

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. FREDERICO HERMANN JR., 345 CEP 05489 - PINHEIROS
SÃO PAULO - BRASIL

Estudo Da Caracterização dos
Aerossóis da Grande São Pau
lo - (Plano Preliminar).

Nov/83

82
C338e (RCET)
016982

16982

Plano Preliminar

Quím. Roberto Godinho - GQAR
Quím. Claudio Darwin Alonso - DAMAR
Engº. John A. Cooper - Consultor

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

INTRODUÇÃO

As medições de concentração de partículas em suspensão na atmosfera da Grande São Paulo tem mostrado que esse parâmetro representa um problema de poluição do ar na região, uma vez que esses dados revelam que os padrões de qualidade do ar tem sido ultrapassados ao longo dos anos, na maioria das estações de amostragem.

Diante dessa constatação a Cetesb estabeleceu um programa visando a redução das emissões desse poluente utilizando-se do modelo proporcional definindo um nível de redução de 78,5% a ser atingido num prazo de 5 anos admitindo uma taxa de crescimento das emissões de 5% ano. Foram selecionadas 162 fontes que representam 97,5% das emissões na região, segundo o inventário de fontes disponível. (5)

Esse plano de controle de emissões de material particulado na região da Grande São Paulo é parte integrante do "Programa de Controle da Poluição Industrial - PROCOP", um programa de financiamento para aquisição de sistemas de abate de poluição firmado entre o Banco Mundial e o Estado de São Paulo, tendo o BADESP - Banco de Desenvolvimento do Estado de São Paulo como agente administrador e a CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental como agente técnico. O PROCOP em seu Programa de Assistência Técnica prevê a realização de um estudo da caracterização dos aerossóis da Grande São Paulo, como um dos Sub-Programas de suporte do programa de controle.

Esse estudo visa caracterizar o material particulado presente na atmosfera da Região da Grande São Paulo em termos de composição química, propriedades físicas e concentração mássica. Esses conhecimentos a serem adquiridos sobre o aerossol da região ajudarão no aperfeiçoamento das medidas de controle a serem implantadas, de forma a aumentar sua eficácia e permitir no futuro um aperfeiçoamento dessas medidas.

O plano de estudo aqui apresentado tem como objetivo principal, em se conhecendo as características físicas e químicas do material particulado, identificar as principais fontes de emissão desse poluente. Esse objetivo maior é alcançado através de um conjunto de objetivos parciais que por si só são de grande valor científico na medida em que possibilitam estudos posteriores em outras áreas de conhecimento, permitindo, por exemplo, melhorar o entendimento dos efeitos adversos que esse poluente está trazendo ao meio ambiente .

Dentre os objetivos parciais podem ser mencionados:

- a) Conhecer as características físicas dos aerossóis , quanto ao tamanho de partículas nas seguintes classes:
-

SUMÁRIO

Introdução	1
Programa de Amostragem	4
Programa Analítico	7
Caracterização de Fontes	8
Critérios para Selecionamento de Fontes	8
Interpretação de Dados	9
Recursos Necessários	10
Recursos Humanos	10
Recursos Materiais	10
Cronograma	12
Bibliografia	13

- Tabela
- Poeira total em suspensão (todos os tamanhos)
 - Poeiras inaláveis (poeiras com tamanho menor de 10 μm)
 - Poeiras inaláveis grossas (com tamanho entre 2,5 μm e 10 μm)
 - Poeiras inaláveis finas ou poeiras respiráveis (com tamanho menor que 2,5 μm)

- b) Caracterizar as diversas classes de poeira quanto à composição química.
- c) Identificar as diversas categorias de fontes responsáveis pela deterioração da qualidade do ar em relação aos particulados.
- d) Identificar e quantificar as concentrações de aerossóis tóxicos, bem como as categorias de fontes responsáveis por sua emissão.
- e) Como objetivo secundário identificar as causas de redução de visibilidade.

Esses objetivos serão alcançados através de um programa sistemático de coleta de amostras no ambiente e em fontes de emissão selecionadas, seguindo-se um programa analítico para determinação de parâmetros que permitirão através de um programa de interpretação de dados o atingimento do nível de conhecimento almejado do problema em pauta.

O estudo, que terá uma duração de 50 meses, será composto das seguintes tarefas:

- a) Instalação de uma rede de estações de amostragem, selecionando dentre os locais de amostragem componentes das redes de amostragem já em operação, alguns pontos que representam diferentes tipos de estações, a saber:
 - um posto de amostragem no centro da cidade de São Paulo
 - um posto de amostragem que não apresenta influências imediatas
 - um ponto de amostragem na porção Sudeste da região (ABC)
 - um ponto de amostragem na porção Oeste da região
 - uma estação de referência (background) situada a montante da parte urbanizada da região, em relação a direção dos ventos predominantes.
- b) coleta de amostras de aerossóis atmosféricos em 3 frações de tamanho de partícula nas estações da rede de amostragem por um período de 12 meses. Nesse período será realizado um período de amostragem intensiva em época de condições desfavoráveis a dispersão dos poluentes.
- c) caracterização da composição química elementar, anions, carbono elementar e orgânico nas amostras coletadas.
- d) coleta de amostras em fontes selecionadas realizando o mesmo tipo de caracterização a ser feito nas amostras de ar ambiente.
- e) acompanhamento de parâmetros meteorológicos de forma a caracterizar os períodos de amostragem
- f) aplicação de técnicas de modelo receptor visando identificar as contribuições dos diferentes tipos de fontes.
- g) desenvolvimento de um programa de controle de qualidade para o programa de amostragem, programa analítico e dados meteorológicos.

Considerando que este estudo envolve a introdução na Cetesb de novas técnicas de amostragem, análise e interpretação de dados, durante a execução das diversas tarefas está sempre implícito que um processo de treinamento de pessoal encarregado da execução do estudo deverá ter lugar, o que deverá sempre ser considerado no planejamento dessas atividades.

A figura 1 apresenta uma visão geral dos diversos elementos constituintes do estudo e seu inter-relacionamento

A seguir é apresentado uma descrição de cada programa, procurando detalhar a metodologia a ser utilizada, a duração prevista do estudo e os recursos necessários a sua consecução.

PROGRAMA DE AMOSTRAGEM

O programa será conduzido com a instalação de uma rede de monitoramento nos seguintes locais:

Estação nº	Nome	Região	Uso do Solo
1	Parque D. Pedro II	Centro	Comercial
5	Ibirapuera	SSW	Parque Público
7	São Caetano do Sul	SE	Misto
17	Osasco	W	Misto
30	Riacho Grande	SSE	Rural

Obs.: Os nºs das estações coincidem com os das estações da rede telemétrica, com exceção da estação nº 30.

Em cada local serão instalados os seguintes amostradores:

- a) 1 Amostrador de grandes volumes
- b) 1 Amostrador de pequenos volumes
- c) 1 impactador virtual (dicotomico) com filtro de teflon
- d) 1 impactador virtual (dicotomico) com filtro de fibra de vidro

O programa de amostragem será efetuado com a coleta de amostras de 24 horas a cada 6 dias pelo período de 1 ano. É proposto também um período de amostragem intensiva no mês de junho, período este composto de 7 dias consecutivos com amostras colhidas a cada 8 horas. O período de amostragem intensiva será efetuado em apenas 2 estações: Parque D. Pedro II e São Caetano do Sul.

A tabela 1 a seguir apresenta uma previsão do total de amostras a serem coletadas

TABELA 1 - NÚMERO DE AMOSTRAS A SEREM COLETADAS

AMOSTRADOR	PERÍODO ANUAL	PERÍODO INTENSIVO	TOTAL
Grandes Volumes	305	42	347
Pequenos Volumes	305	42	347
Dicotomico-grossa/Teflon	305	42	347
Dicotomico-fina/Teflon	305	42	347
Dicotomico-grossa/Fibra de vidro	305	42	347
Dicotomico-fina/Fibra de Vidro	305	42	347
TOTAL	1830	252	2082

Além das amostras de aerossóis, nas estações de amostragem (com exceção da estação nº 30) serão disponíveis outros dados coletados pelos monitores da rede telemétrica e pela rede manual, incluindo parâmetros meteorológicos. Em dois locais ainda serão instalados nefelômetros.

A distribuição dos diversos equipamentos a serem instalados bem como aquela já existentes e pertencentes a rede de amostragem automática e que de alguma forma poderão ser úteis ao programa, é mostrada na tabela 2.

FIGURA 1 - Visão Geral dos Elementos do Estudo

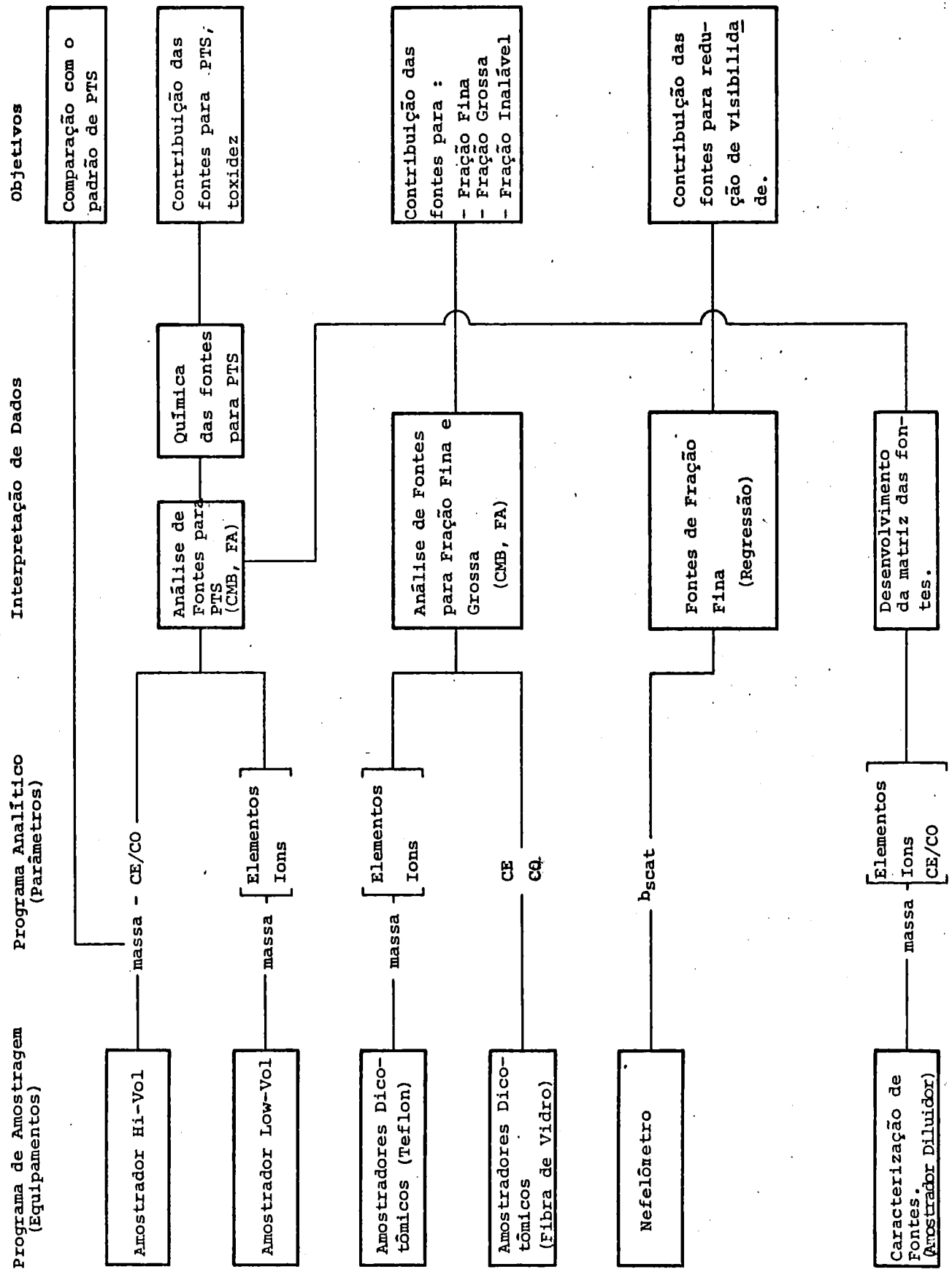


TABELA 2 - DISTRIBUIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

ESTAÇÃO Nº	NOME	DISTÂNCIA DO CENTRO DE SÃO PAULO (km)	HV	LV	AD	NEF	WV	WD	Monitor.B	T	UR	PP	RA
01	Parque D. Pedro II	-	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	-
05	Ibirapuera	5	1	1	2	1	1	1	1	-	-	-	1
07	São Caetano do Sul	9,5	1	1	2	-	1	1	1	-	-	-	-
17	Osasco	16,5	1	1	2	-	1	1	1	-	-	-	-
30	Riacho Grande	30	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-

HV - Amostrador de grandes volumes (Hi-vol)

LV - Amostrador de pequenos volumes (Low-Vol)

AD - Amostrador dicotômico

NEF - Nefelômetro

WV - Velocidade do vento

WD - Direção do vento

Monitor B - Amostrador de poeira em suspensão baseado em atenuação de raios β

T - Temperatura

UR - Umidade relativa

PP - Precipitação pluviométrica

RA - Radar acústico (Perfil térmico vertical)

Para caracterizar os períodos de amostragem do ponto de vista meteorológico, além dos parâmetros mencionados na tabela 2, ainda o programa poderá contar com dados de direção e velocidade dos ventos em mais 9 estações de amostragem distribuídas pela Região da Grande São Paulo, além de outros dados normalmente coletados pela Cetesb em outras entidades, tais como mapas de superfície, mapas de altitude, fotos de satélite, etc.

Todo o programa de obtenção de dados sobre os aerossóis ou parâmetros meteorológicos será acompanhado de um programa de controle de qualidade desses dados.

No que se refere às amostragens serão realizadas auditorias para certificação da qualidade de dados de volumes amostrados. As análises físico-químicas terão seus dados certificados com o uso de padrões, testes precisão e controle de qualidade com programa de análise interlaborial efetuada junto a laboratórios internacionais.

No que se refere aos parâmetros meteorológicos o programa inclui uma estação meteorológica portátil que permitirá cheques mensais desses parâmetros.

A figura 2 mostra a distribuição das estações na Região da Grande São Paulo.

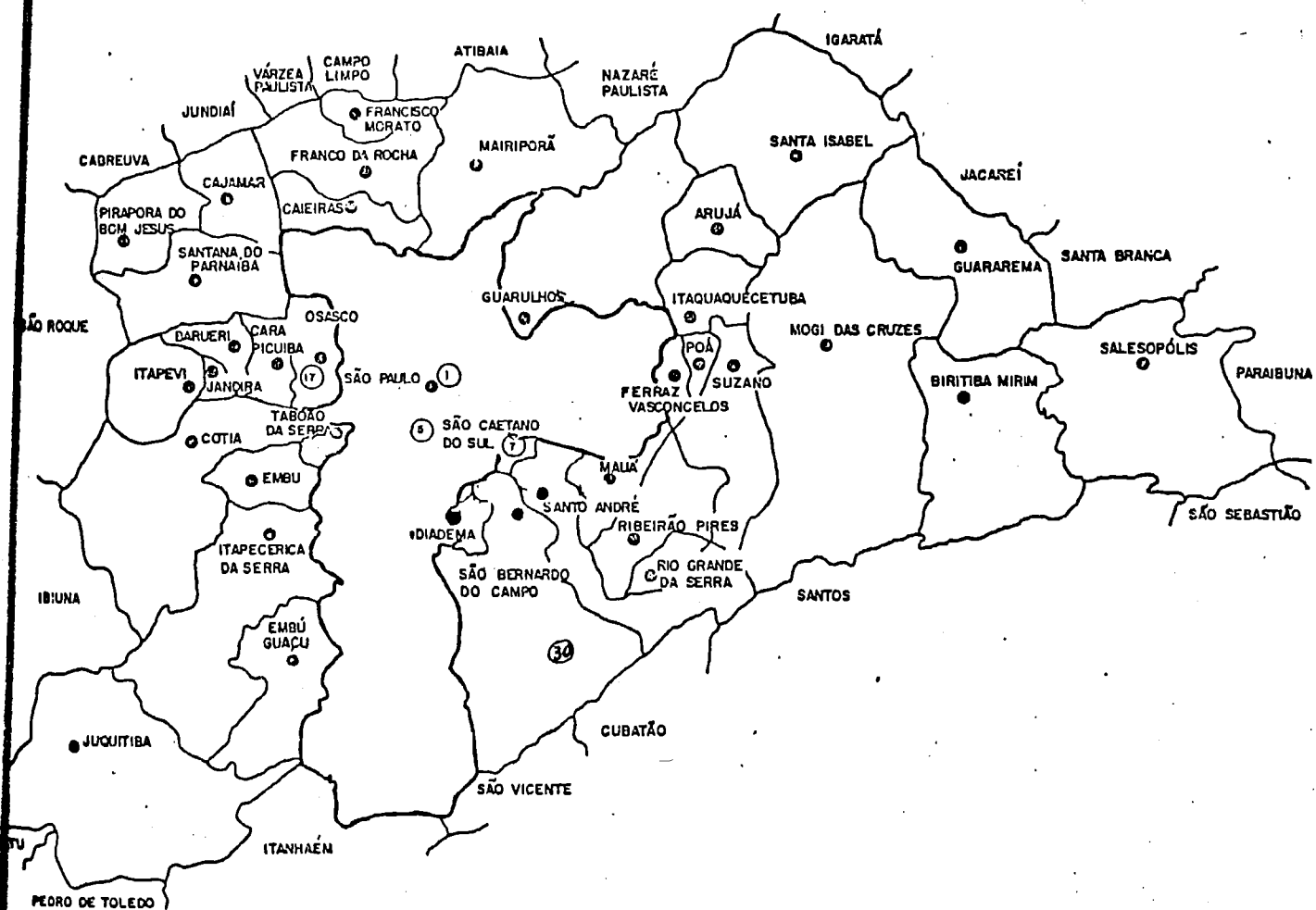


FIGURA 2 - A Região da Grande São Paulo e a Rede de Amostragem para o Estudo de Aerossóis.

PROGRAMA ANALÍTICO

A metodologia analítica a ser empregada leva em conta as seguintes características do estudo:

- a) Grande número de amostras
- b) Grande número de parâmetros a serem analisados em cada amostra
- c) Confiabilidade dos resultados (precisão e exatidão).
- d) Limite de detecção compatível com os níveis encontrados na atmosfera.
- e) Custo e disponibilidade de pessoal.

São três as principais técnicas analíticas a serem utilizadas no projeto:

- a) Análises por Fluorescência de Raio X serão conduzidas para se obter a composição elementar das poeiras para elementos com número atômico acima de 11 (cerca de 30 elementos).
- b) O Analisador de Carbono será utilizado na determinação da fração de poeira constituída de carbono elementar e na fração constituída de carbono orgânico. O carbono orgânico é analisado como um todo ou seja não há interesse inicial em se determinar os diferentes tipos de compostos orgânicos presentes nas amostras.
- c) O Cromatógrafo Iônico se mostra como sendo a técnica mais adequada nas análises de anions de interesse especial na poluição do ar, principalmente sulfatos, nitratos, brometos, cloretos e fluoretos levando-se em conta as características do estudo.

Nos quadros 1 e 2 a seguir é apresentado um resumo do programa analítico a ser desenvolvido:

QUADRO 1 - TÉCNICAS ANALÍTICAS

PARÂMETRO	TÉCNICA ANALÍTICA
Massa	Gravimetria - Microbalança
Elementos traço ($Z > 10$)	Fluorescência de raios X (FRX)
Ions (NO_3^- , SO_4^{2-} , F^- , Cl^- , NH_4^+)	Cromatografia Iônica (CI)
Carbono Elementar (CE), Carbono Orgânico (CO e Carbonato (CO_3^{2-}))	Analisador de Carbono

QUADRO 2 - PROTOCOLO ANALÍTICO

AMOSTRA	DETERMINAÇÕES				
	MASSA	IONS	CE/CO	FRX	CO_3^{2-}
Amostrador de Grandes Volumes	X		X		X
Amostrador de Pequenos Volumes	X	X		X	
Fração Grossa - Teflon	X	X		X	
Fração Grossa - Fibra de Vidro	X		X		X
Fração Fina - Teflon	X	X		X	
Fração Fina - Fibra de Vidro	X		X		X

CARACTERIZAÇÃO DE FONTES DE EMISSÃO

Este programa visa caracterizar as emissões na área de estudo, através de amostragem e análise de amostras coletadas em fontes selecionadas.

Este objetivo será alcançado através das seguintes etapas:

- a) Classificação das fontes - as fontes serão divididas em categorias baseado nas semelhanças químicas das emissões.
- b) Seleção das fontes a serem amostradas - serão selecionadas em cada categoria fontes para serem amostradas, baseadas em sua localização e estimativa de emissão.
- c) Amostragem das fontes - utilizando técnicas adequadas⁽⁴⁾ a cada tipo de fonte, as fontes selecionadas serão amostradas.
- d) Caracterização química das fontes - utilizando os mesmos métodos descritos para análise de aerossóis urbanos.

Critérios para Selecionamento de Fontes

As fontes serão divididas em três tipos: fontes industriais (processos e combustão), fontes móveis (veículos automotores) e poeiras fugitivas (solo e poeira de rua).

Fontes Industriais

De modo a simular condições atmosféricas será utilizado um sistema de diluição para coleta de amostras especialmente desenhado que permitirá amostragem isocinética. Faz parte do sistema um amostrador dicotômico que permitirá dividir a amostra numa fração grossa e numa fração fina.

Fontes Móveis

Serão feitas amostragens no interior de um tunel (Tunel 9 de Julho) usando um amostrador dicotômico. O tráfego deverá ser caracterizado através de contagem do número de veículos e da definição do tipo de veículo (veículos leves e pesados). A representatividade da amostra deverá ser estudada e as amostragens deverão ser realizadas durante dias úteis (período diurno e período noturno) e durante fins de semana.

Poeiras Fugitivas

Nas vizinhanças das estações de amostragem serão coletadas amostras de solo e de poeira de rua. Estas amostras serão secadas, peneiradas e ressuspensas em câmara isolada, para que se possa fazer amostragem com amostradores dicotômicos e de pequenos volumes.

Considerando-se o grande número de fontes importantes para o estudo (estimativa inicial de 40 fontes) estipula-se como prioritária a caracterização de fontes estacionárias de queima de combustível, fontes móveis e poeiras fugitivas. Esta prioridade é feita em informações de estudo anterior (1). Inicialmente se aplicará o modelo receptor utilizando-se as "assinaturas" deste grupo de fontes e também "assinaturas" disponíveis na literatura internacional para as fontes não caracterizadas em São Paulo. Em função da importância das fontes que será revelada nesta pré-aplicação do modelo, novas amostragens de fontes serão feitas para aplicação já definitiva do modelo receptor.

Será utilizado na análise dos dados colhidos, o "Balanço Químico de Massa", um "Modelo Receptor" que relaciona as características físicas e químicas dos particulados nas fontes de emissão com as obtidas no ar ambiental. Esta relação permite calcular o impacto de uma classe de fontes em determinada área de estudo. Assim, para um conjunto de dados de concentração ambiental de várias espécies químicas e a percentagem em peso destas espécies na emissão das fontes, uma série de equações é resolvida de tal forma a se determinar o impacto das fontes sobre o receptor.

O método "Balanço Químico de Massa" (6,7,3,2) assume que a massa do aerossol é conservada desde o momento que uma espécie química é emitida da fonte até o momento em que é medida no receptor (filtro do amostrador). Isto é, se p fontes estão emitindo uma massa M_j de aerossol então,

$$m = \sum_{j=1}^p M_j$$

onde m é a massa total de aerossol coletado no filtro receptor (estação de amostragem).

A massa de uma espécie química específica, m_i , é dada pelo seguinte:

$$m_i = \sum_{j=1}^p M_{ij} = \sum_{j=1}^p F_{ij} M_j \quad (1)$$

onde M_{ij} é a massa do elemento i proveniente da fonte j e F_{ij} é a fração da espécie química i na massa da fonte j coletada no filtro receptor. Assume-se que a massa de cada componente químico individual é conservada, ou seja,

$$F'_{ij} = F_{ij}$$

onde F'_{ij} é a fração da espécie química i na massa emitida pela fonte j conforme medido na fonte. O grau de validade desta hipótese depende das propriedades químicas e físicas das espécies e da potencialidade dessas espécies sofrerem transformações na atmosfera através de condensação, volatilização, reações químicas, sedimentação, etc.

Aceitando-se essa hipótese e dividindo-se os dois membros da equação (1) pela massa total coletada no filtro receptor, temos:

$$C_i = \sum_{j=1}^p F_{ij} S_j \quad (2)$$

onde C_i é a concentração do componente químico i medido no filtro receptor e S_j é a contribuição da fonte, isto é, a razão da contribuição em massa da fonte j para o total de massa coletada no filtro receptor.

Se são conhecidos os C_i e os F_{ij} no receptor para todas as p fontes suspeitas de afetarem o receptor, e $p < n$ (n = número de espécies químicas), então um conjunto de n equações simultâneas existem e delas as contribuições S_j podem ser calculadas através do método de quadrados mínimos.

Um exemplo do tipo de matriz que é gerada a partir da equação 2 é mostrado a seguir:

$$C_e = F_{e, \text{ solo}}^S \text{ solo} + F_{e, \text{ Sid}}^S \text{ Sid} + F_{e, \text{ Auto}}^S \text{ Auto}$$

$$C_{Al} = F_{Al, \text{ solo}}^S \text{ solo} + F_{Al, \text{ Sid}}^S \text{ Sid} + F_{Al, \text{ Auto}}^S \text{ Auto}$$

$$C_{Si} = F_{Si, \text{ solo}}^S \text{ solo} + F_{Si, \text{ Sid}}^S \text{ Sid} + F_{Si, \text{ Auto}}^S \text{ Auto}$$

$$C_{Pb} = F_{Pb, \text{ solo}}^S \text{ solo} + F_{Pb, \text{ Sid}}^S \text{ Sid} + F_{Pb, \text{ Auto}}^S \text{ Auto}$$

Todo esse trabalho será feito com a ajuda de programas computacionais a serem adaptados ou desenvolvidos. O que se pretende ao final do estudo é a quantificação da contribuição dos diferentes tipos de fontes, considerando-se sua variabilidade espacial (nas diversas estações de amostragem) e sua variabilidade temporal (ao longo do ano).

RECURSOS NECESSÁRIOS

Recursos Humanos

Para o adequado desenvolvimento do estudo serão necessários os recursos humanos mostrados no quadro 3.

QUADRO 3 - RECURSOS HUMANOS NECESSÁRIOS

FUNÇÃO	NÚMERO	HOMENS/MÊS
Coordenador do projeto	1	30
Secretária	1	30
Coordenador de dados	1	6
Auxiliar	1	10
Químico	2	18
Técnicos químicos	6	18
Engenheiro	1	16
Meteorologista	1	3

Recursos Materiais

Fornecemos no quadro 4 um resumo dos recursos materiais necessários, bem como o seu custo.

QUADRO 4 - RECURSOS MATERIAIS

DISCRIMINAÇÃO	CUSTO US \$
Sistema Analisador de Fluorescência de Raios X	147,000
Cromatógrafo iônico e acessórios	53,000
Analisador de Carbono	15,000
Diluidor/Amostrador de fontes	27,850
Microbalança	30,000
Estação meteorológica	4,000
Manômetros diferenciais	3,000
Medidores de fluxo de ar	6,000
Nefelômetros e acessórios	27,000
Amostradores de Grandes Volumes	20,000
Amostradores dicotômicos	118,000
Impactos de cascata	6,500
Amostradores de pequenos volumes	23,700
Amostradores de 8 estágios	6,000
Contador portátil de partículas	10,000
Peças e Acessórios para o Monitor	46,350
Filtros e Porta Filtros	<u>50,000</u>
T O T A L	593,400

Instalações das estações Cr\$ 25.000.000,00

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALONSO C.D.; CORE J.E., *Modelo Receptor - Aplicação em Amostras de São Paulo - 12º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - 1983.*
 2. COOPER J.A.; CORE J.E. *Principles of Air Pollution and Receptor Model Applications - Compilation of Presentations - CETESB Maio 1982.*
 3. CORE J.E., PACE T.G. - *Receptor Model - How Great Thow Art - 74th Annual Meeting of Air Pollution Control Association - 1981.*
 4. HOUCK J.E. et alii, *Source Sampling for Receptor Oriented Source Apportionment - NEA Inc. USA 1982.*
 5. NEFUSSI N. "Poluição do Ar nas áreas Metropolitanas; estudo atual do problema em São Paulo" - *III Seminário Latino-Americano de Avaliação Epidemiológica de Riscos Ambientais Campinas - São Paulo Novembro 1982.*
 6. RECEPTOR MODEL TECHICAL SERIES - *Volume I - Overview of Receptor Model Application to Particulate Source Apportionment EPA/-450/481-016a - Environmental Protection Agency - USA (1981).*
 7. RECEPTOR MODEL TECHICAL SERIES - *Volume II - Chemical Mass Balance - EPA-450-4-81-016b- Environmental Protection Agency - USA - (1981).*
 8. WATSON J.G.; CHOW J.C. - *An Overview of Source - Receptor Source Apportionment - 74th Annual Meeting of Air Pollution Control Association (1981).*
-

Date Acq'd:	10/3/91
Date Rec'd:	10/3/91