total em suspensão na atmosfera<sup>(9)</sup>.

A Rede de Hi-Vol da Grande São Paulo e Cubatão foi instalada pela CETESB a partir de 1983 e conta atualmente com 11 (onze) estações fixas, sendo que 8(oito) estão na Grande São Paulo e 3 (três) estão localizadas em Cubatão. O principal objetivo dessa rede é fornecer os dados de qualidade do ar necessários para se fazer comparações com os padrões diário e anual, conforme determina a legislação em vigor. Por razões operacionais as estações desta rede são operadas a cada 6 dias, cumprindo assim o mínimo exigido pela legislação em vigor. Uma das características desse método é que, devido à necessidade de condicionamento da amostra, o resultado só é conhecido no mínimo 24 horas depois de terminada a amostragem.

### Rede automática de monitores beta<sup>(3)</sup>

O Decreto 8468 de 08/09/76 que regulamentou a Lei Estadual nº 997 de 31/05/76 estabelece além dos padrões de qualidade do ar já mencionados, os níveis do plano de emergência para episódios críticos de poluição do ar. Esse plano de emergência exigiu da CETESB a instalação de uma rede automática de monitoramento da qualidade do ar que fornece resultados em tempo real dos principais poluentes atmosféricos, entre eles o material particulado. Como o amostrador de grandes volumes é um método inadequado para os objetivos do plano de emergência, procurou-se um método automático alternativo que pudesse fornecer resultados comparáveis aos do Hi-Vol e ao mesmo tempo operasse em tempo real. O método escolhido foi o da absorção de radiação beta (monitores beta).

Os monitores beta foram projetados e dimensionados para operar como uma sonda de coleta de amostras que permite coletar apenas partículas com diâmetros menores do que 5 a 10 µm (o limite não é bem definido de acordo com o fabricante do equipamento)<sup>(8)</sup>. As amostras são coletadas fazendo-se passar o ar amostrado através de uma fita de fibra de vidro com uma vazão de 0,042 m<sup>3</sup>/min, por um período de tempo programável (atualmente 1 hora). A concentração em massa do material particulado é determinada pela comparação entre o nível de radiação beta absorvido pela fita limpa e o nível de radiação beta absorvido pela fita contendo as partículas coletadas em cada amostra. Como a absorção de radiação é diretamente proporcional a massa das partículas coletadas, o método da absorção de radiação beta é um método de determinação de massa.

A Rede automática da CETESB instalada e em operação desde 1981, conta atualmente com 25(vinte e cinco) estações fixas e dois laboratórios volantes, cobrindo a área da Grande São Paulo e Cubatão, sendo que 22(vinte e duas) estão localizadas na Grande São Paulo e 3(três) estão localizadas em Cubatão. Os principais objetivos dessa rede são fornecer dados de qualidade do ar em tempo real para o suporte técnico do plano de emergência previsto na legislação em vigor e ao mesmo tempo possibilitar que se mantenha um sistema de informação diária ao público, através dos órgãos de comunicação, sobre a qualidade do ar na região abrangida pela rede.

### OBJETIVOS DO TRABALHO

O principal objetivo do presente trabalho foi analisar as correlações existentes entre os 2120 pares de dados de qualidade do ar obtidos simultaneamente pelos métodos dos amostradores de grandes volumes (Hi-Vol) e monitores beta, durante o período de 28/10/80 a 28/02/85. Procurou-se obter os fatores de correlação estatística existentes entre os métodos e ao mesmo tempo, procurou-se interpretar os resultados com base no conhecimento técnico adquirido ao longo de 13 anos de operação de redes de monitoramento do ar na região, e no

conhecimento científico dos recursos e limitações, vantagens e desvantagens, semelhanças e diferenças dos métodos utilizados.

Todos os conhecimentos e informações disponíveis foram utilizados para se estabelecer os critérios de análise dos dados dos monitores beta, a fim de que a partir desses dados se possa estimar os prováveis valores equivalentes de Hi-Vol e compará-los com os padrões de qualidade do ar e níveis do Plano de Emergência, para efeito de divulgação dos índices diários de qualidade do ar e desenvolvimento das ações de controle da CETESB no que diz respeito ao Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar.

Os dados gerados pelas redes de monitoramento do ar mantidas em operação pela CETESB continuarão a ser armazenados na forma como são obtidos, sem qualquer correção, para que possam ser utilizados em outros estudos em andamento ou a serem realizados no futuro.

#### METODOLOGIA UTILIZADA

A análise estatística dos dados obtidos foi baseada nos seguintes métodos<sup>(5,10)</sup>:

- análises de regressão, coeficientes de correlação, coeficientes de determinação e intervalos de confiança das variáveis;
- medidas de tendência central e medidas de dispersão das amostras, por método de amostragem;
- distribuição de frequência e frequência acumulada das amostras, por método de amostragem.

Foram utilizados os pares de dados "Hi-Vol X Beta" obtidos em 15 estações fixas da rede automática e mais 2 locais de operação dos laboratórios volantes. A maior parte dos dados (1348 pares) foram obtidos com o amostrador de grandes volumes instalados diretamente sobre o solo (face do captor a cerca de 1,2 metros do nível do solo). Os demais pares de dados (772) foram obtidos com o amostrador de grandes volumes instalado sobre o abrigo das estações da rede automática, junto ao captor do monitor beta (face dos captores do Hi-Vol e monitor beta a cerca de 3,5 metros do nível do solo).

#### RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE DOS DADOS

O estudo das correlações entre os métodos do Hi-Vol e monitores beta foi iniciado em 1977 com um relatório elaborado com dados obtidos durante a fase de testes da rede automática<sup>(2)</sup>. Após a conclusão dos testes dos monitores beta, um novo estudo foi iniciado. Na primeira etapa desse novo estudo foram utilizados 473 pares de valores obtidos entre outubro de 1980 e fevereiro de 1983, nas estações fixas do Parque Dom Pedro II-SP, Cerqueira Cesar-SP, São Caetano do Sul e Capuava-Santo André, complementados pelos dados obtidos em um laboratório volante instalado na Água Funda-SP<sup>(13)</sup>.

Na segunda etapa do estudo foram utilizados 1629 pares de valores (incluídos os 473 pares anteriores), obtidos entre outubro de 1980 e fevereiro de 1984, nos locais já mencionados da primeira etapa e mais nas estações fixas do Cambuci-SP, Ibirapuera-SP, Nossa Senhora do Ó-SP, Congonhas-SP, Osasco e Vila Parisi-Cubatão<sup>(3)</sup>.

As conclusões e recomendações mais importantes dos dois estudos iniciais foram as seguintes<sup>(3,13)</sup>:

- os dados dos monitores beta subestimam as concentrações de poeira em suspensão na atmosfera quando comparados com os dados dos amostradores de grandes volumes (Hi-Vol).
- a correlação entre os dados dos "Hi-Vol" e dos monitores beta é melhor quando se utiliza os "Hi-Vol" instalados sobre os abrigos das estações com a face do captor dos "Hi-Vol" e dos monitores beta a uma mesma distância em relação ao nível do solo (cerca de 3,5 metros). Os próximos estudos deverão utilizar os "Hi-Vol" instalados

sobre os abrigos das estações da rede automática.

- as correlações entre os dados das variáveis estudadas dependem das características dos locais de amostragem e das variações sazonais das concentrações de material particulado na atmosfera.
- os dados obtidos com monitores beta nas estações estudadas podem ser corrigidos para um equivalente em Hi-Vol através das regressões lineares específicas de cada estação.
- os dados obtidos com monitores beta nas estações onde não existe um estudo específico de correlação, podem ser corrigidos para um equivalente em Hi-Vol através de uma regressão geral obtida com todos os pares de valores já obtidos, até que um estudo específico para cada uma dessas estações esteja concluído.

Com base nessas conclusões e recomendações, a terceira etapa do estudo das correlações entre os métodos do Hi-Vol e monitores beta foi realizada no período entre janeiro de 1984 e fevereiro de 1985, quando 461 novos pares de valores foram obtidos com os "Hi-Vol" instalados sobre os abrigos das estações da rede automática. As estações fixas estudadas foram Parque D. Pedro II-SP, Ibirapuera-SP, São Caetano do Sul, Paulista-SP, Santo Amaro-SP, Osasco, Capuava-Santo André, Vila Nova-Cubatão, Centro-Cubatão, Vila Parisi-Cubatão. Foram analisados também os dados obtidos por um laboratório volante instalado no Vale do Mogi-Cubatão. A análise dessa nova série de informações, associadas as informações já existentes, constitui o conteúdo básico deste trabalho.

Para se caracterizar o tipo de regressão que melhor se ajusta ao estudo desses dois métodos (linear, exponencial, potencial ou logarítmica) foram calculados os coeficientes de correlação de cada caso estudado. Os resultados estão nas Tabelas 1 e 2, onde se pode observar que os coeficientes de correlação da regressão linear apresentam valores satisfatórios quando comparados com os demais. Além disso, foram efetuadas para cada regressão linear obtida, a análise de variância das variáveis estudadas, com a aplicação do "teste-F" (5), para se verificar em cada caso se as variáveis são linearmente dependentes. Em todos os casos estudados o resultado da análise mostrou que as variáveis são dependentes e a regressão é linear, tendo esta afirmação um risco menor que 0,1% de estar errada.

Confirmada a validade da regressão linear para todos os casos, podemos assumir que as correlações obtidas são satisfatórias de acordo com as recomendações do EPA-USA (6), podendo-se portanto estimar com alguma margem de erro, os dados equivalentes de Hi-Vol a partir dos dados obtidos através dos monitores beta, apesar das significantes diferenças existentes entre os dois métodos.

As regressões lineares obtidas nos estudos anteriores e no presente estudo estão nas Tabelas 3 e 4. A título de ilustração, a Figura 3 apresenta as retas que representam cada uma das regressões obtidas no presente estudo, utilizando apenas os dados obtidos no período de janeiro de 1984 a fevereiro de 1985. A simples observação visual dessa figura permite confirmar algumas das conclusões e recomendações dos estudos realizados anteriormente.

Seria importante repetir agora algumas considerações importantes para a análise desses dados (3,13):

- as concentrações médias obtidas pelo método dos amostradores de grandes volumes (Hi-Vol) são sistematicamente maiores do que as dos monitores beta, confirmando assim que as populações amostradas são diferentes, provavelmente devido ao tamanho das partículas coletadas em cada método;
- as correlações entre os métodos dependem do local da amostragem, do período de tempo em que as amostras foram coletadas e da posição da face dos captadores dos instrumentos em relação ao nível do solo;

TABELA 1 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO OBTIDOS NOS ESTUDOS ANTERIORES (\*)

LOCAL DE AMOSTRAGEM	NÚMERO DE PARES	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (R)			
		LINEAR	EXPONENCIAL	LOGARÍTMICA	POTENCIAL
Parque D. Pedro II-SP	102	0,863	0,777	0,837	0,809
Cambuci-SP	36	0,980	0,950	0,964	0,976
Ibirapuera-SP	90	0,864	0,799	0,816	0,846
N. Senhora do Ó-SP	39	0,933	0,778	0,879	0,929
S. Caetano do Sul	127	0,831	0,803	0,797	0,823
Congonhas-SP	62	0,858	0,791	0,863	0,840
Cerqueira Cesar-SP	71	0,787	0,802	0,782	0,813
Osasco	40	0,911	0,827	0,835	0,861
Capuava-Stº André	142	0,905	0,887	0,868	0,921
Cubatão-V. Parisi (**)	126	0,910	0,818	0,909	0,926
Total da Grande São Paulo	709	0,869	0,827	0,760	0,847
Água Funda-SP (**) (Lab. Volante)	146	0,963	0,933	0,923	0,960

Observações: (\*) Referências 3 e 13

(\*\*) Dados obtidos com o Hi-Vol instalado sobre o abrigo das estações da rede automática. Demais casos com o Hi-Vol instalado diretamente sobre o solo.

TABELA 2 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO OBTIDOS NESTE ESTUDO (\*)

LOCAL DE AMOSTRAGEM	NÚMERO DE PARES	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (R)			
		LINEAR	EXPONENCIAL	LOGARÍTMICA	POTENCIAL
Parque D. Pedro II-SP	24	0,891	0,854	0,831	0,811
Ibirapuera-SP	65	0,909	0,815	0,650	0,613
São Caetano do Sul	26	0,952	0,934	0,927	0,937
Penha-SP	28	0,930	0,853	0,918	0,894
Santo Amaro-SP	25	0,962	0,914	0,924	0,949
Osasco	23	0,924	0,904	0,836	0,853
Capuava-Stº André	19	0,904	0,845	0,851	0,811
Vila Nova-Cubatão	52	0,953	0,849	0,868	0,960
Centro-Cubatão	69	0,936	0,824	0,876	0,887
Vila Parisi-Cubatão	93	0,904	0,817	0,887	0,892
Total da Grande São Paulo	210	0,867	0,777	0,731	0,724
Vale do Mogi-Cubatão (Lab. Volante)	37	0,901	0,848	0,884	0,902

Observações: (\*) Todos os dados obtidos com o Hi-Vol instalado sobre o abrigo das estações da rede automática

TABELA 3 - REGRESSÕES LINEARES OBTIDAS DOS ESTUDOS ANTERIORES (3,13)

LOCAL DA AMOSTRAGEM	PERÍODO DA AMOSTRAGEM	NÚMERO DE PARES	REGRESSÃO LINEAR
Parque D. Pedro II	nov/82 a set/83	102	HV = 1,84 $\beta$ - 22
Cambuci	jul/83 a ago/83	36	HV = 1,44 $\beta$ + 60
Ibirapuera	nov/82 a jun/83	90	HV = 1,88 $\beta$ + 6
N. Senhora do Ó	mai/83 a jun/83	39	HV = 2,03 $\beta$ + 33
São Caetano	out/80 a set/83	127	HV = 1,98 $\beta$ + 21
Congonhas	fev/83 a abr/83	62	HV = 1,67 $\beta$ + 40
Cerqueira Cesar	out/80 a jan/81	71	HV = 1,31 $\beta$ + 18
Osasco	mar/83 a set/83	40	HV = 1,92 $\beta$ + 39
Capuava	mar/83 a set/83	142	HV = 1,67 $\beta$ - 4
Vila Parisi-Cubatão	jul/83 a nov/83	126	HV = 1,66 $\beta$ + 8
Total GSP	out/80 a nov/83	709	HV = 1,85 $\beta$ + 6
Água Funda	mai/81 a ago/81 dez/82 a fev/83	146	HV = 1,67 $\beta$ + 6

TABELA 4 - REGRESSÕES LINEARES OBTIDAS NO PERÍODO DE JANEIRO/84 A FEVEREIRO/85

LOCAL DA AMOSTRAGEM	PERÍODO DA AMOSTRAGEM	NÚMERO DE PARES	REGRESSÃO LINEAR
Parque D. Pedro II	set/84 a fev/85	24	HV = 1,22 $\beta$ + 44
Ibirapuera	jan/84 a fev/85	65	HV = 1,52 $\beta$ - 22
São Caetano	set/84 a fev/85	26	HV = 1,45 $\beta$ + 1
Penha	set/84 a fev/85	28	HV = 1,92 $\beta$ - 7
Santo Amaro	set/84 a fev/85	25	HV = 1,72 $\beta$ + 15
Osasco	set/84 a fev/85	23	HV = 1,37 $\beta$ + 59
Capuava	out/84 a fev/85	19	HV = 1,68 $\beta$ + 26
Vila Nova-Cubatão	abr/84 a fev/85	52	HV = 2,00 $\beta$ + 36
Cubatão-Centro	mai/84 a fev/85	69	HV = 1,51 $\beta$ + 26
Vila Parisi-Cubatão	jan/84 a fev/85	93	HV = 1,48 $\beta$ + 14
Total GSP	jan/84 a fev/85	210	HV = 1,28 $\beta$ + 26
Vale Mogi-Cubatão	fev/84 a nov/84	37	HV = 1,63 $\beta$ + 19

- a utilização do Hi-Vol instalado sobre o abrigo das estações, com a face do captor junto à do monitor beta, propicia uma melhor correlação entre os dados, devido a menor influência das partículas levantadas do solo sobre a massa total de partículas coletadas pelo Hi-Vol;
- a utilização de uma regressão geral para se estimar as concentrações equivalentes de Hi-Vol, a partir dos dados dos monitores beta das estações da rede automática onde um estudo específico ainda não foi realizado pode não representar satisfatoriamente cada uma das estações isoladamente, porém espera-se que em média os dados cor-

rigidos dos monitores beta para valores equivalentes ao Hi-Vol, sejam uma estimativa mais próxima da realidade do que a utilização dos dados não corrigidos dos monitores beta para comparações com os padrões de qualidade do ar e níveis do Plano de Emergência.

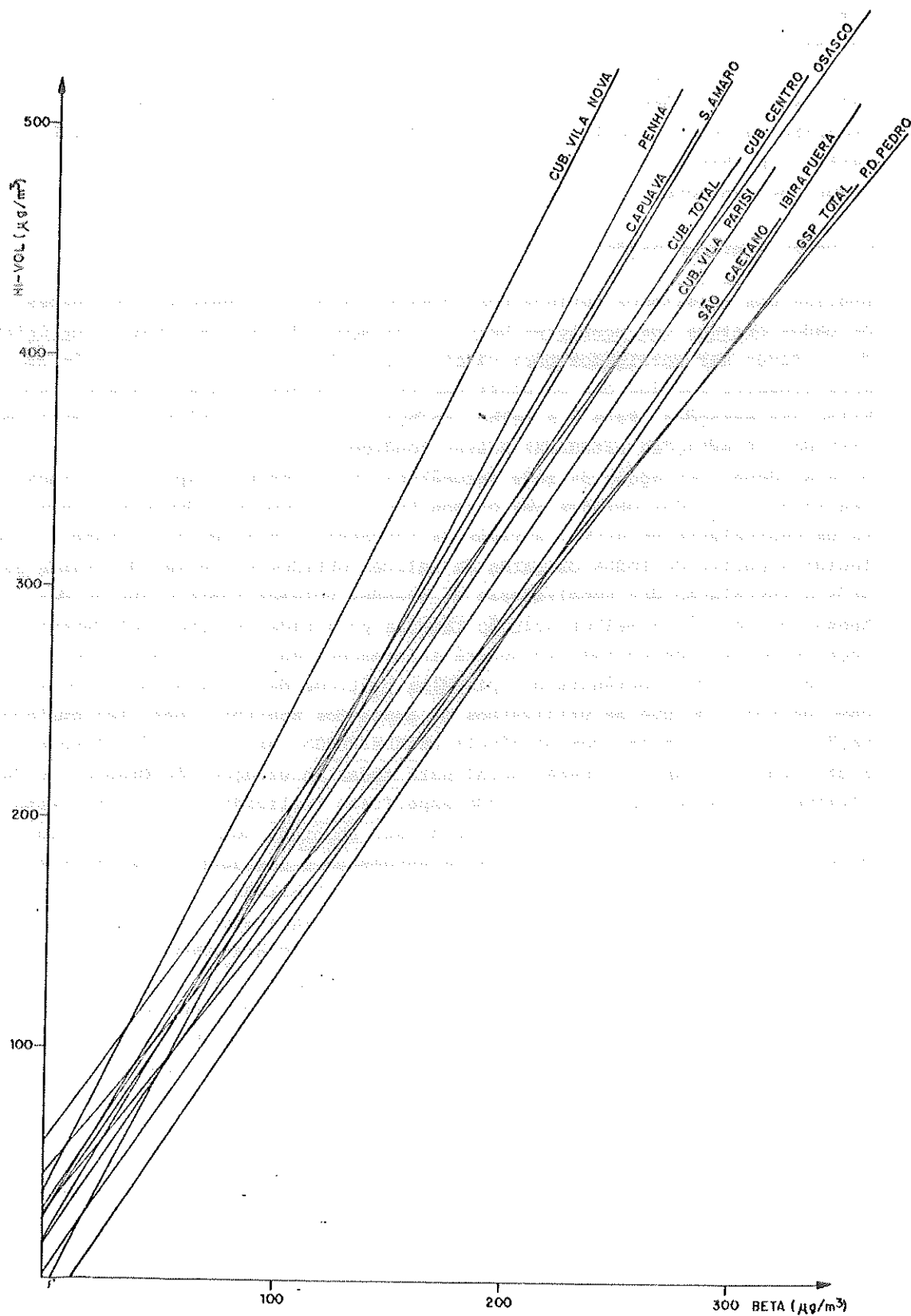


FIGURA 3 - Representação gráfica das regressões lineares da tabela 4.

- a regressão da estação Vila Parisi-Cubatão da Tabela 3 vem sendo utilizada pela CETESB para estimar os valores equivalentes de Hi-Vol, a partir dos dados do monitor beta, desde maio de 1984. A experiência adquirida nos últimos doze meses mostrou na prática a validade e a importância da utilização dessa técnica para o acompanhamento em tempo real da ocorrência de episódios agudos de poluição do ar por material particulado.
- a nova regressão da estação Vila Parisi-Cubatão da Tabela 4 confirma a variabilidade das correlações entre os métodos estudados em função do tempo. As incertezas inerentes ao tipo de análise utilizada devem ser levadas em consideração quando se está acompanhando a ocorrência de episódios críticos de poluição do ar através dos dados dos monitores beta corrigidos para valores equivalentes em Hi-Vol.

#### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise dos resultados obtidos nos permite chegar as seguintes conclusões:

- os dados obtidos com monitores beta nas estações da rede automática da CETESB, podem e devem ser corrigidos para valores equivalentes em Hi-Vol através das regressões lineares obtidas com os amostradores de grandes volumes instalado sobre o abrigo das estações. Esta é a melhor solução técnica disponível no momento para o caso das 10 estações estudadas nessas condições.
- para as demais estações da rede automática onde o estudo específico ainda não foi realizado, os dados obtidos com os monitores beta podem e devem ser corrigidos para um equivalente em Hi-Vol através da regressão linear geral da tabela 4 estabelecida a partir de todos os pares de valores obtidos na região da Grande São Paulo após a instalação dos amostradores de grandes volumes sobre o abrigo das estações. Apesar de não ser a melhor solução técnica para cada estação isoladamente, a correção proposta com certeza fornecerá informações mais reais para o acompanhamento em tempo real da ocorrência de episódios críticos de poluição do ar para a região como um todo, do que se utilizarmos os dados dos monitores beta sem qualquer correção para comparações com os níveis estabelecidos na legislação vigente.
- a utilização de uma regressão geral para todas as estações da Grande São Paulo (inclusive para as estações com estudo específico realizado) e outra regressão geral para todas as estações de Cubatão, pode ser apontada como uma solução mais prática do ponto de vista operacional de acompanhamento e divulgação dos dados de qualidade do ar, porém do ponto de vista técnico mais limitada.
- a correção dos dados dos monitores beta para um equivalente em Hi-Vol deve ser utilizada exclusivamente para efeito de divulgação diária dos índices de qualidade do ar e comparações com os índices do Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar durante a ocorrência de episódios. Os dados originais dos monitores beta devem ser armazenados na forma como foram gerados, sem qualquer tipo de correção, a fim de possibilitar futuros estudos baseados exclusivamente nos dados originais.
- para se caracterizar o problema de poluição do ar por material particulado na região da Grande São Paulo e Cubatão, em termos de cumprimento ou não dos padrões de qualidade do ar fixados na legislação em vigor, deve-se utilizar os dados obtidos na rede de monitoramento do ar pelo método do amostrador de grandes volumes (Hi-Vol). Essa rede, mantida em operação junto com as estações da rede automática, permitirão também se continuar acompanhando o comportamento das correlações entre os métodos estudados, ao longo do tempo, detectando-se desta forma possíveis anomalias ou distorções significativas dessas correlações.

---

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLARIE, Y. *Efeitos da poluição do ar*. 1974. (Curso patrocinado pelo programa de Desenvolvimento das Nações Unidas - convênio SUSAM-SP.)
2. CETESB *Estudo comparativo entre amostradores de poeira*. São Paulo, DMID/CETESB, 1977 (Projeto; 27/76 do Plano de Atividades, 1976).
3. CETESB *Estudo das correlações entre os métodos de amostragem de material particulado utilizados no Estado de São Paulo*. São Paulo, GQAR/CETESB, 1984. (Relatório do Plano de Atividades).
4. CHAKRAVARTI, I.M. et al. *Handbook of methods of applied Statistics*. New York, John Wiley & Sons, 1967. v.1.
5. DRAPER, N.R. & SMITH, H. *Applied Regression Analysis*. New York, John Wiley, & Sons, 1966.
6. EPA. *Guidance for selecting TSP episode monitoring methods*. Estados Unidos, EPA, 1979. (Guideline Series; PB 298459 - Research Triangle Park).
7. FRIEDLANDER, S.K. *Smoke, dust and haze - fundamentals of aerosol behavior*. New York, John Wiley & Sons, 1977.
8. GLOELLAMPENFABRIEKEN, Philips. *Dust monitor PW 9790 instruction Manual*-Eindhoven, The Netherlands, 1975.
9. KATZ, M. *Advances in the analysis of air contaminants. A critical review and discussion*. Pittsburgh APCA Reprint Series, 1981.
10. LEME, R.A.S. *Curso de estatística: elementos*, Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, 1963.
11. MESZAROS, E. *Atmospheric chemistry: Fundamental aspects*. New York, Elsevier Sci, 1981.
12. NEA, Inc. *Cubatão aerosol source apportionment study*. Oregon, Beaverton, 1985. 2V .
13. OLIVEIRA, V.V. *Atmospheric particulate measurements with beta radiation absorption and high volume samplers*. Washington, University of Washington, MSE - thesis, 1983.
14. STERN, A.C. *Air Pollution*, 3. ed. New York, Academic Press, 1976. V.1.
15. WARK, K. & WARNER; C.F. *Air pollution: its origin and control*. New York, Harper & Row, 1981.
16. WHO. *Sulfur Oxides and Suspended Particulate Matter*. Geneva, Switzerland, 1979. (Environmental Health Criteria; 8).

Data Appl.:	03/08/85
Indic.:	
Libreria:	
Oper.:	1:00
Data Iniz.:	03/08/85

[Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page]



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