



CETESB



DAID

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AMOSTRADORES DE POEIRA -
HIGH VOLUME SAMPLER E ABSORÇÃO DE RAIOS β

PROJETO - 15.1 /78

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
Av. Prof. Frederico Hermann Jr. s/n - Jd. Ardenas - CEP. 05459 - Pinheiros
SÃO PAULO - BRASIL

STAR/DTSA
CETESB
Novembro/78.

CLASS.	8210
AUTOR	C338este
COMBO	16735

I N D I C E

Sumário

- I - *Introdução*
- II - *Trabalho Experimental*
- III - *Interferências nos Métodos*
- IV - *Resultados Obtidos*
- V - *Conclusões*
- VI - *Recomendações para Testes Comparativos*
- VII - *Bibliografia*

A N E X O S

- 1 - *Dados Comparativos de Poeira*
- 2 - *Microlocalização do LV-2*

S U M Á R I O

Tendo em vista a necessidade de se correlacionar o método de determinação de material particulado em suspensão a ser empregado na Rede Estações Automáticas da CETESB (atenuação de Raios β) com o método padrão gravimétrico previsto no Decreto Estadual nº 8.468 de 08/09/76 (amostrador de Grandes Volumes), partiu-se para a determinação, em caráter preliminar, das concentrações de material particulado por ambos os métodos em amostragens simultâneas.

Os resultados obtidos pelos equipamentos foram estatisticamente trabalhados e, levando-se em conta as limitações inerentes ao presente estudo, pode-se afirmar que os coeficientes de correlação e de determinação encontrados para o ajuste das regressões entre os resultados de ambos equipamentos foram satisfatórios.

I - INTRODUÇÃO

O método de referência, de base legal, associado ao padrão de qualidade do ar para partículas em suspensão é o amostrador de grandes volumes (High-volume). Neste equipamento o ar é succionado para dentro de um abrigo passando em seguida por um filtro de fibra de vidro a uma vazão que pode variar entre 40 e 60 cfm. Nessas condições as partículas de diametro equivalente de stokes menores que 100 μm e maiores que 0,1 μm ficam retidas no filtro. A concentração das partículas em suspensão é calculada determinando-se a massa do material coletado e o volume amostrado.

Na rede de estações automáticas da CETESB, devido a finalidade primeira de proteger a população contra episódios agudos de poluição do ar, será utilizado o processo de atenuação de raios β pois que este permite a avaliação do comportamento das concentrações a intervalos de tempo compatíveis com a propósito da rede instalada. O equipamento utilizado no método é basicamente um amostrador de fita dotado de um par fonte-detector de partículas beta. A fonte possui uma certa quantidade de promethium (^{147}Pm) que é um emissor de partículas beta de 0,225 Mev de energia. O receptor, do tipo Geiger Mueller, se encontra instalado do lado oposto à fita em relação à fonte e conta o número de partículas que passam pela fita limpa durante um intervalo de tempo pré-fixado, a amostragem é realizada por um intervalo de tempo também pré-fixado e em seguida, o tempo de leitura na fita amostrada, necessário à reproduzir a mesma contagem anterior é verificado.

Através da geração e medição de uma voltagem analógica, proporcional ao lapso de tempo para a contagem da fita branca e amostrada, um sinal é enviado a um micro processador, programado anteriormente para expressar a concentração através da voltagem produzida.

O monitor de poeira por atenuação de raios beta, utilizado no presente experimento, está acoplado a um sistema amostrador com captor Philips PW9737/00 o qual fraciona seletivamente o tamanho da poeira em suspensão, coletando somente as aproximadamente menores que 10 microns (tamanho aerodinâmico equivalente). A vazão nominal de operação do equipamento é de cerca de 3 m³/h.

II - TRABALHO EXPERIMENTAL

As amostragens foram realizadas no bairro da Água Funda à Rua Rosa de Moraes a aproximadamente 400m da Siderúrgica J.L. Aliperti. Essa região possui uma característica mista industrial-residencial apresentando um potencial poluidor considerável.

Equipamentos Utilizados :

- Monitor de poeira Philips PW 9790 com captor PW 9737/00.
- Amostrador de Grandes Volumes GMWL 2000 H-50.

O amostrador de grandes volumes foi operado no teto de um laboratório volante, tendo sua entrada de ar situada a 4,10 m do solo, em cota próxima à entrada do captor PW 9737/00 acima descrito, situada a 3,85 m.

As vazões médias de amostragem foram de 40 cfm para o amostrador de grandes volumes e de 2,65 m³/h para o monitor beta.

O experimento foi conduzido em um total de 36 amostras de 24 horas por equipamento, 15 das quais em dias consecutivos e as restantes, por motivos técnicos, divididas em períodos não consecutivos. As amostragens foram de 24 horas para o Hivol e utilizou-se a média aritmética dos valores horários do monitor Beta. O período de cada amostra transcorreu das 12 horas de um dia até a mesma hora do dia seguinte, quando o filtro do amostrador de grandes volumes era retirado e encaminhado ao laboratório DAV/GQAR em São Caetano do Sul onde previamente à pesagem, os filtros permaneceram por 24 horas em estufa à temperatura ambiente.

É assumido no presente estudo, que o ar aspirado em cada equipamento é homogêneo em suas características de concentração, isto é, as diferenças observadas na concentração, conforme determinação de cada equipamento, são função exclusiva da "performance" de cada monitor.

III - INTERFERÊNCIAS NOS MÉTODOS

a) Amostrador de grandes volumes

- Na presença de grandes concentrações de poeira em suspensão, a massa coletada promove o bloqueio do papel de filtro, favorecendo o aumento da perda de carga e conseqüentemente implicando na queda da vazão de amostragem.
- Dependendo da propriedade higroscópica do material particulado e da umidade relativa do ambiente, o valor final da concentração pode se apresentar afetado de interferência positiva.

b) Monitor de poeira por atenuação Beta

- Há probabilidade de ocorrer perda pelas paredes, dos particulados de diâmetro reduzido, devido a distância e geometria do que vai do captar até o meio filtrante.
- A deposição de partículas radioativas viesam os resultados. Entretanto os valores de radioatividade de "background" não tem sido, na maioria dos locais citados pela bibliografia, como suficientemente grande para acusar este tipo de interferência. Desconhece-se a situação do município de São Paulo no que concerne à concentração de partículas radioativas.

IV - RESULTADOS OBTIDOS

No Anexo 1 estão listados os valores obtidos da experiência, 36 dados do amostrador Hi-Vol e 108 do monitor β .

Para fins de comparação, dispôs-se de apenas 29 valores, pois somente foram considerados os dias de observações simultâneas e foram cancelados os dias 16 e 27 de março porque tanto o Hi-Vol como o β apresentaram suas concentrações com comportamento inverso, conforme se observa na figura 1. Os dias 25 e 26 de abril não foram considerados por serem observações isoladas.

Procurou-se relacionar as variáveis em estudo, concentrações dos amostradores Hi-Vol e β , através de uma expressão matemática.

Para examinar os dados e tirar conclusões significativas sobre relações de dependência que possam existir, utilizou-se o método de regressão dos mínimos quadrados através das funções

Linear $Y = a + bx$

Exponencial $Y = a + e^{bx}$

Logaritmica $Y = a + b \ln x$

Potencial $Y = ax^b$

e obteve-se os resultados do quadro 1.

QUADRO 1 - RESULTADOS DAS REGRESSÕES AJUSTADAS AOS DADOS DOS MONITORES HI-VOL E β .

RESULTADOS	n	r ²	a	b
FUNÇÕES				
Linear	29	0,83	- 8,76	0,69
Exponencial	29	0,84	37,76	0,01
Logaritmica	29	0,78	- 488,35	117,56
Potencial	29	0,89	0,45	1,07

Os valores do Hi-Vol foram sempre mantidos como variável independente uma vez que o amostrador de grandes Volumes é o método padrão de determinação de Material Particulado em suspensão na atmosfera.

Observa-se que o ajuste potencial obteve o maior coeficiente de determinação (r^2), que indica a proporção da variação de Y que é explicada pela regressão. No entanto os r^2 para as diversas geometrias das curvas, variaram de um valor mínimo de 0,78 para a ajustagem com curva logarítmica à 0,89 para a regressão potencial.

Como a amplitude de variação dos r^2 é pequena, fez-se a opção da regressão através de outros testes.

Os resíduos são definidos como as n diferenças $e = Y_i - \hat{Y}_i$, $i = 1, 2, \dots, n$, onde Y_i é uma observação, e \hat{Y}_i é o valor ajustado correspondente, obtido através da equação de regressão ajustada. Podemos verificar então que os resíduos e_i são as diferenças entre o que é realmente observado e o que é previsto pela equação de regressão - isto é a quantidade que a equação de regressão não foi capaz de explicar.

Existem certas suposições em relação aos resíduos para um bom ajuste de regressão, como por exemplo os resíduos terem média zero.

Esta condição não foi satisfeita para a regressão potencial, levando-nos a duvidar do modelo. Pela facilidade da análise dos dados optou-se pelo ajuste linear tendo este modelo satisfeito a condição acima.

Uma forma de se garantir a existência da regressão linear é através de teste com o coeficiente b , realizado pela análise de variância do Quadro 2.

QUADRO 2. ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DETERMINAÇÃO DA SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA DA REGRESSÃO LINEAR

$$\beta = - 0,87 + 0,69 H_i - Vol$$

FONTE DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	SOMA DE QUADRADOS	VARIÂNCIA	"F"
REGRESSÃO	1	35.544,30	35.544,30	132,61 ***
RESÍDUO	27	7.236,94	268,03	
TOTAL	28	42.781,24		

*** Significante ao nível de 0,1% de probabilidade

Pelo exame do Quadro 2 podemos verificar que a hipótese $H_0 = b = 0$ foi rejeitada, correndo-se um risco menor que 0,1% de estarmos errados, isto é que o modelo linear não se ajuste aos dados.

Já verificamos a aceitação da regressão, sua dispersão de erros, entretanto com a finalidade de constatar mais especificamente os componentes desse erro dividiu-se a soma dos quadrados dos resíduos em duas partes: a soma dos quadrados dos erros e a soma dos quadrados devido à falta de ajustamento. Podemos então reescrever a Análise de Variância como o quadro 3.

QUADRO 3. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO MODELO LINEAR

$$\beta = - 0,87 + 0,69 H_i - Vol$$

FONTE DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	SOMA DE QUADRADOS	VARIÂNCIA	"F"
TOTAL	28	42.781,24		
REGRESSÃO	1	35.544,30	35.544,30	132,61 ***
RESÍDUO	27	7.236,94	268,03	
FALTA DE AJUSTAMENTO	24	6.194,44	258,10	0,74 n.s.
ERRO	3	1.042,50	347,50	

*** Significante ao nível de 0,1% de probabilidade.

n.s. Não significativa ao nível de 5% de probabilidade.

O teste F mostra que, neste caso, a falta de ajustamento não foi estatisticamente significativa. Então, não temos razão para duvidar da adequação do modelo.

A figura 2 mostra a reta de regressão estudada. Nesta figura podemos identificar duas áreas características margeando a reta de regressão.

A faixa demarcada pelas duas linhas mais internas determina o intervalo no qual o valor médio mais provável da medida Y (amostrador β) poderá variar para em determinado valor de X (amostrador $Hi-Vol$).

Por Exemplo:

Suponhamos que uma amostra tomada através do monitor $Hi-Vol$ tenha indicado uma concentração de MP no ar de $174 \mu g/m^3$. A este valor, em termos de medida baseada no monitor β , teríamos associado não um único valor ($110 \mu g/m^3$), mas sim uma faixa de valores (de 103 a $117 \mu g/m^3$) onde estaria inclusa a verdadeira concentração média obtida pelo monitor β .

A faixa demarcada pelas duas linhas mais externas é o lugar geométrico dos pontos onde se considera explicável uma determinada concentração de MP que seja obtida pelo monitor β e que seja correspondente a uma certa concentração obtida pelo $Hi-Vol$, concomitantemente.

Por exemplo: aos $174 \mu g/m^3$ de MP obtidos pelo monitor $Hi-Vol$ é explicável que tenhamos variações de resultados pelo monitor β de 75 a $144 \mu g/m^3$.

Se todavia obtivermos um valor $180 \mu g/m^3$, esta concentração será considerada estatisticamente inválida e sua rejeição será atribuída a algum provável erro de amostra, análise ou humano.

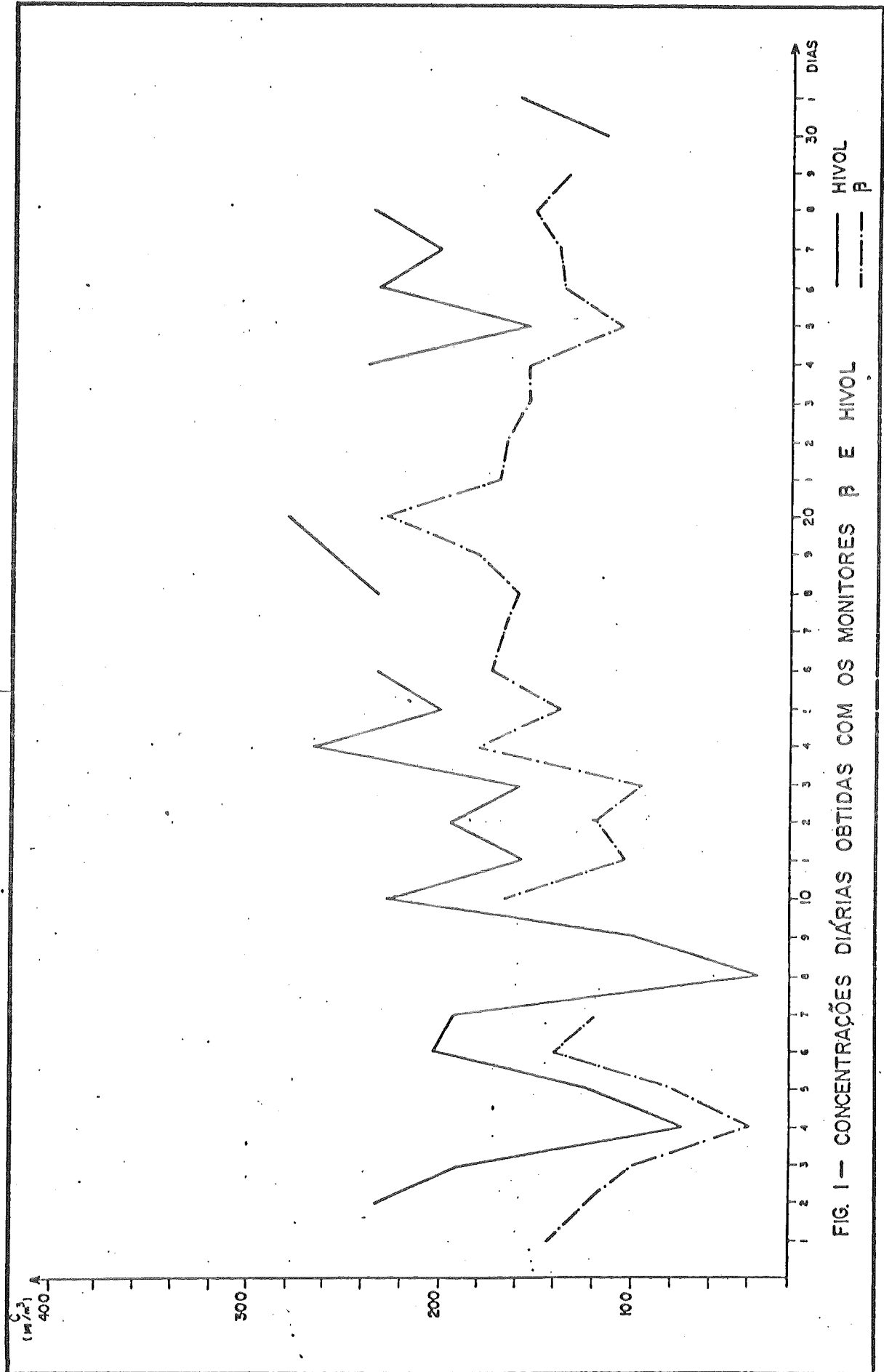


FIG. 1 -- CONCENTRAÇÕES DIÁRIAS OBTIDAS COM OS MONITORES B E H1VOL

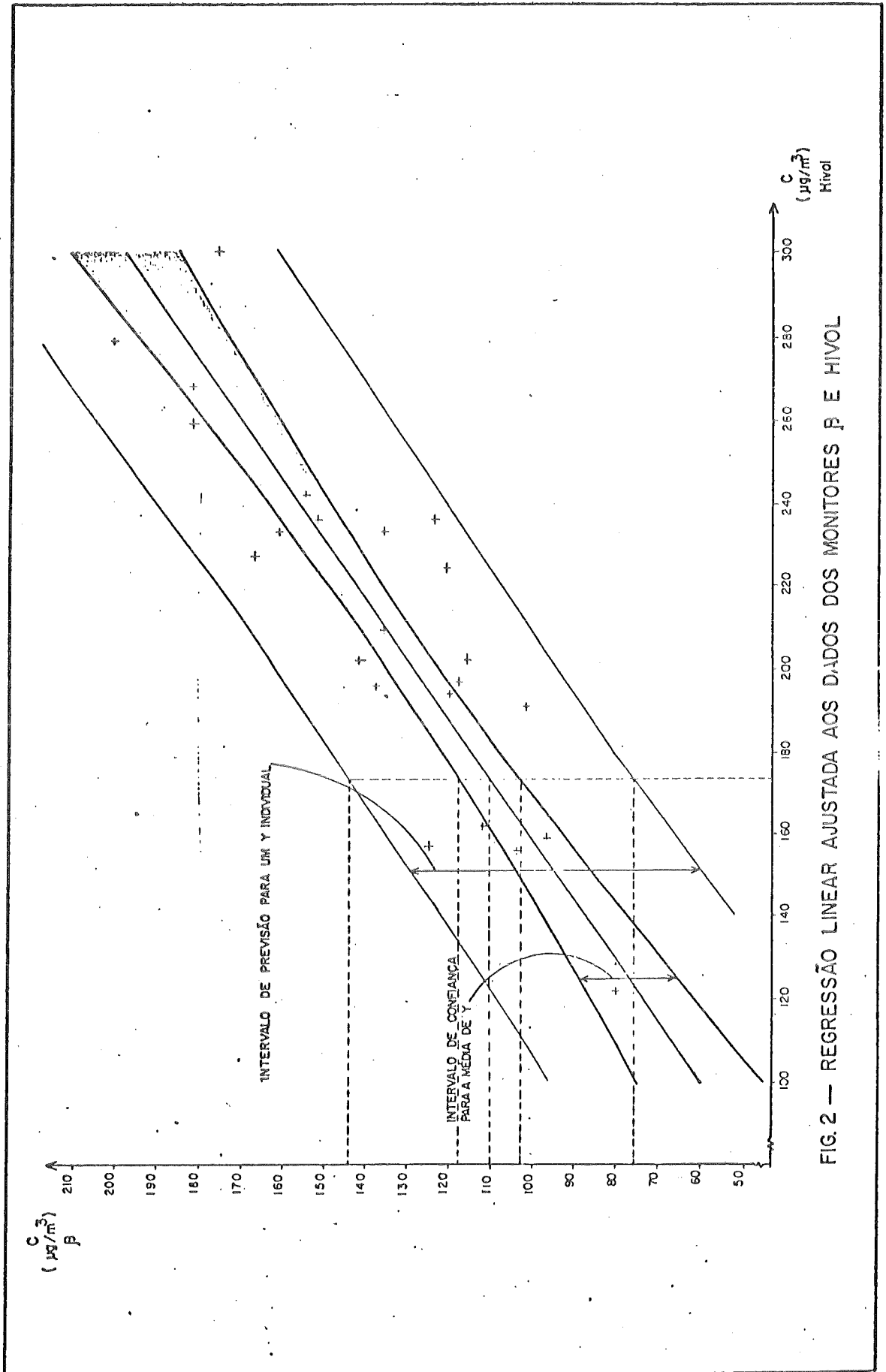


FIG. 2 — REGRESSÃO LINEAR AJUSTADA AOS DADOS DOS MONITORES β E HÍVOL

V - CONCLUSÕES

Pode-se concluir que para o local onde se situou o Laboratório Volante, através do qual se fez o trabalho experimental - bairro Agua Funda, existe uma forte correlação entre os resultados obtidos pelos amostradores Hi-Vol e β .

Com probabilidade menor que 0,1% de êrro pode-se afirmar que o modelo linear se ajusta aos dados através da equação $\beta = - 0,87 + 0,69 \text{ Hi-Vol}$ (figura 2).

As concentrações dos amostradores Hi-Vol e β são estatisticamente diferentes à 95% de confiança, podendo-se concluir que as concentrações obtidas pelo amostrador β são em mêdia 35% menores que as obtidas pelo Hi-Vol.

A diferença entre as concentrações dos amostradores Hi-Vol e β , Fig. 1, é semelhante ao comportamento do peso retido no primeiro estágio de Impactadores de Cabeça de Hi-Vol do tipo Andersen 2000 que acompanharam as amostragens realizadas durante o período (Fig. 3). Tal conclusão foi obtida através do teste de Spearman a 95% de confiança e pode-se também afirmar que não têm a mesma grandeza de valores, tendo apenas comportamento similar.

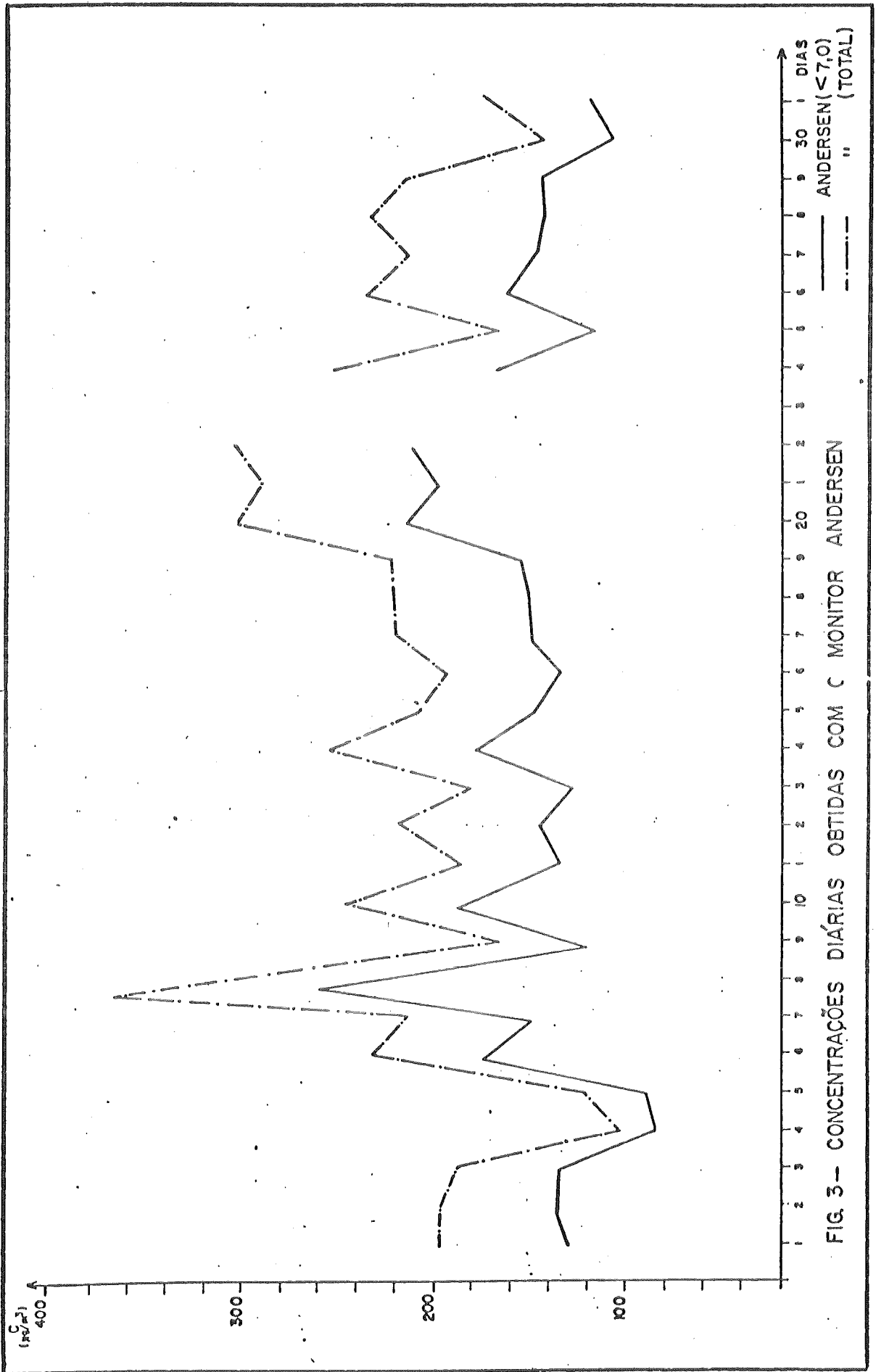


FIG. 3 — CONCENTRAÇÕES DIÁRIAS OBTIDAS COM C MONITOR ANDERSEN

VI - RECOMENDAÇÕES PARA TESTES COMPARATIVOS

Da análise efetuada resultaram informações e experiência para próximos estudos, nos quais sugerimos considerar alguns pontos.

Programar a amostragem em dois locais diferentes, uma área comercial (fonte móvel) e uma área industrial, sendo que em ambos, os amostradores não devem sofrer interferência de fonte próxima.

Para um conhecimento da distribuição de tamanho das partículas nessas atmosferas e seu relacionamento com os efeitos causados na população, um impactador Andersen operando a 20 cfm faria um monitoramento detalhado das partículas respiráveis.

Um bom teste comparativo seria operar um amostrador Hi-Vol à mesma vazão 20 cfm, e um outro Hi-Vol a 40 cfm.

Um monitor β , com vazão de 3 m³/h.

Os quatro equipamentos devem ser adequadamente calibrados no laboratório antes de serem utilizados na experiência. Caso alguma peça de um dos amostradores seja trocada durante a amostragem será necessária uma recalibração.

Baseando-nos nos 108 dados médios de 24 h. obtidos pelo amostrador β no local do presente estudo e utilizando-se a fórmula de Hale para um erro máximo provável de 10% no valor da média geométrica, obtivemos que um número de amostras de 24 h igual a trinta e cinco (35) seriam suficientes no mesmo local.

Para eliminar erros de pesagem, o papel de filtro antes e após a amostragem devem ser equilibrados de 21°C a 23°C com uma umidade relativa não superior a 50%, antes de serem pesados.

A troca diária dos filtros nos equipamentos deve ser feita pelo mesmo técnico especializado para evitar perdas consideráveis e manter um erro sistemático sem flutuações.

O papel de filtro do amostrador Andersen e Hi-Vol deve ter um pH em torno de 6.5 para não sofrer influência de atmosferas ácidas.

A experiência poderá ser acrescentada de um outro amostrador Andersen utilizando filtros com pH 11 para sabermos a concentração de SO₂ na atmosfera.

VII - BIBLIOGRAFIA

- Air Poll. Training Institute, EPA, Atmospheric Sampling. April, 1973.*
- Cochran, William G., Tecnicas de Amostragem. Editora Fundo de Cultura. 1963*
- Guimarães, F. A., Estudo Comparativo de Métodos de Amostragem e Análise de Partículas em Suspensão na Atmosfera. Faculdade de Saúde Pública USP 1977. (Tese de Doutorado).*
- J. G. Kretzschmar, Comparison Between three different Methods for the Estimation of the Total Suspended Matter in Urban Air. Atmospheric Environment Vol. 9 pp.931-934 1975.*
- Michel M. Benarie, Continuous Sampling of Urban Suspended Matter Over Large Grain Size Spectrum Validity of the Hi.Vol Sampler and Other Results-Atmospheric Environment Vol 11, pp 527 - 529. 1977.*
- R. E. Lee, Jr., J. S. Caldwell and G. B. Morgan, The Evaluation of Methods for Measuring Suspended Particulates in Air. Atmospheric Environment Vol. 6, pp 593 - 622. 1972.*
- Robert M. Burton, James N. Howard, Robert L. Penley, Peggy A. Ramsay and Thomas A. Clark. Field Evaluation of the High-Volume Particle Fractionating Cascade Impactor - A technique for Respirable Sampling. Apresentado no 65º Encontro Anual do Air Poll. Control Association, June 18 - 22, 1972.*
- Rudolf B. Husar, Atmospheric Particulate Mass Monitoring With A β Radiation Detector - Atmospheric Environment Vol.8, pp 183 - 188, 1974.*
- Sylvia J. Mainwaring, Shri Harsha, A Study of the Distribution of Particulates With Height. International Clean Air Conference, New Zealand fevereiro 17 - 21, 1975.*

A N E X O S

- 1 - *Dados Comparativos de Poeira*
- 2 - *Microlocalização do LV-2*

ANEXO 1 - DADOS COMPARATIVOS DE POEIRA
 LOCAL : ÁGUA FUNDA
 ANO: 78

MÊS MONITOR DATA	MARÇO		ABRIL	
	HI-VOL	β	HI-VOL	β
01	-	144	209	136
02	236	124	128	80
03	191	102	157	125
04	74	41	193	111
05	122	80	200	129
06	203	142	300	176
07	194	120	-	164
08	34	-	202	116
09	98	-	224	121
10	228	167	279	201
11	156	104	-	-
12	197	118	-	144
13	159	97	-	193
14	268	182	-	177
15	196	138	-	193
16	134	173	-	214
17	-	168	-	149
18	233	161	-	163
19	259	182	-	190
20	279	227	-	-
21	-	190	-	149
22	-	167	-	174
23	-	155	-	-
24	242	155	-	190
25	155	107	226	191
26	233	136	256	162
27	202	140	-	240
28	236	152	-	174
29	-	135	-	243
30	115	-	-	280
31	162	112	-	-

ANEXO 1 - DADOS COMPARATIVOS DE POEIRA

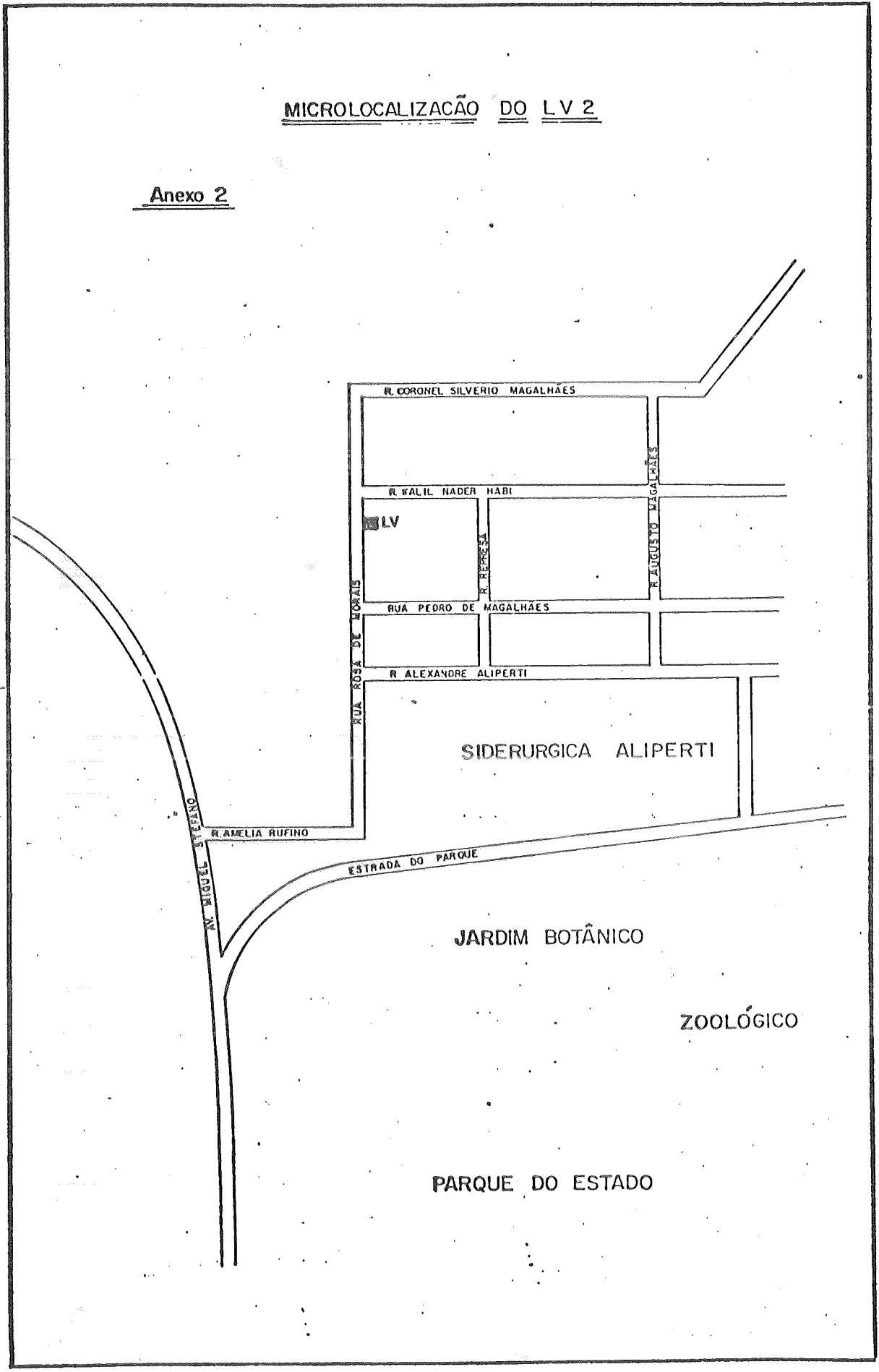
LOCAL : ÁGUA FUNDA

ANO: 78

DATA	MÊS	MAIO		JUNHO	
	MONITOR	HI-VOL	β	HI-VOL	β
01	-	-	103	-	182
02	-	-	81	-	222
03	-	-	166	-	170
04	-	-	198	-	163
05	-	-	312	-	222
06	-	-	223	-	-
07	-	-	154	-	185
08	-	-	179	-	-
09	-	-	160	-	-
10	-	-	171	-	-
11	-	-	200	-	114
12	-	-	239	-	125
13	-	-	281	-	155
14	-	-	227	-	327
15	-	-	192	-	310
16	-	-	167	-	217
17	-	-	81	-	275
18	-	-	112	-	-
19	-	-	-	-	229
20	-	-	173	-	299
21	-	-	87	-	149
22	-	-	91	-	183
23	-	-	183	-	105
24	-	-	168	-	208
25	-	-	185	-	-
26	-	-	204	-	171
27	-	-	202	-	318
28	-	-	180	-	191
29	-	-	191	-	324
30	-	-	182	-	-
31	-	-	177	-	-

MICROLOCALIZAÇÃO DO LV 2

Anexo 2



Data Aquis.: 18-08-87
Indic.: Claudio Alonso DAMAR
Livraria: 1,00
Preço: R\$ 21,00
Data Tomba: 19-08-87

BIBLIOTECA	
DEVOLVER EM	DEVOLVER EM

SANEAMENTO AMBIENTAL

BIBLIOTECA

Se este livro não for devolvido dentro do prazo regulamentar, o leitor ficará sujeito às penalidades do regulamento da biblioteca.

O prazo poderá ser prorrogado se não houver pedido para este livro.