

**DIRETORIA DE ENGENHARIA, TECNOLOGIA E QUALIDADE AMBIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DO AR**  
**DIVISÃO DE TECNOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR**

**Avaliação da Qualidade do Ar no  
município de Americana/SP  
março/2002 a dezembro/2003**

**novembro/2004**

## ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. DESCRIÇÃO DOS PARÂMETROS MONITORADOS.....	1
3. PADRÕES DE QUALIDADE DO AR.....	3
4. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR .....	4
4.1 Período do Monitoramento .....	4
4.2 Local do Monitoramento .....	4
4.3 Aquisição dos Dados.....	6
5. ASPECTOS METEOROLÓGICOS .....	7
6. ANÁLISE DOS DADOS.....	9
6.1 Poluentes Regulamentados .....	9
6.1.1 Comportamento do ozônio .....	11
6.1.2 Comparação das concentrações de O <sub>3</sub> com valores de referência para a proteção da vegetação .....	17
6.2 Poluentes não Regulamentados - Enxofre Total Reduzido (ETR).....	18
7. AVALIAÇÃO DAS RECLAMAÇÕES DE ODOR.....	25
8. CONCLUSÃO .....	26
9. RECOMENDAÇÕES.....	27
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1 – Localização da estação de monitoramento .....	5
Figura 2 – Vista da estação móvel em Americana .....	6
Figura 3 – Rosa de Ventos – 24 horas (08/03/02 a 31/12/03).....	7
Figura 4 – Rosa de Ventos por períodos do dia (08/03/02 a 31/12/03). - (a) da 1:00h às 6:00h, (b) das 7h às 12h, (c) das 13h às 18h e (d) das 19h às 24h. ....	8
Figura 5 – Total de ultrapassagens do padrão de O <sub>3</sub> por mês - período 08/03/02 a 18/12/03.....	13
Figura 6 – Horário das máximas de O <sub>3</sub> nos dias de ultrapassagem do padrão - período 08/03/02 a 18/12/03 .....	13
Figura 7 – N° de dias de ultrapassagem do padrão de O <sub>3</sub> por dia da semana - período 08/03/02 a 18/12/03 .....	14
Figura 8 – Total de dias em função da duração em horas de ultrapassagem do padrão de O <sub>3</sub> - período 08/03/02 a 18/12/03 .....	15
Figura 9 – Valores médios de concentração de O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> e NO no período de 08/03/02 a 18/12/03.....	15
Figura 10 – Dispersão de máximas diárias de O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) e máximas de temperatura (°C) no período de 08/03/02 a 18/12/03 .....	16
Figura 11 – Dispersão de máximas diárias de O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) e umidade relativa mínima diária (%) no período de 08/03/02 a 18/12/03.....	16
Figura 12 – Dispersão de máximas diárias de O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) de Americana e máxima diária de radiação global diária (W/m <sup>2</sup> ) de Paulínia de 08/03/02 a 18/12/03 .....	17
Figura 13 - Valores trimestrais acumulados acima de 78,4µg/m <sup>3</sup> (ozônio) AOT40 – período: nov/02 a dez/03.....	18
Figura 14 – Concentrações horárias de ETR período: 20/05/03 a 18/09/03.....	19
Figura 15 – Episódio de ETR – 14/06/03 às 2h.....	20
Figura 16 – Episódio de ETR – 21/08/03 às 23h.....	20
Figura 17 – Concentrações médias horárias de ETR.....	21
Figura 18 – Concentrações máximas diárias de ETR .....	22
Figura 19 – Reclamações recebidas separadas por quadrantes do município de Americana (março de 2002 a dezembro de 2003). ....	25

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Padrões nacionais de qualidade do ar e critérios para episódios agudos de poluição do ar.....	3
Tabela 2 - Estrutura do índice de qualidade do ar.....	4
Tabela 3 - Poluentes e métodos de medição.....	6
Tabela 4 - Distribuição do índice diário de qualidade do ar.....	9
Tabela 5 - Partículas Inaláveis (MP <sub>10</sub> ) - µg/m <sup>3</sup> .....	10
Tabela 6 - Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> ) - µg/m <sup>3</sup> .....	10
Tabela 7 - Monóxido de Carbono (CO) - ppm.....	10
Tabela 8 - Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> ) - µg/m <sup>3</sup> .....	11
Tabela 9 - Ozônio (O <sub>3</sub> ) - µg/m <sup>3</sup> .....	11
Tabela 10 – Dias de ultrapassagens do padrão de Ozônio e Direção Predominante do Vento.....	12
Tabela 11 - Estimativas do percentual de pessoas sensíveis a diferentes concentrações de H <sub>2</sub> S.....	19
Tabela 12 - Frequência relativa de ETR por faixa de concentração.....	22
Tabela 13 - Ultrapassagens do limite de percepção de odor de H <sub>2</sub> S.....	23
Tabela 14 - Ultrapassagens do valor de referência da qualidade do ar para ETR.....	23
Tabela 15 – Dias em que as concentrações de ETR ultrapassaram 100ppb e a Direção predominante do vento.....	23

## SUMÁRIO

A CETESB efetuou monitoramento da qualidade do ar no município de Americana, no período de 08/03/2002 a 18/12/2003. Este relatório apresenta os resultados obtidos durante todo o período de monitoramento comparando-os com os padrões legais de qualidade do ar. Como foram observadas várias ultrapassagens do padrão de ozônio, foram efetuadas análises para se entender melhor o comportamento deste poluente no município.

Os poluentes  $MP_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $CO$  e  $NO_2$  se mantiveram abaixo dos padrões legais de qualidade do ar, não apresentando comprometimento significativo para o município estudado. Quanto ao poluente  $O_3$ , o padrão foi excedido em 12 dias no ano de 2002, inclusive sendo classificada a qualidade do ar como "Má" em duas oportunidades. Em 2003, o padrão foi excedido em 13 dias, classificados como qualidade do ar "Inadequada".

O município de Americana sofre influência de fontes de emissão de compostos de enxofre total reduzido (ETR), que podem ser emitidos, entre outros, por processos industriais na fabricação de rayon viscosa e de papel e celulose. Este relatório apresenta também, os resultados do monitoramento de alguns poluentes responsáveis pelo odor e ainda, um levantamento de todas as reclamações recebidas em 2002 e 2003, na tentativa de identificar os prováveis causadores do odor sentido pela população.

Com relação ao problema do odor, constatou-se que efetivamente ocorreram concentrações de ETR superiores aos limites de detecção de odor e valor de referência encontrados na literatura. O registro das reclamações feitas pela população comprova que a proximidade das fontes de emissão agrava o incômodo causado por estes poluentes, entretanto, mesmo em regiões mais distantes das fontes consideradas foi registrado grande número de reclamações, indicando ser este um problema que afeta a cidade como um todo.

## 1. INTRODUÇÃO

O município de Americana, integrante da Região Metropolitana de Campinas, está localizado na região leste do Estado de São Paulo, a 124km da capital do Estado e a 35km do município de Campinas. Possui uma área total de 133,9km<sup>2</sup>, dos quais 97,4km<sup>2</sup> estão na área urbana. Está situado em uma região de planalto, a uma altitude de 545 metros. Segundo o último censo, possui uma população de, aproximadamente, 180 mil habitantes<sup>(1)</sup>. Possui ainda, uma frota de, aproximadamente, 70.000 veículos leves, 6.000 veículos pesados e 15.000 motocicletas<sup>(2)</sup>.

Este relatório trata da avaliação da qualidade do ar no município, apresentando, como referência, os poluentes regulamentados e os padrões de qualidade do ar aplicados no Estado de São Paulo. É descrita ainda, a metodologia aplicada na avaliação da qualidade do ar e são apresentados os dados medidos de concentração de poluentes e das variáveis meteorológicas, bem como os resultados e conclusões obtidas a partir da análise desses parâmetros. Como foram observadas várias ultrapassagens do padrão de ozônio, foram efetuadas análises para se entender melhor o comportamento desse poluente no município.

O município de Americana pode sofrer influência de fontes potenciais de emissão de compostos de enxofre total reduzido (ETR), que podem ser emitidos por processos industriais na fabricação de rayon viscosa (Vicunha Têxtil S/A, localizada em Americana) e de papel e celulose (Ripasa S/A – Celulose e Papel, localizada em Limeira).

Fez-se ainda um levantamento de todas as reclamações recebidas em 2002 e 2003, na tentativa de identificar os prováveis causadores do odor sentido pela população. O relatório apresenta também os resultados do monitoramento de alguns poluentes responsáveis pelo odor.

## 2. DESCRIÇÃO DOS PARÂMETROS MONITORADOS

### Partículas Inaláveis (MP<sub>10</sub>)

Um modo simples de definir as partículas inaláveis é classificar todas aquelas com tamanho menor que 10µm. Essas partículas caracterizam-se por penetrar nas vias respiratórias (quanto menor, mais profundamente penetram) e, quando instaladas nos pulmões, diminuem a capacidade respiratória. Em uma atmosfera urbana, parte destas partículas são emitidas por veículos automotores, parte por processos de queima de biomassa e parte durante a operação de processos industriais. São ainda fontes importantes dessas partículas os aerossóis secundários e a ressuspensão de poeira do solo.

### Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)

O dióxido de enxofre é emitido basicamente pela queima de óleo combustível e diesel, que contém enxofre em sua composição. O SO<sub>2</sub>, em altas concentrações, produz irritação no sistema respiratório e problemas cardiovasculares, além de contribuir para a formação da chuva ácida.

### **Monóxido de Carbono (CO)**

Origina-se da queima incompleta de qualquer combustível carbonáceo (biomassa, fósseis, etc.) e é geralmente encontrado em maiores concentrações nas cidades, onde os veículos têm grande parcela de responsabilidade nas concentrações. Em decorrência da grande facilidade em se combinar com a hemoglobina do sangue, o CO, em altas concentrações, prejudica a oxigenação do organismo, causando a diminuição dos reflexos e da acuidade visual.

### **Óxidos de Nitrogênio (NO e NO<sub>2</sub>)**

São formados durante as combustões. Em cidades, os veículos geralmente são os principais responsáveis pela emissão dos óxidos de nitrogênio. O NO, sob a ação da luz solar se transforma em NO<sub>2</sub> e tem papel importante na formação dos oxidantes fotoquímicos como o ozônio. O NO<sub>2</sub> penetra profundamente no sistema respiratório, e dá origem a substâncias cancerígenas como as nitrosaminas. Causa irritação, podendo conduzir a sintomas que lembram os do enfisema.

### **Ozônio (O<sub>3</sub>)**

O ozônio não é um poluente emitido diretamente por qualquer fonte, mas sim formado na atmosfera, através da reação entre compostos orgânicos voláteis, denominados precursores do ozônio, em presença da luz solar. Por não ser emitido diretamente pelas fontes, é denominado poluente secundário. No caso do ozônio, a literatura especializada descreve a presença de altas concentrações em distâncias significativas das fontes de emissão de seus precursores. A presença de O<sub>3</sub> na atmosfera está associada à redução da capacidade pulmonar, irritação dos olhos e envelhecimento precoce. Pessoas com asma estão entre as mais suscetíveis ao efeito do O<sub>3</sub>.

### **Compostos de Enxofre Reduzido**

Os compostos de enxofre reduzido podem ocorrer naturalmente no ambiente como resultado da degradação microbiológica de sulfatos, sob condições anaeróbias, e como resultado da decomposição bacteriológica de proteínas. Assim, a combinação de um ambiente anaeróbio com matéria orgânica contendo sulfato, resultará na produção de compostos reduzidos de enxofre<sup>(3)</sup>. A soma das concentrações destes compostos é denominada Enxofre Total Reduzido (ETR), dentre os quais os mais comuns e abundantes são: sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), metilmercaptana (CH<sub>3</sub>SH), dimetil sulfeto ((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>S) e dimetil dissulfeto (CH<sub>3</sub>SSCH<sub>3</sub>)<sup>(3)</sup>. Estes compostos possuem baixo limite de percepção de odor, e, do ponto de vista toxicológico, indivíduos expostos a ETR relatam sintomas similares àqueles relatados por exposição ao H<sub>2</sub>S, isoladamente. Tais sintomas incluem: irritação dos olhos, nariz e sistema respiratório, e dor de cabeça<sup>(3)</sup>.

### **Parâmetros Meteorológicos**

As concentrações dos poluentes na atmosfera são diretamente influenciadas pelas condições meteorológicas atuantes no período. Parâmetros como direção e velocidade do vento, a altura da camada de mistura, turbulência atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, são sabidamente importantes nas condições locais que influenciam os níveis dos poluentes. Altos níveis de concentração de determinados poluentes podem

ocorrer não só pela condição meteorológica local, mas também pelo transporte aéreo de poluentes de regiões vizinhas.

No caso do ozônio, além do efeito do transporte, são fundamentais também as informações de radiação solar incidente, uma vez que a formação do ozônio ocorre por processo fotoquímico, ou seja, na presença de luz solar.

### 3. PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

Os padrões de qualidade do ar nos quais a CETESB se baseia estão definidos por meio do Decreto Estadual nº 8468/76<sup>(4)</sup> e da Resolução CONAMA nº 3, de 28/06/90<sup>(5)</sup>. Cada padrão define legalmente um limite máximo para a concentração de cada poluente atmosférico de modo que seja garantida a proteção da saúde e do bem-estar da população. A definição desses padrões apoiou-se nos valores estabelecidos pela Agência Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e Organização Mundial de Saúde (OMS), fundamentados em estudos científicos dos efeitos produzidos pelos poluentes, para um dado tempo de exposição, e são fixados em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada. Na tabela 1 são apresentados os padrões nacionais de qualidade do ar, bem como os critérios estabelecidos para episódios agudos de poluição do ar.

**Tabela 1- Padrões nacionais de qualidade do ar e critérios para episódios agudos de poluição do ar.**

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	PADRÃO	PADRÃO	ATENÇÃO	ALERTA	EMERGÊNCIA
		PRIMÁRIO	SECUNDÁRIO			
		µg/m <sup>3</sup>				
partículas totais em suspensão	24 horas <sup>1</sup>	240	150	375	625	875
	MGA <sup>2</sup>	80	60			
partículas inaláveis	24 horas <sup>1</sup>	150	150	250	420	500
	MAA <sup>3</sup>	50	50			
fumaça	24 horas <sup>1</sup>	150	100	250	420	500
	MAA <sup>3</sup>	60	40			
dióxido de enxofre	24 horas <sup>1</sup>	365	100	800	1.600	2.100
	MAA <sup>3</sup>	80	40			
dióxido de nitrogênio	1 hora <sup>1</sup>	320	190	1.130	2.260	3.000
	MAA <sup>3</sup>	100	100			
monóxido de carbono	1 hora <sup>1</sup>	40.000	40.000			
		35ppm	35ppm			
	8 horas <sup>1</sup>	10.000	10.000	15	30	40
		9ppm	9ppm			
ozônio	1 hora <sup>1</sup>	160	160	400	800	1.000
				200*		

<sup>1</sup> Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

<sup>2</sup> Média geométrica anual

<sup>3</sup> Média aritmética anual

\* No Estado de São Paulo, o Estado de Atenção é declarado com base na Legislação Estadual que é mais restritiva

Para simplificar o processo de comunicação dos dados de poluição do ar para a população, a CETESB utiliza um Índice Diário de Qualidade do Ar, obtido por meio de uma função relacionada à concentração de poluentes. O índice é um número adimensional e é calculado individualmente para cada poluente. Para efeito de divulgação utiliza-se o índice mais elevado, ou seja, a qualidade do ar de uma estação é determinada pelo poluente cujo índice for o mais elevado. Na tabela 2, pode-se visualizar a escala utilizada para classificar a qualidade do ar.

**Tabela 2 - Estrutura do índice de qualidade do ar.**

<b>Índice</b>	<b>Qualidade do Ar</b>	<b>Significado</b>
0 - 50	Boa	abaixo do padrão anual*
51 - 100	Regular	abaixo do padrão primário
101 - 199	Inadequada	acima do padrão primário
200 - 299	Má	acima do nível de atenção
300 - 399	Péssima	acima do nível de alerta
> 400	Crítica	acima do nível de emergência

\* Para o O<sub>3</sub> e CO: Índices abaixo da metade do padrão diário

Ressalte-se que, tanto a classificação “Boa” como “Regular” identificam qualidade do ar dentro dos padrões legais para exposição de curto prazo (entre 1 e 24 horas).

## **4. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR**

### **4.1 Período do Monitoramento**

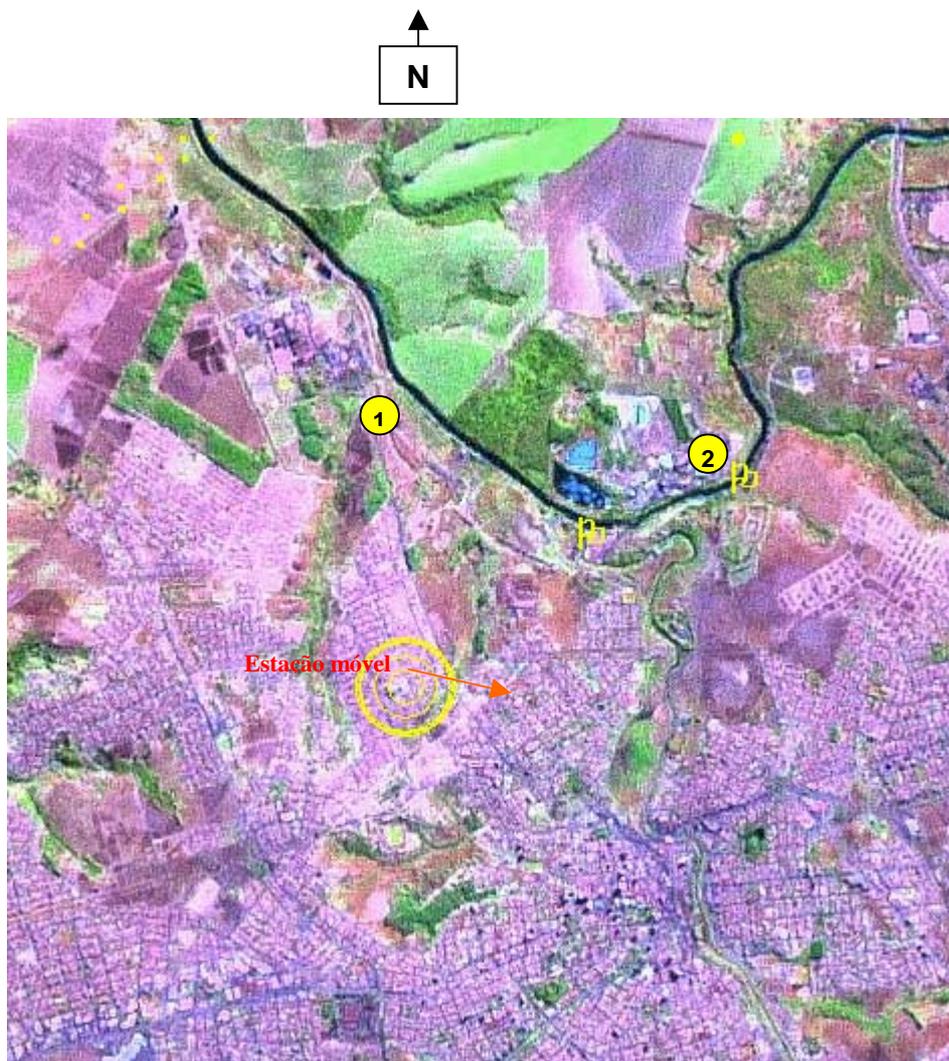
O monitoramento dos poluentes regulamentados e dos parâmetros meteorológicos foi realizado no período de 08/03/2002 a 18/12/2003.

O monitoramento dos compostos de enxofre total reduzido foi realizado no período de 20/05/2003 a 18/09/2003.

### **4.2 Local do Monitoramento**

A estação móvel permaneceu à Rua China nº 233 – Parque das Nações (EMEI Baeti) – UTM: 23K0258992 – 7485136 – altitude de 604m.

A figura 1 mostra a localização da estação móvel em relação às principais fontes emissoras de compostos reduzidos de enxofre (ETR). A figura 2 mostra uma vista da estação móvel.



1 Vicunha Têxtil S/A

2 Ripasa S/A Celulose e Papel

**Figura 1 – Localização da estação de monitoramento**

Fonte: Secretaria do Estado do Meio Ambiente (SMA): Janela Eletrônica – Núcleo de Pesquisas em Tecnologia Avançada para Monitoramento e Proteção Ambiental (NATA)



**Figura 2 – Vista da estação móvel em Americana**

#### 4.3 Aquisição dos Dados

O monitoramento da qualidade do ar em Americana foi efetuado por intermédio de uma estação móvel da rede automática de monitoramento de qualidade do ar da CETESB. Para cada poluente avaliado, foi utilizado um equipamento automático específico, que coletou a amostra do ar e analisou o poluente em questão. Os dados gerados pelos monitores foram armazenados em um microcomputador da própria estação, sendo então transferidos para a estação central de processamento da rede telemétrica, onde foram processados e validados.

Os parâmetros meteorológicos medidos no próprio local foram: umidade relativa do ar e temperatura, direção e velocidade do vento.

A tabela 3 apresenta os poluentes avaliados e os respectivos métodos de medição.

**Tabela 3 - Poluentes e métodos de medição**

	<b>Poluente</b>	<b>Método de Medição</b>
Poluentes Regulamentados	Partículas inaláveis (MP <sub>10</sub> )	Absorção de radiação Beta
	Dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> )	Fluorescência
	Monóxido de carbono (CO)	Infra-vermelho não dispersivo
	Dióxido de nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	Quimiluminescência
	Ozônio (O <sub>3</sub> )	Fotométrico com radiação ultravioleta
Outros poluentes	Compostos de enxofre total reduzido (ETR)	Conversão a SO <sub>2</sub> e fluorescência

## 5. ASPECTOS METEOROLÓGICOS

A análise das condições meteorológicas é fundamental pois, além das emissões, elas também são importantes para a qualidade do ar local. Em relação aos poluentes primários, normalmente as concentrações mais elevadas estão associadas às condições de pouca ventilação e atmosfera estável. No caso do ozônio, deve-se considerar também os parâmetros que interferem nas reações químicas que promovem a formação/destruição do ozônio na atmosfera, tais como a radiação solar, a temperatura e a intensidade do vento, que possibilita o transporte aéreo, tanto deste poluente quanto de seus precursores.

A figura 3 apresenta a rosa de ventos elaborada a partir dos dados horários de direção e velocidade do vento de todo o período monitorado. Pode-se observar que a predominância é de ventos de SSE e SE, e a porcentagem de calmaria e de ventos variáveis (ventos fracos) foi de 49%, valor este considerado bastante elevado quando comparado a outros municípios já estudados.



Figura 3 – Rosa de Ventos – 24 horas (08/03/02 a 31/12/03)

As rosas de ventos foram divididas em períodos do dia e encontram-se na figura 4. Observa-se que, durante a madrugada (figura 4a) e à noite (figura 4d), os ventos de SSE são os predominantes, seguidos pela direção SE. A porcentagem de calmaria e de ventos variáveis foi muito alta no período da madrugada, correspondendo a 66% do tempo. Durante a noite este percentual foi de 45%. No período da manhã (figura 4b) nota-se, além das direções SSE e SE, ventos do quadrante NE e a porcentagem de calmaria e de ventos variáveis foi de 47%. À tarde (figura 4c) ocorre a predominância das direções NNE e SSE, seguida pelas direções N, SSW e S. Este é o período do dia em que ocorreu a menor porcentagem de calmaria e de ventos variáveis de todo o dia (38%).

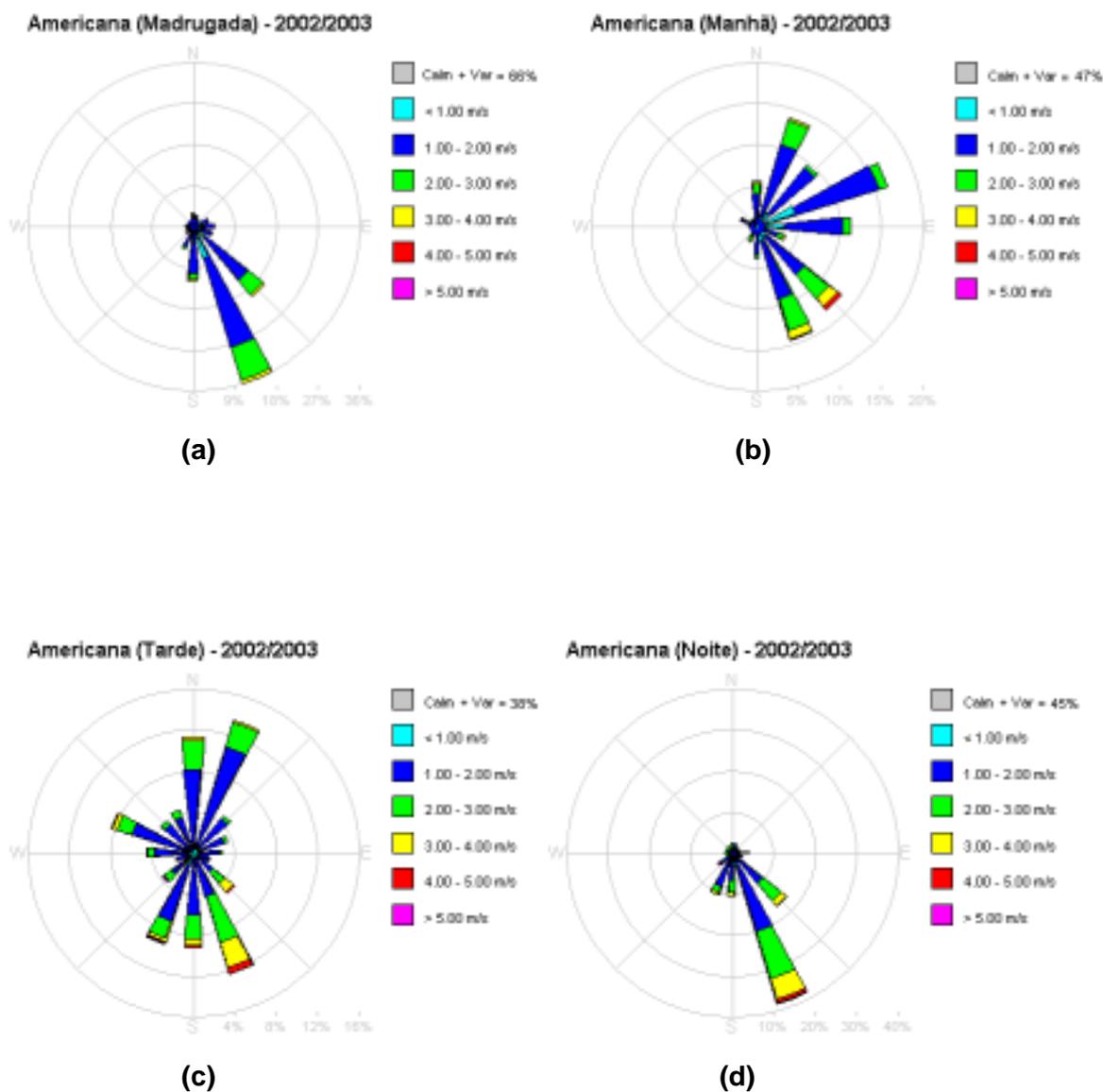


Figura 4 – Rosas de Ventos por períodos do dia (08/03/02 a 31/12/03). - (a) da 1:00h às 6:00h, (b) das 7h às 12h, (c) das 13h às 18h e (d) das 19h às 24h.

## 6. ANÁLISE DOS DADOS

### 6.1 Poluentes Regulamentados

A partir dos dados diários, que encontram-se na tabela A do Anexo e da estrutura dos índices conforme tabela 2, elaborou-se a tabela 4, que mostra o número de dias monitorados para cada poluente e a frequência (número de dias), dos índices de qualidade do ar observados no período. Os valores horários de concentração dos poluentes regulamentados e parâmetros meteorológicos podem ser encontrados na Tabela E do Anexo.

**Tabela 4 - Distribuição do índice diário de qualidade do ar**

**Período: 08/03/02 a 31/12/02**

Poluente	Total dias	Boa		Regular		Inadequada		Má	
		(dias)	%	(dias)	%	(dias)	%	(dias)	%
MP <sub>10</sub>	288	182	63	106	37	-	-	-	-
SO <sub>2</sub>	280	280	100	-	-	-	-	-	-
O <sub>3</sub>	299	81	27	206	69	10	3	2	1
NO <sub>2</sub>	232	215	93	17	7	-	-	-	-
CO(8 horas)	290	290	100	-	-	-	-	-	-

**Período: 01/01/03 a 18/12/03**

Poluente	Total dias	Boa		Regular		Inadequada		Má	
		(dias)	%	(dias)	%	(dias)	%	(dias)	%
MP <sub>10</sub>	256	179	70	77	30	0	0	-	-
SO <sub>2</sub>	246	246	100	-	-	-	-	-	-
O <sub>3</sub>	324	119	37	192	59	13	4	-	-
NO <sub>2</sub>	313	281	86	45	14	-	-	-	-
CO(8 horas)	287	287	100	-	-	-	-	-	-

Obs.: Ultrapassagens do padrão = inadequada + má . Foi considerado o critério de representatividade diário para o cálculo do total de dias de MP<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>

Nas tabelas 5 a 9, são apresentados os resultados de cada poluente, separados por ano, para que se possa analisar o comportamento dos mesmos em relação ao padrão de qualidade anual. Embora em alguns casos o monitoramento não tenha atendido ao critério de representatividade anual (50% de cada quadrimestre), é possível fazer a comparação com o padrão, pois o monitoramento compreendeu quase um ano, incluindo os meses de inverno, quando as condições meteorológicas de dispersão dos poluentes primários são, geralmente, mais desfavoráveis.

O padrão diário de  $MP_{10}$  ( $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) não foi ultrapassado nenhuma vez durante o período de monitoramento. Com relação ao padrão anual ( $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), é mais provável que não tenha sido ultrapassado, pois o período estudado compreendeu quase um ano, incluindo-se o período de inverno.

Foi divulgada no Relatório Anual de Qualidade do Ar – 2003 uma ultrapassagem do padrão de  $MP_{10}$ , porém após revisão final dos dados, constatou-se problemas no equipamento de medição no período da ocorrência e, conseqüentemente, esse dado foi cancelado.

**Tabela 5 - Partículas Inaláveis ( $MP_{10}$ ) -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Período	Média Aritmética	Médias 24 horas	
		1ª Máxima	2ª Máxima
08/03/02 a 31/12/02	44*	101*	97*
01/01/03 a 18/12/03	38*	109*	103*

\* Não atendeu ao critério de representatividade dos dados

Os padrões diários primário e secundário ( $365\mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de  $\text{SO}_2$  não foram ultrapassados em todo o período de monitoramento. O maior valor atingido,  $67\mu\text{g}/\text{m}^3$ , pode ser considerado baixo em relação ao padrão diário ( $365\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). As médias aritméticas anuais observadas estão bem abaixo do padrão anual ( $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**Tabela 6 - Dióxido de Enxofre ( $\text{SO}_2$ ) -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Período	Média Aritmética	Médias 24 horas	
		1ª Máxima	2ª Máxima
08/03/02 a 31/12/02	14*	67*	38*
01/01/03 a 18/12/03	8*	32*	29*

\* Não atendeu ao critério de representatividade dos dados

Quanto ao CO, não houve violação do padrão de 8h (9ppm). O máximo valor das máximas diárias de 8h (3,2ppm), está bem abaixo do padrão.

**Tabela 7 - Monóxido de Carbono (CO) - ppm**

Período	Máximas diárias de 8 horas	
	1ª Máxima	2ª Máxima
08/03/02 a 31/12/02	2,5*	2,5*
01/01/03 a 18/12/03	3,2	3,0

- Não atendeu ao critério de representatividade dos dados

Não ocorreram ultrapassagens do padrão primário de 1 hora ( $320\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para  $\text{NO}_2$ . O maior valor horário durante todo o monitoramento foi de  $211\mu\text{g}/\text{m}^3$ . As médias aritméticas de todos os valores observados no período ficaram bem abaixo do padrão anual de  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Tabela 8 - Dióxido de Nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ) -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Período	Média Aritmética	Máx.diárias de 1h	
		1ª Máxima	2ª Máxima
08/03/02 a 31/12/02	30*	211*	148*
01/01/03 a 18/12/03	33	174	154

\* Não atendeu ao critério de representatividade dos dados

O ozônio ultrapassou o padrão de qualidade do ar por 12 dias em 2002, (4% dos dias monitorados), sendo que em dois deles atingiu também o nível de atenção ( $> 200\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Os máximos valores encontrados foram de  $219\mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $214\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente nos dias 04/10/02 e 12/10/02. Em 2003 ocorreram ultrapassagens do padrão de qualidade do ar em 13 dias (4% dos dias monitorados). Os máximos valores encontrados foram de  $179\mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $177\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente nos dias 07/01/03 e 27/06/03.

**Tabela 9 - Ozônio ( $\text{O}_3$ ) -  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Período	Máximas diárias de 1 hora	
	1ª Máxima	2ª Máxima
08/03/02 a 31/12/02	219*	214*
01/01/03 a 18/12/03	179	177

Não atendeu ao critério de representatividade dos dados

### 6.1.1 Comportamento do ozônio

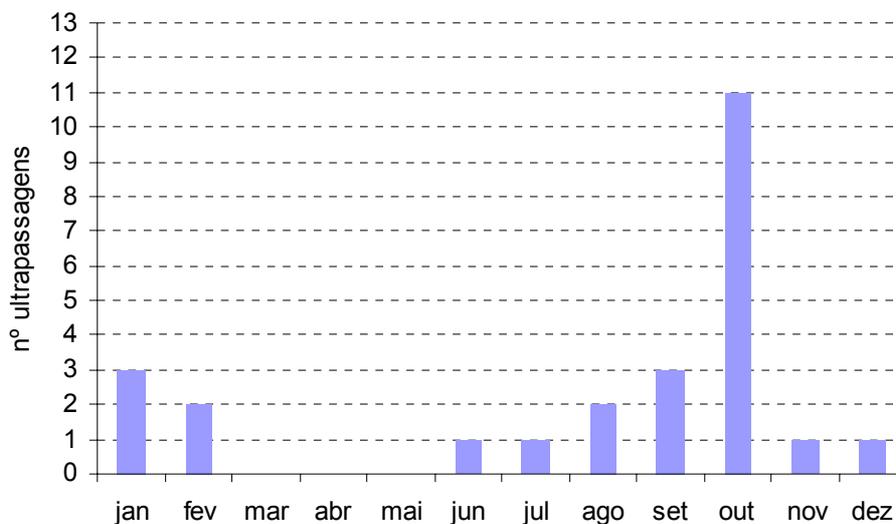
Dentre os poluentes regulamentados, o ozônio é, atualmente, o poluente mais preocupante. Em Americana, no período de 08/03/2002 a 18/12/2003, ocorreram 25 ultrapassagens do padrão desse poluente (PQAR:  $160\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), conforme pode ser observado na tabela 10.

A tabela 10 mostra os horários em que ocorreram as máximas concentrações, em dias de ultrapassagem do padrão de ozônio, e as direções do vento, tanto no horário do episódio quanto nas três horas antes do mesmo ocorrer. Pode-se observar que cerca de 50% dos episódios ocorreram em condições de calma ou com ventos variáveis. Os episódios restantes ocorreram com ventos de direções variadas.

**Tabela 10 – Dias de ultrapassagens do padrão de Ozônio e Direção Predominante do Vento**

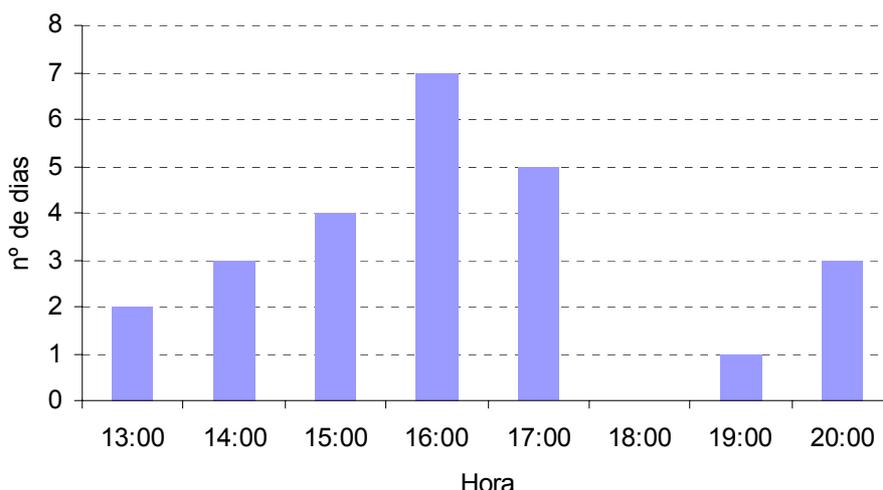
Data	Hora	Máx. O <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup>	Vento hora epis.	Vento 1h antes	Vento 2h antes	Vento 3h antes
07-ago-02	16:00	182	calmaria	calmaria	calmaria	calmaria
03-set-02	17:00	178	calmaria	calmaria	variável	calmaria
27-set-02	15:00	162	variável	calmaria	calmaria	calmaria
03-out-02	15:00	185	SW	calmaria	calmaria	NE
04-out-02	16:00	219	calmaria	calmaria	calmaria	ESE
12-out-02	13:00	214	calmaria	NNE	NNE	calmaria
16-out-02	17:00	192	calmaria	calmaria	calmaria	variável
17-out-02	14:00	189	SSE	S	S	SSE
22-out-02	16:00	168	SSE	S	S	S
28-out-02	14:00	182	variável	calmaria	calmaria	calmaria
03-nov-02	17:00	176	calmaria	calmaria	E	calmaria
18-dez-02	20:00	163	SSW	SSW	SSW	S
07-jan-03	15:00	179	E	ENE	calmaria	calmaria
08-jan-03	20:00	171	calmaria	calmaria	variável	E
15-jan-03	20:00	172	S	S	S	S
27-fev-03	17:00	166	variável	calmaria	calmaria	calmaria
28-fev-03	17:00	162	S	variável	variável	calmaria
27-jun-03	16:00	177	variável	calmaria	calmaria	calmaria
03-jul-03	14:00	172	calmaria	variável	E	calmaria
22-ago-03	16:00	169	S	variável	variável	variável
25-set-03	16:00	173	SSW	SE	ESE	SE
03-out-03	13:00	167	NW	variável	SE	SE
18-out-03	15:00	167	NNE	variável	W	NNW
20-out-03	16:00	176	SSE	SSE	SSE	SSE
30-out-03	19:00	169	S	SSW	SSW	SE

A figura 5 mostra o total de ultrapassagens do padrão por mês, onde se observa que a maior frequência ocorreu em outubro. Na comparação do número de episódios de ozônio por mês do ano, observa-se que a maior frequência não ocorreu nos meses com maior incidência de radiação solar no topo da atmosfera (dezembro a fevereiro). No entanto, deve-se considerar que o monitoramento teve início em março de 2002 e foi concluído em meados de dezembro de 2003, portanto os meses de dezembro, janeiro e fevereiro referem-se apenas a um ano de monitoramento, ao contrário dos demais meses em que os dois anos foram considerados.



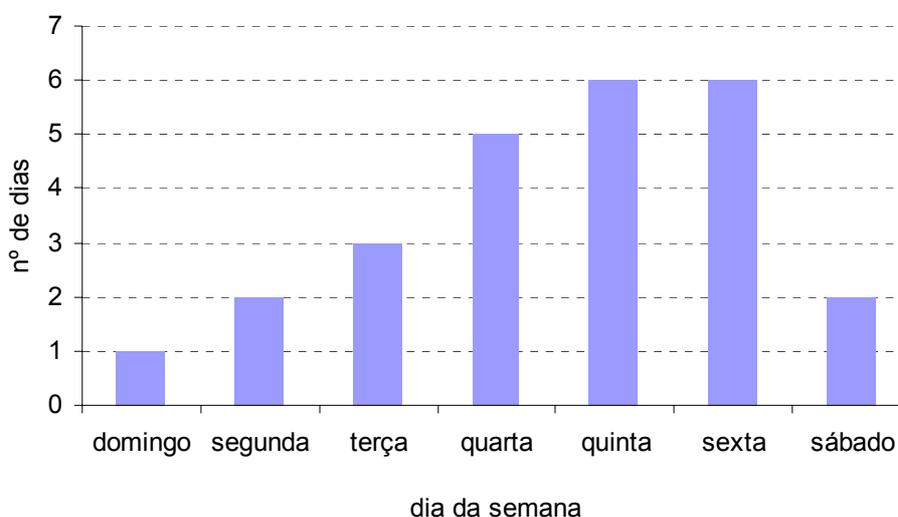
**Figura 5 – Total de ultrapassagens do padrão de O<sub>3</sub> por mês - período 08/03/02 a 18/12/03**

Na figura 6, observa-se que os episódios de ozônio ocorreram no período da tarde, com maior incidência das máximas às 16h. Diferentemente do que acontece na Região Metropolitana de São Paulo, observaram-se ultrapassagens do padrão até às 20h, considerando-se o horário de verão. Esse fato, provavelmente, ocorre porque fatores meteorológicos e topográficos fazem com que os precursores do ozônio, sejam transportados a diferentes locais distantes de onde foram emitidos, resultando em altos níveis de ozônio em locais distantes das fontes.



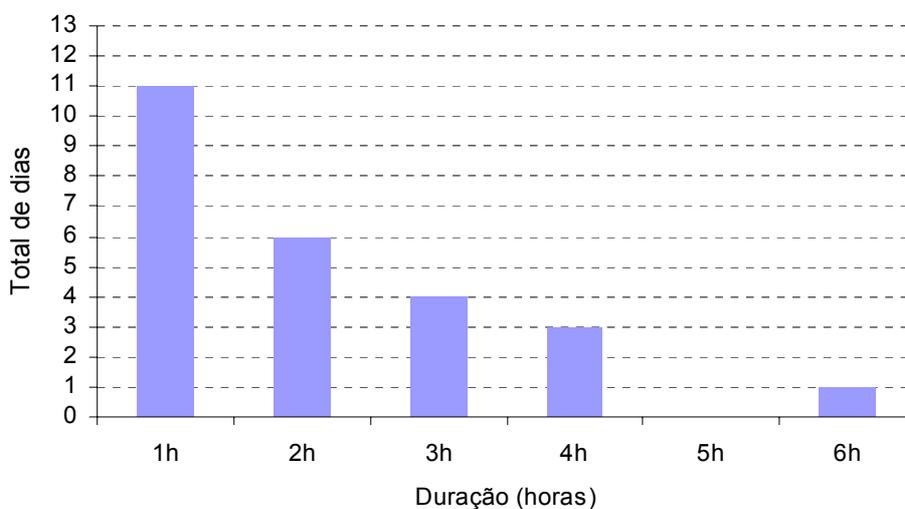
**Figura 6 - Horário das máximas de O<sub>3</sub> nos dias de ultrapassagem do padrão - período 08/03/02 a 18/12/03**

Os mecanismos de formação do ozônio atmosférico são extremamente complexos, de tal modo que em atmosferas muito poluídas, conforme demonstrado por simulações matemáticas <sup>(6)</sup>, mesmo com a redução de concentração de um precursor, é possível que não se observe redução significativa na concentração de O<sub>3</sub> na atmosfera. Em São Paulo, não há diferenças significativas entre os dias úteis e finais de semana, ou seja, mesmo aos sábados e domingos, quando ocorre redução do tráfego urbano, e conseqüentemente na emissão de precursores, observa-se ainda um grande número de ultrapassagens do padrão<sup>(7)</sup>. A figura 7 mostra a distribuição dos episódios por dia da semana em Americana, onde se verifica a redução nos números de ultrapassagens aos domingos, que pode estar associada às condições meteorológicas, como também à diminuição do tráfego não só em Americana, mas inclusive nos municípios vizinhos, que conseqüentemente pode ocasionar a redução dos precursores.



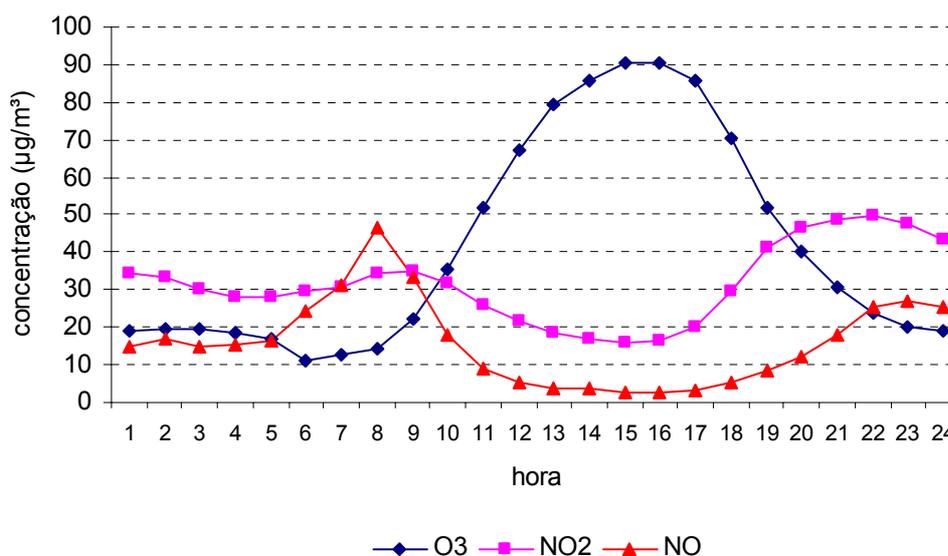
**Figura 7 - Nº de dias de ultrapassagem do padrão de O<sub>3</sub> por dia da semana - período 08/03/02 a 18/12/03**

O número de dias em função da duração em horas de ultrapassagem do padrão está apresentado na figura 8. A duração dos episódios é curta, na maioria dos casos entre 1 e 2 horas, embora tenham sido observados episódios com duração de até 6 horas de ultrapassagens consecutivas do padrão.



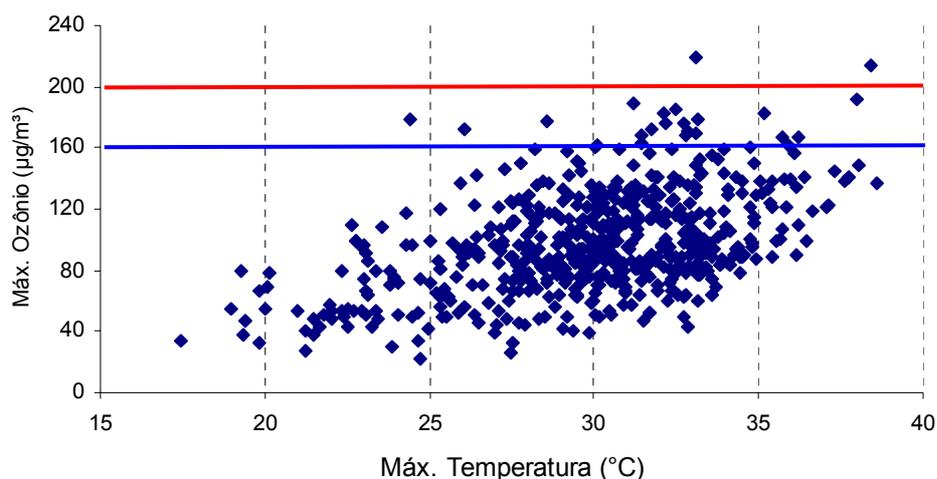
**Figura 8 – Total de dias em função da duração em horas de ultrapassagem do padrão de O<sub>3</sub> - período 08/03/02 a 18/12/03**

A figura 9 mostra o comportamento médio das concentrações de NO, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> para o período amostrado, onde é observado um padrão de comportamento típico encontrado na literatura<sup>6</sup>, ou seja, há um pico de NO às 8 horas da manhã, por volta das 9 horas há um ligeiro aumento de NO<sub>2</sub>, que decresce logo em seguida com o início do aumento da concentração de O<sub>3</sub>, que atinge uma maior concentração média entre 15h e 16h. A concentração média de NO apresenta valores quase nulos no período de alta concentração de ozônio.



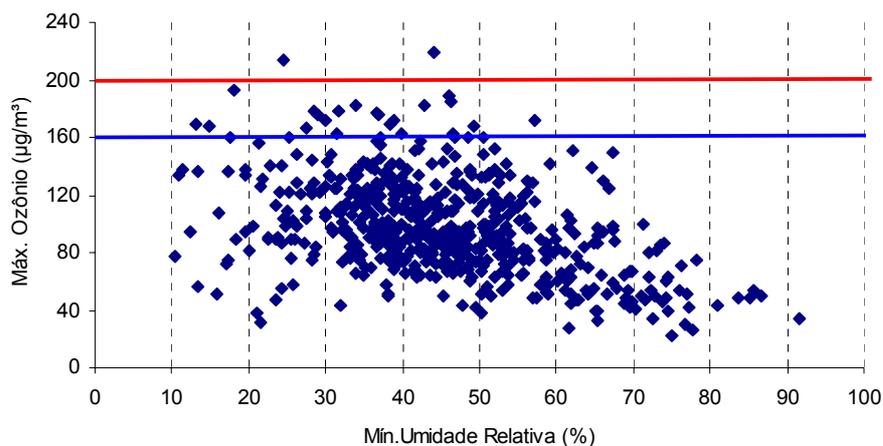
**Figura 9 – Valores médios de concentração de O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> e NO no período de 08/03/02 a 18/12/03**

A temperatura ambiente e a umidade relativa do ar são fatores que influenciam na reação fotoquímica de formação do ozônio na atmosfera. Na figura 10, apresenta-se o gráfico de dispersão da máxima concentração de O<sub>3</sub> em função da temperatura máxima diária. A linha azul significa o padrão de qualidade do ar (160µg/m<sup>3</sup>) e a linha vermelha o nível de atenção (200µg/m<sup>3</sup>). Observa-se que a maioria dos episódios de ozônio ocorreu em dias em que a temperatura máxima foi superior a 25°C. Observa-se, ainda, que as duas máximas de O<sub>3</sub> que atingiram o nível de atenção, 219µg/m<sup>3</sup> e 214µg/m<sup>3</sup>, ocorreram em dias em que as temperaturas máximas foram ainda mais altas, 33°C e 38°C, respectivamente.



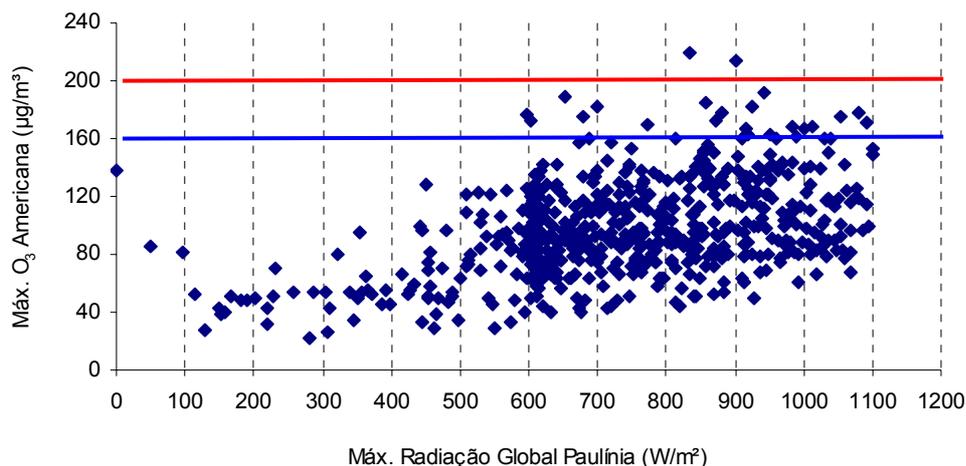
**Figura 10 – Dispersão de máximas diárias de O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>) e máximas de temperatura (°C) no período de 08/03/02 a 18/12/03**

Na figura 11, observa-se a dispersão da máxima diária de concentração de ozônio em função da mínima diária de umidade relativa. De maneira geral, as ultrapassagens do padrão de O<sub>3</sub> ocorreram em dias em que a umidade relativa foi menor que 50%.



**Figura 11 – Dispersão de máximas diárias de O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>) e umidade relativa mínima diária (%) no período de 08/03/02 a 18/12/03**

Como a estação móvel instalada em Americana não possuía monitor de radiação global, utilizaram-se os dados da estação automática de Paulínia para a elaboração da figura 12. Nesta figura, observa-se que as ultrapassagens do padrão ocorreram em dias que os valores de radiação global foram superiores a  $600\text{W/m}^2$ , no entanto, ocorreram muitos dias com valores mais altos ainda, sem que fossem observados valores altos de concentração de  $\text{O}_3$ .



**Figura 12 – Dispersão de máximas diárias de  $\text{O}_3$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de Americana e máxima diária de radiação global diária ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) de Paulínia no período de 08/03/02 a 18/12/03**

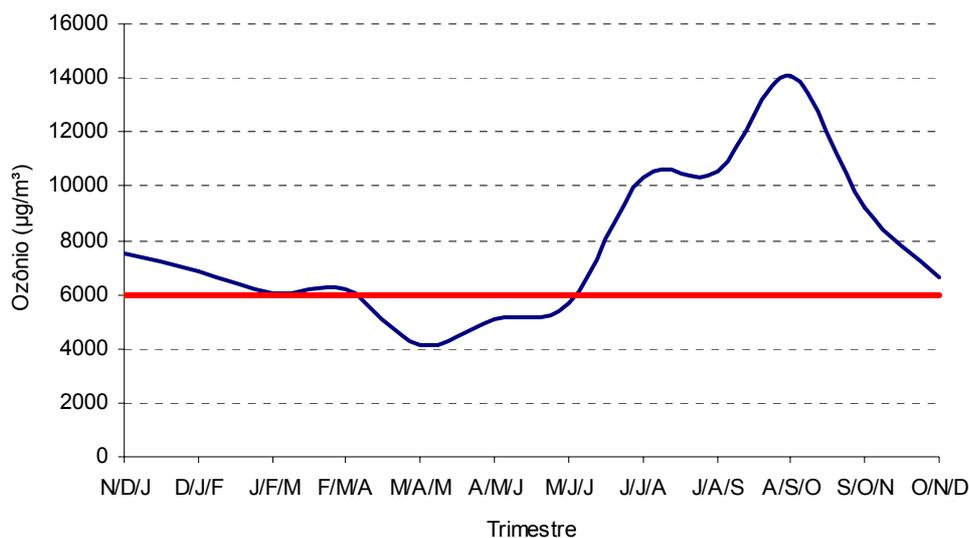
### 6.1.2 Comparação das concentrações de ozônio com valores de referência para a proteção da vegetação

O ozônio, por seu caráter altamente oxidante, é capaz de modificar o equilíbrio ambiental de ecossistemas ou alterar a bioquímica das plantas. Pode, inclusive, afetar a produção agrícola, reduzindo a safra de forma discreta, mas economicamente significativa.

No que se refere ao valor de referência para proteção da vegetação, busca-se o conhecimento da dose mais baixa de ozônio capaz de produzir um efeito significativamente mensurável. O valor de aproximadamente  $80\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$  de ozônio (40ppb) é utilizado como limite no qual, acima deste valor, as injúrias podem ocorrer nas plantas. A AOT40 (AOT = Accumulated Over Threshold) representa um índice referente à exposição acumulada acima de 40ppb, isto é, a soma de todos os valores horários que excederem  $78,4\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ . A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda a AOT40 de  $6000\mu\text{g}/\text{m}^3$  de ozônio (ou aproximadamente 3000ppb), acumulados durante o período de três meses, como valor de referência para proteção da produtividade agrícola<sup>(8)</sup>.

A figura 13 mostra os valores trimestrais acumulados da AOT40 no período de monitoramento da qualidade do ar em Americana. A linha vermelha representa o valor de  $6000\mu\text{g}/\text{m}^3$  de ozônio, limite recomendado pela OMS. Observa-se que as ultrapassagens do valor de referência ocorreram a partir de maio, atingindo os maiores valores na primavera, comportamento este semelhante ao observado nos municípios de Paulínia e

Sorocaba<sup>(8)</sup>.



**Figura 13 - Valores trimestrais acumulados acima de 78,4µg/m<sup>3</sup> (ozônio) AOT40 – período: nov/02 a dez/03**

## 6.2 Poluentes não Regulamentados - Enxofre Total Reduzido (ETR)

Não existe na legislação brasileira padrão de qualidade do ar para ETR, assim, para interpretação dos resultados de concentração, foram consideradas informações encontradas na literatura.

Como valor de referência de qualidade do ar para ETR (calculado como sulfeto de hidrogênio), foi utilizada a concentração de 40µg/m<sup>3</sup> (29ppb utilizando para a conversão 25°C e 760mm Hg), por um período de 1 hora, que é o padrão estabelecido para Ontário – Canadá<sup>(9)</sup>, considerando o incômodo do odor. Apenas como informação, a concentração utilizada na Califórnia como padrão de qualidade do ar para o sulfeto de hidrogênio (30ppb - 42 µg/m<sup>3</sup>, média de 1 hora), foi definida com o objetivo de minimizar o incômodo causado pelo odor à população<sup>(10)</sup>.

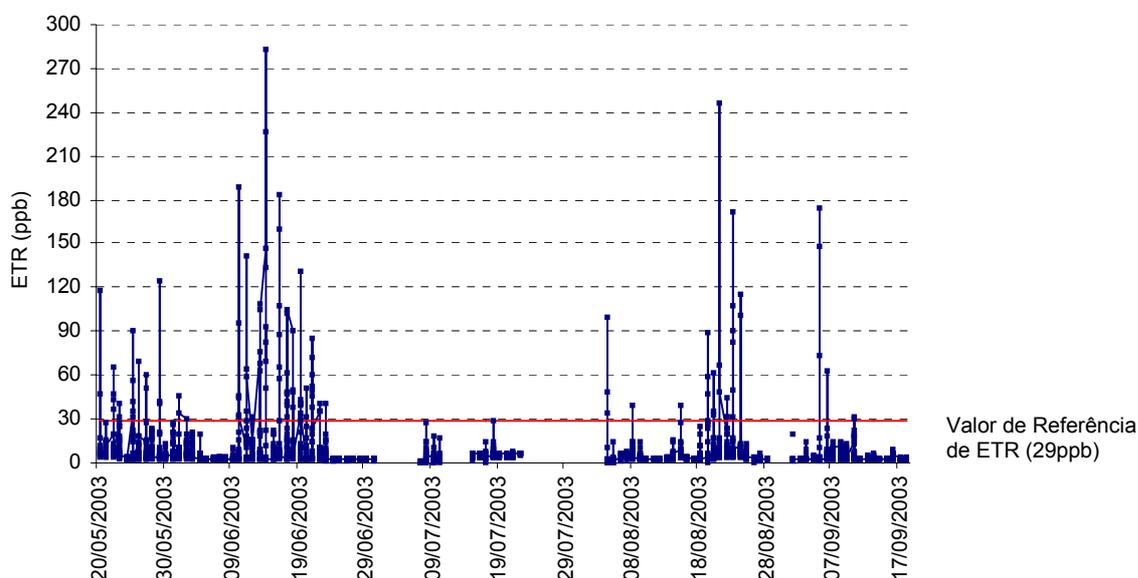
Para o limite de percepção de odor, considerou-se o valor de 5ppb, indicando o incômodo causado pelo gás sulfídrico. É importante considerar que, além do H<sub>2</sub>S, outros compostos de enxofre total reduzido, como metil mercaptana, dimetil mercaptana e dimetil dissulfeto, cujos limites de percepção de odor são ainda mais baixos<sup>(11)</sup>, podem estar presentes na atmosfera em função das indústrias estabelecidas na região, sendo todos quantificados como ETR. Entretanto, não existe limite de percepção de odor para ETR como um todo e sim para seus componentes individuais. Assim, dependendo dos compostos que predominam no ETR, é possível que mesmo com concentrações inferiores a 5ppb a atmosfera não estivesse isenta de odor.

Um ponto importante a ser destacado é que o limite de detecção de odor é definido como a menor concentração do poluente no ar passível de ser detectada pela média da população saudável. Há vários fatores que afetam a sensibilidade ao odor, tais como, idade, estar resfriado ou com alergia, fadiga, desatenção, entre outros. Assim, mesmo para concentrações próximas do padrão de qualidade do ar para H<sub>2</sub>S adotado na Califórnia (30ppb), ainda uma parcela considerável da população não detectaria o odor, conforme expresso na tabela 11.

**Tabela 11 - Estimativas do percentual de pessoas sensíveis a diferentes concentrações de H<sub>2</sub>S<sup>(10)</sup>**

Concentração de H <sub>2</sub> S (ppb)	Pessoas capazes de detectar odor (%)
40	88
30	83
25	80
20	74
8	50

Na figura 14, são apresentadas as concentrações horárias de ETR detectadas durante o período em que as medições foram efetuadas. Estes valores podem ser encontrados na tabela B do Anexo.



**Figura 14 – Concentrações horárias de ETR período: 20/05/03 a 18/09/03**

Durante o período de monitoramento, foi freqüente a detecção de concentrações médias

de 1 hora superiores a 29ppb, com máximos de 283ppb e de 246ppb, em 14 de junho às 2h e em 21 de agosto às 23h, respectivamente. Nas figuras 15 e 16, nota-se que estes dois episódios ocorreram isoladamente, não se observando tendência de aumento das concentrações nos dias anteriores aos episódios. Da mesma forma, nos dias posteriores não foram observadas concentrações elevadas. Os episódios ocorreram durante a noite e em condições de calma.

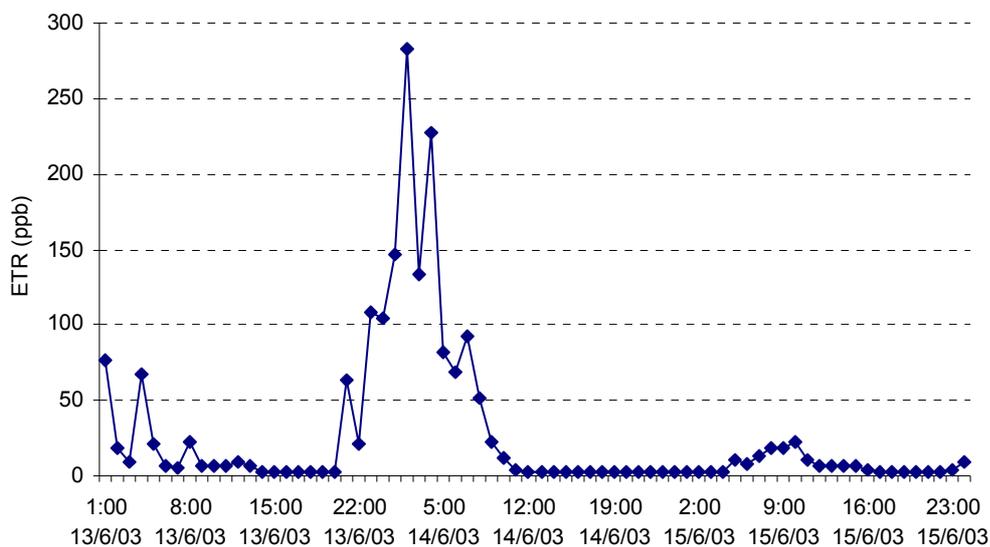


Figura 15 – Episódio de ETR – 14/06/03 às 2h.

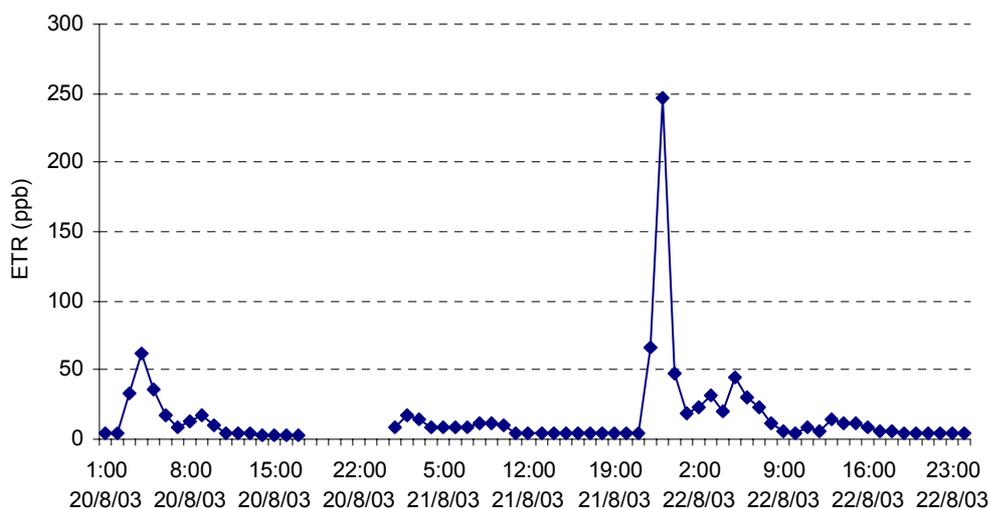
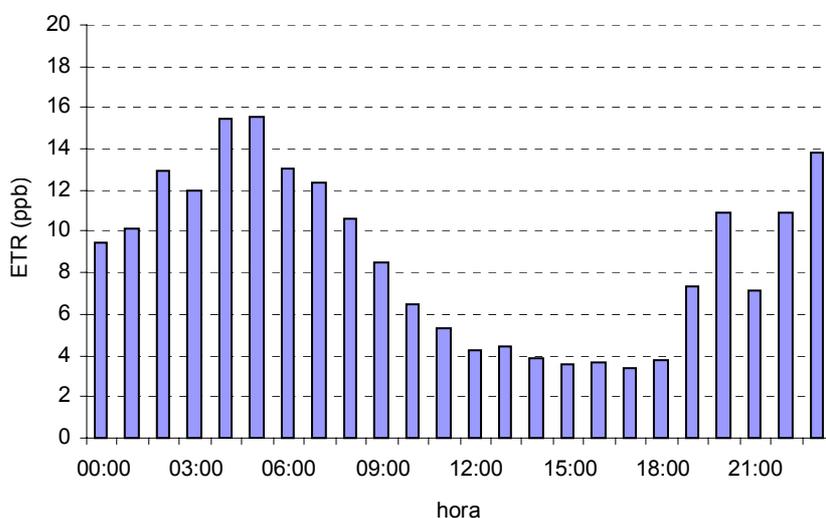


Figura 16 – Episódio de ETR – 21/08/03 às 23h.

A figura 17 mostra o perfil de concentração horária de ETR ao longo do dia. O gráfico elaborado com os resultados medidos no período de 20/05/2003 a 18/09/2003 mostra

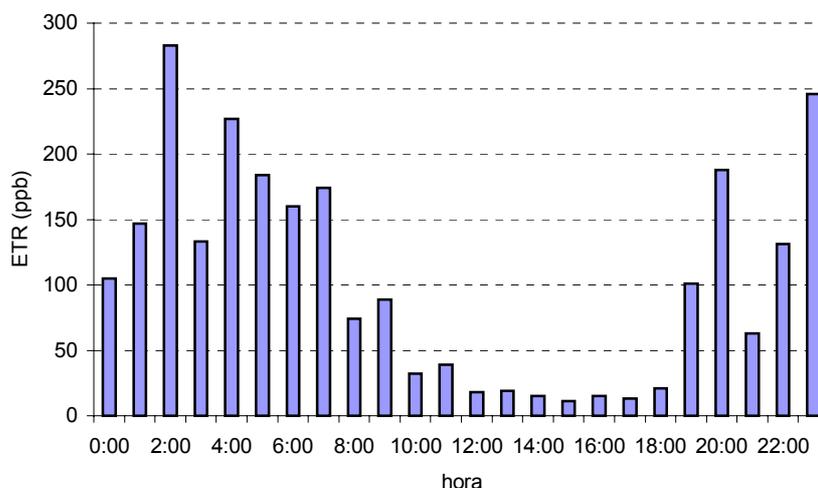
que a concentração média aumenta no início da noite tendendo ao máximo às 5h da madrugada, quando, então, volta a cair, atingindo concentrações médias mínimas entre às 12 e 18 horas, possivelmente por fatores meteorológicos, pois neste horário a altura da camada de mistura é, geralmente, mais alta, propiciando melhores condições de dispersão.

Conforme pode ser observado na figura 4 (rosas de vento), o período entre 1h e 6h, é onde há a maior ocorrência de condição de calmaria, em que a dispersão dos poluentes atmosféricos fica prejudicada. A porcentagem de calmaria mantém-se elevada no período da manhã, das 7h às 12h, diminuindo entre às 13h e 18h e voltando a aumentar a partir das 19h, o que está de acordo com o comportamento observado na figura 17. Pelo fato de as concentrações mais elevadas serem detectadas, sobretudo, em condições de calmaria, não é possível identificar quais as fontes responsáveis por esta emissão.



**Figura 17 – Concentrações médias horárias de ETR**

A figura 18 apresenta as máximas concentrações de ETR observadas em cada horário durante o período de monitoramento. No período das 12h às 18h, durante o estudo, não foram detectadas concentrações maiores que o valor de referência da qualidade do ar para ETR (29ppb).



**Figura 18 – Concentrações máximas diárias de ETR**

A tabela 12, apresenta as freqüências relativas de ETR por faixa de concentração, considerando todo o período do estudo. Observa-se que a maior parte das concentrações está na faixa menor que 5ppb e que em 1,1% do tempo foram encontradas concentrações de mais de 100 ppb de ETR.

**Tabela 12 - Freqüência relativa de ETR por faixa de concentração**

Faixa de concentração	Freqüência (%)
até 5ppb	69,9
> 5 e ≤29ppb	24,6
> 29 e ≤100ppb	4,4
valores acima de 100ppb	1,1

A tabela 13 apresenta as ultrapassagens do limite de percepção de odor para o H<sub>2</sub>S (5 ppb), no período em questão, embora deva-se destacar que o número total de medidas em cada mês seja diferente. Observa-se nessa tabela, que a presença de odor causado pelo ETR é bastante significativa, correspondendo a 30,1% das horas amostradas no período total de monitoramento, quando se considera o limite de percepção de odor para o H<sub>2</sub>S.

Caso se considere como limite de percepção de odor dos compostos de enxofre total reduzido o limite de 2,1 ppb, valor estabelecido para a metil mercaptana, cuja presença na atmosfera desta região é muito provável, em virtude dos tipos de fontes industriais aí existentes, e considerando que todo ETR fosse metil mercaptana, a presença de odor teria correspondido a 78,4% do total de horas em que foi feito o monitoramento.

Acrescente-se que conforme já exposto, a sensibilidade ao odor depende de um conjunto de fatores e, mesmo com concentrações mais elevadas, um número considerável de pessoas pode, ainda, não ser capaz de detectá-lo.

**Tabela 13 - Ultrapassagens do limite de percepção de odor de H<sub>2</sub>S**

Período	Nº total de medidas (horas)	Horas acima de 5ppb	
		nº	%
maio/2003	265	139	52,5
junho/2003	700	232	33,1
julho/2003	231	64	27,7
agosto/2003	529	143	27,0
setembro/2003	403	63	15,6
<b>período total</b>	<b>2128</b>	<b>641</b>	<b>30,1</b>

A tabela 14 apresenta as ultrapassagens do valor de referência da qualidade do ar para ETR (29ppb), consideradas neste estudo. Observa-se que foram atingidas concentrações superiores a este valor em 5,5% do tempo amostrado, sendo que no mês de junho esta concentração foi ultrapassada em 9,4% do tempo amostrado. No mês de julho não foi observada nenhuma ultrapassagem. Entretanto, neste mês só foi realizado o monitoramento por um período de 231 horas, ou seja, durante cerca de 12 dias.

**Tabela 14 - Ultrapassagens do valor de referência da qualidade do ar para ETR**

Período	Nº total de medidas (horas)	Horas acima de 29ppb	
		nº total de horas	%
maio/2003	265	19	7,2
junho/2003	700	66	9,4
julho/2003	231	0	0
agosto/2003	529	25	4,7
setembro/2003	403	6	1,5
<b>período total</b>	<b>2128</b>	<b>116</b>	<b>5,5</b>

A tabela 15 mostra os horários em que ocorreram concentrações de ETR superiores a 100ppb e as direções do vento tanto no horário da ultrapassagem, quanto no período de até três horas anteriores. Observa-se que a maioria dos episódios ocorreram durante a noite ou madrugada e em condições de calmaria. Nestes horários, geralmente a altura da camada de mistura é bastante baixa, que em associação aos ventos fracos, são condições ideais à ocorrência de altas concentrações de poluente, desde que existam fontes de emissão.

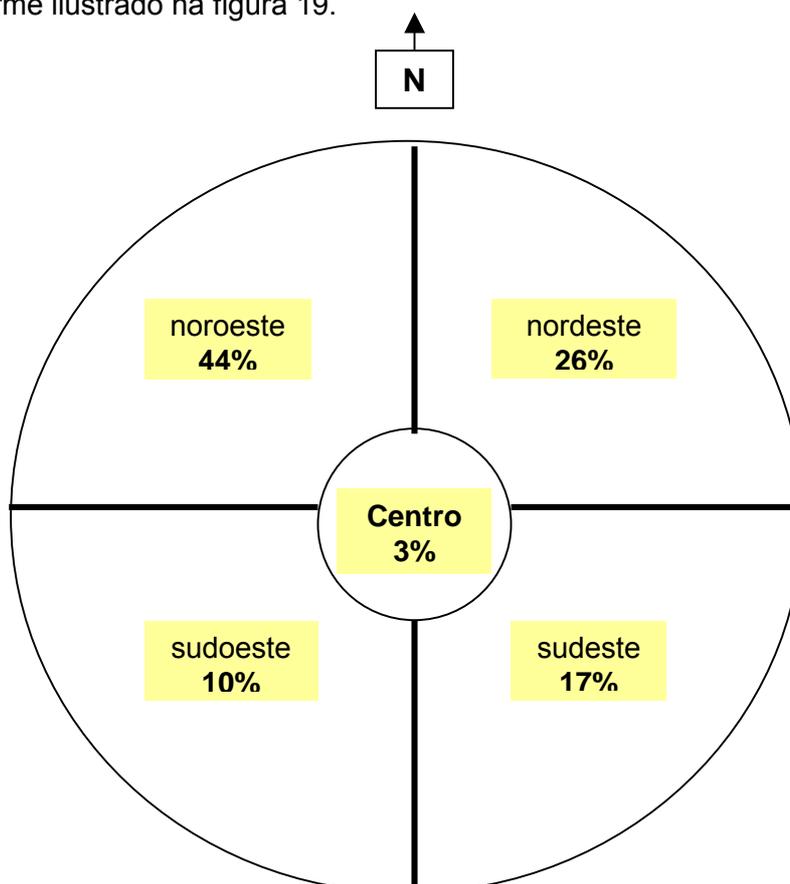
**Tabela 15 – Dias em que as concentrações de ETR ultrapassaram 100ppb e a direção predominante do vento.**

Data	Hora	Conc. ETR ppb	Vento hora epis.	Vento 1h antes	Vento 2h antes	Vento 3h antes
20/05/03	20:00	118	calmaria	calmaria	calmaria	calmaria
29/05/03	05:00	125	calmaria	calmaria	calmaria	calmaria
10/06/03	20:00	188	calmaria	N	N	N
11/06/03	23:00	142	calmaria	calmaria	calmaria	calmaria
13/06/03	23:00	109	calmaria	calmaria	calmaria	WSW
13/06/03	24:00	105	ausência	calmaria	calmaria	calmaria
14/06/03	01:00	147	calmaria	ausência	calmaria	calmaria
14/06/03	02:00	283	calmaria	calmaria	ausência	calmaria
14/06/03	03:00	133	ausência	calmaria	calmaria	ausência
14/06/03	04:00	227	ausência	ausência	calmaria	calmaria
16/06/03	05:00	184	ausência	ausência	calmaria	calmaria
16/06/03	06:00	160	calmaria	ausência	ausência	calmaria
16/06/03	22:00	108	calmaria	calmaria	calmaria	calmaria
17/06/03	03:00	102	ausência	ausência	calmaria	calmaria
17/06/03	24:00	105	ausência	ausência	ausência	calmaria
19/06/03	22:00	131	calmaria	ausência	ausência	ausência
21/08/03	23:00	246	calmaria	calmaria	calmaria	SSW
23/08/03	05:00	172	calmaria	ausência	calmaria	SE
23/08/03	06:00	107	calmaria	calmaria	calmaria	calmaria
24/08/03	19:00	101	calmaria	NNW	NNW	N
24/08/03	20:00	115	calmaria	calmaria	NNW	NNW
05/09/03	06:00	148	SE	calmaria	SE	SE
05/09/03	07:00	174	SE	SE	calmaria	SE

Na tabela D do Anexo, são apresentadas as datas e horários em que foram registrados valores de concentração de ETR superiores a 100ppb. Em função da alta porcentagem de calmaria registrada e a ausência de monitoramento contínuo em determinados períodos de estudo, não foi possível estabelecer uma relação direta entre reclamação e episódio de alta concentração de ETR.

## 7. AVALIAÇÃO DAS RECLAMAÇÕES DE ODOR

O objetivo desta análise é procurar identificar a provável origem do odor sentido pela população, através das reclamações recebidas pela CETESB<sup>(12)</sup>, Agência Ambiental de Americana. Dentre as 161 reclamações recebidas, entre março de 2002 e dezembro de 2003, em cinco delas não foram devidamente identificados os bairros de origem. Para uma melhor visualização, os bairros de origem das reclamações foram separados em quadrantes, conforme ilustrado na figura 19.



**Figura 19 – Reclamações recebidas separadas por quadrantes do município de Americana (março de 2002 a dezembro de 2003).**

Observou-se que o maior número de reclamações (44%) teve origem nos bairros que se localizam no quadrante Noroeste do município, seguido pelo quadrante Nordeste (26%), Sudeste (17%), Sudoeste (10%) e, finalmente, no Centro da cidade (3%). As duas maiores fontes de emissão de compostos de enxofre total reduzido (ETR), se localizam ao Norte e Nordeste de Americana e mais próximas dos bairros em que se originaram mais reclamações. Entretanto, não foi possível identificar a fonte emissora de ETR durante um dado episódio, visto que as concentrações mais elevadas ocorreram, prioritariamente, em condições de calmaria, conforme a tabela 15.

Ainda sobre as reclamações recebidas nesse período, observou-se que estão distribuídas igualmente nos períodos diurno e noturno, embora conforme a figura 18, as maiores concentrações médias horárias de ETR tenham ocorrido durante a noite. Deve-se levar em conta que, geralmente, as pessoas estão dormindo neste período.

A tabela C do Anexo mostra todas as reclamações recebidas na região de Americana

durante o período em que a estação móvel de monitoramento esteve instalada no município.

## 8. CONCLUSÃO

Os poluentes  $MP_{10}$ ,  $SO_2$ , CO e  $NO_2$  se mantiveram abaixo dos padrões legais de qualidade do ar, não apresentando comprometimento significativo para o município estudado.

Quanto ao poluente  $O_3$ , o padrão foi excedido em 12 dias no ano de 2002, inclusive sendo classificada a qualidade do ar como “Má” em duas oportunidades. Em 2003, o padrão foi excedido em 13 dias, classificados como qualidade do ar “Inadequada”. A maioria dos episódios ocorreu na primavera/verão, período em que a incidência dos raios solares é mais intensa e é verificado um número maior de ultrapassagens do padrão para este poluente. Observou-se também que essas ultrapassagens do padrão ocorreram, em grande parte, entre 15h e 17h e tendo duração de uma hora.

A ocorrência destas violações do padrão de qualidade do ar por ozônio vem, de certa forma, corroborar com o que está sendo observado nas estações automáticas que monitoram a qualidade do ar em cidades do interior do Estado de São Paulo. O Relatório de Qualidade do Ar de 2003 da CETESB mostra que o poluente ozônio não tem apresentado tendência de queda nos últimos anos, nos locais onde ele é monitorado. Outro fato a se destacar é que este poluente não tem fronteiras bem definidas, ou seja, as emissões de seus precursores em uma região podem afetar uma outra, ainda que distante.

As políticas de gerenciamento da qualidade do ar recomendam a redução da emissão de precursores do ozônio como forma de reduzir sua formação. A CETESB em conjunto com a Secretaria de Meio Ambiente, propôs um programa estadual de redução de emissões em áreas que apresentem desconformidade na qualidade do ar. Este programa culminou com a publicação do Decreto Estadual 48.523/2004, que estabelece regras para reduções gradativas nas emissões de poluentes que comprometam a qualidade do ar, por meio de mecanismos de compensação de emissões.

Outra ferramenta importante para melhoria da qualidade ambiental é a efetivação da renovação das licenças de operação. O Decreto Estadual 47.397/2002 determinou que as licenças de operação concedidas pela CETESB devem ser periodicamente renovadas. Com isso, criou-se a oportunidade de padronizar os licenciamentos de atividades similares e exigir ganhos ambientais progressivos nos locais onde a qualidade ambiental esteja comprometida pela ação industrial.

Com relação ao problema do odor, constatou-se que efetivamente ocorreram concentrações de ETR superiores aos limites de detecção de odor e valor de referência encontrados na literatura. O registro das reclamações feitas pela população comprova que a proximidade das fontes de emissão agrava o incômodo causado por estes poluentes, entretanto, mesmo em regiões mais distantes das fontes consideradas foi registrado grande número de reclamações, indicando ser este um problema que afeta a cidade como um todo.

As concentrações mais elevadas de ETR ocorreram, em sua maioria, em condições de calmaria, não sendo possível identificar qual a contribuição das fontes emissoras durante os episódios.

## 9. RECOMENDAÇÕES

Em relação ao ozônio, recomenda-se a elaboração de um inventário de fontes de seus precursores. Com o refinamento dessas informações será possível a elaboração uma base mais sólida para o estudo da presença do ozônio e sua relação com o transporte dos precursores provenientes de regiões vizinhas.

Em relação aos compostos de enxofre total reduzido (ETR), recomenda-se que:

- a Agência Ambiental de Americana desenvolva ações junto à empresa Vicunha Têxtil S/A visando melhorias nos sistemas de controle da poluição do ar;
- em virtude da instalação, pela Ripasa S/A Celulose e Papel, de uma estação de ETR e parâmetros meteorológicos, na área urbana de Americana, as Agências Ambientais de Americana e de Limeira devem acompanhar os dados obtidos nesta estação, com o objetivo de definir ações de controle junto às empresas Ripasa S/A Celulose e Papel e Vicunha Têxtil S/A;
- sejam aprimoradas as planilhas de atendimento às reclamações da população com relação ao odor, para que possam ser melhor utilizadas em estudos futuros.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Prefeitura Municipal de Americana ([www.americana.sp.gov.br](http://www.americana.sp.gov.br)), data da consulta: 29/07/2004.
2. DETRAN/PRODESP. São Paulo, junho 2003.
3. Nebraska Department of Environmental Quality - Technical Basis for a TRS Ambient Air Quality Standard, May 1997.
4. Lei Estadual nº 997 e Decreto Estadual nº 8468, 1976.
5. Resolução CONAMA nº 003/90, de 28/06/90.
6. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Air Quality Criteria for Ozone and Related Photochemical Oxidants, 3 v., EPA, July 1996.
7. CETESB – Estudo do comportamento do ozônio na Região Metropolitana de São Paulo – 2000.
8. CETESB - Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2003.
9. Ontário Ministry of the Environment - Summary of Point of Impingement Guidelines, and Ambient Air Quality Criteria (AAQCs), September 2001.
10. The Perception of Hydrogen Sulfide Odor in Relation to Setting an Ambient Quality Standard - Final Report Prepared for California Air Resources Board - ARB contract A4-046-33, April 1985.
11. Sullivan, R.J. - Air Pollution Aspects of Odorous Compounds, 1969.
12. CETESB - Avaliação da qualidade do ar em Paulínia - SP – junho a agosto/98. São Paulo, 1999.



**Relatório elaborado por:**

Dirce Maria Pellegatti Franco  
Maria Cristina N. de Oliveira  
Roseli Sachi  
Silmara Regina da Silva

Colaboração: Clarice Aico Muramoto  
Maria Helena R. B. Martins

**Equipe de Trabalho:**

Setor de Meteorologia - ETQM  
Setor de Interpretação de Dados - ETQI  
Setor de Telemetria – ETQT  
Setor de Amostragem e Análise do Ar – ETQA  
Agência Ambiental de Americana – CPc-Am  
Agência Ambiental de Limeira – CPc-Li