

CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

RELATÓRIO DMID 001/82

Data: 15/10/82

CETESB - Companhia Ambiental
do Estado de São Paulo

Biblioteca Profº Drº Lucas Nogueira Garcez
Av. Profº Frederico Hermann Jr., 345 Pinheiros
05459-900 - São Paulo - Brasil
e-mail: biblioteca@cetesbnet.sp.gov.br

DMID/GQAr

Superintendência de Engenharia do Ar

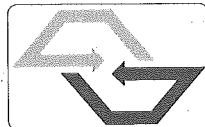
Diretoria de Engenharia do Ar e de Ação Metropolitana

Estudo de Dispersão
para a
Companhia Brasileira de Chumbo

COBRAC

SOMA
SECRETARIA DE OBRAS
E DO MEIO AMBIENTE
Engº Walter Antunes

Governo
José Maria Marin



Trabalhando
para o povo.

DIRETORIA

Victor Didrich Leig
Diretor Presidente

Paulo Leite Julião
Diretor Vice-Presidente

Camal Abdon Salomão Rameh
Diretor de Engenharia e Ação Regional

Carlos Celso do Amaral e Silva
Diretor de Tecnologia e Desenvolvimento

José Rubens Rezende Gonçalves da Motta
Diretor Financeiro

Nelson Nefussi
Diretor de Engenharia do Ar e de Ação Metropolitana

Paulo Lauro Junior
Diretor Administrativo

Í N D I C E

1. Objetivo
2. Considerações Gerais
3. Dados Físicos e Operacionais das Unidades de Produção
4. Meteorologia
5. Análise dos Resultados
 - 5.1. Influência da altura da chaminé nas concentrações de SO₂.
6. Estimativa Teórica da Sedimentação do Material Particulado
7. Conclusão
8. Bibliografia
9. Apêndice

1. OBJETIVO

O presente relatório tem por objetivo elaborar um estudo das condições de dispersão atmosférica de dióxido de enxofre e material particulado, para a COBRAC na sua unidade fabril em Santo Amaro da Purificação, Bahia, localizada a $12^{\circ} 32' 19''$ de latitude (Sul) e a $38^{\circ} 44' 23''$ de longitude (Oeste), aproximadamente. O estudo visa obter a estimativa das concentrações e a determinação teórica da quantidade máxima de poeira passível de sedimentação nos pontos de concentração máxima, ao nível do solo, emitidas por duas chaminés de alturas físicas de 45 e 125 m. A referida estimativa foi obtida através da utilização do modelo matemático de dispersão associado às categorias de estabilidade atmosférica de Pasquill-Gifford e do modelo matemático para o cálculo de subida da pluma.

2. CONSIDERAÇÕES GERAIS

As seguintes considerações de ordem geral merecem ser enfatizadas:

Os valores das concentrações foram estimados para 8 direções de vento, de 100 em 100 m até 1000 m e 500 em 500 m até 25000 metros a partir da base da chaminé para cada fonte de emissão.

Os modelos escolhidos foram os tradicionais "Modelo de Holland" para estimativa da altura efetiva das chaminés e o "Modelo Gaussiano" para dispersão da pluma, sem quaisquer correções especiais para condições diferentes ou limitações impostas pelos autores, Turner (1970).

Foi desenvolvido um programa de computação que permitiu, além do cálculo das concentrações, a determinação da concentração máxima e a distância do ponto de ocorrência do máximo à chaminé. As estimativas das emissões de dióxido de enxofre e do material particulado foram aquelas fornecidas pela COBRAC.

Foram utilizados os dados meteorológicos obtidos do 4º distrito Meteorológico do Instituto Nacional de Meteorologia de Salvador. Extrapolou-se os dados obtidos para o Município de Santo Amaro devido a inexistência de dados Meteorológicos na região. A partir destes dados selecionou-se os de maior frequência de ocorrência e determinou-se a categoria de estabilidade atmosférica a fim de estimar-se as condições de dispersão segundo os procedimentos estabelecidos por Pasquill.

É importante ressaltar que para o cálculo da dispersão foram utilizados apenas os dias (do período de 3 anos) onde existiam concomitantemente todos os dados meteorológicos médios prevalentes disponíveis. E para todos os propósitos práticos, a topografia da região foi considerada plana, exceto pelo desnível da chaminé com relação a circunvizinhança.

Nesse estudo admitiu-se ainda o seguinte:

A condição mais desfavorável para dispersão atmosférica; e a condição meteorológica e aerodinâmica pressuposta no projeto de construção da chaminé, assumindo uma velocidade média de vento de 3 m/s com a categoria de estabilidade de B.

3. DADOS FÍSICOS (CHAMINÉ) E OPERACIONAIS DAS UNIDADES:

Os dados fornecidos pela COBRAC e as características principais de cada uma das fontes de dióxido de enxofre e material particulado, relacionadas com o estudo em pauta, são listados na Tabela 1. Para o material particulado foi considerado uma mesma emissão para as duas fontes e para o dióxido de enxofre foi admitido duas situações de emissões diferentes. A vazão da condição 1 (45m) foi a mesma para as duas emissões de SO₂, enquanto que para a condição 2 (125m) foram consideradas duas vazões diferentes para as duas emissões solicitadas pela COBRAC. Usando as informações da Tabela 1, foi calculada as alturas das chaminés de acordo com os dados meteorológicos, cujos resultados estão listados na tabela 3.

4. METEOROLOGIA

Os dados meteorológicos disponíveis para a realização do

do presente estudo, para um período de 3 anos, foram os seguintes:

- vento, direção e velocidade, (m/s)
- temperatura, ($^{\circ}\text{C}$)
- Pressão atmosférica média, (mb)
- Gradiente vertical de temperatura, ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$)

Os dados foram devidamente analisados e ordenados, a fim de permitir estimar-se as condições predominantes de dispersão de poluentes para cada uma das 8 direções de vento considerados. Desprezou-se as direções dos setores de Oeste (W) e Noroeste (NW), face a baixíssima ocorrência de vento dessas direções.

Como base geral para o cálculo, conforme os dados fornecidos, assumiu-se o valor de 25°C para a temperatura ambiente e de 1010 mb para pressão atmosférica, valores estes usados na equação de "Holland". O resultado da análise dos dados meteorológicos e as condições propostas no estudo constam na tabela 2.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O apêndice A contém os resultados obtidos pela aplicação do modelo de dispersão para cada uma das fontes, nas 8 direções de vento. O modelo calculou a concentração de SO_2 e MP para médias de 10 minutos em seguida fez a correção para média de 24 horas, e as tabelas 4 a 11 sumarizam alguns desses resultados.

Analisando-se os resultados obtidos observou-se que as concentrações de SO_2 estimadas, ultrapassariam os padrões de qualidade do ar na condição 1 (45m).

As concentrações máximas, tendem a ocorrer em distâncias que variam entre 300 e 400 metros a contar da base da chaminé, dependendo da direção de vento considerada. Os valores mais elevados ocorrem quando se considera a direção de vento de Nordeste, por soprar com uma velocidade de média menor que a das outras direções.

Analisando-se as estimativas da condição (2), verificou-se que os valores das concentrações estão sempre abaixo do Padrão Federal de Qualidade do Ar, de acordo com os dados meteorológicos utilizados, quando em condições prevalentes.

Para a condição meteorológica crítica, assumida hipoteticamente, as concentrações estimadas atingem valores superiores ao padrão de qualidade do ar adotado. Vale ressaltar que esta condição de dispersão é hipotética e não ocorreu no período dos dados meteorológicos utilizados.

Para a condição pressuposta no projeto, com a velocidade média de vento de 3 m/s e a categoria de estabilidade B, as concentrações máximas ultrapassam o padrão de qualidade do ar na condição 1 (45 m) e alcançam o limiar do padrão, sem ultrapassá-lo na condição 2 (125 m).

5.1. Influência da Altura da Chaminé nas Concentrações de SO_2 .

A altura da chaminé e a subida da pluma são fatores

importantes na concentração final, devido a dependência exponencial com H. Uma altura maior da chaminé conduz a concentração máxima para uma posição mais distante e tende a favorecer a dispersão dos poluentes.

Os resultados do presente estudo, considerando as alturas das chaminés de 45 e 125 m, são apresentados nas tabelas do apêndice A, onde, para o caso das concentrações máximas (tabela 4 à 6), fixando-se uma velocidade de vento de 0,8 m/s, uma estabilidade atmosférica A e uma emissão de 256.4 g/s para o SO₂, observou-se que a concentração é 63% mais baixa para a chaminé de 125 m em relação a de 45 m.

6. ESTIMATIVA TEÓRICA DA SEDIMENTAÇÃO DO MATERIAL PARTICULADO

Trata-se de um cálculo meramente teórico, com simples propósito ilustrativo.

Foi calculada a deposição bidimensional sobre uma superfície horizontal, expressa em g/m²/seg.

Para obter-se a estimativa teórica da poeira sedimentável nos pontos de concentração máxima, determinou-se os valores da concentração máxima os quais estão listados nas tabelas 7 a 9. Em seguida estimou-se a velocidade terminal de queda, para o material particulado total (chumbo 53,5%), e finalmente calculou-se a sedimentação

das partículas, utilizando-se o método estabelecido por Ledbetter (1972). As tabelas 10 a 12 fornecem os valores da quantidade teórica de poeira sedimentável nos pontos de concentração máxima.

Foi suposta reflexão nula da pluma, a despeito das dimensões das partículas estarem abaixo das consideradas "sedimentáveis".

Não existe limites legais para a deposição de material particulado no Brasil, a fim de que possamos fazer uma análise comparativa com os resultados obtidos.

7. CONCLUSÃO

De acordo com a análise acima, baseada estritamente nos resultados estimativos obtidos, mediante a aplicação dos modelos matemáticos, parece-nos desnecessária qualquer análise mais aprofundada dos dados, para chegar-se a uma conclusão mais definitiva, uma vez que, a simples observação dos mesmos, permite inferir que dificilmente o padrão de qualidade do ar para SO_2 será ultrapassado na condição 2.

Com relação ao material particulado, os resultados mostram que, devido à pequena emissão, as concentrações máximas médias (24 horas) tendem a estar sempre abaixo do padrão de qualidade do ar, para qualquer condição meteorológica que venha ocorrer na região.

Desta forma deixamos de efetuar qualquer análise mais aprofundada dos resultados obtidos.

Finalmente, vale ressaltar que estudos como o presente ,
tem sua validade condicionada às limitações dos modelos u
tilizados e a qualidade dos dados disponíveis.

A real avaliação dos parâmetros envolvidos só poderá ser
alcançada com exatidão, mediante a medida dos mesmos com
instrumentação e métodos adequados e suficientemente exa
tos, precisos e específicos.

No entanto, com a necessária cautela e de conhecimento
das limitações envolvidas, os procedimentos e critérios u
tilizados neste estudo, podem ser considerados aceitáveis
para fins de estimativa e avaliação preliminar dos parâme-
tros intervenientes.



Silvio de Oliveira

Meteorologista

Divisão de Meteorologia e Interpretação de Dados

8. BIBLIOGRAFIA

Turner, D.B. - Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Cincinnati, Ohio, 1970.

Ledbetter, J.O., Air Pollution, part A - Analysis , Marcel Dekker, Inc., N.Y. 1972 pp. 424.

C.D. Hodgman et al., Eds., Chemical Rubber Publ. Co., Cleveland. Ohio, 1968.

4º Distrito Meteorológico do Instituto Nacional de Meteorologia de Salvador, Bahia.

A P Ê N D I C E

1. Tabela.1 - Dados das Fontes para Emissão de SO_2
2. Tabela.2 - Dados Meteorológicas de Superfície
3. Tabela.3 - Altura Efetiva das Chaminés
4. Tabela.4 a 6 - Concentração Máxima de SO_2
5. Tabela.7 a 9 - Concentração Máxima de MP
6. Tabela.10 a 12 - Poeira Sedimentável
7. Tabela. A.1 a A.4 - Concentração Média de SO_2 com a distância.

TABELA 1

Dados das Fontes para Emissão de SO₂

Dados Chaminê	Altura Física (m)	Diame- tro (m)	Emissão (G/S)		Velocida- de de Saí- da m/s	Vazão Nm ³ /s	Temperatura de saída dos gases (°C)
			MP	SO ₂			
Condição (1)	45	1.7	1.4	316,7	7,9	18,1	60 ou 333 °K
				256,3			
Condição (2)	125	2.4	1.4	316,7	3,9	18,1	50 ou 323 °K
				256,4			
				316,7	8,6	39,7	
				256,4			

TABELA 2

Dados meteorológicos de superfície associados à três condições propostas no projeto.

a) Condições Meteorológicas Normais, dados médios da Estação Meteorológica de Salvador de 1977 a 1979.

	F (%)	v (m/s)	Estabilidade
N	2	2.9	D
NE	12	2.3	D
E	33	2.6	D
SE	42	2.7	E
S	10	2.5	E
SW	1	2.8	E
W	-	-	-
NW	-	-	-

Calmaria: 14%

Pressão média=1010 mb

Temperatura média=289 °K (25°C)

b) Situação Meteorológica Crítica

Estabilidade Velocidade solicitada (m/s)	CATEGORIA	
0.8	A	Altamente Instável
0.8	D	Neutra
0.8	E	Estável

c) Situação solicitada pela COBRAC

Estabilidade Velocidade (m/s)	CATEGORIA	
3.0	B	Instável

TABELA 3

Altura Efetiva (Metros) das chaminés de 45 m (1) e 125 m (2).

(a)

FONTE	V _s (m/s)	D I R E Ç Ã O							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1	7.9	54.2	56.6	55.2	54.9	55.7	54.5	-	-
2	3.9	131.5	133.2	132.2	131.9	132.5	131.7	-	-
	8.6	139.3	143.0	140.9	140.3	141.5	139.8	-	-

(b)

F	V _s	Cat.	B	A	D	E
1	7.9		53.9	78.3	78.3	78.3
2	3.9		131.2	148.4	148.4	148.4
	8.6		138.8	176.7	176.7	176.6

TABELA 4 SO₂

Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), médias de 24 horas, de duas emissões para uma chaminé de 45m de altura física

Direção Velocida- de - Esta- bilidade	Distân- cia má- xima (metros)	EMISSÃO	
		256.4(g/s) Concentração máxi- ma ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	316.7(g/s) Concentração máxi- ma ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
N 2.9 m/s D	1178	1158	1406
NE 2.3 m/s D	1261	1293	1598
E 2.6 m/s D	1214	1212	1497
SE 2.7 m/s E	2263	865	1068
S 2.5 m/s E	2321	900	1112
SW 2.8 m/s E	2238	848	1048
- 3.0 m/s B	375	1549	1914
- 0.8 m/s A	355	3241	4004
- 0.8 m/s D	2109	1701	2102
- 0.8 m/s E	4246	1165	1457

TABELA 5 SO₂

Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) médias de 24 horas, de duas emissões, para uma chaminé de 125 m e a vazão de 65.000 Nm³/h.

Direção Velocida- de - Esta- bilidade	Distân- cia má- xima (metros)	EMISSÃO	
		256.4(g/s) Concentração máxi- ma ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	316.7(g/s) Concentração máxi- ma ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
N 2.9 m/s D	4787	135	167
NE 2.3 m/s D	4885	165	204
E 2.6 m/s D	4830	149	183
SE 2.7 m/s E	10.000	89	110
S 2.5 m/s E	10.000	95	118
SW 2.8 m/s E	10.000	86	107
- 3.0 m/s B	899	293	362*
- 0.8 m/s A	544	1198	1480
- 0.8 m/s D	5801	365*	451
- 0.8 m/s E	11419	210	259

TABELA 6 SO₂

Concentrações máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), médias de 24 horas, de duas emissões para uma chaminé de 125 m e a vazão de 143.000 Nm³/h.

Direção Velocida- de - Esta- bilidade	Distân- cia má- xima (metros)	EMISSÃO	
		256.4(g/s) Concentração máxi- ma ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	316.7(g/s) Concentração máxi- ma ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
N 2.9 m/s D	5244	117	145
NE 2.3 m/s D	5467	139	172
E 2.6 m/s D	5342	127	157
SE 2.7 m/s E	10000	74	92
S 2.5 m/s E	10181	78	96
SW 2.8 m/s E	10000	72	89
- 3.0 m/s B	946	265	327
- 0.8 m/s A	591	935	1154
- 0.8 m/s D	7642	240	297
- 0.8 m/s E	17378	120	149

TABELA 7 - Concentração máxima para partículas

$V_s = 7.9 \text{ m/s}$ e $h = 45 \text{ m}$

Direção de Estabilidade	Distância máxima (metros)	Concentração máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
N D	1178	6.2
NE	1261	7.0
E	1214	6.6
SE E	2263	4.7
S E	2321	4.9
SW E	2238	4.6
3.0 m/s B	575	8.5
0.8 m/s A	355	17.7
0.8 m/s D	2109	9.2
0.8 m/s E	4246	6.3

TABELA 8 - Concentração máxima para partículas

$V_s = 3.9 \text{ m/s}$ e $h = 125 \text{ m}$

Direção de Estabilidade	Distância máxima (metros)	Concentração máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
N D	4787	0.73
NE	4885	0.90
E	4830	0.81
SE E	10000	0.49
S E	10000	0.52
SW E	10000	1.6
3.0 m/s B	899	4.5
0.8 m/s A	544	6.5
0.8 m/s D	5801	2.0
0.8 m/s E	11419	1.14

TABELA 9 - Concentração máxima para partículas

$V_s = 8.6 \text{ m/s}$ e $h = 125 \text{ m}$

Direção de Estabilidade	Distância máxima (metros)	Concentração máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
N D	5244	0.64
NE D	5467	0.76
E	5342	0.69
SE E	10000	0.41
S E	10181	0.43
SW E	10000	0.39
3.0 m/s B	946	1.45
0.8 m/s A	591	5.10
0.8 m/s D	7642	1.31
0.8 m/s E	17378	0.66

TABELA 12 - Poeira Sedimentável
Para Partículas
 $V_s = 8.6 \text{ m/s}$ e $h = 125 \text{ m}$

Direção Velocidade Estabilidade	Distância máxima (metros)	Poeira Sedimentável ($\text{g/m}^2/\text{dia}$) 10-5
N D 2.9 m/s	5244	1.81
NE D 2.5 m/s	5467	2.20
E D 2.6 m/s	5342	1.97
SE E 2.7 m/s	10000	1.15
S E 2.5 m/s	10181	1.20
SW E 2.8 m/s	10000	1.11
- B 3.0 m/s	946	4.09
- A 0.8 m/s	591	14.4
- D 0.8 m/s	7642	3.7
- E 0.8 m/s	17578	1.86
		$V_t = 3.27 \times 10^{-4}$

TABELA 11 - Poeira Sedimentável
Para Partículas
 $V_s = 3.9 \text{ m/s}$ e $h = 125 \text{ m}$

Direção Velocidade Estabilidade	Distância máxima (metros)	Poeira Sedimentável ($\text{g/m}^2/\text{dia}$) 10-5
N D 2.9 m/s	4787	2.10
NE D 2.3 m/s	4885	2.50
E D 2.6 m/s	4850	2.30
SE E 2.7 m/s	10000	1.30
S E 2.5 m/s	10000	1.50
SW E 2.8 m/s	10000	1.30
- B 3.0 m/s	899	4.53
- A 0.8 m/s	544	18.0
- D 0.8 m/s	5801	5.6
- E 0.8 m/s	11419	3.2
		$V_t = 3.27 \times 10^{-4}$

TABELA 10 - Poeira Sedimentável
Para partículas
 $V_s = 7.9 \text{ m/s}$ e $h = 45 \text{ m}$

Direção Velocidade Estabilidade	Distância máxima (metros)	Poeira Sedimentável ($\text{g/m}^2/\text{dia}$) 10-4
N D 2.9 m/s	1178	1.75
NE D 2.3 m/s	1261	1.95
E D 2.6 m/s	1214	1.86
SE E 2.7 m/s	2263	1.32
S E 2.5 m/s	2321	1.38
SW E 2.8 m/s	2238	1.30
- B 3.0 m/s	375	2.76
- A 0.8 m/s	355	5.00
- D 0.8 m/s	2109	2.60
- E 0.8 m/s	4246	1.78
		$V_t = 3.27 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

TABELA A.1 - Concentrações resultantes médias de SO₂ (µg/m³ - 24 horas)

(a)				(b)				
Direção Velocida- de CAT.	Distân- cia (metros)	FONTE		Direção Velocida- de CAT.	Distân- cia (metros)	FONTE		
		1	2			1	2	
N (2.9 m/s)	500	194	0	NE (2.3 m/s)	500	160	0	
	1000	1368	0		1000	1508	0	
	1500	1405	9		1500	1555	9	
	2000	1131	36		2000	1348	36	
	2500	937	69		2500	1132	74	
	3000	781	99		3000	953	109	
	3500	660	120		3500	809	136	
	4000	564	134		4000	695	154	
	4500	488	143		4500	604	165	
	5000	428	145		5000	531	171	
	6000	337	142		6000	420	170	
	D	7000	274		135	7000	342	162
		8000	228		126	8000	285	152
		9000	194		116	9000	242	141
		10000	167		106	10000	209	130
		12000	130		90	12000	163	111
		15000	96		71	15000	120	89
18000		74	59	18000	93	73		
20000		64	52	20000	80	65		
			25000	59	50			

(c)				(d)				
Direção Velocida- de CAT.	Distân- cia (metros)	FONTE		Direção Velocida- de CAT.	Distân- cia (metros)	FONTE		
		1	2			1	2	
S (2.5 m/s)	500	2	0	SW (2.8 m/s)	500	3	0	
	1000	486	0		1000	498	0	
	1500	922	0		1500	897	0	
	2000	1090	0		2000	1036	0	
	2500	1107	2		2500	1037	2	
	3000	1058	5		3000	983	6	
	3500	986	12		3500	909	12	
	4000	909	20		4000	835	20	
	4500	835	29		4500	764	29	
	5000	767	39		5000	700	38	
	6000	705	58		6000	591	56	
	E	7000	557		73	7000	505	69
		8000	482		84	8000	436	79
		9000	423		92	9000	382	86
		10000	374		96	10000	337	89
		12000	305		95	12000	274	88
		15000	236		89	15000	212	82
18000		190	83	18000	171	76		
20000		168	78	20000	151	71		
25000	129	68	25000	116	62			

Continuação da TABELA A.1.

(e)

Direção Velocidade CAT.	Distância (metros)	FONTE		
		1	2	
E (2.6 m/s)	500	180	0	
	1000	1439	0	
	1500	1439	9	
	2000	1230	36	
	2500	1025	72	
	3000	859	104	
	3500	727	128	
	4000	623	144	
	4500	541	153	
	5000	474	157	
	6000	374	155	
	7000	305	148	
	D	8000	254	138
		9000	215	127
		10000	186	117
		12000	145	100
		15000	107	80
18000		83	65	
20000		71	58	
25000		53	44	

(f)

Direção Velocidade de CAT.	Distância (metros)	FONTE		
		1	2	
SE (2.7 m/s)	500	3	0	
	1000	495	0	
	1500	907	0	
	2000	1054	0	
	2500	1060	2	
	3000	1006	6	
	3500	934	12	
	4000	858	20	
	4500	787	29	
	5000	721	37	
	6000	609	56	
	7000	521	71	
	E	8000	451	81
		9000	394	88
		10000	349	92
		12000	284	90
		15000	219	84
18000		177	78	
20000		156	74	
25000	120	64		

(g)

Categoria Velocidade	Distância (metros)	FONTE	
		1	2
B (3.0 m/s)	500	1686	73
	1000	648	325
	1500	315	237
	2000	184	158
	2500	120	109
	3000	84	79
	3500	63	60
	4000	48	47
	4500	38	37
	5000	31	31
	6000	22	22
	7000	16	16
	8000	13	12
	9000	10	10
	10000	8	8
	12000	6	6
	15000	4	4
18000	3	3	
20000	2	2	
25000	1	1	

(h)

Categoria Velocidade	Distância (metros)	FONTE	
		1	2
A (0.8 m/s)	500	2933	920
	1000	648	447
	1500	145	144
	2000	62	61
	2500	32	32
	3000	19	19
	3500	12	12
	4000	8	8
	4500	6	6
	5000	4	4
	6000	2	2
	7000	2	2
	8000	1	1
	9000	1	1
	10000	1	1
	12000	0	0
	15000	0	0
18000	0	0	
20000	0	0	
25000	0	0	

Continuação da Tabela A.1.

(i)				(j)			
Categoria Velocidade	Distân- (metros)	FONTE		Categoria Velocidade	Distân- (metros)	FONTE	
		1	2			1	2
D (0.8 m/s)	500	5	0	E (0.8 m/s)	500	0	0
	1000	991	0		1000	57	0
	1500	1847	1		1500	362	0
	2000	2096	10		2000	761	0
	2500	2048	39		2500	1079	0
	3000	1896	81		3000	1281	1
	3500	1719	128		3500	1390	2
	4000	1548	173		4000	1433	5
	4500	1394	211		4500	1433	10
	5000	1258	240		5000	1407	17
	6000	1036	279		6000	1317	37
	7000	867	294		7000	1209	60
	8000	737	296		8000	1103	83
	9000	636	290		9000	1004	104
	10000	555	279		10000	916	123
	12000	440	251		12000	772	137
	15000	328	212		15000	619	147
18000	257	180	18000	512	149		
20000	224	162	20000	458	148		
25000	165	129	25000	359	140		

O resultado acima foi obtido mantendo-se os seguintes dados de entrada no modelo:

Dados Fonte	Altura Física (m)	Veloc. de saída (m/s)	Emissão (g/s)
1	45	7.9	316.7
2	125	8.6	316.7

TABELA A.2. - Concentrações resultantes médias de SO₂ (µg/m³ - 24 horas)

(a)

Direção Velocidade CAT	Distância (metros)	FONTE		
		1	2	
N (2.9 m/s)	500	157	0	
	1000	1107	0	
	1500	1082	8	
	2000	915	29	
	2500	758	56	
	3000	632	80	
	3500	534	97	
	4000	457	109	
	4500	396	115	
	5000	347	117	
	6000	273	116	
	7000	222	109	
	D	8000	185	102
		9000	157	94
		10000	135	86
		12000	127	73
		15000	78	58
18000		60	48	
20000		52	42	
25000	38	32		

He* 54.2 He= 139.3

(b)

Direção Velocidade CAT.	Distância (metros)	FONTE		
		1	2	
NE (2.3 m/s)	500	130	0	
	1000	1221	0	
	1500	1258	7	
	2000	1091	29	
	2500	917	60	
	3000	771	88	
	3500	655	110	
	4000	563	125	
	4500	489	134	
	5000	429	138	
	6000	340	138	
	7000	277	132	
	D	8000	231	123
		9000	196	114
		10000	169	106
		12000	132	90
		15000	97	72
18000		76	59	
20000		65	59	
25000	48	40		

He= 56.6 He= 143

(c)

Direção Velocidade de CAT.	Distância (metros)	FONTE		
		1	2	
E (2.6 m/s)	500	146	0	
	1000	1165	0	
	1500	1165	7	
	2000	996	29	
	2500	830	58	
	3000	696	84	
	3500	588	104	
	4000	504	116	
	4500	438	124	
	5000	374	127	
	6000	303	126	
	7000	247	120	
	D	8000	205	112
		9000	174	103
		10000	150	95
		12000	117	81
		15000	86	64
18000		67	53	
20000		58	47	
25000	43	36		

He= 55.2 He= 140.9

(d)

Direção Velocidade de CAT.	Distância (metros)	FONTE		
		1	2	
SE (2.7 m/s)	500	2	0	
	1000	401	0	
	1500	734	0	
	2000	853	0	
	2500	858	1	
	3000	815	4	
	3500	756	9	
	4000	695	16	
	4500	637	24	
	E	5000	583	31
		6000	493	46
		7000	422	57
		8000	* 365	65
		9000	319	71
		10000	282	74
		12000	230	73
	15000	178	68	
18000	143	63		
20000	119	60		
25000	96	52		

He= 55.7 He= 140.3

He= altura efetiva (metros)

Continuação da Tabela A.2.

(e)

Direção Velocidade CAT.	Distância (metros)	FONTE	
		1	2
S (2.5 m/s) E	500	2	0
	1000	394	0
	1500	746	0
	2000	882	0
	2500	896	1
	3000	856	4
	3500	798	9
	4000	738	16
	4500	676	24
	5000	620	32
	6000	526	47
	7000	451	59
	8000	390	68
	9000	342	74
	10000	303	78
	12000	247	77
	15000	191	72
18000	154	67	
20000	136	63	
25000	104	55	

He= 55.7 He= 141.5

(f)

Direção Velocidade CAT.	Distância (metros)	FONTE	
		1	2
SW (2.8 m/s) E	500	2	0
	1000	270	0
	1500	726	0
	2000	839	0
	2500	840	1
	3000	795	4
	3500	736	10
	4000	676	16
	4500	619	24
	5000	566	31
	6000	478	45
	7000	408	56
	8000	353	64
	9000	330	69
	10000	273	72
	12000	222	71
	15000	172	67
18000	138	61	
20000	122	58	
25000	94	50	

He= 54.4 He= 139.8

(i)

CATEGORIA Velocidade (m/s)	Distância (metros)	FONTE	
		1	2
B (3.0 m/s)	500	1365	59
	1000	524	263
	1500	255	192
	2000	149	128
	2500	97	88
	3000	68	64
	3500	51	48
	4000	39	38
	4500	31	30
	5000	25	25
	6000	18	18
	7000	13	13
	8000	10	10
	9000	0	8
	10000	7	7
	12000	5	5
	15000	3	3
18000	2	2	
20000	2	2	
25000	1	1	

He=53.9 He= 138.8

He = altura efectiva (metros)

(j)

CATEGORIA Velocidade (m/s)	Distância (metros)	FONTE	
		1	2
A (0.8 m/s)	500	2374	745
	1000	385	326
	1500	118	116
	2000	50	50
	2500	26	26
	3000	15	15
	3500	10	10
	4000	7	7
	4500	5	5
	5000	3	3
	6000	2	2
	7000	1	1
	8000	1	1
	9000	1	1
	10000	0	0
	12000	0	0
	15000	0	0
18000	0	0	
20000	0	0	
25000	0	0	

He=78.3 He=176.7

TABELA A.3 - Concentrações médias de SO₂ (µg/m³ - 24 horas)

(a)

Direção Velocida- de CAT.	Distância (metros)	FONTE
		2
	500	0
	1000	1
	1500	18
	2000	56
	2500	97
	3000	129
	3500	150
	4000	162
	4500	166
N	5000	166
(2.9 m/s)	6000	159
D	7000	148
	8000	136
	9000	130
	10000	124
	12000	95
	15000	75
	18000	61
	20000	53
	25000	41

He= 131.5

(b)

Direção Velocida- de CAT.	Distância (metros)	FONTE
		2
	500	0
	1000	0
	1500	1
	2000	19
	2500	64
	3000	153
	3500	180
	4000	196
	4500	202
NE	5000	204
(2.3 m/s)	6000	196
D	7000	183
	8000	168
	9000	154
	10000	141
	12000	118
	15000	93
	18000	76
	20000	67
	25000	52

He= 133.2

(c)

Direção Velocida- de CAT.	Distância (metros)	FONTE
		2
	500	0
	1000	1
	1500	19
	2000	60
	2500	105
	3000	140
	3500	164
	4000	177
	4500	183
B	5000	183
(2.6 m/s)	6000	176
D	7000	164
	8000	150
	9000	137
	10000	125
	12000	105
	15000	83
	18000	67
	20000	59
	25000	46

He= 132.2

(d)

Direção Velocida- de CAT.	Distância (metros)	FONTE
		2
	500	107
	1000	354
	1500	245
	2000	161
	2500	110
	3000	80
	3500	60
	4000	47
	4500	38
A	5000	31
(3.0 m/s)	6000	22
	7000	16
	8000	12
	9000	10
	10000	8
	12000	6
	15000	4
	18000	3
	20000	2
	25000	1

He= 131.2

H_c = altura efetiva (metros)

Continuação da Tabela A.2.

(g)

CATEGORIA Velocidade (m/s)	Distância (metros)	FONTE	
		1	2
D (0.8 m/s)	500	4	0
	1000	802	0
	1500	1495	1
	2000	1697	9
	2500	1658	31
	3000	1534	66
	3500	1391	104
	4000	1227	141
	4500	1128	171
	5000	1018	195
	6000	838	226
	7000	702	238
	8000	597	240
	9000	515	235
	10000	449	226
	12000	356	203
15000	267	171	
18000	208	146	
20000	181	131	
25000	161	104	

He=78.3 He=176.7

(h)

CATEGORIA Velocidade (m/s)	Distância (metros)	FONTE	
		1	2
E (0.8 m/s)	500	0	0
	1000	46	0
	1500	293	0
	2000	616	0
	2500	874	0
	3000	1037	0
	3500	1125	2
	4000	1159	4
	4500	1160	8
	5000	1139	14
	6000	1066	30
	7000	979	48
	8000	892	67
	9000	813	85
	10000	741	99
	12000	625	111
15000	501	119	
18000	415	121	
20000	370	120	
25000	291	113	

He=78.3 He=176.7

O resultado acima foi obtido mantendo-se os seguintes dados de entrada no modelo:

Dados Fonte	Altura Física (m)	Velocidade de saída (m/s)	Emissão (G/S)
1	45	7.9	256,3
2	125	8.6	256,3

H_e = altura efetiva (metros)

Continuação da Tabela A.3.

(e)

Categoria Velocidade	Distância (metros)	FONTE
		2
A (0.8 m/s)	500	1407
	1000	458
	1500	144
	2000	62
	2500	32
	3000	19
	3500	12
	4000	8
	4500	6
	5000	4
	6000	2
	7000	2
	8000	1
	9000	1
	10000	1
	12000	0
	15000	0
18000	0	
20000	0	
25000	0	

He= 148.4

(f)

Categoria Velocidade	Distância (metros)	FONTE
		2
D (0.8 m/g)	500	0
	1000	0
	1500	15
	2000	75
	2500	165
	3000	257
	3500	332
	4000	386
	4500	421
	5000	441
	6000	451
	7000	437
	8000	414
	9000	386
	10000	359
	12000	308
	15000	249
18000	205	
20000	182	
25000	141	

He= 148.4

(g)

Direção Velocidade Categ.	Distância (metros)	FONTE
		2
N (2.9 m/s) D	500	0
	1000	0
	1500	0
	2000	1
	2500	4
	3000	11
	3500	21
	4000	33
	4500	46
	5000	58
	6000	78
	7000	93
	8000	102
	9000	108
	10000	110
	12000	105
	15000	96
18000	87	
20000	82	
25000	70	

He= 131.9

H_e = altura efetiva (metros)

(h)

Direção Velocidade Categ.	Distância (metros)	FONTE
		2
S (2.5 m/s) E	500	0
	1000	0
	1500	0
	2000	1
	2500	4
	3000	12
	3500	22
	4000	35
	4500	48
	5000	61
	6000	83
	7000	98
	8000	109
	9000	115
	10000	117
	12000	113
	15000	103
18000	93	
20000	88	
25000	75	

He= 132.5

Continuação da Tabela A.3.

(i)

Direção Velocidade Categ.	Distância (metros)	FONTE
		2
SW (2.8 m/s) E	500	0
	1000	0
	1500	0
	2000	1
	2500	4
	3000	11
	3500	21
	4000	33
	4500	45
	5000	56
	6000	76
	7000	90
	8000	99
	9000	104
	10000	107
	11000	102
	12000	93
15000	84	
18000	79	
20000	67	
25000		

He = 131.7

(j)

Categoria Velocidade	Distância (metros)	FONTE
		2
E (0.8 m/s)	500	0
	1000	0
	1500	0
	2000	0
	2500	2
	3000	9
	3500	21
	4000	40
	4500	62
	5000	86
	6000	136
	7000	180
	8000	214
	9000	239
	10000	256
	12000	259
	15000	249
18000	234	
20000	223	
25000	198	

He = 131.8

Dados Fonte	Altura Física (m)	Velocidade de saída (m/s)	Emissão
2	125	3.9	316.7

He = altura efetiva (metros)

Continuação da Tabela A.4.

(e)

Direção Velocida- de CAT.	Distância (metros)	FONTE
		2
NE (2.3 m/s)	500	0
	1000	1
	1500	16
	2000	52
	2500	92
	3000	124
	3500	146
	4000	158
	4500	164
	5000	165
	6000	159
	7000	148
	8000	136
	9000	124
	10000	114
	12000	96
	15000	76
18000	61	
20000	54	
25000	42	

(f)

Direção Velocida- de CAT.	Distância (metros)	FONTE
		2
E (2.6 m/s) D	500	0
	1000	1
	1500	15
	2000	48
	2500	85
	3000	113
	3500	132
	4000	143
	4500	148
	5000	148
	6000	143
	7000	133
	8000	122
	9000	111
	10000	101
	12000	85
	15000	67
18000	55	
20000	48	
25000	37	

He= 133.2

(g)

CATEGORIA Velocida- de (m/s)	Distância (metros)	FONTE
		2
E (0.8 m/s)	500	0
	1000	0
	1500	0
	2000	0
	2500	2
	3000	7
	3500	17
	4000	32
	4500	50
	5000	70
	6000	110
	7000	146
	8000	173
	9000	194
	10000	207
	12000	209
	15000	202
18000	190	
20000	181	
25000	160	

(h)

CATEGORIA Velocida- de (m/s)	Distância (metros)	FONTE
		2
SE (2.7 m/s) E	500	0
	1000	0
	1500	0
	2000	1
	2500	3
	3000	9
	3500	17
	4000	27
	4500	37
	5000	47
	6000	63
	7000	75
	8000	83
	9000	87
	10000	89
	12000	85
	15000	78
18000	71	
20000	66	
25000	56	

He= altura efetiva (metros)

He= 131.9

TABELA A.4 - Concentrações médias de SO₂ (µg/m³ - 24 horas).

(a)

CATEGORIA Velocida- de	Distância (metros)	FONTE
		2
B (3.0 m/s)	500	87
	1000	287
	1500	199
	2000	130
	2500	89
	3000	65
	3500	49
	4000	38
	4500	30
	5000	25
	6000	18
	7000	13
	8000	10
	9000	8
	10000	7
	12000	5
15000	3	
18000	2	
20000	2	
25000	1	

He= 131.2

(b)

CATEGORIA Velocida- de	Distância (metros)	FONTE
		2
A (0.8 m/s)	500	1139
	1000	371
	1500	117
	2000	50
	2500	26
	3000	15
	3500	10
	4000	7
	4500	5
	5000	3
	6000	2
	7000	1
	8000	1
	9000	1
	10000	0
	12000	0
15000	0	
18000	0	
20000	0	
25000	0	

He= 148.4

(c)

CATEGORIA Velocida- de	Distância (metros)	FONTE
		2
D (0.8 m/s)	500	0
	1000	0
	1500	12
	2000	60
	2500	134
	3000	208
	3500	269
	4000	312
	4500	341
	5000	357
	6000	365
	7000	354
	8000	335
	9000	313
	10000	290
	12000	249
15000	201	
18000	166	
20000	148	
25000	114	

He= 148.4

H_e = altura efetiva (metros)

(d)

CATEGORIA Velocida- de	Distância (metros)	FONTE
		2
N (2.9 m/s)	500	0
	1000	1
	1500	14
	2000	45
	2500	78
	3000	104
	3500	121
	4000	131
	4500	134
	5000	135
	6000	129
	7000	120
	8000	110
	9000	100
	10000	91
	12000	77
15000	60	
18000	49	
20000	43	
25000	33	

He= 131.5

Continuação da Tabela A.4.

(i)

Direção Velocida- de CAT.	Distância (metros)	FONTE
		2
S (2.5 m/s) E	500	0
	1000	0
	1500	0
	2000	1
	2500	4
	3000	9
	3500	18
	4000	28
	4500	39
	5000	49
	6000	67
	7000	80
	8000	88
	9000	93
	10000	95
	12000	91
15000	83	
18000	76	
20000	70	
25000	60	

(j)

Direção Velocida- de CAT.	Distância (metros)	FONTE
		2
SW (2.8 m/s) E	500	0
	1000	0
	1500	0
	2000	1
	2500	3
	3000	9
	3500	17
	4000	26
	4500	36
	5000	46
	6000	62
	7000	73
	8000	80
	9000	85
	10000	86
	12000	83
15000	75	
18000	68	
20000	64	
25000	55	

He= 132.5

DADOS FONTE	Altura Física (m)	Velocidade de saída	Emissão G/S
2	125	3.9	256,4

H_e = altura efetiva (metros)

Entrada:	/ /
Indicação:	
Aquisição:	Doação
Preço:	
Tombado em:	24.07.2014