

CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. FREDERICO HERMANN JR., 345 CEP 05400 - PINHEIROS
SAO PAULO - BRASIL

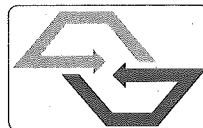
P.J.3.1

**Desenvolvimento de Padrões de Emissão
Para Veículos Leves do Ciclo OTTO**

**Primeira Fase
Janeiro/83**

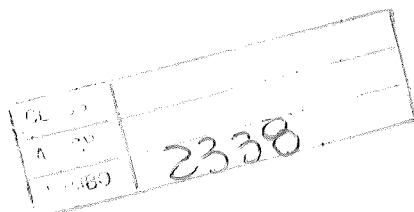
SOMA
SECRETARIA DE OBRAS
E DO MEIO AMBIENTE
Engº Walter Antunes

**Governo
José Maria Marin**



**Trabalhando
para o povo.**

8206
C338d (RCET)
002338



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

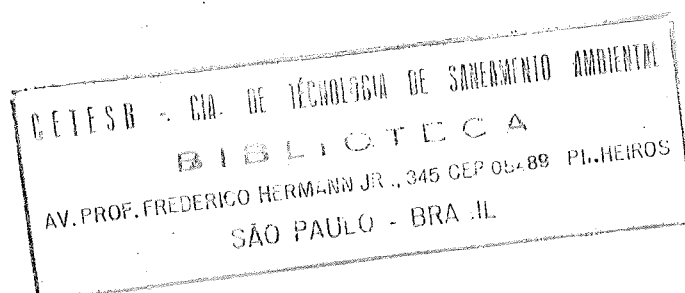
José Rubens Rezende Gonçalves da Motta
Diretor Financeiro

Nelson Nefussi
Diretor de Engenharia do Ar e de Ação Metropolitana

Paulo Lauro Junior
Diretor Administrativo

Í N D I C E

1. INTRODUÇÃO	1
2. EMISSÕES VEICULARES NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO	1
3. REGIÃO DE ESTUDO	2
4. PERÍODO DE ESTUDO	2
5. DADOS DE INTERESSE RELATIVOS AO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO	2
5.1. Número de veículos existentes	2
5.2. Velocidade média da frota circulante	3
5.3. Quilometragem média rodada	4
5.4. Distribuição dos veículos por faixa e por modelo	4
5.5. Taxa de crescimento da frota circulante	6
5.6. Fatores de Emissão	9
5.7. Qualidade do Ar	11
5.8. Variação nas emissões	12
6. ESTUDO DA REGIÃO DA PRAÇA DO CORREIO	13
7. PRAÇA DO CORREIO VERSUS MSP	15
8. INVENTÁRIO DE EMISSÕES PARA A REGIÃO DA PRAÇA DO CORREIO	15
9. ESTRATÉGIA DE CONTROLE	16
10. RECOMENDAÇÕES	16



DESENVOLVIMENTO DE PADRÕES DE EMISSÃO PARA VEÍCULOS LEVES DO CICLO OTTO

1. Introdução

O desenvolvimento de um estudo para o estabelecimento de padrões de emissão veiculares caracteriza-se basicamente pela utilização dos diversos dados referentes à frota sob consideração nas datas de interesse e à qualidade do ar, associados a uma estratégia de controle a ser aplicada.

Os dados referentes à frota em circulação e a qualidade do ar consistem em:

- Número de veículos da frota circulante
- Distribuição dos veículos por faixa etária e quilometragem percorrida
- Distribuição dos veículos por modelo
- Taxa de crescimento da frota circulante
- Quilometragem média rodada
- Velocidade média da frota circulante
- Fatores de emissão
- Qualidade do ar observada e desejável
- Variação nas emissões

No que se refere à estratégia de controle, esta deve considerar as prioridades estabelecidas, os níveis de controle desejáveis e sua aplicabilidade num determinado período de tempo.

2. Emissões Veiculares na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)

O Inventário de Fontes de Poluição do Ar para a RMSP, realizado em 1978, indicou que 96% das emissões de CO, 76% das emissões de HC e 83% das emissões de NO_x são resultantes de emissões veiculares. Tal quadro mostra claramente a influência de tais emissões sobre a qualidade do ar e consequentemente a necessidade de seu con

trole, face aos níveis de qualidade do ar observados.

Segundo o Inventário de Emissões Veiculares realizado em 1982, temos que o número de veículos automotores para a RMSP é de 2.472.000 sendo estes responsáveis pelo lançamento para a atmosfera de 5804 t/d de monóxido de carbono (CO), 723 t/d de hidrocarbonetos (HC), 576 t/d de óxidos de nitrogênio (NO_x), 63 t/d de material particulado (MP) e 323 t/d de óxidos de enxofre (SO_x).

Destas emissões, temos que o Município de São Paulo (MSP) contribui com 79,5% das emissões de CO, 78,8% das emissões HC, 67,5% das emissões de NO_x , 73,0% das emissões de MP e 65,3% das emissões de SO_x .

3. Região de estudo

Embora a região definida, como de interesse para o desenvolvimento de padrões de emissão veiculares seja a RMSP, a falta de dados relativos a esta região fez com que se optasse por um estudo para o MSP.

Considerou-se tal atitude válida visto a magnitude da contribuição do MSP para as emissões da RMSP e a disponibilidade de dados sobre as condições de tráfego, frota circulante e qualidade do ar para esta região. Também a área próxima à Praça do Correio foi considerada para estudo tendo em vista os altos índices de CO observados na atmosfera desta região.

4. Período de estudo

O presente estudo foi desenvolvido para um período de dez anos, de 1982 a 1992, tomando-se como base o ano de 1981.

5. Dados de interesse relativos ao Município de São Paulo

5.1. Número de veículos existentes

O número de veículos registrados no MSP em 1981 segundo a listagem SERPRO/DNER é de 1.975.100. Este total está subdividido em 1.701.000 veículos leves a gasolina (86,1%), 66.221 veículos leves a álcool (3,4%), 33.300 veículos leves taxis a gasolina e álcool (1,7%), 103.201 veículos diesel (5,2%), 71.380 ciclomotores, motocicletas e triciclos (3,6%).

É oportuno dizer que a participação da frota do MSP em relação as frotas do Brasil e do Estado de São Paulo vem decrescendo ao longo do tempo, como se pode ver abaixo.

Ano	% frota Brasil	% frota ESP
1968	21	55
1981	18	48

Fonte: DNER

A mesma tendência é observada para a RMSP. Tal fato se deve, provavelmente, a uma crescente saturação do MSP e RMSP havendo em contrapartida, o desenvolvimento de outras regiões.

5.2. Velocidade média da frota circulante

Segundo estudos efetuados pela Companhia de Engenharia de Tráfego - CET sobre a evolução do tráfego no MSP durante o período 1977-1981, tem havido uma melhora gradativa na "fluidez" do tráfego. Fatores como a elevação dos preços dos combustíveis bem como a atual conjuntura sócio-econômica concorreram para uma menor utilização do sistema viário. Conjuntamente, ações como sincronização de semáforos, implantação de vias exclusivas para transporte coletivo, ampliação do sistema Metrô, etc., também contribuíram para uma diminuição do tempo médio de viagem.

Os dados da CET indicam, para 1981, uma velocidade média de 32,0 km/h no MSP. Tal fato vem demonstrar que a utilização do ciclo urbano EPA-75 (velocidade média igual a 31,5 km/h) é compatível com as condições de tráfego do MSP, não havendo uma necessidade atual da aplicação de fatores de correção de velocidade aos resultados obtidos nos ensaios de emissão que utilizam este ciclo.

5.3. Quilometragem média rodada

De acordo com o estudo "Pesquisa de Veículos", realizado em Agosto/Setembro de 1982 pela CETESB, a quilometragem média anual de frota circulante no MSP é de 15000 km/ano.

Segundo o mesmo estudo, a distribuição da quilometragem média rodada por idade do veículo, é igual a:

Idade (anos)	Km média (anual)
1	22000
2	19000
3	17000
4	15000
5	14000
6	14000
7	14000
8	13000
9	13000
10	13000
11	10000
≥ 12	9000

5.4. Distribuição dos veículos por faixa e por modelo

O estudo "Pesquisa de Veículos" possibilitou ainda se obter o perfil da frota circulante em termos de distribuição por faixa etária e por modelo, como se pode ver a seguir.

a. Distribuição de veículos por faixa etária

Idade (anos)	% da frota
1	9,7
2	11,6
3	13,1
4	14,3
5	12,0
6	9,6
7	7,6
8	5,6
9	5,0
10	3,0
11	1,9
12	1,5
> 12	5,1

b. Distribuição dos veículos por modelo

Modelo	% da frota
Sedan VW	20,3
Passat	10,6
Brasília	9,7
Corcel	9,6
Fiat 147	8,4
Chevette	7,5
Kombi	6,2
Opala	5,5
Gol	3,4

Modelo	% da frota
Caravan	3,4
Belina	2,6
Variant	2,5
Voyage	2,0
Galaxie	1,3
Polara	1,3
Maverick	1,0
Marajó	0,8
Alfa Romeo	0,7
Monza	0,6
Del Rey	0,5
Dart	0,5
TL VW	0,5
Puma	0,3
Outros	1,0

5.5. Taxa de crescimento da frota circulante

A taxa de crescimento TC da frota circulante numa data t pode ser definida como sendo:

$$TC = \frac{N + N' - N''}{N}$$

onde: N = frota circulante na data base

N' = frota comercializada e incorporada à frota circulante desde a data base até a data t

N'' = frota retirada de circulação desde a data base até a data t

Para o presente estudo, considerou-se os seguintes parâmetros:

a. N = frota circulante de veículos leves na data base (Dezembro de 1981).

b. A data t foi definida como sendo Dezembro de 1992.

Portanto, para se obter N' para esta data foi neces

sário se fazer uma previsão de comercialização dos veículos leves.

Esta previsão foi feita extrapolando-se inicialmente os dados de comercialização no Brasil do período Janeiro/Outubro-82 para Janeiro-Dezembro-82.

A seguir, se adotou para 1983 a previsão da ANFAVEA para o aumento na comercialização de veículos no Brasil, ou seja 15% , sendo 35% destes movidos a álcool.

Por falta de previsão para os anos subsequentes até 1992, adotou-se o índice de aumento de comercialização anual igual a 15%.

Também foi admitido que para os anos:

- 1983 a 1985, 35% dos veículos comercializados se rão a álcool
- 1986 a 1990, 40% dos veículos comercializados se rão a álcool
- 1990 a 1992, 45% dos veículos comercializados se rão a álcool.

A extrapolação dos dados para o MSP foi feita considerando-se que os veículos a gasolina e a álcool representarão respectivamente, 18,2% e 25,0% da frota Nacional. Estes índices representam a participação da frota de veículos a gasolina e a álcool do MSP em 1981.

Desta maneira, foi feita a previsão de vendas de veículos leves para o MSP até Dezembro de 1992, a qual é mostrada a seguir:

Ano	Previsão p/número de veículos a gasolina	Previsão p/número de veículos a álcool
1982	67.158	39.750
1983	71.832	53.130
1984	82.606	61.099
1985	94.997	70.264
1986	100.844	92.348
1987	115.970	106.199
1988	133.365	122.129
1989	153.370	140.449
1990	176.376	161.516
1991	185.929	208.961
1992	213.819	240.306

c. Para se obter N'' , torna-se necessário conhecer a taxa de retirada de veículos de circulação. Utilizando-se dados anuais de comercialização de veículos leves no MSP (fonte ANFAVEA) e dados relativos à frota circulante obtidas do estudo "Pesquisa de veículos" calculou-se a taxa de retirada de veículos por ano, mostrada a seguir:

Ano	% de Retirada
1	0,2
2	0,5
3	1,0
4	2,0
5	3,5
6	8,0
7	15,0
8	32,0
9	48,5
10	60,0
11	67,0
12	70,0
13	72,0
14	73,5
15	75,0
16	76,0
17	77,0
18	79,0
19	81,5
20	86,0
21	92,0
22	100,0

A manipulação destes dados indica uma taxa média de crescimento (potencial) para o período 1981/1992 igual a 4,5% ao ano.

O quadro a seguir mostra a distribuição da frota de veículos leves prevista para o período 1982/1992 no MSP.

TAMANHO DA FROTA CIRCULANTE NO MSP			
Ano	Veículo a Gasolina	Veículo a Alcool	Total
1982	1.675.229	132.371	1.807.600
1983	1.642.657	185.022	1.827.679
1984	1.605.826	245.470	1.851.296
1985	1.563.968	313.676	1.877.644
1986	1.511.823	401.821	1.913.644
1987	1.468.524	500.487	1.965.989
1988	1.446.685	606.009	2.047.993
1989	1.455.326	723.125	2.167.036
1990	1.506.208	855.953	2.351.080
1991	1.584.908	1.012.119	2.597.027
1992	1.696.453	1.229.127	2.925.580

5.6. Fatores de Emissão

O cálculo do fator de emissão para veículos novos foi baseado em resultados obtidos pela Divisão de Fontes Móveis da CETESB, para modelos 1981.

Para os veículos a gasolina, o fator de emissão foi obtido através de uma média ponderada, considerando-se a distribuição de veículos por modelo apresentada no item 5.4.b. deste relatório. Os fatores de emissão obtidos para gasolina com 20% de álcool são:

CO = 36,8 g/km

HC = 3,3 g/km

NO_x = 1,4 g/km

3.6. Para os veículos a álcool, pelo fato de não se dispor de dados que permitam uma ponderação, os fatores de emissão foram obtidos através de média aritmética simples e são:

$$CO = 18,5 \text{ g/km}$$

$$HC = 0,9 \text{ g/km}$$

$$NO_x = 1,2 \text{ g/km}$$

Para os veículos com idade igual ou maior que um ano, considerou-se os fatores de emissão de CO e HC para veículos novos acrescidos de um fator de deterioração.

Para as emissões de NO_x considerou-se não haver deterioração ao longo do tempo, conforme indicado na literatura consultada.

Os fatores de deterioração utilizados neste estudo foram extraídos do estudo "Mobile Source Emission Factors" publicado pela U.S.E.P.A. em 1981. Para os veículos a gasolina, até o modelo 1977, utilizou-se os fatores de deterioração para os modelos 1968/69 de veículos dos EUA, ou seja:

$$CO = 56,34 + 2,55 Y \text{ (g/milha)}$$

$$HC = 4,43 + 0,25 Y \text{ (g/milha)}$$

A proporção obtida através destes fatores foi aplicada aos veículos a álcool.

Para os veículos a gasolina anteriores a 1977 utilizou-se os fatores de deterioração para os modelos pré 1968 de veículos dos EUA, ou seja:

$$CO = 78,27 + 2,25 Y \text{ (g/milha)}$$

$$HC = 7,25 + 0,18 Y \text{ (g/milha)}$$

Para todas as equações $Y = \frac{\text{milhas rodadas}}{10.000}$

Devido à falta de dados para se estabelecer o fator de emissão de NO_x para modelos anteriores a 1977, foi adotado o valor de 1,0 g/km, representativo do Sedan VW operando com gasolina.

A metodologia de cálculo considerada para a obtenção de fatores de emissão da frota circulante nas datas de interesse é aquela apresentada no "Compilation of Air Pollution Emission Factors" (AP-42, publicação da U.S.E.P.A.).

Assim, foram obtidos os seguintes fatores de emissão, para veículos não controlados.

FATORES DE EMISSÃO (g/km)							
Tipo	Poluente	1981	1983	1985	1987	1990	1992
Veículos a Gasolina	CO	54,80*	48,30	48,26	48,0	46,76	46,28
	HC	4,78*	4,51	4,50	4,48	4,34	4,22
	NO _x	1,20*	1,29	1,33	1,35	1,40	1,40
Veículos a Álcool	CO	18,50	20,82	21,28	21,50	21,72	21,76
	HC	0,90	1,03	1,06	1,07	1,08	1,08
	NO _x	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20

* Para gasolina com 12% álcool. Os outros fatores são para gasolina com 20% álcool.

5.7. Qualidade do ar

Os padrões de qualidade do ar (PQA) de interesse para o presente estudo são os padrões estabelecidos para CO e oxidantes fotoquímicos. Assim temos que:

a. Para CO

PQA 1 hora = 35 ppm (40000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

PQA 8 horas = 9 ppm (10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

b. Para oxidantes fotoquímicos

PQA 1 hora = 82 ppb (160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), expresso como ozona.

Estes padrões tem sido frequentemente ultrapassados. Os principais dados relativos a CO e oxidantes fotoquímicos para o ano de 1981, conforme dados da Gerência de Qualidade do Ar da CETESB, são mostrados a seguir:

QUALIDADE DO AR (1981)									
ESTAÇÃO	O ₃ (1h, ppb)			CO (1h, ppm)			CO (8h, ppm)		
	M1	M2	U	M1	M2	U	M1	M2	U
Peque.D.Pedro	150	140	47	43,2	29,8	1	20,1	17,1	17
Moôca	226	207	93	26,5	23,0	—	15,0	14,9	10
Congonhas	164	146	11	28,9	28,0	—	22,8	21,2	65
C.Cesar	—	—	—	28,6	26,0	—	17,8	17,4	52
Pça. Correio	—	—	—	42,5	39,0	7	26,7	26,6	282
Lapa	323	176	46	—	—	—	—	—	—
Juquitiba	101	94	11	10,6	9,8	—	2,4	2,3	—

M1 = Valor máximo observado

M2 = 2º Valor máximo observado

U = nº de ultrapassagens do PQA

5.8 Variação nas Emissões

Considerando-se a quilometragem média rodada por ida de do veículo, fatores de emissão e número de veícu los em circulação, foi feita a estimativa das emis sões sem controle para o período em estudo, a qual é mostrada abaixo:

EMISSION DE VEÍCULOS LEVES NO MSP			
Poluente Ano	CO	HC	NO _x
1981	4166,7	361,0	94,8
1983	3435,8	305,6	101,1
1985	3319,6	290,8	103,8
1987	3299,2	281,1	109,7
1990	3707,1	301,8	131,9
1992	4478,2	353,2	168,2

Pode-se notar que as emissões de CO e HC tendem a de crescer até 1987 quando então voltam a crescer. Isto se deve à diminuição na taxa de crescimento da frota, introdução dos veículos a álcool, renovação da frota e aplicação de fatores de deterioração. As emissões de NO_x tendem a crescer continuamente, devido principalmente à introdução dos veículos a álcool.

6. Estudo da região da Praça do Correio

Foi admitido que a região de influência na qualidade do ar da Praça do Correio consiste no corredor de tráfego formado pela Av. 9 de Julho entre a Av. São João e Pça. 14 Bis e pelas Av. Prestes Maia e Av. Tiradentes, desde a Av. São João até a Av. do Estado. Este corredor tem 4,2 km de extensão e é considerado pela CET como zona sa turada.

Na hora de tráfego mais intenso dos períodos de pico (ma nhã e tarde) o volume médio de veículos nos dois senti- dos é de:

- veículos leves - 6500 veículos/h
- caminhões - 100 veículos/h
- ônibus - 430 veículos/h

Na hora de tráfego mais intenso do período fora de pico o volume médio de veículos nos dois sentidos é de:

- veículos leves - 6000 veículos/h
- caminhões - 140 veículos/h
- ônibus - 400 veículos/h

Com estes dados estimou-se que, num período de 8 horas, passam por esta região, em média:

- 48000 veículos leves
- 800 caminhões
- 3200 ônibus

e considerando que todos os ônibus e caminhões são die sel, teremos a seguinte proporção de um total de 52000 veículos:

- 6. - 92,3% de veículos leves
- 7,7% de veículos diesel

Segundo os dados do DNER, temos para o MSP

- 94,6% de veículos leves
- 5,4% de veículos diesel

de um total de 1904000 veículos leves e diesel.

A proximidade dos resultados indica ser a frota circulante na região da Pça. do Correio representativa da frota circulante no MSP.

As condições do tráfego em termos de velocidade média também são similares as do MSP, ou seja, 31,2 km/h.

Considerando um volume de tráfego igual a 6500 veículos/h percorrendo uma distância de 4,2 km e aplicando-se os fatores de emissão apresentadas no item 5.6 deste relatório, podemos estimar as emissões sem controle de veículos leves nesta região. Temos portanto:

EMIÇÃO DE POLUENTES POR VEÍCULOS NA REGIÃO DA PÇA. DO CORREIO			
Ano \ Poluente	CO kg/h	HC kg/h	NO _x kg/h
1981	1502,5	130,0	35,1
1983	1297,1	117,0	37,4
1985	1237,9	109,2	38,1
1987	1168,2	100,6	38,0
1990	1061,7	87,1	38,0
1992	1009,1	80,5	37,3

As emissões de CO e HC tendem a decrescer aproximadamente de uma forma linear. Em contrapartida, as emissões de NO_x tendem a crescer também de forma aproximadamente linear.

Caso as emissões de 1981 tivessem sido calculadas para um teor de 20% de álcool na gasolina, em vez de 12% de álcool, a série apresentaria uma tendência linear.

7. Praça do Correio versus MSP

A análise dos dados relativos ao MSP e à região da Pça. do Correio indica vantagens para a escolha da região da Praça do Correio para uma simulação de aplicação de padrões de emissão para veículos leves.

Estas vantagens são descritas a seguir:

- .A frota circulante nesta região é representativa, em termos de volume de tráfego de veículos leves, da frota do MSP.
- .Em termos de velocidade média, a região representa as condições de tráfego do MSP.
- .Pelo fato de ser uma região saturada, não deverá haver qualquer aumento significativo no volume de tráfego.
- .Reduz-se o erro relativo à previsão de crescimento da frota circulante.
- .A região da Praça do Correio é a região que tem apresentado os piores índices de qualidade do ar em termos de CO. Portanto é de interesse pesquisar as emissões que diretamente influenciam a qualidade do ar da região.

8. Inventário de emissões para a região da Pça do Correio

Admitindo-se que em 1981 as emissões na Pça do Correio sejam proporcionais às emissões estimadas para o MSP no "Inventário de Emissões Veiculares", teremos:

EMISSION DE POLLUTANTS POR VEHICLES IN PÇA DO CORREIO - 1981						
Tipo de Veículo	CO		HC		NO _x	
	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%
Veículos Leves	1502,5	90,3	175,9	85,8*	35,1	24,4
Veículos Diesel	144,7	8,7	23,6	11,5	108,7	75,6
Motocicletas, etc.	16,6	1,0	5,5	2,7	-	-
Total	1663,8	100,0	205,0	100,0	143,8	100,0

* 22.4 % são devido a evaporação de combustível

Considerando-se como válida a relação entre fontes veiculares e fontes estacionárias apresentada no item 2 deste relatório, teremos:

EMIÇÃO DE POLUENTES NA PRAÇA DO CORREIO - 1981							
Fontes	Poluente	CO		HC		NO _x	
		kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%
Fontes Veiculares		1663,8	96,0	205,0	76,0	143,8	83,0
Fontes Estacionárias		69,3	4,0	64,7	24,0	29,4	17,0
Total		1733,1	100,0	269,7	100,0	173,2	100,0

9. Estratégia de Controle

Os dados acima mencionados mostram claramente a necessidade do estabelecimento de uma estratégia de controle de emissões veiculares.

No que se refere ao monóxido de carbono essa estratégia depende de diretrizes em relação a:

- . tempo desejável para atingimento do padrão de qualidade do ar
- . a data para início e a forma desejada para implantação do padrão de emissão.
- . a tecnologia de controle a ser utilizada
- . a disponibilidade da tecnologia de controle na data desejada.
- . as fontes a serem objeto de controle
- . o nível de aplicação do padrão de emissão (federal, estadual ou metropolitano)

Em relação aos outros poluentes, deve ser discutido o tipo de estratégia a ser utilizada tendo em vista que não existem padrões de qualidade do ar específicos e a dificuldade de correlação dos mesmos com o padrão dos poluentes secundários existente.

10. Recomendações

Para prosseguimento do estudo recomendamos seja a SEMA consultada quanto a estratégia a ser adotada, tendo em vista o que dispõe o artigo 8º inciso VI da lei Federal nº 6938 de 31/08/81.

Data Aquis.:	28 / 8 / 91
Indic.:	
Tempo:	03
Data Tomba:	28 / 8 / 91