



**CETESB**

**COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL**

DIRETORIA DE PESQUISA

GERÊNCIA DE PESQUISAS DE AR E RUÍDO

DIVISÃO DE MODELAGEM,  
ESTATÍSTICA E METEOROLOGIA

Elaborado por: Meteorologista Silvio de Oliveira

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

DIRETORIA DE PESQUISA

AV. PROF. FREDERICO H. RIBEIRO, 100 - CEP 05459 - PINHEIROS

SÃO PAULO - BRASIL

SUBPROJETO Nº 520.309

RESULTADOS PRELIMINARES DO MODELO

MATEMÁTICO DE DISPERSÃO VALLEY

CLASS	
AUTOR	
TOMBO	17900 <i>exc ↓</i>

B2  
DL4r (RCET)  
017900

---

## DIRETORIA

---

**Rogê Ferreira**  
*Diretor-Presidente*

**Anísio Ribeiro de Lima Filho**  
*Diretor Administrativo*

**Antonio Sérgio Menon**  
*Diretor Financeiro*

**Eduardo Cunha San-Martin**  
*Diretor de Ação Regional*

**Ivan Carlos Maglio**  
*Diretor de Planejamento Ambiental*

**Jorge Rafful Kanawaty**  
*Diretor de Treinamento e Transferência de Tecnologia*

**Laura Maria Regina Tetti**  
*Diretora de Educação Ambiental*

**Nelson Vieira de Vasconcelos**  
*Diretor de Controle*

**Nivaldo José Chiossi**  
*Diretor de Tecnologia e Qualidade Ambiental*

**Roque Monteleone Neto**  
*Diretor de Pesquisa*

**PLANO 2: Controle da Poluição e Proteção da Qualidade Ambiental**

**PROGRAMA 2.1.: Controle da Poluição Ambiental em Cubatão**

**Coordenador: Fernando A. Guimarães**

**PROJETO 2.1.2.: Apoio Técnico às Ações de Controle em Cubatão**

**Coordenador: Volker R. Link**

**SUBPROJETO: Resultados Preliminares do Modelo Matemático de Dispersão "Valley"**

**Coordenador: Silvio de Oliveira**

**O.S.: 52.03.09**

**EQUIPE TÉCNICA: Silvio de Oliveira**

Antonio de Castro Bruni

Maria Angelica L.A. Sagula

Cristiane Maria D. Ferrari

Samuel Lemos Correia

David Domingues dos Santos

José Mario da Silva Costa

Marisa Cury

Fernanda Arantes Silvestre

Marcilia dos Santos Ferro

## Resumo

*O presente relatório parcial, contém um estudo preliminar de adaptação e uso do modelo Valley, para a região da Vila Parisi. Realizou-se um teste de simulação da concentração de poeira, usando dado real e estimado para algumas indústrias. Este teste foi desenvolvido para três categorias de estabilidade atmosférica, D, E e F. Em seguida selecionou-se um caso de declaração de estado de alerta e comparou-se a concentração estimada com a observada, onde constatou-se que os resultados apresentados pelo modelo, são quatro vezes superior ao observado na categoria D. Estes resultados são razoáveis, considerando o erro já cometido, na entrada dos dados estimados, uma vez que não se dispõe de todas as informações reais das diversas fontes usadas no modelo. Este estudo está sofrendo continuidade, onde o próximo passo será a calibração do modelo na tentativa de se tornar a concentração de poeira estimada, a mais próxima possível do observado pela estação de amostragem.*

## Í N D I C E

1. Introdução .....	01
2. Objetivo .....	01
3. Metodologia .....	01
4. Requisitos para Funcionamento do Modelo .....	02
5. Resultados do Teste .....	04
6. Conclusão .....	06
7. Bibliografia .....	08
8. Apêndices .....	09

## 1. INTRODUÇÃO

Esse relatório parcial se constitui no produto da atividade Finalização e Complementação de Subprojetos não Concluídos - OS nº 52.03.09.

A idéia seria desenvolver-se um modelo de Dispersão para Cubatão. No entanto dada a pouca disponibilidade de tempo, procurou-se à luz da bibliografia disponível utilizar um modelo que fosse factível de se adaptar a região de Cubatão. Selecionou-se então o modelo Valley, plenamente aceito pela EPA e adotado oficialmente nos Estados Unidos. Trata-se de um modelo de dispersão Gaussiano elaborado para aplicação em local de terreno irregular e que aceita simultaneamente diversas fontes, pontuais e áreas, onde é estimada a concentração média de 24 horas para 112 receptores.

## 2. OBJETIVO

Segundo o estabelecido no cronograma, a fase atual seria a de desenvolver-se os seguintes passos :

- a) Tentar adaptar o programa, que foi desenvolvido para operar num computador UNIVAC 1110, para o computador da CETESB, o IBM/370;
- b) Rodar o programa com os dados simulados e testar a veracidade dos resultados;
- c) Em seguida fazer um teste com todos os dados reais possíveis disponíveis associados com os meteorológicos e a três categorias de estabilidade atmosférica;
- d) Operacionalização do modelo.

## 3. METODOLOGIA

A Metodologia consistiu na determinação da caracterização geo

gráfica e da qualidade do ar da região, através de duas cartas nas escalas 1:25000 e 1:110.000; no levantamento das principais fontes e seus respectivos dados, no planilhamento e na perfuração dos cartões; e finalmente rodar o modelo e avaliar os resultados.

#### 4. REQUISITOS PARA FUNCIONAMENTO DO MODELO

O modelo Valley é um algoritmo que produz resultados para se avaliar o impacto causado na atmosfera, devido a emissão de uma ou mais fontes estacionárias sobre a qualidade do ar no nível do solo. A aplicabilidade do modelo é limitada para as seguintes características operacionais:

- a) Os dados de emissão e meteorológicos são assumidos perfeitamente correlacionados, quando se utilizam categorias de estabilidade atmosférica diversas no comando de entrada dos dados;
- b) O programa está dimensionado para aceitar um máximo de 50 fontes. Poderá ser uma fonte pontual ou área, entrando no programa em qualquer ordem. As fontes pontuais podem incluir diversos pontos específicos de emissão de uma área industrial;
- c) O programa simula o impacto ambiental causado por qualquer poluente, gasoso, líquido ou sólido, não reativo, quando a taxa de deposição é considerada desprezível. Entretanto a opção de meia-vida é disponível para qualquer poluente cuja a concentração decresça exponencialmente em função do tempo;
- d) Para operar o modelo com eficiência é necessário se dispor dos parâmetros de entrada:
  - Altura dos receptores
  - Temperatura e pressão
  - Cartões de Controle das Fontes
  - Identificação das fontes
  - Dados das fontes
  - Dados meteorológicos

#### d.1) Altura dos receptores

Utilizando-se um mapa de curvas de nível estabelece a altura de 7 receptores, centrados ao longo de cada direção radial e perfazendo um total de 112 receptores em volta da fonte principal.

#### d.2) Pressão e a temperatura

Pressão ambiente em milibares (mb) usado pelo modelo para converter de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para ppm.

A temperatura média em graus Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ) usada no cálculo da subida da pluma e na conversão de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para ppm.

#### d.3) Dados das fontes

São todas as informações necessárias, obtidas através da amostragem de chaminé e do inventário de fontes.

#### d.4) Dados meteorológicos

Tabelas de direção e velocidade de vento associadas com as respectivas categorias de estabilidade atmosférica e altura média da mistura.

e) Admitindo-se que aplicando um controle efetivo do poluente numa determinada fonte, o padrão de qualidade do ar de 24 horas não será excedido por causa desta fonte, portanto o padrão anual também não será excedido;

f) A difusão de poluente é assumida, ocorrer em linha reta. O modelo não simula a curvatura da pluma devido a gradientes de pressão induzida pela forma do relevo.

As limitações acima, entre outras, não implicam que o Valley não deva ser usado. Ao contrário o aperfeiçoamento do modelo poderá ser desenvolvido somente quando forem encontrados re

sultados significativos com a poluição presente; até que surjam técnicas analíticas mais complexas e disponíveis.

## 5. RESULTADOS DO TESTE

As fontes usadas para o teste foram as seguintes: Ultrafertil, Copebrás, Manah, Solorrico, IAP, C.S.Rita e a Gespa, respectivamente.

A saída do Valley consiste na apresentação das tabelas do vento e da estabilidade atmosférica; de vários mapas de receptores e uma listagem de todos os dados das fontes usados na simulação. Um mapa dos receptores contém a contribuição individual de todas as fontes, outro contém a soma da concentração de todas as fontes e um de topografia. Os mapas de saída estão nas escalas 1:25000 e 1:110000.

Os exemplos de todos os formatos de saída são mostrados no apêndice A. O resultado final foi agrupado na tabela 1 no apêndice B, onde comparou-se as três categorias de estabilidade D, E e F, respectivamente. Verificou-se portanto que, a categoria D, apresenta concentração da ordem de 250% menores que a E e mais de 900% maiores do que a F. Portanto o caso F, representa uma situação de estagnação extremamente crítica e dada a ordem das concentrações estimadas, está fora do fundo de escala de registro do sistema de medição. Logo, em função das emissões existentes, a concentração estimada na categoria D, é a que mais se aproxima do que é medido pela estação de amostragem da Vila Parisi.

A tabela 2, vide apêndice B, mostra a contribuição relativa, expressa em porcentagem, de cada fonte em relação a concentração de poeira em suspensão total, emitida pelo conjunto das fontes usadas no modelo.

Na categoria D a Solorrico e a IAP contribuem com mais de 100% da concentração total em todas as direções. Em segundo lugar vem a Gespa cujas porcentagens acima de 100%, ocorrem entre os setores ENE a SE, e W a NW.

Na categoria E o modelo não detectou concentração de qualquer fonte de SE a SW. Entretanto nos setores N a E e de WSW a NNW todas as fontes contribuíram com uma porcentagem relativamente alta, exceto a Gespa, cuja a concentração é da ordem de mais de 100% ao longo das direções W e WNW.

Para a categoria F, todas as fontes devem participar com uma parcela de concentração semelhante, dada a porcentagem relativa, não ser muito elevada. Entretanto a maior contribuição de poeira vem da Gespa ao longo dos setores SE a W, com porcentagem variando entre 121 e 967%.

O traçado das isoconcentrações para as três categorias de estabilidade, nas escalas 1:110000 e 1:25000, respectivamente é apresentado nos apêndices D e E.

Na escala 1:110000 mostra a distribuição da concentração de poeira sobre o município de Cubatão e na escala 1:25000 permite se visualizar o acúmulo da poluição entre o Vale do Mogi e a Vila Parisi.

#### 5.1. Comparação entre os dados estimados e medidos

O modelo foi rodado para estimar as concentrações máximas possíveis de ultrapassarem o padrão diário de qualidade do ar. Quando vai se comparar estas estimativas, ocorre um grave problema, a falta de um número suficiente de estações que contribua para uma melhor calibração dos resultados.

Um dos meios de calibração é utilizar algumas informações de alerta e emergência registradas este ano, e fazer comparações entre o observado e o estimado até chegar-se ao nível de cálculo muito próximo do real.

Nesta fase inicial reuniu-se o evento do dia 7 de maio, quando ocorreu a declaração de um estado de alerta. Rodou-se então o programa para as duas categorias de estabilidade, E e D, cujos cálculos estimativos, têm se aproximado mais do real. Os resulta

dos são mostrados na tabela 3 do apêndice C, onde comparou-se os valores estimados com o primeiro e o segundo máximos observados. Para o efeito ilustrativo de comparação adicionou-se também na tabela os resultados de aferição de modelo Valley realizados, em dois pontos de medição na região do Arizona, Estados Unidos, segundo a publicação de Burt e Slater (1977).

A relação entre o estimado e o observado para a categoria E (estável) é da ordem de 1 para 6, semelhante ao encontrado no Arizona para a fonte Morenci Smelter. Para a categoria D a relação é da ordem de 1 para 4 semelhante ao encontrado, na Miami Smelter, porém com a categoria E. Estes resultados preliminares são animadores, considerando as limitações impostas no teste.

De um modo geral o modelo nestes dois testes, na condição de atmosfera neutra (D), permite um melhor ajuste, especificamente para o caso da Vila Parisi.

## 6. CONCLUSÃO

O modelo nesta fase, comprovadamente, está operacional.

As dificuldades para o seu uso imediato são devido exclusivamente, a metodologia computacional vigente na CETESB, isto é, planejamento dos dados, perfuração de cartão, gravação em fita ou disco, manuseio na listagem de conferência para verificação e correção dos erros advindos da operação de digitação dos dados de entrada. Além destas dificuldades, existe o problema da disponibilidade do computador, que dependendo da prioridade de uso, o sistema ficará bloqueado, tornando quase impossível o seu uso imediato.

O modelo aceita até 50 fontes de entrada e calcula a concentração de poluentes para 7 pontos ao longo das 16 direções de vento reproduzindo um total de 112 receptores em volta da fonte principal.

Calculou-se a concentração da poeira em suspensão para três categorias de estabilidade, D, E e F. Verificou-se que a categoria

ria D apresenta resultados mais aceitáveis do que as outras categorias, quando se considera a soma da concentração de todas as fontes.

Usando-se dados referentes à declaração de estado de alerta do dia 7 de maio, verificou-se que a concentração estimada pelo modelo apresentou uma diferença dentro de um fator de seis para a categoria E e de quatro para a categoria D. Este resultado preliminar é semelhante ao apresentado por outros autores.

Para as três categorias de estabilidade, verificou-se que a maior contribuição relativa de poeira em relação ao total estimado, foi das fontes, Solorrico e IAP, embora no geral, todas as fontes apresentam variações porcentuais razoáveis em diferentes direções.

O valor elevado da concentração estimada pelo modelo é reflexo da qualidade dos dados de entrada das fontes que não dispunham de todas as informações necessárias para que o cálculo final reproduzisse resultados mais próximos da situação real.

Estas observações conduzem a levantar-se dados mais fidedignos, para que se consigam resultados que caracterizem o aperfeiçoamento do modelo.

Finalmente, a guisa de ilustração traçou-se as isopletras da concentração de poeira a nível de município e na região do distrito da Vila Parisi. Esta saída do modelo permite se visualizar a distribuição da concentração sobre toda região e a que fica acumulada entre o vale do Mogi e na Vila Parisi.

SILVIO DE OLIVEIRA

Meteorologista

Subcoordenador de Projeto

De acordo

P/ENGO ALFRED SZWARC

Gerente de Pesquisas

de Ar e Ruído

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. Burt, E.W., and H.H., Slater, 1977. Evaluation of the Valley Model. Joint AMS/APCA Conference on Applications of Air Pollution Meteorology, November 29 - December 2, 1977. Salt Lake City, Utah. 1 - 4 pp.
2. Burt, E.W., 1977. Valley Model User's Guide. Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC. 112 pp.

A P E N D I C E S



CETESB

**APÊNDICE A**

TABELA 1 - SOMA DA CONCENTRAÇÃO ESTIMADA DE MATERIAL PARTICULADO, DE TODAS AS FONTES, PARA TRÊS CATEGORIAS DE ESTABILIDADE D, E e F PARA SETE PONTOS AO LONGO DOS DEZESSEIS SETORES

ESCALA 1:25000

DIREÇÃO DIST. (km) CAT.	N			NNE			NE			ENE			E			ESE			SE			SSE					
	E	D	F	E	D	F	E	D	F	E	D	F	E	D	F	E	D	F	E	D	F	E	D	F			
0.5	3600	942	68010	9100	833	71860	4940	728	68190	3410	554	61470	37910	1051	45330	1160	610	72300	0.0	878	170	0.0	878	170	0.0	1312	190
1.0	6640	1340	39500	13980	1442	41850	6090	1386	36830	4010	728	31580	10510	738	17890	2170	1158	38920	0.0	1064	4890	0.0	1064	4890	0.0	1372	2680
1.5	10450	1765	3980	7190	1960	13690	10290	1650	3900	3600	853	11550	19090	888	0.0	3110	1450	37400	0.0	1014	1019	0.0	1355	9480			
1.8	6930	1825	0.0	5290	1917	2370	7390	1675	0.0	4560	891	0.0	11960	947	0.0	1160	1500	100	0.0	842	11390	0.0	1129	10960			
2.3	4490	1746	0.0	4400	1793	0.0	4790	1614	0.0	4560	931	0.0	7700	955	0.0	4810	1472	0.0	0.0	730	10630	0.0	1092	10010			
2.8	2970	1601	0.0	3450	1661	0.0	3230	1512	0.0	1330	944	0.0	0.0	938	2260	2600	1376	1380	0.0	624	9480	0.0	986	910			
3.4	2260	1428	0.0	2600	1486	0.0	2330	1395	0.0	0.0	920	0.0	0.0	902	3810	0.0	1223	6500	0.0	532	8320	0.0	888	7940			
TOTAL	5330	15210	15930	6570	1582	18570	5590	1423	15560	3067	832	14940	11460	917	9910	3300	1256	17260	0.0	812	7870	0.0	1162	7190			
DIFERENÇA PERCENTUAL(%)	250	947		315		1074	293		993	269		1696	1150		981	163		1274	0.0	869	0.0	0.0	519				

CONTINUAÇÃO

DIREÇÃO DIST. (km) CAT.	S			SSW			SW			WSW			W			WNW			NW			NRW		
	E	D	F	E	D	F	E	D	F	E	D	F	E	D	F	E	D	F	E	D	F	E	D	F
0.5	0.0	2348	270	0.0	2145	180	0.0	2784	780	9880	2574	30010	10380	2322	28240	6620	1880	31360	3910	1341	40680	1362	2075	57720
1.0	0.0	2253	2130	0.0	2914	1640	0.0	3254	2870	6160	3259	19980	7040	3222	9190	4750	2646	3660	7280	1667	10600	8270	1230	32800
1.5	0.0	2382	6080	0.0	2960	4430	0.0	3143	5220	3380	3128	14620	3760	3213	7490	930	2488	0.0	3170	1752	0.0	7110	1611	0.0
1.8	0.0	2119	7590	0.0	2571	5510	0.0	2715	6480	60	2629	16350	2040	2811	430	160	2341	0.0	840	1723	0.0	3600	1734	0.0
2.3	0.0	1856	7180	0.0	2185	5300	0.0	2316	6360	1010	2382	8280	1210	2430	0.0	670	2082	0.0	730	1646	0.0	1930	1717	0.0
2.8	0.0	1611	6350	0.0	1886	4820	0.0	1954	5850	930	2064	4020	890	2133	0.0	740	1906	0.0	670	1528	0.0	1440	1636	0.0
3.4	0.0	1374	5420	0.0	1592	4250	0.0	1656	5290	660	1621	890	750	1908	0.0	470	1605	0.0	620	1421	0.0	1470	1518	0.0
TOTAL	0.0	1992	5000	0.0	2322	3730	0.0	2546	4690	3150	2551	1345	3730	2577	5760	2050	2135	5000	2460	1583	7330	4920	1646	12930
DIFERENÇA PERCENTUAL(%)	0.0	151		0.0		61	0.0		84	23		47	45		124	4		134	55		363	199		686



CETESB

**APÊNDICE B**

TABELA 2 - DISTRIBUIÇÃO DA FREQUÊNCIA RELATIVA DA CONTRIBUIÇÃO INDIVIDUAL DA CONCENTRAÇÃO DE CADA FONTE EM RELAÇÃO A CONCENTRAÇÃO TOTAL DE MATERIAL PARTICULADO, MEDIDA AO LONGO DOS DEZESESSEIS SETORES DE DIREÇÕES, PARA AS TRÊS CATEGORIAS DE ESTABILIDADE, D, E e F

ESCALA 1:25000

DIREÇÃO / FONTE	N (%)	NNE (%)	NE (%)	ENE (%)	E (%)	ESE (%)	SE (%)	SSE (%)	S (%)	SSW (%)	SW (%)	WSW (%)	W (%)	WNW (%)	NW (%)	NNW (%)
ULTRAFERTIL	58	63	60	44	70	56	48	83	72	68	72	66	61	72	75	54
COPEBRAS	15	14	15	25	24	16	14	12	10	9	10	10	9	11	15	24
MANAH	32	31	33	31	39	31	33	42	35	32	29	29	29	31	34	30
SOLORRICO	178	184	175	141	103	175	186	117	160	202	211	199	175	150	139	149
IAP	128	142	138	89	84	163	106	138	158	160	164	162	160	172	132	112
CIM.STA.RITA	72	89	80	48	10	65	86	39	107	113	114	106	97	65	30	46
GESPA	88	73	73	116	107	71	113	82	49	47	54	80	121	119	129	99

CATEGORIA DE ESTABILIDADE D

TABELA 2 - CONTINUAÇÃO

DIREÇÃO FONTE	N (%)	NNE (%)	NE (%)	ENE (%)	E (%)	ESE (%)	SE (%)	SSE (%)	S (%)	SSW (%)	SW (%)	WSW (%)	W (%)	WNW (%)	NW (%)	NNW (%)
ULTRAFERTIL	157	314	284	303	101	176	00	00	00	00	00	23	50	60	47	76
COPEBRÁS	152	96	81	118	51	111	00	00	00	00	00	110	68	80	100	314
MANAH	24	36	24	34	66	53	00	00	00	00	00	17	20	17	14	16
SOLORRICO	137	62	100	59	52	44	00	00	00	00	00	194	162	162	220	112
IAP	216	115	174	124	122	96	00	00	00	00	00	192	223	176	145	170
CIM.STA.RITA	93	55	118	53	19	45	00	00	00	00	00	311	188	217	300	166
GESPA	5	2	1	0.10	5	21	00	00	00	00	00	7	112	136	47	7

CATEGORIA DE ESTABILIDADE E

TABELA 2 - CONTINUAÇÃO

DIREÇÃO FONTE	N (%)	NNE (%)	NE (%)	ENE (%)	E (%)	ESE (%)	SE (%)	SSE (%)	S (%)	SSW (%)	SW (%)	WSW (%)	W (%)	WNW (%)	NW (%)	NNW (%)
ULTRAFERTIL	72	91	72	104	126	132	28	26	26	30	31	94	123	71	32	32
COPEBRÁS	84	72	67	58	61	65	43	42	42	36	29	94	86	53	100	86
MANAH	21	23	22	22	23	24	33	29	27	29	32	20	17	8	9	13
SOLORRICO	17	16	17	15	14	13	22	23	23	20	20	16	13	20	25	23
IAP	25	25	27	26	24	26	15	14	13	13	13	22	16	9	15	22
CIM.STA.RITA	21	19	20	20	21	16	21	24	24	21	19	21	32	50	37	30
GESPA	28	26	20	19	22	20	171	280	548	967	985	229	121	72	51	32

CATEGORIA DE ESTABILIDADE F

APÊNDICE C

TABELA 3 - COMPARAÇÃO ENTRE A CONCENTRAÇÃO ESTIMADA E O PRIMEIRO E SEGUNDO MÁXIMOS OBSERVADOS  
NA REGIÃO DE VILA PARISI

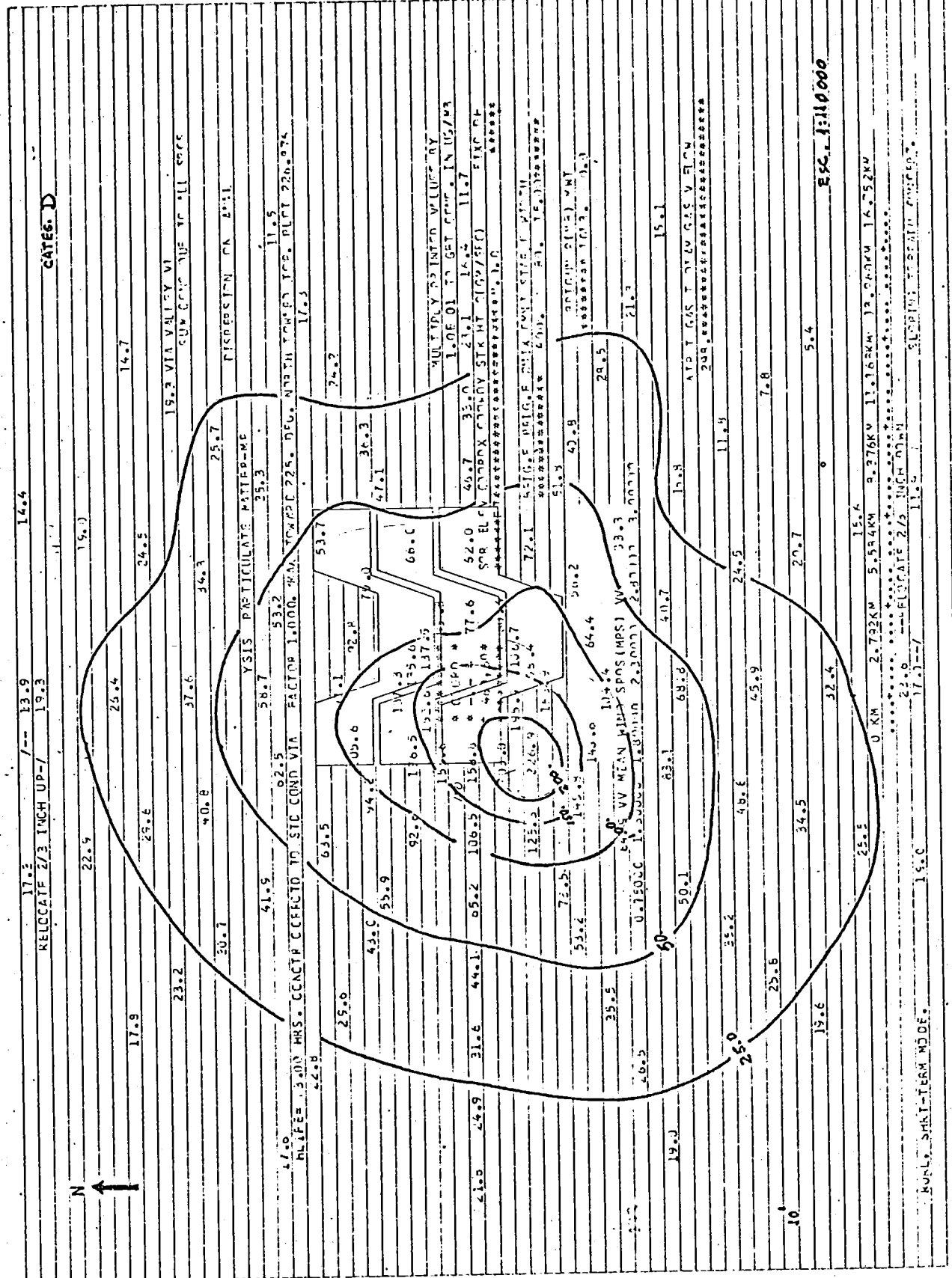
LOCAL	FONTES	DISTÂNCIA ENTRE A FONTE E O RECEPTOR (km)	PERÍODO	CONCENTRAÇÃO $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
				ESTIMADO	OBSERVADO	
				1º MÁXIMO	2º MÁXIMO	
VILA PARISI	ULTRAFERTIL COPEBRÁS MANAH SOLORRICO IAP CIM.STA.RITA GESPA	2.0	6 a 7/5/1985	4560 (CAT. E)	759	753
				2511 (CAT. D)	688	687
PHELPS MINE (ARIZONA, USA)	MORENCI SMELTER	4.7	1975	15490 (CAT. E)	2547	2416
	MIAMI SMELTER	2.9	1974	8610 8610 (CAT. E)	2042 2642	1760 1548



CETESB

APÊNDICE D









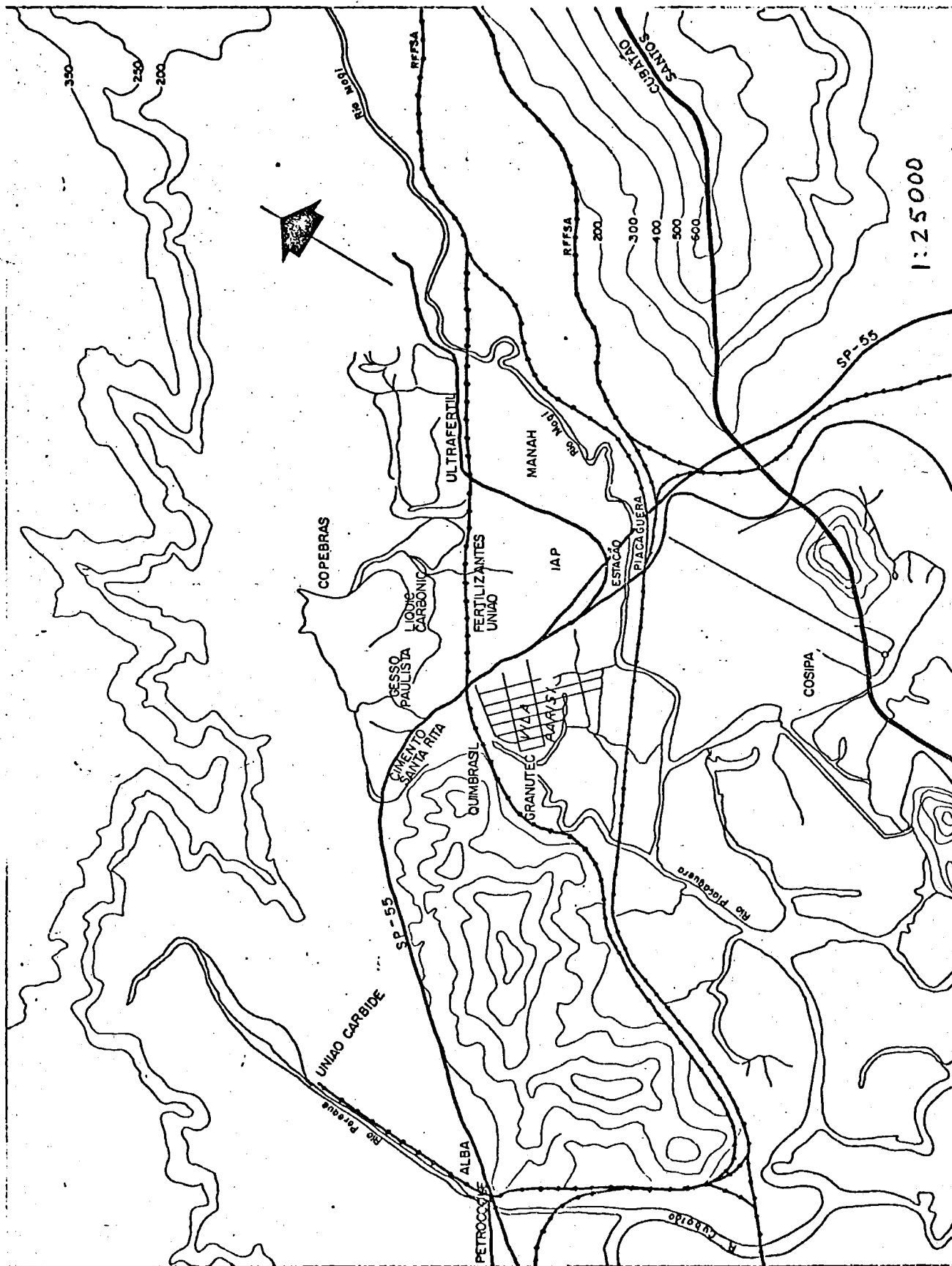


CETESB

APÊNDICE E



CETESB



1:25000







Data Aquis.:

Indic.:

Livraria:

Preço: Cr\$

Data Tomba: 10-08-88