

**DIRETORIA DE ENGENHARIA AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL**

**COMPORTAMENTO SAZONAL DA POLUIÇÃO DO AR
EM SÃO PAULO - ANÁLISE DE 14 ANOS DE DADOS
DA RMSP E CUBATÃO
1981 A 1994**

SUMÁRIO

Este trabalho apresenta os resultados da análise dos dados históricos de qualidade do ar monitorados pelas redes manual e automática na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e Cubatão, para os parâmetros partículas inaláveis, fumaça, monóxido de carbono e ozônio. É mostrado o comportamento sazonal, tendências anuais, frequência de ultrapassagem dos padrões de qualidade do ar e episódios atingidos, bem como a duração e o horário de ocorrência desses episódios referente ao monóxido de carbono.

A verificação do comportamento sazonal para os parâmetros partículas inaláveis, fumaça e monóxido de carbono mostra um crescimento da concentração no período do inverno. Quanto ao ozônio, ao contrário dos outros parâmetros, os valores mais altos de concentração ocorrem na primavera e verão.

Quanto às tendências anuais, observa-se um aumento significativo do número de ultrapassagens do padrão diário relativo às partículas inaláveis, nestes últimos 8 anos. Verifica-se que os dados de partículas inaláveis e fumaça, durante o inverno, tem um peso expressivo nas médias das concentrações destes poluentes.

No que diz respeito ao início de ultrapassagem dos níveis críticos para o monóxido de carbono, verifica-se que o início de ultrapassagem (média de 8 horas), ocorre geralmente após às 18:00 horas, com frequências maiores entre 21:00 e 03:00 horas. A duração destes episódios se dá entre 2 e 3 horas, na maioria das vezes.

1 - INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e Cubatão possuem duas redes de avaliação de qualidade do ar (uma automática e outra manual) ¹, que vêm mensurando através dos anos a concentração dos poluentes regulamentados por lei ^{2,3}. Os parâmetros fumaça (FMC) e dióxido de enxofre (SO₂), são avaliados desde 1974 através da rede manual, enquanto que a rede automática, desde 1981, monitora os parâmetros partículas inaláveis (PI), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃) e dióxido de nitrogênio (NO₂). Além disso, outros estudos são periodicamente efetuados pela CETESB, de forma a esclarecer o comportamento de poluentes não regulamentados ou então detalhar o comportamento de um poluente específico. Dentre tais estudos, cabe ressaltar as mensurações de chumbo ^{4,6}, aldeídos ⁷⁻¹⁰, álcoois etílico e metílico ⁹ e material particulado ^{4,11-15} além da aplicação de modelos receptores ¹⁶⁻²⁰.

O fato de a CETESB realizar desde 1976 a “Operação Inverno” ²¹, e a escassez de estudos sistemáticos de séries históricas, analisando o comportamento dos poluentes ao longo dos anos, motivou o presente estudo, que ao analisar os dados de forma diferenciada da tradicional, revela informações que permitem avanços nas ações de controle, tanto que o presente relatório, antes mesmo de ser publicado, já interferiu nas discussões para a determinação dos horários de um previsível rodízio de veículos, a ser implantado na RMSP.

A análise dos dados que deu origem a este relatório, levou em consideração os poluentes estabelecidos em lei, com exceção de SO₂ e NO₂, pelo fato de o primeiro vir se apresentando em concentrações muito abaixo dos padrões tanto diário como anual, não sendo motivo de preocupações quanto ao seu caráter de agressividade à saúde da população da RMSP e Cubatão e o NO₂ não foi analisado devido a carência de dados.

Procurou-se aqui apresentar as informações de forma bastante objetiva, de modo a permitir consultas rápidas. Assim, não se detalham características dos poluentes, sejam elas sob o aspecto de saúde ou mesmo de fontes. Tais informações podem ser encontradas nos “Relatórios Anuais de Qualidade do Ar”¹ regularmente editados pela CETESB.

2 - PADRÕES DE QUALIDADE DO AR E CRITÉRIOS PARA EPISÓDIOS

Os padrões de qualidade do ar, nos quais a CETESB se apóia, são apresentados na tabela 1, chamando-se a atenção aos parâmetros: partículas inaláveis (PI), monóxido de carbono (CO), fumaça (FMC) e ozônio (O₃), objetos desta análise. Também nesta tabela são apresentados os critérios estabelecidos para episódios agudos de poluição do ar.

Esses padrões e critérios foram estabelecidos através da Portaria Normativa nº 003 de 28/06/90 do IBAMA³. Quanto ao nível de atenção, para os estudos de ozônio, foi considerado o valor de 200 µg/m³, estabelecido através de Legislação Estadual (DE 8468 de 08/09/76)², uma vez que esta é mais restritiva que a Federal.

Tabela 1- Padrões Nacionais de Qualidade do Ar e Critérios para Episódios Agudos de Poluição do Ar

Poluente	Tempo	Padrão Primário (µg/m ³)	ATENÇÃO (µg/m ³)	ALERTA (µg/m ³)	EMERGÊNCIA (µg/m ³)
Partículas Totais em Suspensão	24h*	240	375	625	875
	MGA**	80			
Dióxido de Enxofre	24h*	365	800	1.600	2.100
	MAA***	80			
Monóxido de Carbono	1h*	40.000 (35 ppm)			
	8h*	10.000 (9 ppm)	17.000 (15 ppm)	34.000 (30 ppm)	46.000 (40 ppm)
Ozônio	1h*	160	400 (200 - SP)	800	1.000
Fumaça	24h*	150	250	420	500
	MAA***	60			
Partículas Inaláveis	24h*	150	250	420	500
	MAA***	50			
Dióxido de Nitrogênio	1h*	320	1130	2260	3000
	MAA***	100			

* Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

** Média geométrica anual

*** Média aritmética anual

3 - PARTÍCULAS INALÁVEIS - PI

Dentre os poluentes monitorados pela CETESB, na RMSP e Cubatão, o material particulado inalável é um dos que mais se destaca, tanto pelos altos níveis de concentração quanto pelo grande número de ultrapassagens de padrão e de estado de atenção atingidos. É composto por partículas em suspensão na atmosfera, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de $10\mu\text{m}$, que penetram profundamente no aparelho respiratório. Estudos realizados pelas CETESB na RMSP¹⁷⁻²⁰ demonstraram que cerca de 50% destas partículas são emitidas por veículos automotores, sendo ainda importante fonte as poeiras ressuspensas das ruas com contribuição de 25% na presença deste poluente.

3.1 Comportamento Sazonal

Analisando-se inicialmente o comportamento das médias mensais de concentrações, com a finalidade de se detectar o comportamento sazonal, verificou-se que todas as estações possuem comportamento bastante similar, mostrando que as maiores concentrações sempre ocorrem nos meses próximos a julho e as menores ao redor de janeiro. Na figura 1 apresenta-se como exemplo os dados da estação de Osasco, onde se pode verificar a referida sazonalidade assim como os picos ao redor de julho. No ANEXO 1 são apresentados os gráficos de todas as estações, inclusive as de Cubatão que sustentam as generalizações aqui feitas. Nesta figura são ressaltados os meses de janeiro e julho, com linhas pontilhadas.

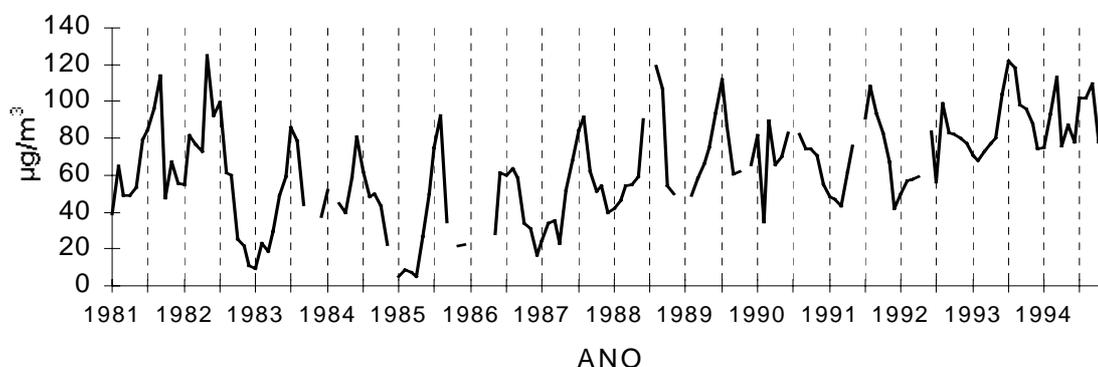


Figura 1: Partículas Inaláveis - Série das médias mensais (1981 a 1994)- Osasco

Uma vez verificado que o período de inverno apresenta concentrações maiores que em outras épocas do ano, e objetivando verificar o peso desta estação do ano nas médias anuais, foram calculadas três médias de concentração, a saber: de “verão” (período de outubro a abril); de “inverno”(período de maio a setembro) e anual (outubro a setembro). As médias correspondentes ao verão foram calculadas considerando-se os meses de outubro de um ano a abril do ano seguinte, e as de inverno, considerando-se o

período de maio a setembro do mesmo ano. Por exemplo, a média correspondente ao “verão” de 1982, foi calculada de out/81 a abr/82, e a do “inverno” de mai/82 a set/82.

A figura 2 ilustra os resultados obtidos para Osasco, podendo-se constatar que as médias do “inverno” são muito mais altas que as do período do “verão”, evidenciando que os dados de PI no inverno contribuem sobremaneira para a elevação das médias anuais.

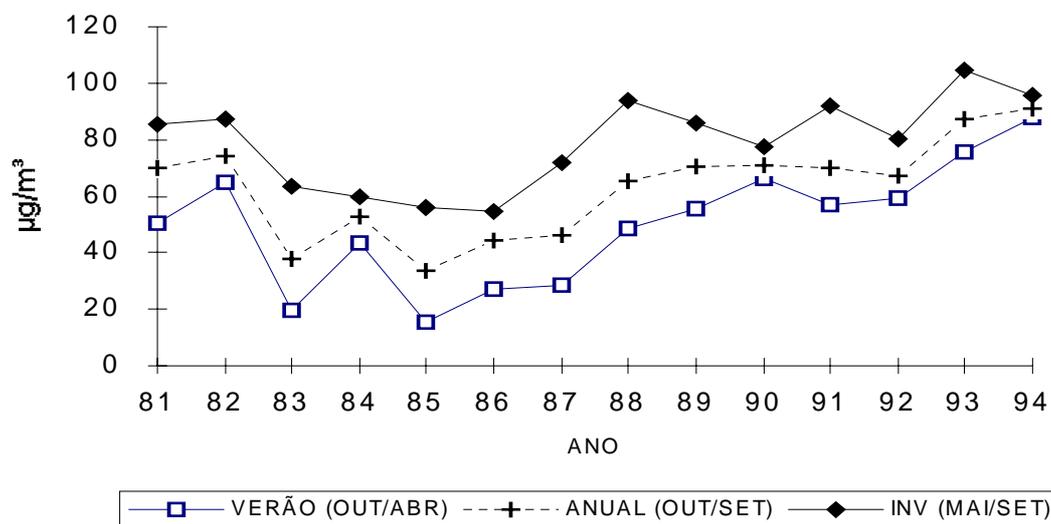


Figura 2: Partículas Inaláveis - Osasco (1981 a 1994)

A tabela 2 mostra que o mesmo comportamento verificado na figura 2 (relativa à estação de Osasco), é observado em outras estações da RMSP e de Cubatão. Para cada ano e estação foi calculada a diferença entre as médias de “inverno” e “verão”, dividida pela média de “verão”. Pode-se observar que, durante os anos de estudo, as concentrações do “inverno” foram, em média, em torno de 60% maiores que as do “verão”, sendo que em alguns casos esta diferença chegou a mais de 200%, alcançando até 320%. Para algumas estações, houve anos em que a média de “verão” foi maior que a do “inverno” correspondente, levando em conta os períodos considerados (valores negativos na tabela).

Tabela 2 - Diferença relativa entre as concentrações de PI nos períodos de “inverno” e “verão”.

ESTAÇÃO	MÉDIA* (%) (1981-1994)	MÍNIMA** (%) (1981-1994)	MÁXIMA*** (%) (1981-1994)
Parque D. Pedro	47	-4 (1992)	123 (1987)
Santana	59	23 (1993)	108 (1981)
Moóca	62	19 (1991)	214 (1987)
Cambuci	63	-20 (1990)	217 (1989)
Ibirapuera	86	19 (1991)	286 (1987)
N. Senhora do Ó	74	36 (1989)	149 (1982)
S. Caetano do Sul	50	8 (1992)	185 (1987)
Congonhas	38	8 (1990)	75 (1987)
Lapa	56	-3 (1983)	135 (1985)
Cerqueira César	43	-3 (1994)	196 (1987)
Penha	110	16 (1992)	320 (1985)
Guarulhos	64	20 (1992)	174 (1985)
Santo André - Centro	69	27 (1990)	116 (1988)
Diadema	69	14 (1992)	119 (1981)
Santo Amaro	85	10 (1992)	188 (1987)
Osasco	85	9 (1994)	266 (1985)
Santo André - Capuava	32	-11 (1992)	67 (1993)
S. Bernardo do Campo	95	10 (1992)	190 (1985)
Taboão da Serra	81	-2 (1992)	204 (1985)
S. Miguel Paulista	83	28 (1992)	182 (1985)
Mauá	66	14 (1985)	98 (1991)
Cubatão - V. Nova	73	12 (1991)	169 (1995)
Cubatão - Centro	60	-20 (1983)	292 (1985)
Cubatão - V. Parisi	51	-23 (1992)	119 (1991)

* média das diferenças nos 14 anos.

** diferença mínima encontrada durante os 14 anos.

*** diferença máxima encontrada durante os 14 anos.

() ano relativo à diferença, segundo os períodos considerados.

3.2 Séries Históricas: Violações de Padrões e Tendências Anuais

A figura 3 mostra o número de ultrapassagens do padrão diário ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e níveis críticos de partículas inaláveis (atenção, alerta e emergência) ocorridos nos 14 anos de monitoramento, obtidos considerando-se todas as estações da RMSP. Nessa figura, pode-se observar um aumento do número de ultrapassagens do padrão nos últimos 8 anos, indicando uma deterioração da qualidade do ar. Os dados individuais das estações são apresentados no ANEXO 2 onde é possível destacar que os municípios de Diadema, Guarulhos, S. Bernardo, S. Caetano do Sul e Taboão da Serra apresentam o maior número de violações. O nível de emergência foi atingido duas vezes, sendo uma em 1988 na estação Diadema e outra em 1994 na estação Guarulhos.

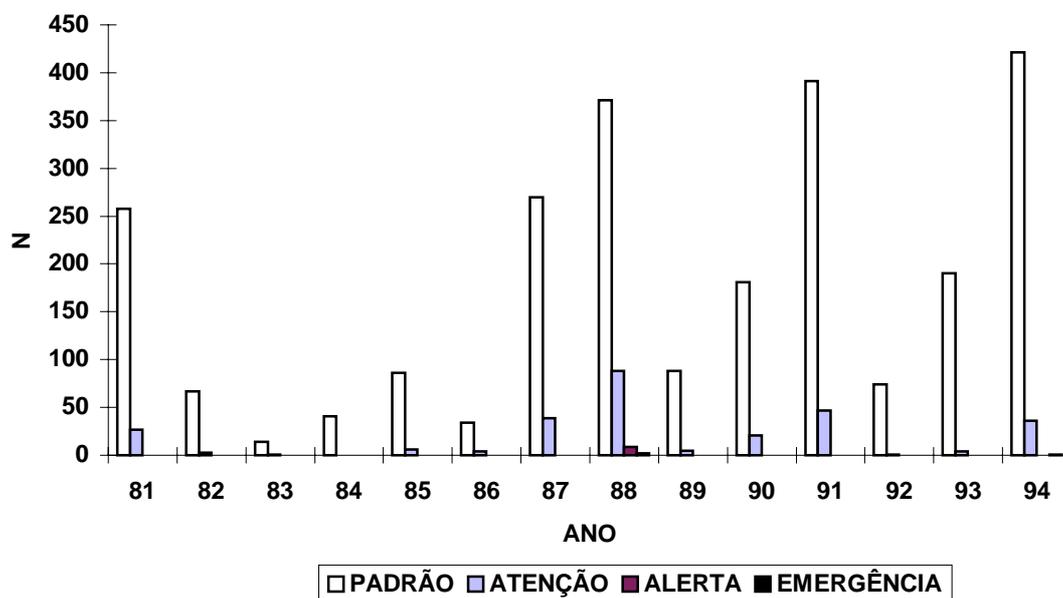


Figura 3: Partículas Inaláveis -Total de ultrapassagens de padrão e níveis críticos por ano (1981 a 1994) na RMSP

Na figura 4, são apresentadas as violações ocorridas em Cubatão-Vila Parisi, que mostra uma tendência ao aumento da ultrapassagem do padrão diário de qualidade do ar nos últimos anos.

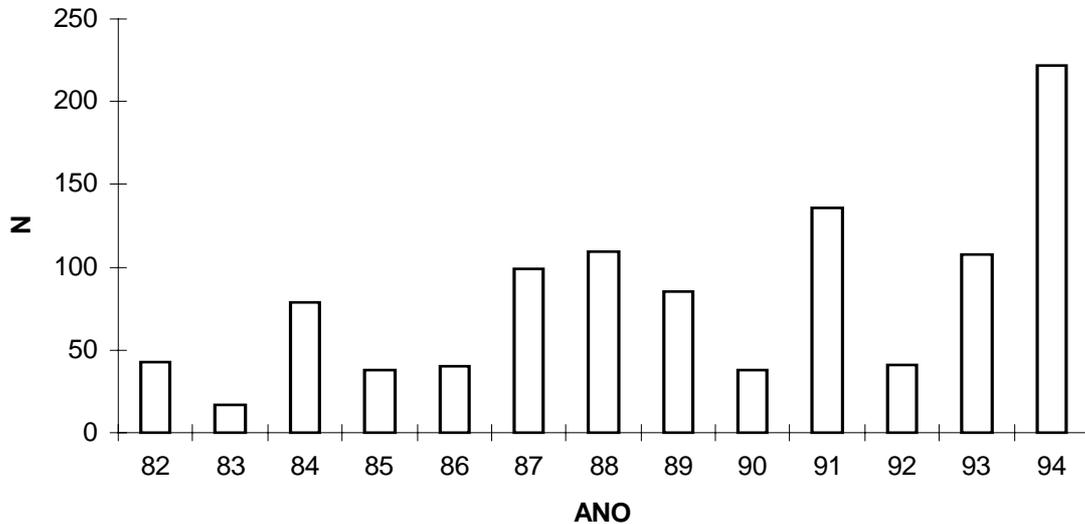


Figura 4: Partículas Inaláveis - Total de ultrapassagens do padrão por ano (1981 a 1994) - Cubatão - Vila Parisi

Na figura 5, são apresentadas as ultrapassagens do padrão de partículas inaláveis de 1981 a 1994, durante diversos meses do ano na RMSP. Verifica-se uma maior frequência dessas ultrapassagens nos meses compreendidos entre junho e setembro, destacando-se agosto, como o mês com maior frequência. Observa-se que em julho (mês de férias escolares), o número de ultrapassagens do padrão é similar ao dos meses de junho e setembro. O mesmo pode ser observado na figura 6, que se refere aos níveis críticos atingidos, ou seja, estes níveis foram atingidos um maior número de vezes entre junho e setembro, destacando-se outra vez agosto como o pior mês. Verifica-se que as ultrapassagens do padrão e os estados de atenção atingidos ocorreram em um número reduzido de vezes entre os meses de dezembro e abril.

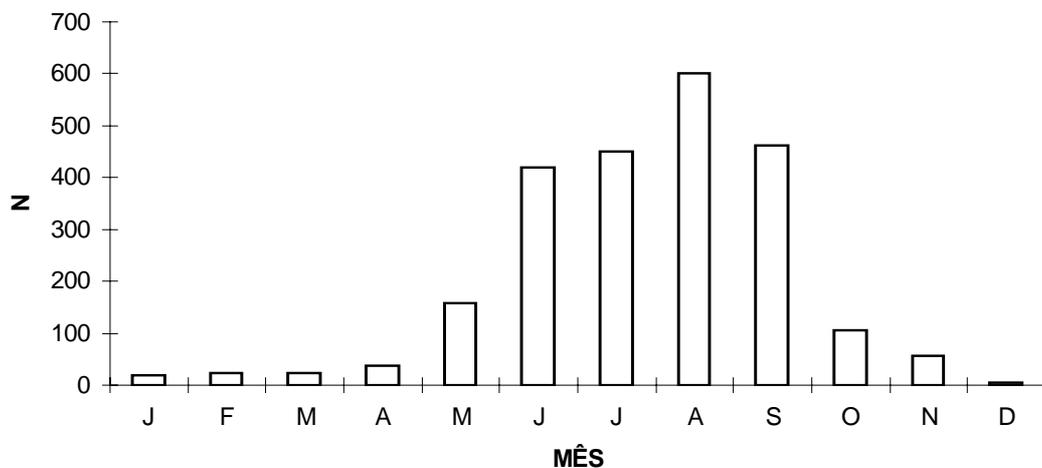


Figura 5: Partículas Inaláveis - Total de ultrapassagens do padrão por mês (1981 a 1994) - RMSP

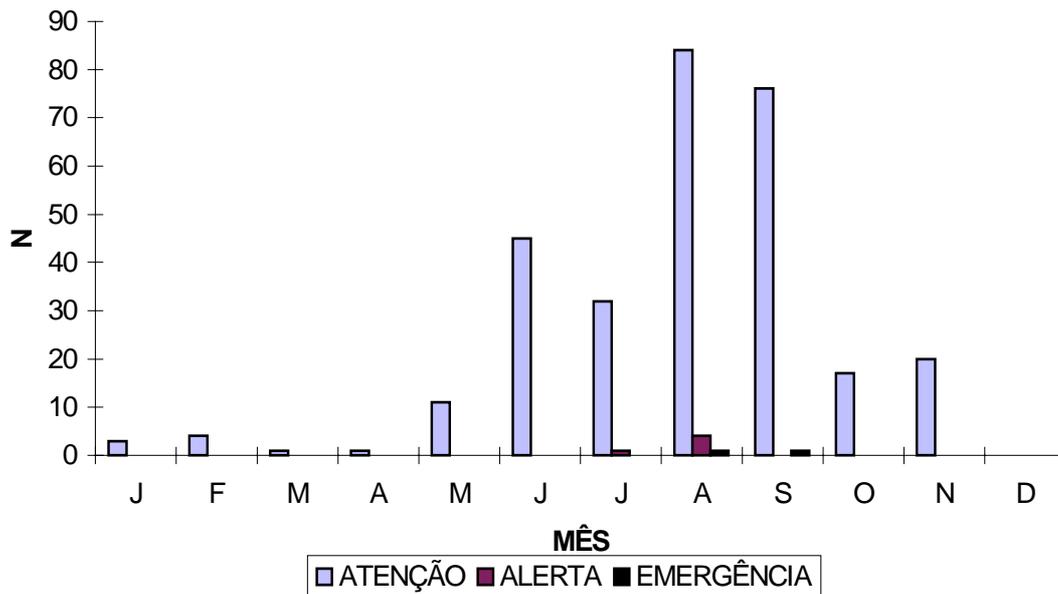


Figura 6: Partículas Inaláveis - Total de ultrapassagens de níveis críticos por mês (1981 a 1994) - RMSP

Uma conclusão importante, originada da figura 6, é que os níveis de alerta ($420 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e emergência ($500 \mu\text{g}/\text{m}^3$) só foram atingidos nestes 14 anos de monitoramento, nos meses de julho a setembro. Entretanto, dentre os 4 meses em que foram atingidos os níveis críticos com maior frequência, julho apresenta-se como o menor, ou seja, há constantes ultrapassagens do padrão diário, mas as concentrações atingidas não são tão altas quanto as dos meses de junho, agosto e setembro, que pode ser atribuído à redução da frota de veículos em circulação em julho.

Cubatão-V. Parisi tem os seus totais de ultrapassagens de padrão ilustrados na figura 7. Esta estação destaca-se dentre as demais pelos valores mais elevados de concentração. Pode-se visualizar através desta figura, assim como foi observado na RMSP, que os meses de maio a setembro são os que apresentam o maior número de ultrapassagens do padrão. Verifica-se também um perfil semelhante ao observado na RMSP, exceção feita aos meses de outubro, novembro e dezembro, quando a queda do número de ultrapassagens em Vila Parisi não é tão acentuada quanto na RMSP.

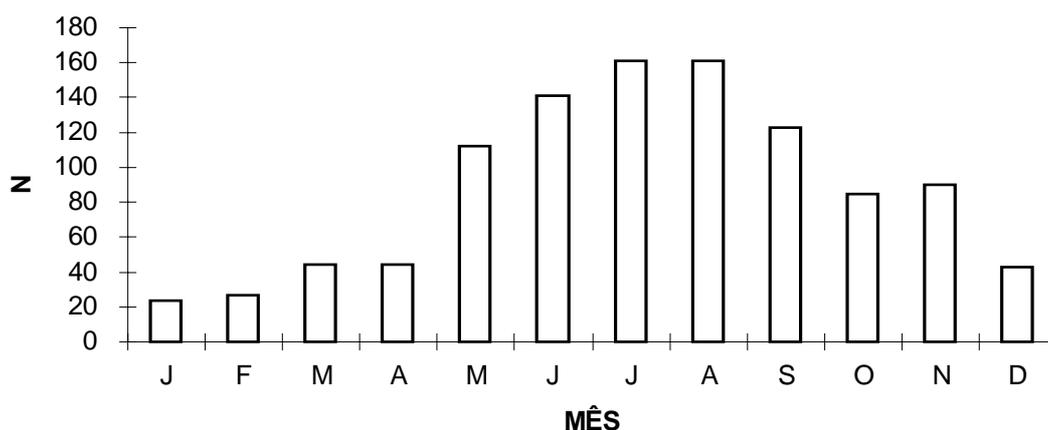


Figura 7: Partículas Inaláveis - Total de ultrapassagens do padrão por mês (1982 a 1994) - Cubatão - Vila Parisi

Quanto ao número de níveis críticos atingidos em Cubatão-V.Parisi, de acordo com o ilustrado na figura 8, novamente, a maior frequência de ultrapassagem do nível de atenção refere-se aos meses compreendidos entre junho e setembro, coincidindo com alguns meses em que foram atingidos os níveis de alerta (junho, julho e agosto). Já os níveis de emergência foram atingidos em junho, julho e setembro.

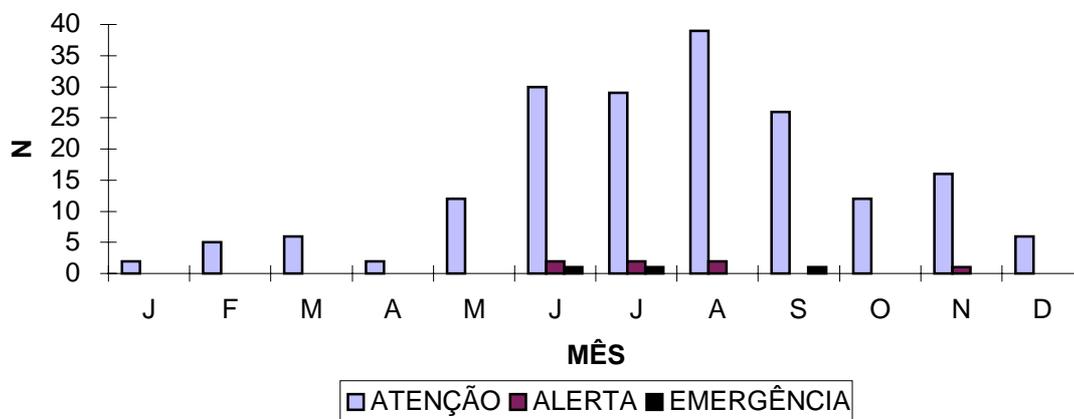


Figura 8: Partículas Inaláveis - Total de ultrapassagens de níveis críticos por mês (1982 a 1994) - Cubatão - Vila Parisi

A figura 9 representa a evolução das concentrações de PI, de 1981 a 1994, na RMSP e em Cubatão-Vila Parisi. Enquanto os dados em Vila Parisi apresentaram uma tendência crescente nos últimos anos, na RMSP não foi possível notar uma tendência definida.

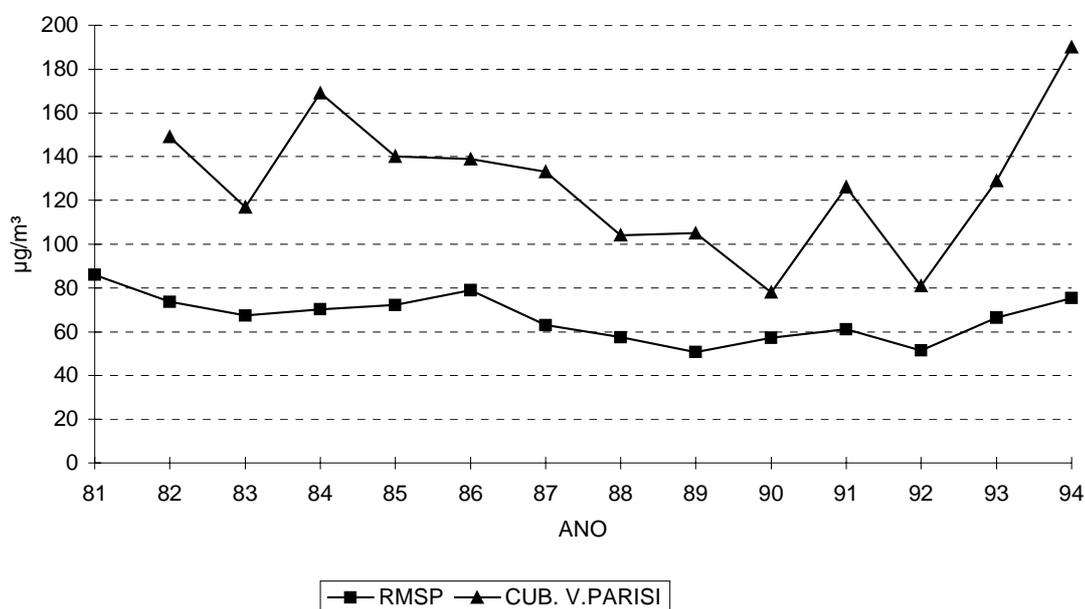


Figura 9: Partículas Inaláveis - Evolução das concentrações médias anuais na RMSP e Cubatão - Vila Parisi.

4 - FUMAÇA

O material particulado atmosférico também pode ser expresso em termos de “fumaça internacional normalizada”, que, simplificada, a CETESB denomina “fumaça”. Esta determinação está baseada na medida da refletância da poeira, o que confere a este parâmetro a característica de estar intimamente relacionado ao teor de material carbonáceo na atmosfera¹⁴. Tal medição adquire importância de destaque, uma vez que este tipo de material possui características mutagênicas, conforme estudos realizados pela CETESB¹⁵ utilizando amostras coletadas na RMSP.

4.1 Comportamento Sazonal

Visando caracterizar a importância da estação do ano na intensidade da fumaça na atmosfera, foram realizados os cálculos das três médias de concentração para “verão” (outubro a abril), “inverno” (maio a setembro) e “anual” (outubro a setembro). A figura 10 ilustra os resultados obtidos para a estação Moema.

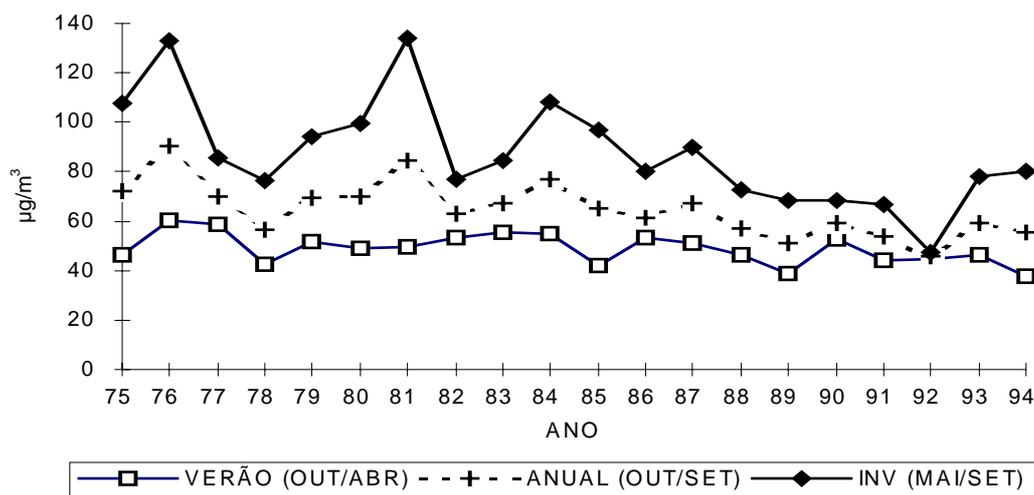


Figura 10: Fumaça – Moema (1974 a 1994)

A observação desta figura indica a necessidade de um controle maior sobre as fontes de combustão durante os meses de inverno, uma vez que neste período, as médias diferenciam-se visivelmente das médias anuais e do verão, indicando o quanto é grande o peso dos dados do inverno na formação da média anual. A estação Moema é apresentada como exemplo, uma vez que as demais estações que monitoram o parâmetro fumaça possuem comportamento bastante similar a esta. Uma observação interessante nesta mesma figura é a de que as três médias coincidem em 1992.

Assim como apresentadas anteriormente para PI, foram calculadas as diferenças relativas entre os períodos de “verão” e “inverno” para cada ano de estudo. Observa-se, para a maioria das estações, diferenças médias em torno de 60%, chegando a quase 200%. No caso da estação de Campos Elíseos, houve um caso em que a situação foi inversa, ou seja, concentração média de “verão” maior que a de “inverno”.

Tabela 3 - Diferença relativa entre as concentrações de fumaça nos períodos de “inverno” e “verão”.

ESTAÇÃO	MÉDIA * (%) (1974-1994)	MÍNIMA ** (%) (1974-1994)	MÁXIMA *** (%) (1974-1994)
Aclimação	67	11 (1992)	150 (1981)
Campos Elíseos	36	-13 (1982)	91 (1976)
Moema	79	6 (1992)	171 (1981)
República	54	5 (1982)	120 (1981)
Tatuapé	57	4 (1992)	120 (1985)

* média das diferenças nos 21 anos.

** diferença mínima encontrada durante os 21 anos.

*** diferença máxima encontrada durante os 21 anos.

() ano relativo à diferença, segundo os períodos considerados.

4.2 Séries Históricas: Tendências Anuais

Na figura 11 são apresentados os dados de Moema (menores valores), de Campos Elíseos (maiores valores) e ainda as médias anuais da RMSP. Observa-se que embora tenha havido uma redução significativa das concentrações entre 1981 e 1986, quando a partir de então os níveis permaneceram estáveis, as médias anuais da RMSP, com exceção de 1992, ainda permaneceram acima do padrão anual de 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

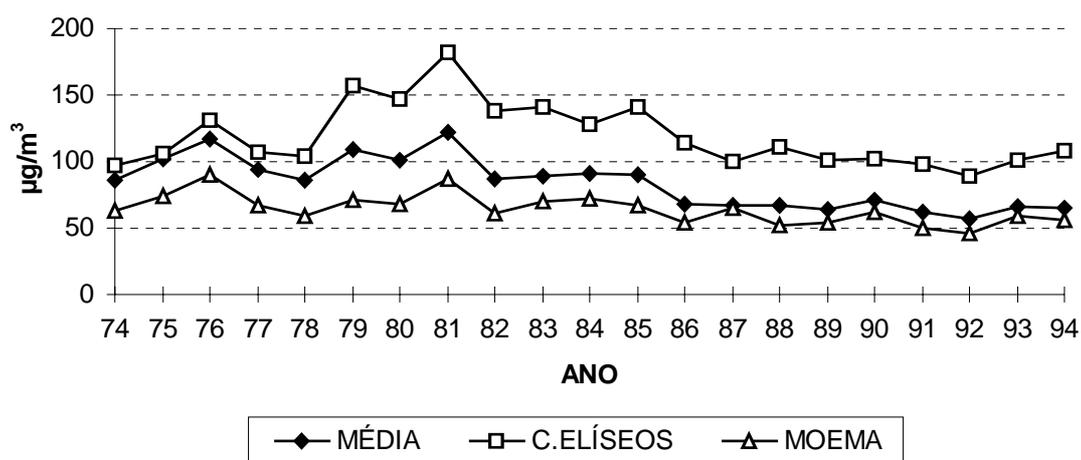


Figura 11: Fumaça - Evolução das concentrações médias anuais (1974 a 1994) - RMSP

5 - MONÓXIDO DE CARBONO

A queima de qualquer dos combustíveis usuais gera monóxido de carbono (CO) como resultado da combustão incompleta. O monóxido de carbono é encontrado principalmente nas cidades, devido ao grande consumo de combustíveis, sendo os veículos os maiores causadores deste tipo de poluição, pois, além de emitirem mais do que as indústrias ¹, eles praticamente lançam este gás na altura do sistema respiratório do homem. Como consequência do tipo de fonte, as concentrações de CO são encontradas sempre em maiores níveis nas áreas de intensa circulação de veículos na cidade.

5.1 Séries Históricas: Violações de Padrões e Tendências Anuais

Os gráficos a seguir apresentam um resumo dos episódios devidos a monóxido de carbono na RMSP, assim como ilustram algumas particularidades destes episódios. Os dados da estação Correio não foram apresentados, uma vez que o monitoramento de CO neste local foi encerrado em 1991.

Na figura 12, é apresentado o total de ultrapassagens de padrão diário de 8 horas (9 ppm), ao longo dos meses no período compreendido entre 1981 e 1994. Observa-se que ocorrem ultrapassagens do padrão em todos os meses do ano. Durante os meses de inverno esta ocorrência se intensifica, sendo que o maior número de ultrapassagens acontece nos meses de junho e julho. Na figura 13 verifica-se que a mesma observação das ultrapassagens do padrão é válida para nível de atenção. Já o estado de alerta foi atingido apenas uma vez, em agosto de 1987 em Congonhas.

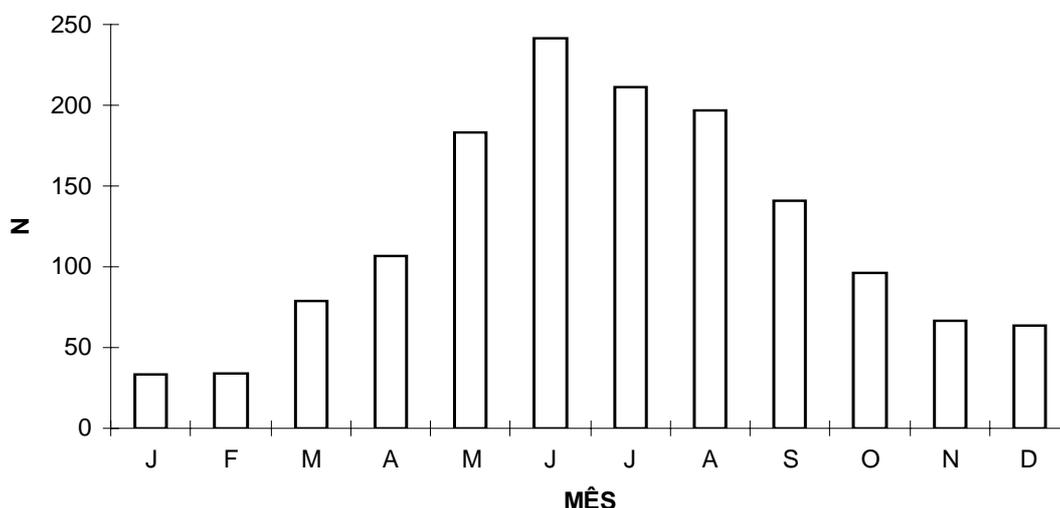


Figura 12: Monóxido de Carbono - Total de ultrapassagens do padrão por mês (1981 a 1994) - RMSP - Médias de 8h.

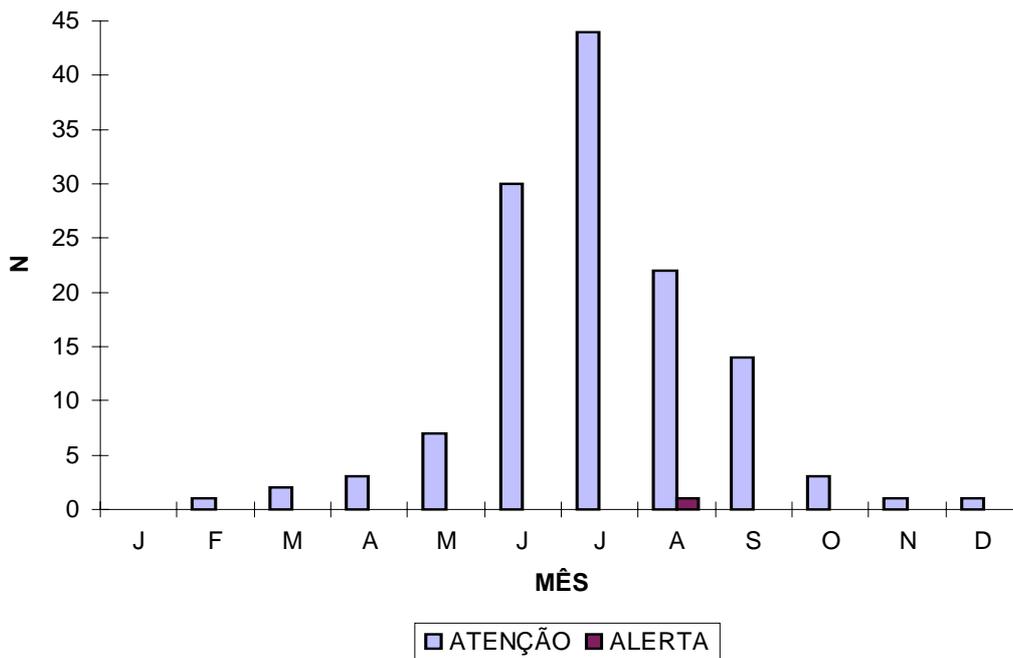


Figura 13: Monóxido de Carbono - Total de ultrapassagens de níveis críticos por mês (1981 a 1994) - RMSP - Médias de 8h.

Na figura 14, são apresentadas as ultrapassagens de padrão e os níveis críticos atingidos em Cerqueira César ao longo dos anos (1981 a 1994). A estação de Cerqueira César foi tomada como exemplo da RMSP neste estudo, pelo fato de ter comportamento semelhante às outras estações. Através de observação mais detalhada, verifica-se que os níveis de ultrapassagem do padrão entre 1987 e 1992 permanecem com tendência indefinida. Entretanto, a partir de 1992 os dados sugerem uma tendência de queda desses níveis. Caso esta tendência se confirme nos próximos anos, e com o auxílio de dados de tráfego que se pretende levantar ainda em 1996, poder-se-á verificar a efetividade do “Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE”^{22 e 23}.

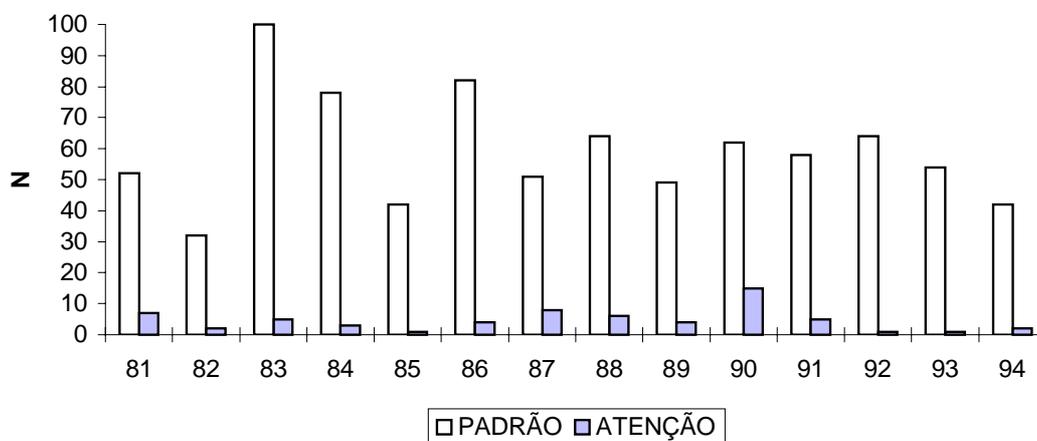


Figura 14: Monóxido de Carbono - Total de ultrapassagens do padrão e níveis críticos por ano (1981 a 1994) - Cerqueira César - Médias de 8h.

5.2 Horário e Duração

A figura 15 ilustra o horário de início dos episódios (ultrapassagem do nível crítico de atenção). Verifica-se que a maioria dos episódios ocorreram após as 18 horas, com altas frequências de ultrapassagem entre 21h e 1h. Entre 8h e 18h a ocorrência de episódios é eventual.

Os episódios devidos ao monóxido de carbono estão associados às condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes acentuados em certos períodos do dia. O “rush” matutino (8h e 9h da manhã) libera grande quantidade de CO que tende a se dispersar, uma vez que é logo após esse horário que ocorre a quebra da camada de inversão térmica e há aumento de ventilação. O contrário ocorre no final da tarde, quando também ocorre um aumento de emissão (devido ao “rush” vespertino), porém, com situação meteorológica inversa à da manhã, principalmente pela diminuição da velocidade dos ventos²⁴. Isto faz com que se observe neste último período as maiores concentrações médias de 8 horas, atingindo, inclusive, o estado de “Atenção”. Estas observações são importantes na determinação de um “Rodízio” na RMSP.

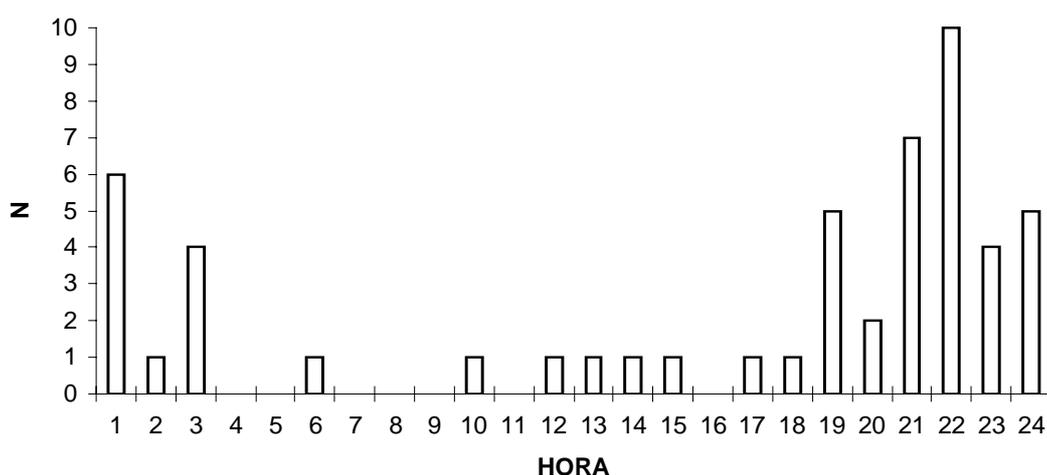


Figura 15: Monóxido de Carbono - Horário de início dos episódios (1981 a 1994) - Cerqueira César - Médias de 8h.

Outro parâmetro importante, que está ilustrado na figura 16, é a duração dos episódios. Conforme pode ser visualizado, a maioria dos episódios tem duração de 2 a 3 horas, chegando, porém, a durar até 9 horas. A curta duração dos episódios dificulta a tomada de medidas de controle durante a sua ocorrência. Portanto, devem ser aplicadas medidas preventivas que impeçam ou minimizem a ocorrência destes episódios.

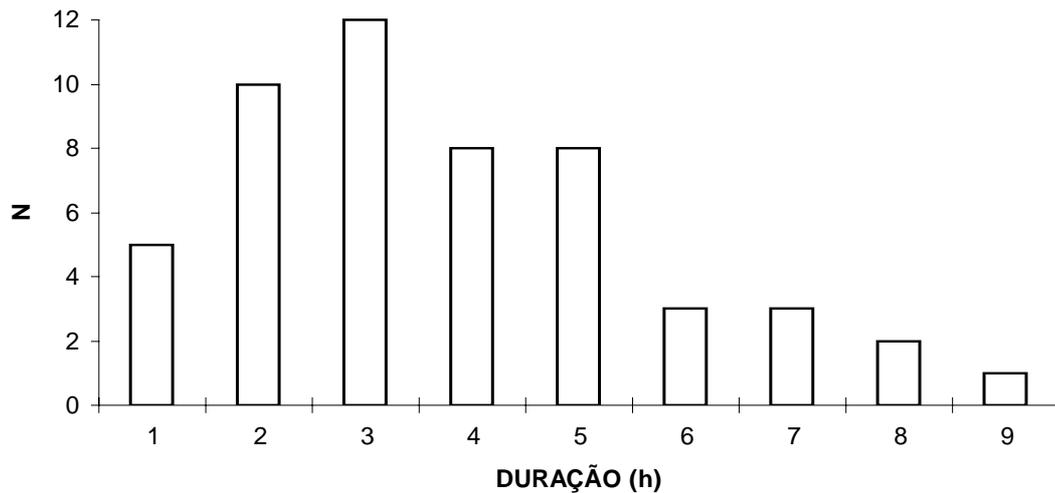


Figura 16: Monóxido de Carbono - Duração dos episódios (1981 a 1994) - Cerqueira César

A figura 17 mostra o horário em que foram atingidas as concentrações máximas de CO (médias móveis de 8 horas), dentro do período compreendido em cada episódio. Observa-se também que estas máximas são atingidas principalmente entre 21h e 1h, portanto, no período da noite e de madrugada.

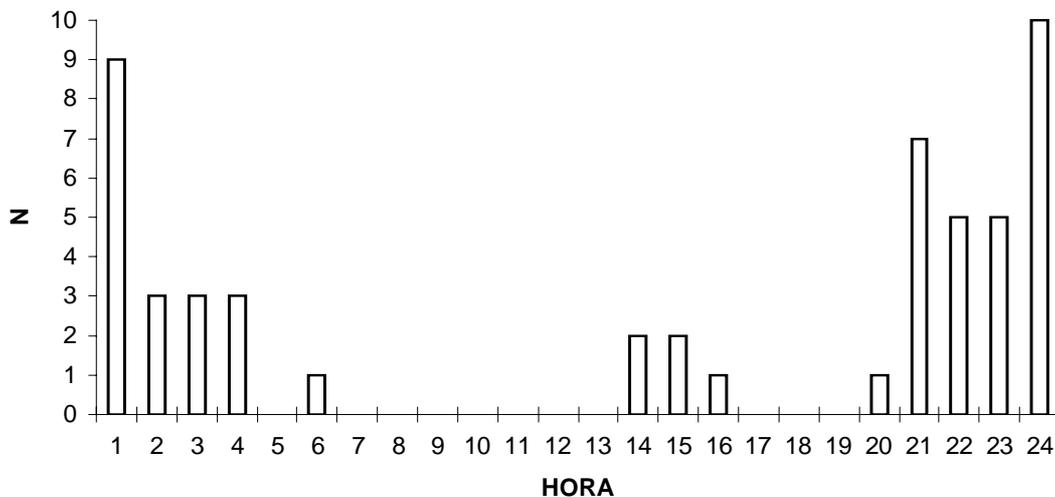


Figura 17: Monóxido de Carbono - Horário das máximas dos episódios (1981 a 1994) - Cerqueira César - Médias de 8h.

6 - OZÔNIO

A queima de combustíveis, além de liberar para a atmosfera os óxidos de nitrogênio, causa a emissão de combustíveis parcialmente queimados, ou não queimados (hidrocarbonetos). Conforme levantamentos da CETESB ¹, os veículos são os maiores emissores destes poluentes. Os hidrocarbonetos e os óxidos de nitrogênio, quando

ativados pela luz solar, participam de um conjunto de reações, formando vários compostos agressivos que são chamados oxidantes fotoquímicos. Pela maior facilidade de medição, o ozônio é utilizado como indicador geral da presença de oxidantes fotoquímicos na atmosfera.

Na figura 18 são apresentados os totais de ultrapassagem do padrão ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - 1 hora) e do nível crítico de atenção ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) do ozônio, na Região Metropolitana de São Paulo. Observa-se que, no período de 1981 a 1994, o nível de alerta ($800 \mu\text{g}/\text{m}^3$) não foi atingido em nenhuma ocasião. Na figura pode-se visualizar também, que durante os meses da primavera (setembro a novembro) ocorreu um maior número de ultrapassagens dos padrões e níveis críticos, destacando-se neste período o mês de novembro. Nos meses de verão e outono também são observadas ultrapassagens freqüentes, sendo que estas ultrapassagens são de menor monta nos meses de inverno. O comportamento deste poluente, com poucas violações no inverno, é exatamente inverso ao dos outros poluentes analisados (PI, CO e Fumaça), que se manifestam com maior intensidade nesse período, como já visto anteriormente.

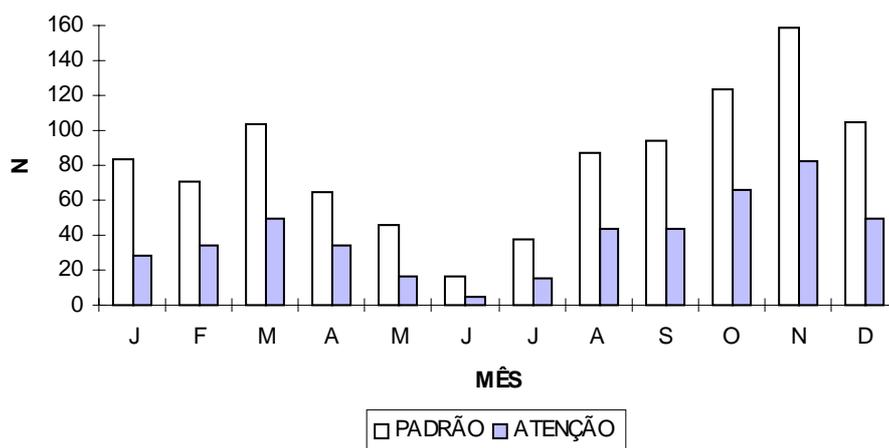


Figura 18: Ozônio - Total de ultrapassagens de padrão e níveis críticos por mês (1981 a 1994) - RMSP

Na figura 19 são apresentados os dados da estação de Cubatão - Centro. Também como observado na RMSP, o nível de alerta não foi verificado em qualquer ocasião. O maior número de ultrapassagens ocorreu durante os meses de janeiro a maio, verificando-se, desta forma, um comportamento ligeiramente diferenciado nas duas regiões. O mês de junho foi o que apresentou as menores ultrapassagens do nível de atenção.

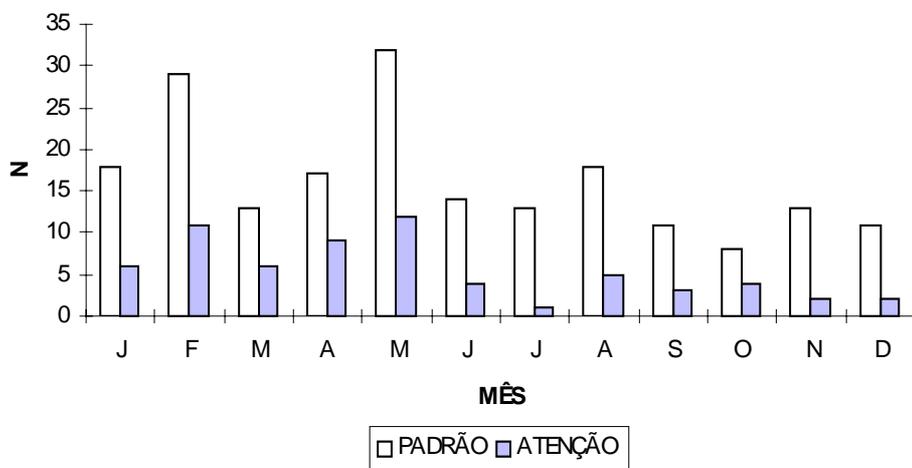


Figura 19: Ozônio - Total de ultrapassagens de padrão e níveis críticos por mês (1981 a 1991) - Cubatão - Centro

Na figura 20 é apresentada a totalização de ultrapassagens de padrão e do nível de atenção, ao longo dos anos, na RMSP, utilizando dados até 1991 (dados posteriores não atingiram critérios de representatividade exigidos). A análise do gráfico não revela, de forma inequívoca, qualquer tendência definida.

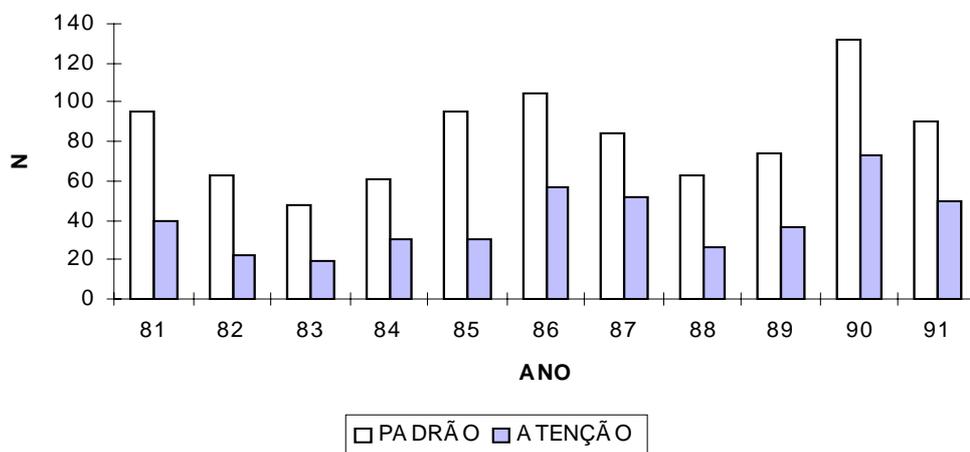


Figura 20: Ozônio - Total de ultrapassagens de padrão e níveis críticos por ano (1981 a 1991) - RMSP

Já na estação de Cubatão - Centro, pode-se observar uma diminuição de ultrapassagens de padrão e de níveis críticos a partir de 1987, conforme mostra a figura 21. Deve-se destacar que são apresentados dados só até 1991 (pois os critérios de representatividade não foram atingidos após esta data), não se podendo fazer nenhuma inferência quanto aos resultados obtidos a partir de então.

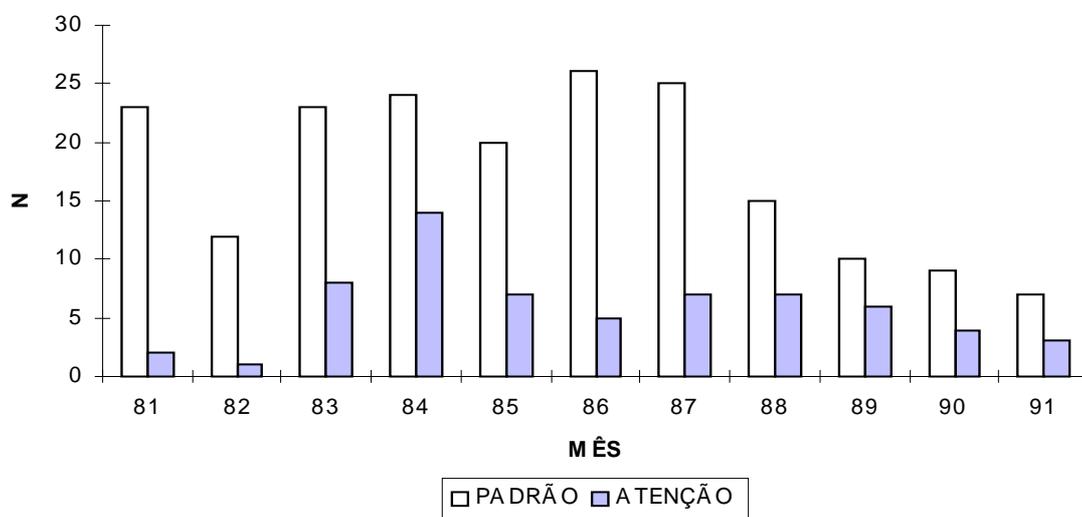


Figura 21: Ozônio - Total de ultrapassagens de padrão e níveis críticos por ano (1981 a 1991) - Cubatão - Centro

7 - CONCLUSÕES

A representatividade dos dados obtidos vem sendo afetada por descontinuidades no monitoramento, devidos à deterioração dos monitores nos últimos anos. No caso do CO e do O₃, o comprometimento é maior, devido ao pequeno número de estações que avaliam estes poluentes.

A partir dos dados disponíveis nestes 14 anos (21 no caso da fumaça) foi possível verificar que:

7.1 Partículas Inaláveis

- As concentrações apresentam um comportamento sazonal, com as maiores médias próximas a julho e as menores próximas a janeiro.

- As ultrapassagens do padrão diário (RMSP e Cubatão- V. Parisi) vêm aumentando ao longo dos últimos anos, e ocorrem principalmente entre os meses de junho e setembro.

- O nível de atenção (RMSP e Cubatão- V. Parisi) foi atingido ao longo dos meses, também com maior frequência entre junho e setembro. Os estados de alerta e emergência praticamente só ocorreram nestes meses, com exceção de 1 caso que foi verificado em novembro, em Cubatão-V.Parisi.

7.2 Fumaça

- As concentrações médias anuais tiveram uma redução significativa até 1986, e a partir daí vêm permanecendo praticamente estáveis.
- Assim como foi verificado para PI, as maiores médias ocorrem no período de inverno e as menores no verão.

7.3 Monóxido de Carbono

- As ultrapassagens do padrão e os estados de atenção atingidos (médias de 8h) ocorreram com maior frequência entre os meses de maio a setembro.
- O estado de alerta só foi atingido uma vez, no mês de agosto (Congonhas - 1987).
- Ao longo dos anos não se pode verificar uma tendência definida para as concentrações, principalmente devido à falta de representatividade dos dados (apenas a estação Cerqueira César tem gerado dados representativos).
- A maioria dos episódios ocorreu foi após as 18h e durou de 2 a 3 horas.

7.4 Ozônio

- A maior parte das ultrapassagens do padrão e dos níveis de atenção atingidos (RMSP) ocorreu durante os meses de primavera e verão (principalmente outubro e novembro), com poucos casos nos meses de inverno.
- Em Cubatão (representada aqui por Cubatão-Centro) o maior número de ultrapassagens ocorreu entre janeiro e maio.
- O estado de alerta não chegou a ser atingido, tanto na RMSP como em Cubatão.
- Não foi possível definir nenhuma tendência ao longo dos anos, para o número de ultrapassagens na RMSP.
- No caso de Cubatão-Centro, pode-se observar uma tendência de diminuição do número de ultrapassagens de padrão e dos níveis críticos atingidos, de 1987 a 1991. A partir de então, os dados deixaram de ser representativos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- CETESB - **Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo** - 1985 a 1994.
- 2- Lei Estadual 977 - Decreto 8468.
- 3- Resolução CONAMA nº 003/90 de 28/06/90.
- 4- ALONSO, C.D. et al - **Caracterização de Componentes do Aerossol da Grande São Paulo**, São Paulo, CETESB, 1983 (Apres. ao 13º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Amb. - Camburiú, 1983).
- 5- CETESB - **Concentrações de Chumbo na Atmosfera da Grande São Paulo** - ECA/GSP nº 5, 1990 - EQQA.
- 6- ROMANO, J.; GODINHO, R.; ALONSO, C.D.; MARTINS, M.H.R.B. - **Ethanol Induced Changes in the Atmosphere Lead in São Paulo Metropolitan Area - BRAZIL** (Apres. ao 9th World Clean Air Congress, Montreal, Canadá, 1992).
- 7- GODINHO, R.; ACQUAVIVA, W.; ROMANO, J. - **Ocorrência de Aldeídos na Atmosfera da Grande São Paulo**, CETESB, 1981, 27 p, (Apres. ao 11º Congresso Brasileiro Eng. Sanitária Amb., Fortaleza, 1981).
- 8- CETESB - **Estudo de Aldeídos na Atmosfera da Cidade de São Paulo**, 1985, 1986 - EQQA.
- 9- CETESB - **Medições de Álcoois e Aldeídos na Atmosfera de São Paulo**, 1990 - EQQA.
- 10- GUARDANI, M.L.; FERREIRA, V.A.O; ROMANO, J.; MARTINS, M.H.R.B.; ALONSO, C.D. - **Aldeídos na Atmosfera de São Paulo** - CETESB 1994, 11 p. (Apres. a 5a. Conferência Regional da IUAPPA, São Paulo).
- 11- ALONSO, C.D. & CORE, J.E. - **Modelo Receptor: Aplicações em Amostras de São Paulo**, São Paulo, CETESB, 1983, 17p. (Apres. ao 13º Congresso Bras. Engenharia Sanitária Amb., Camburiú).
- 12- CETESB - **Teores de Material Particulado Carbonáceo na Atmosfera da Grande São Paulo** - ECA - GSP nº 2, 1988 - EQQA.
- 13- CETESB **Teores de Material Particulado, Fino, Grosso, Inalável e Total na Atmosfera da Grande São Paulo** - ECA-GSP nº 1, 1988 - EQQA.
- 14- ALONSO, C.D. - **Levels of Particulate Carbonaceous Material in São Paulo - Brazil an Historical Data Base** Tese Msc.Faculty of the University of North Caroline - Chapel Hill - USA, 1989.

- 15- SATO, M.I.Z.; VALENT, G.U.; COIMBRÃO, C.A.; COELHO, M.C.L.S.; SANCHEZ, P.S.; ALONSO, C.D.; MARTINS, M.T. - **Mutagenicity of Airborne Particulate Organic Material from Urban and Industrial Areas of São Paulo, Brazil**. Mutation Research 335:317-330, 1995.
- 16- CETESB - **Cubatão Aerosol Source Apportionment Study**, 1985 - EQQA.
- 17- CETESB - **Estudo da Caracterização dos Aerossóis na Grande São Paulo - Modelo Receptor** - ECA-GSP nº 3 - Volumes 01, 02, 03, 04 e 05, 1989 - EQQA.
- 18- CETESB - **Estudo de Caracterização dos Aerossóis** - Cubatão 91, ECA/CUB - Volumes 01 e 02, 1991 - EQQA.
- 19- CETESB - **Estudo de Caracterização de Aerossóis** - Santo André - 1991 - EQQA.
- 20- ALONSO, C.D.; MARTINS, M.H.R.B.; ROMANO, J.; GODINHO, R. - **Understanding the Air Pollution Problem, in São Paulo Metropolitan Area by Receptor Modeling** - São Paulo - CETESB, 1992 (Apres. ao 9th World Clean Air Congress, Montreal, Canadá, 1992).
- 21- CETESB - **Operação Inverno** - 1976.
- 22- Resolução nº 18/86 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente de 06.05.86.
- 23- Lei Federal nº 8723 de Outubro/1993
- 24- LACAVAL, C.I.V.; MURAMOTO, C.A.; FRANCO, D.M.P.; ANAZIA, R. - **Um estudo de episódios de alta concentração de monóxido de carbono na cidade de São Paulo em 1993**, 1994 (Apres. no VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia).

Coordenação:

Claudio Darwin Alonso

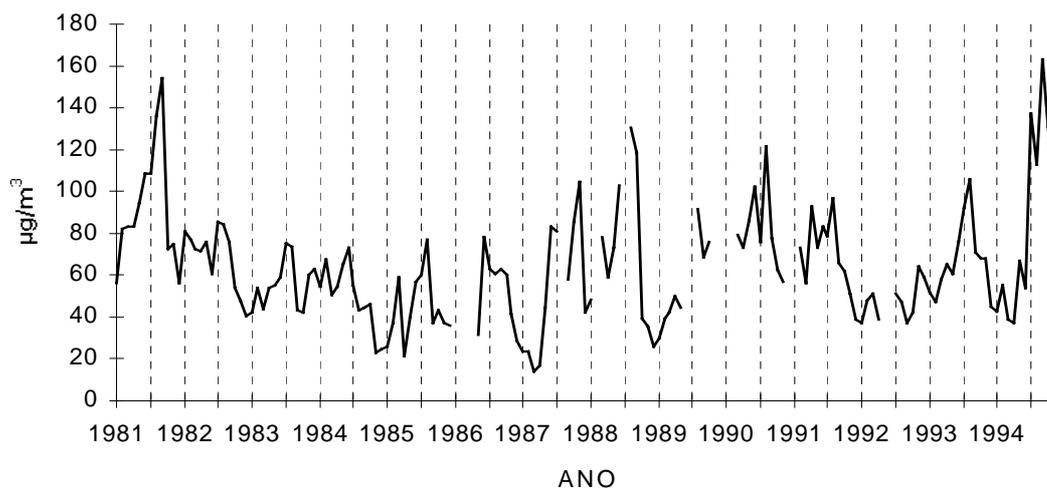
Equipe de Trabalho:

Clarice Aico Muramoto - EQQM
Jesuino Romano - EQQ
José Aloísio Pereira - EQQT
Maira Segalla P. Peris - EQQI
Maria Cristina N. de Oliveira - EQQA
Maria Helena R.B.Martins - EQQA
Silmara Regina da Silva – EQQI

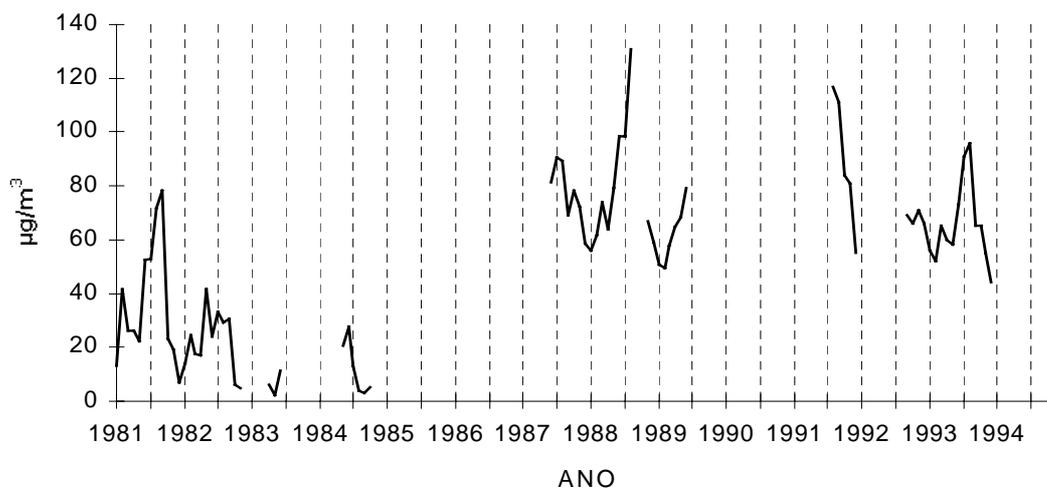
ANEXOS

ANEXO 1 - Partículas Inaláveis - Série das médias mensais por estação (1981 a 1994)

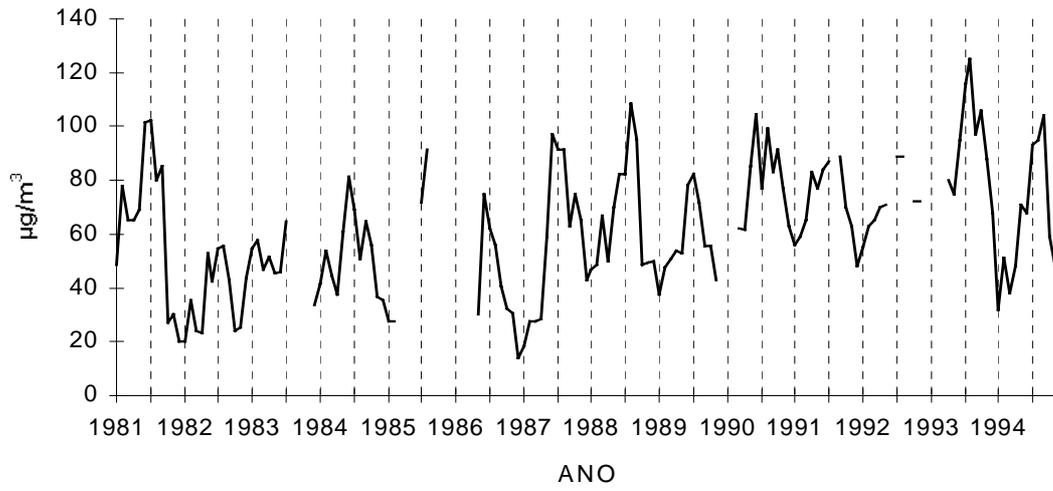
P. D. PEDRO II



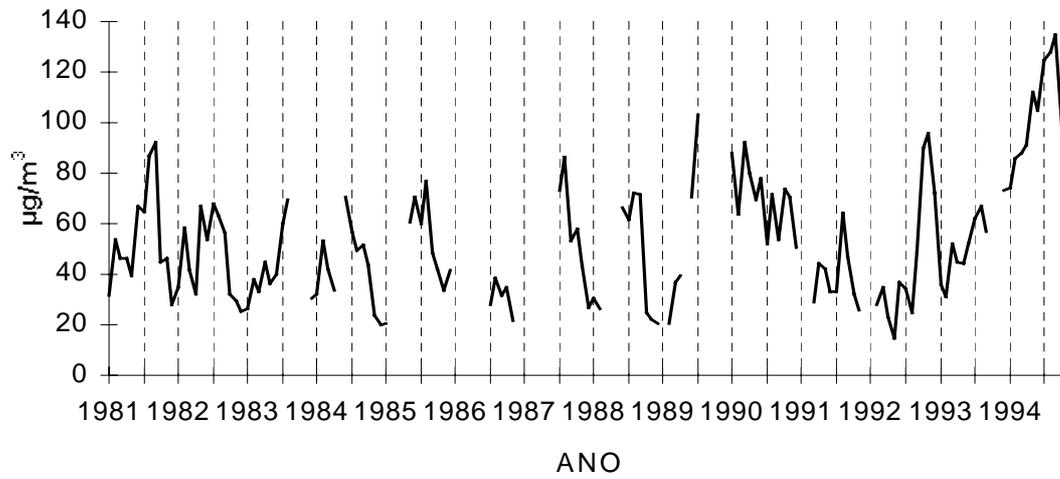
SANTANA



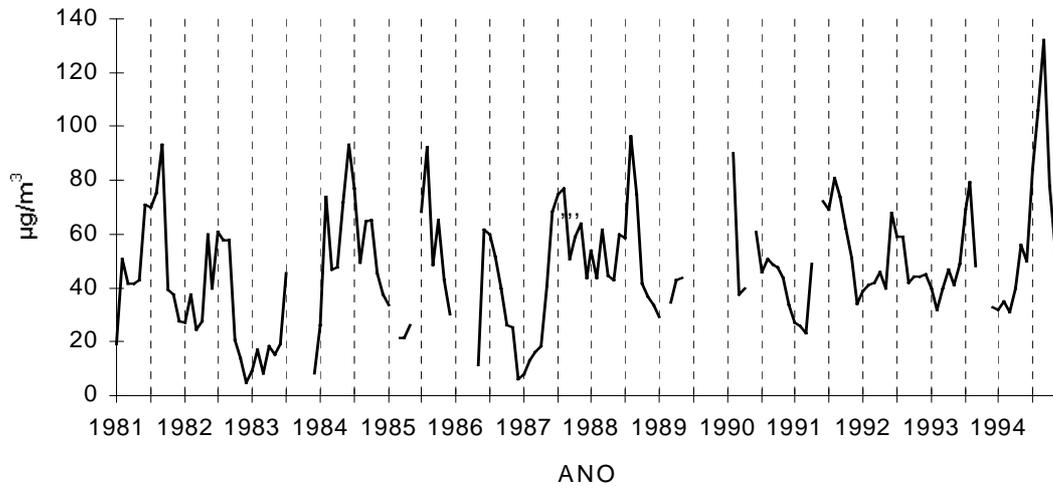
MOÓCA



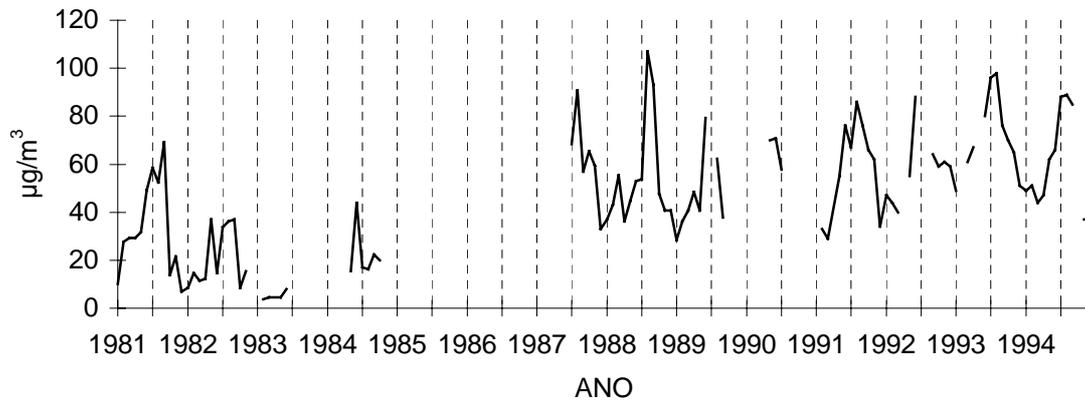
CAMBUCI



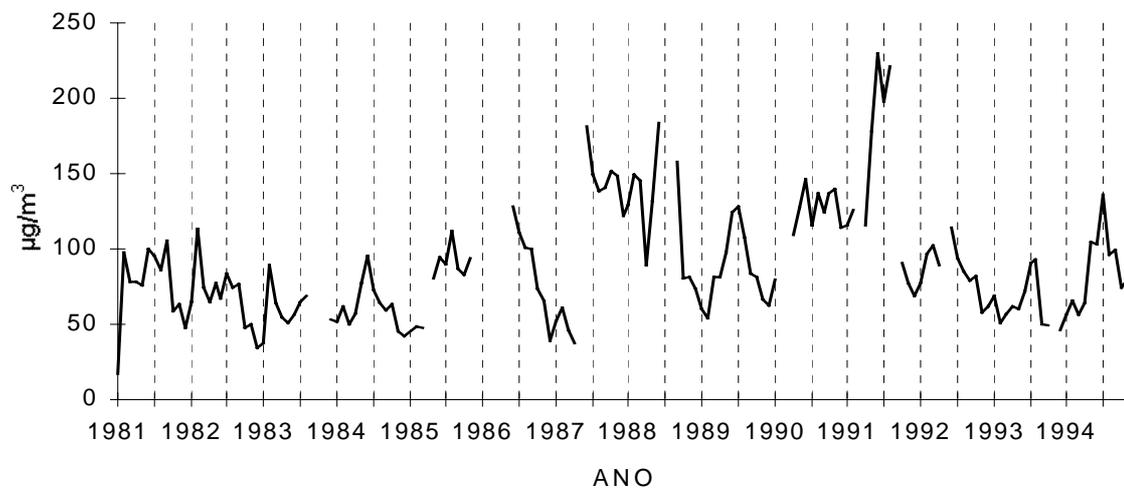
IBIRAPUERA



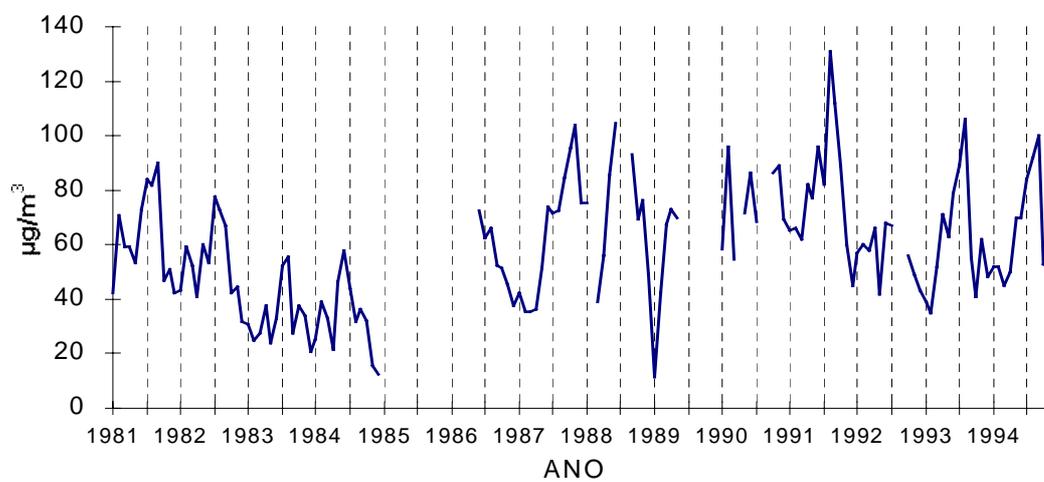
N. SENHORA DO Ó



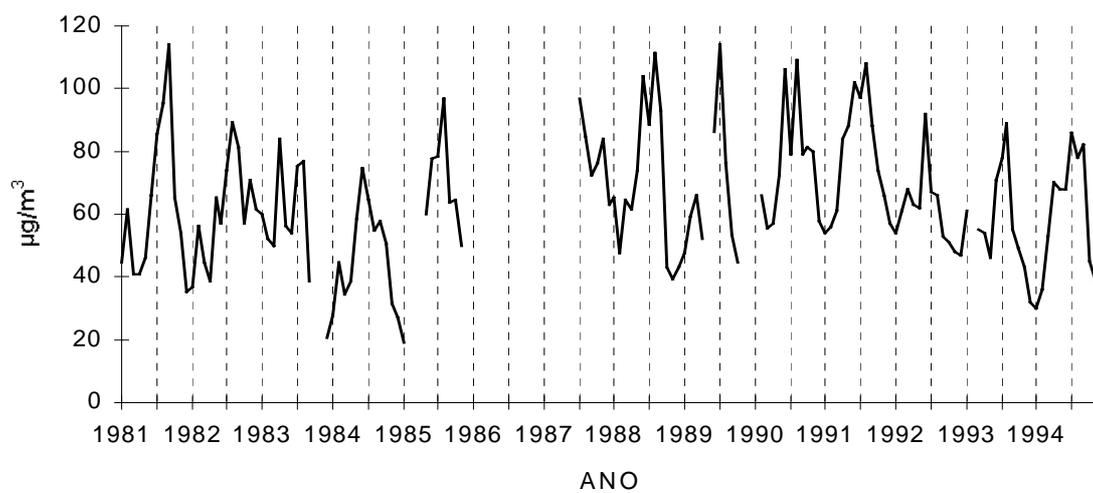
S. CAETANO DO SUL



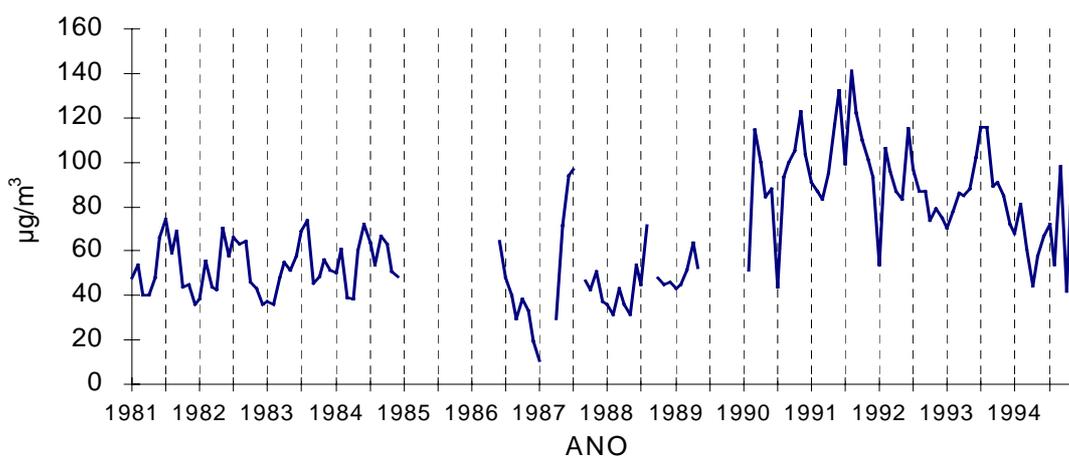
CONGONHAS



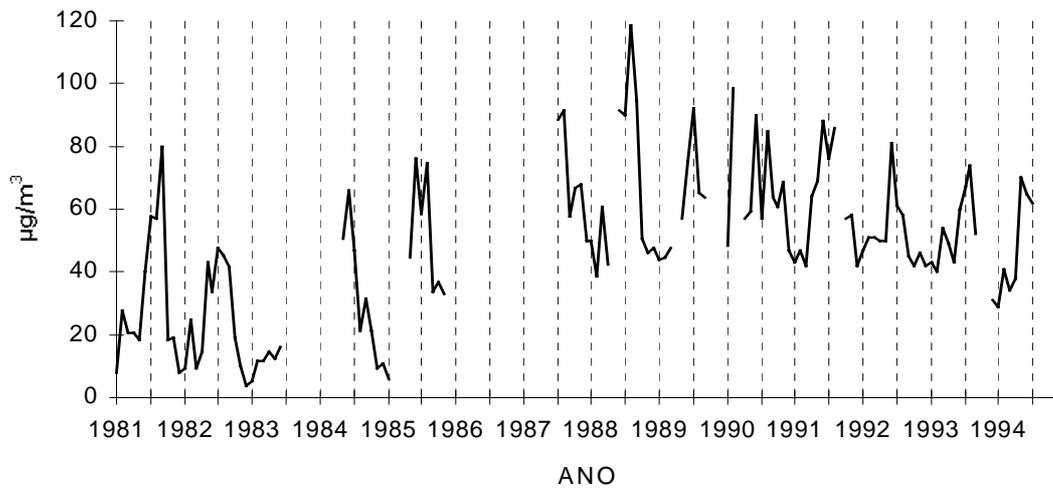
LAPA



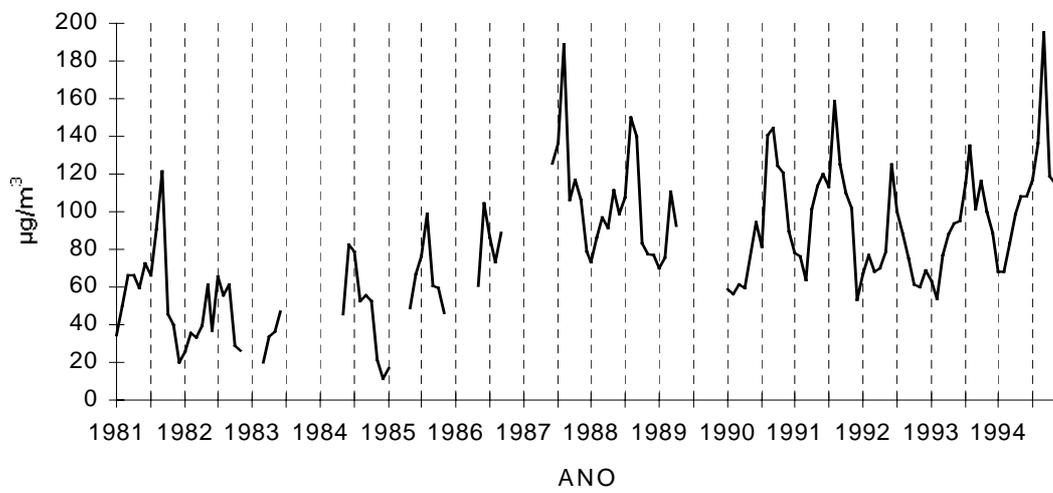
CERQUEIRA CÉSAR



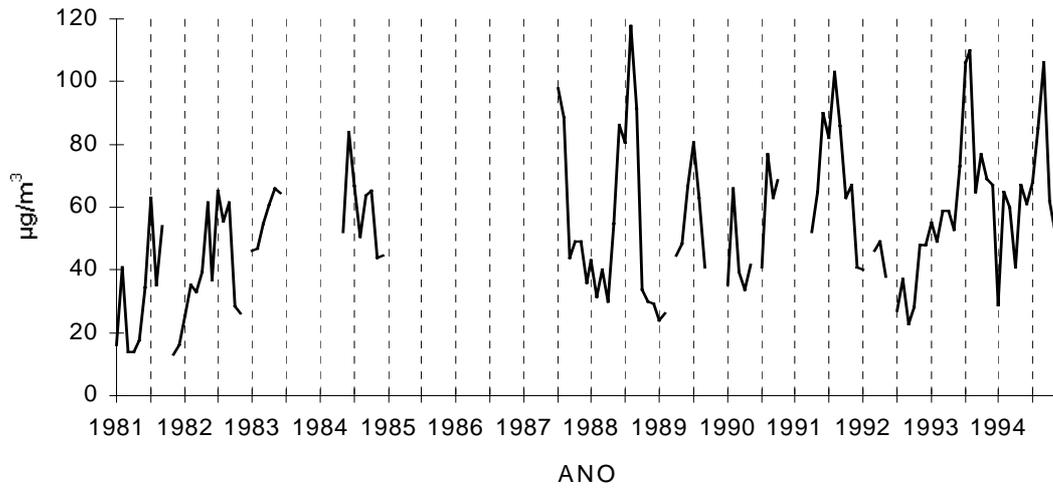
PENHA



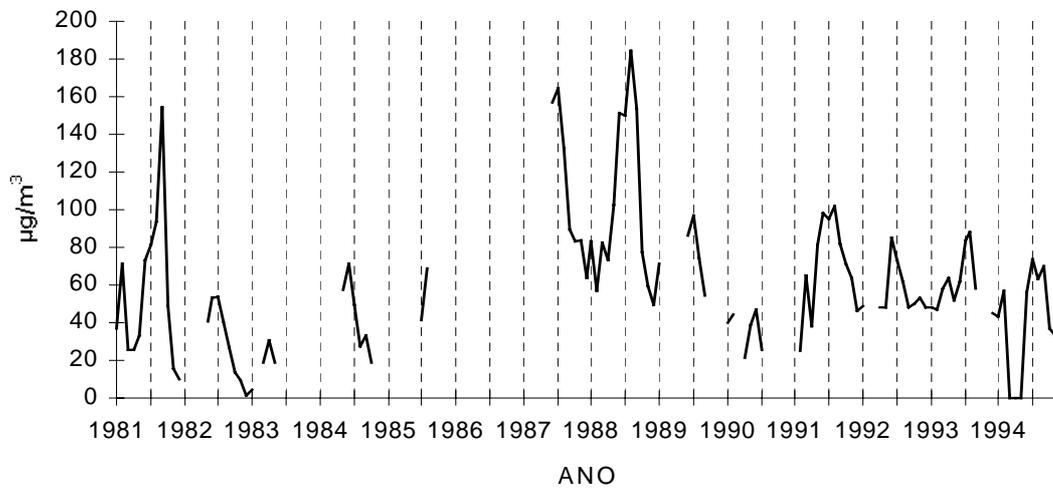
GUARULHOS



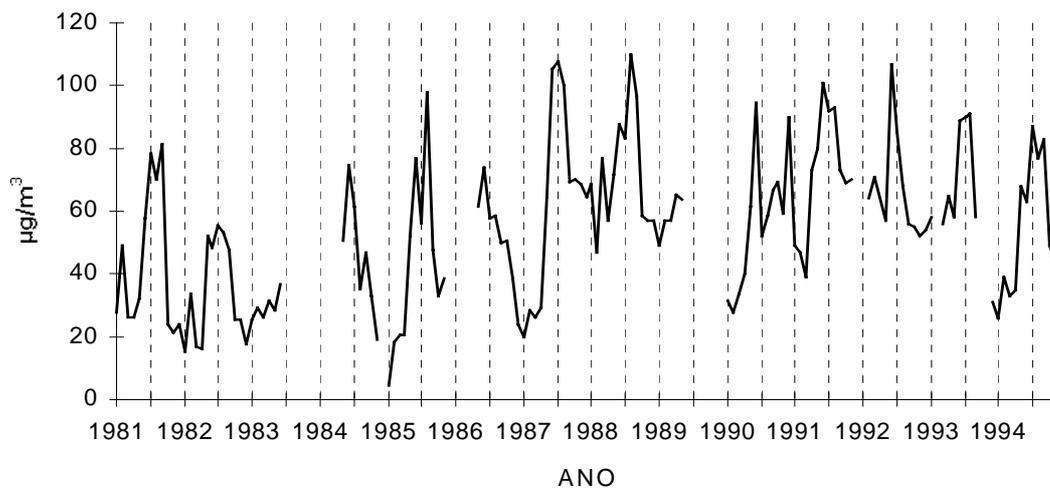
S. ANDRÉ - CENTRO



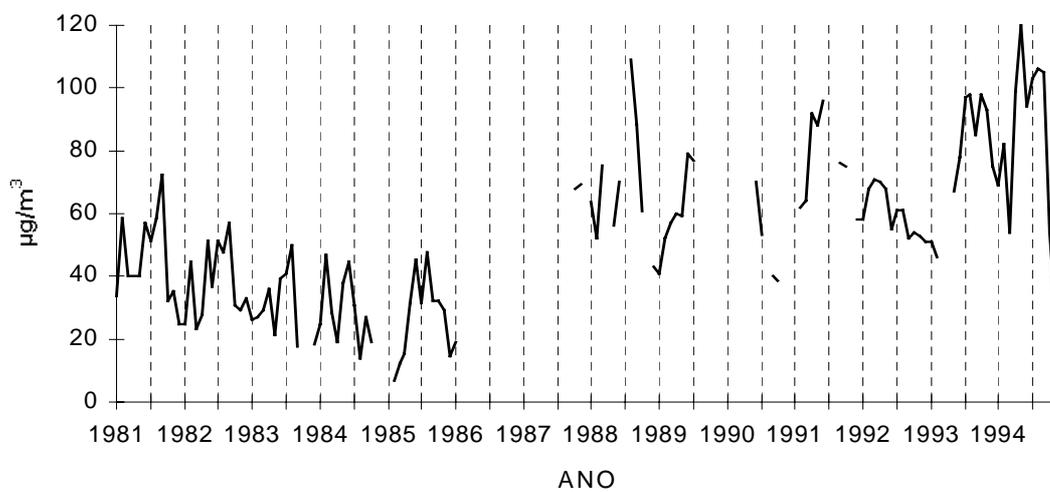
DIADEMA



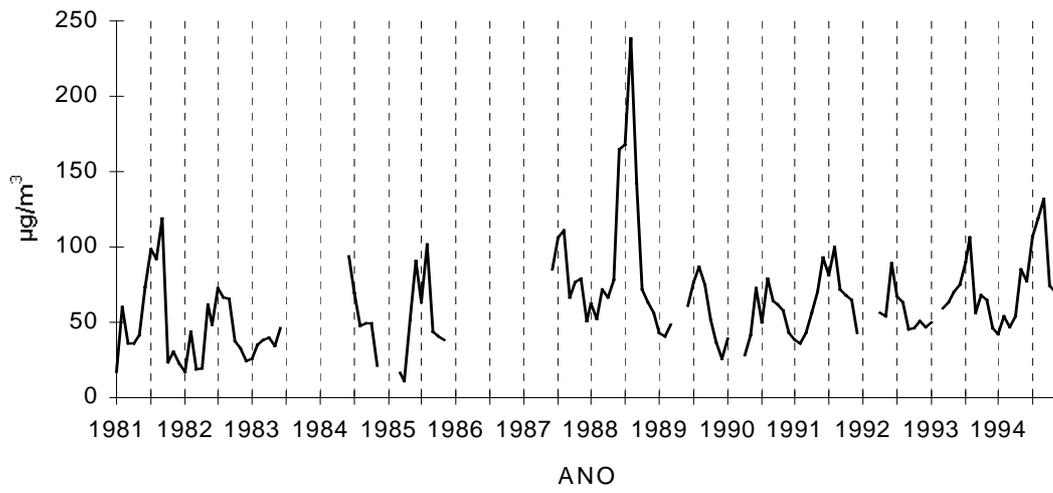
SANTO AMARO



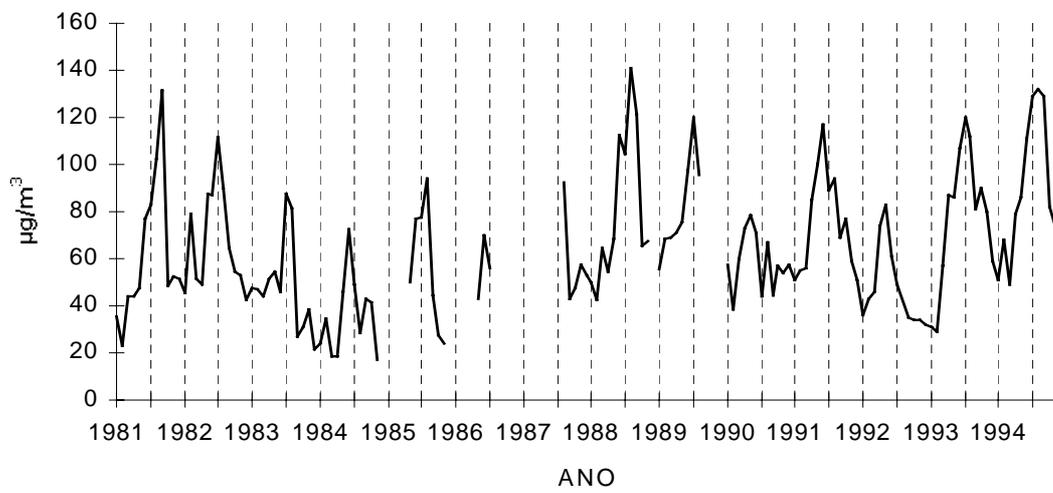
S. ANDRÉ - CAPUAVA



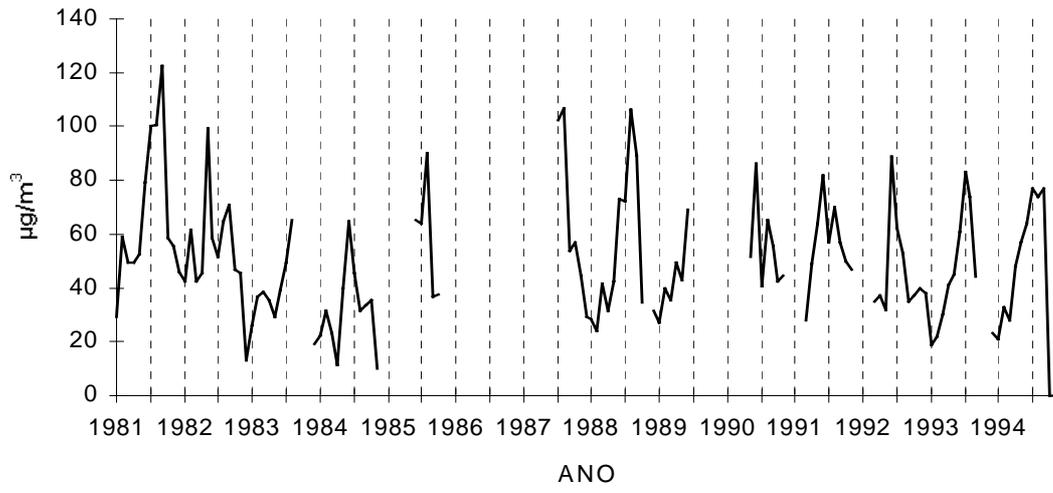
S. BERNARDO - V. PAULICÉIA



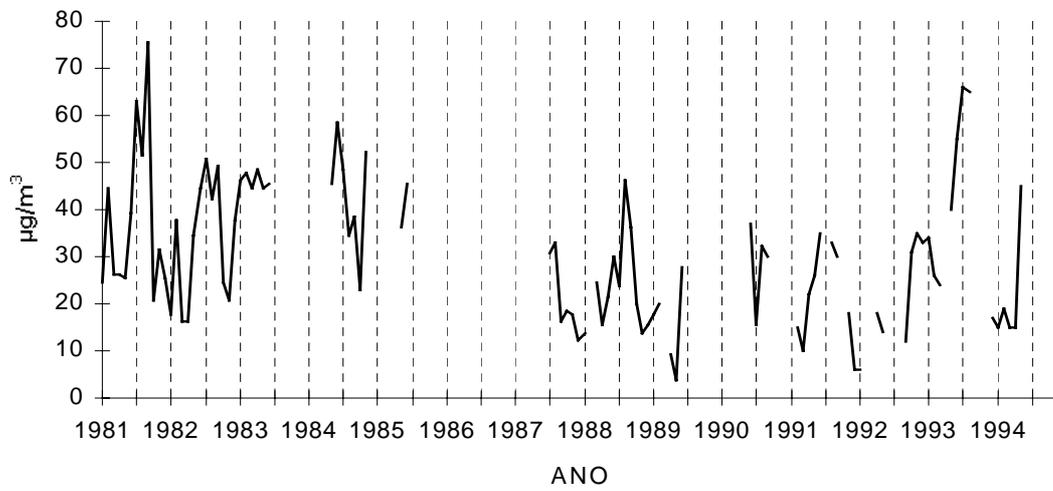
TABOÃO DA SERRA



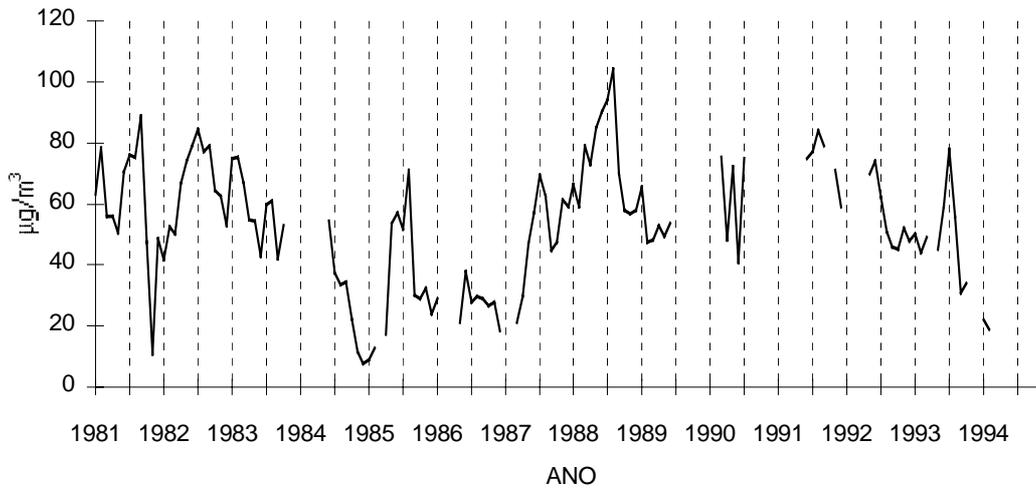
S. MIGUEL PAULISTA



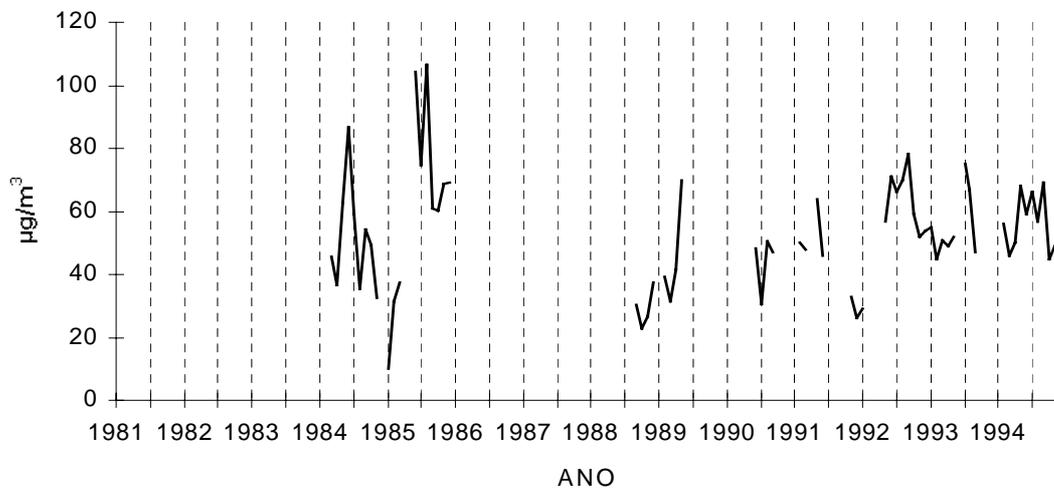
MAUÁ



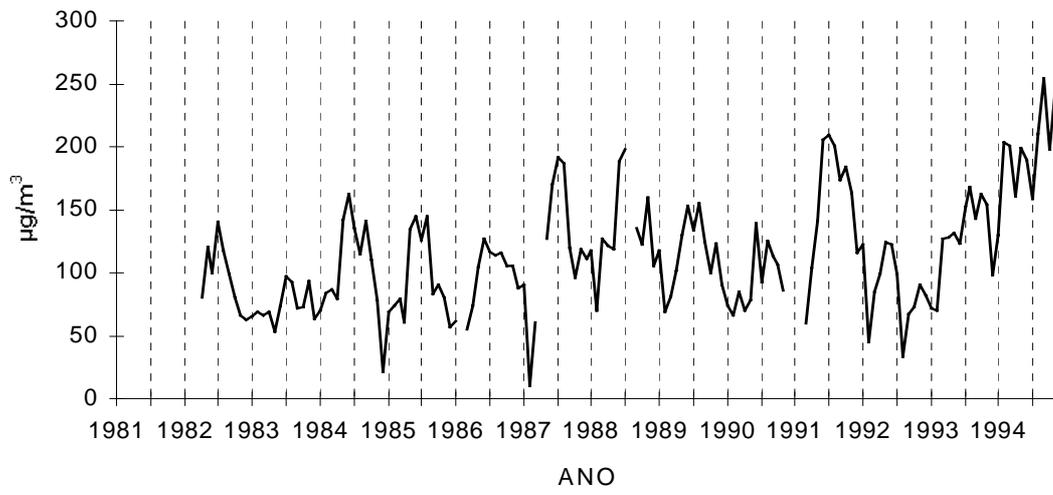
CUBATÃO - CENTRO



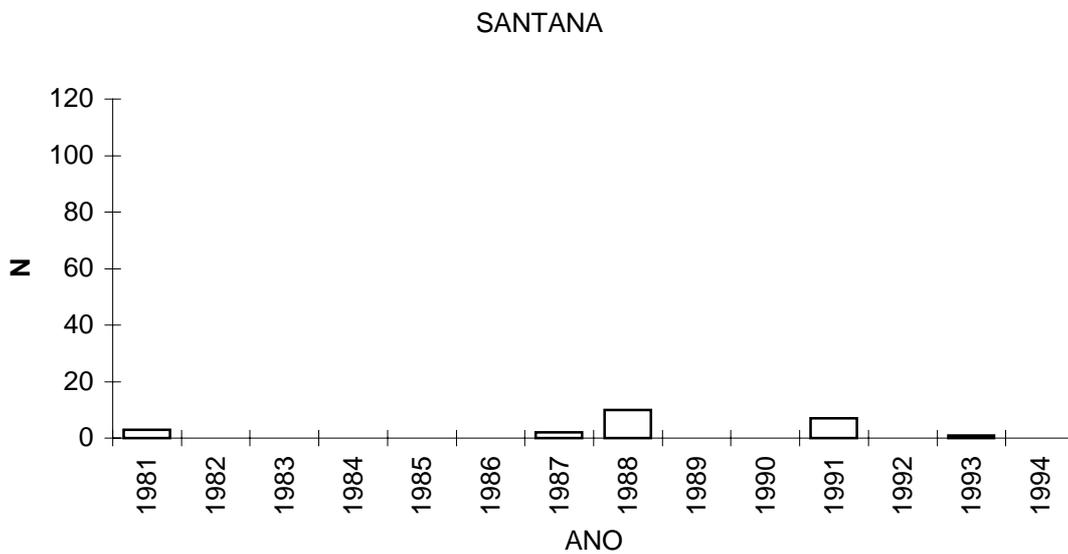
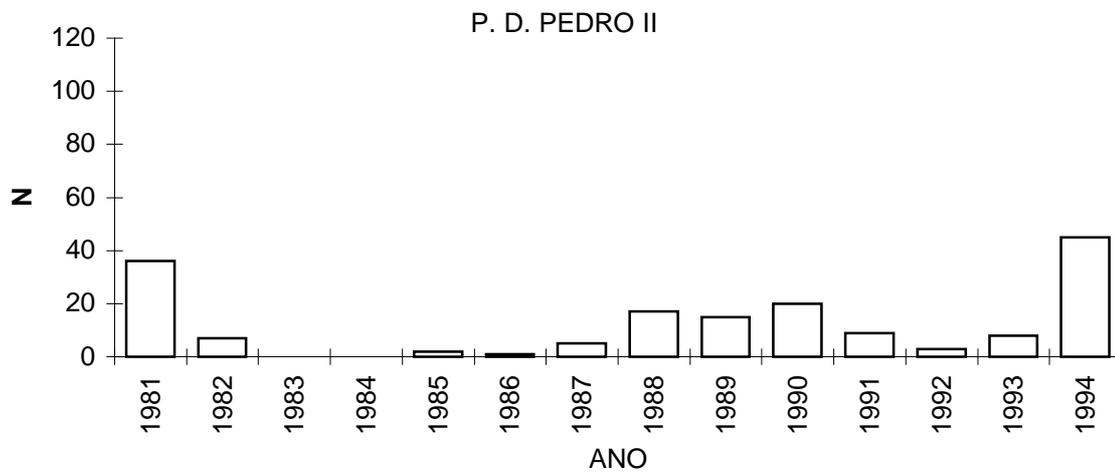
CUBATÃO - V. NOVA

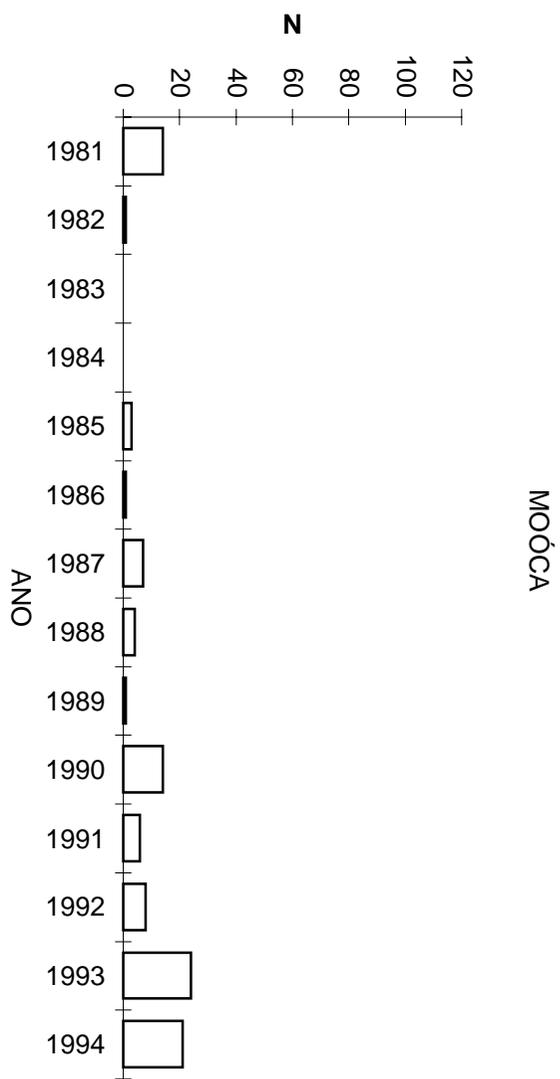
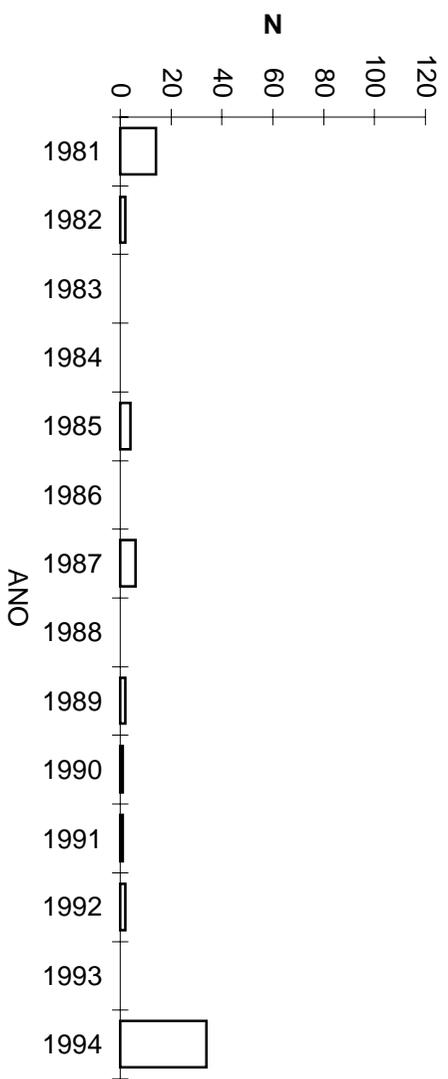


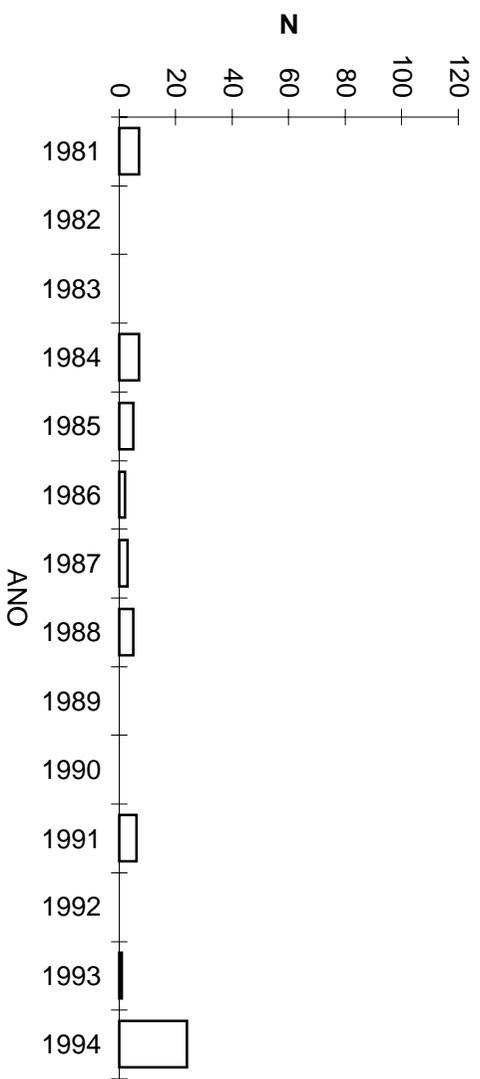
CUBATÃO - V. PARISI



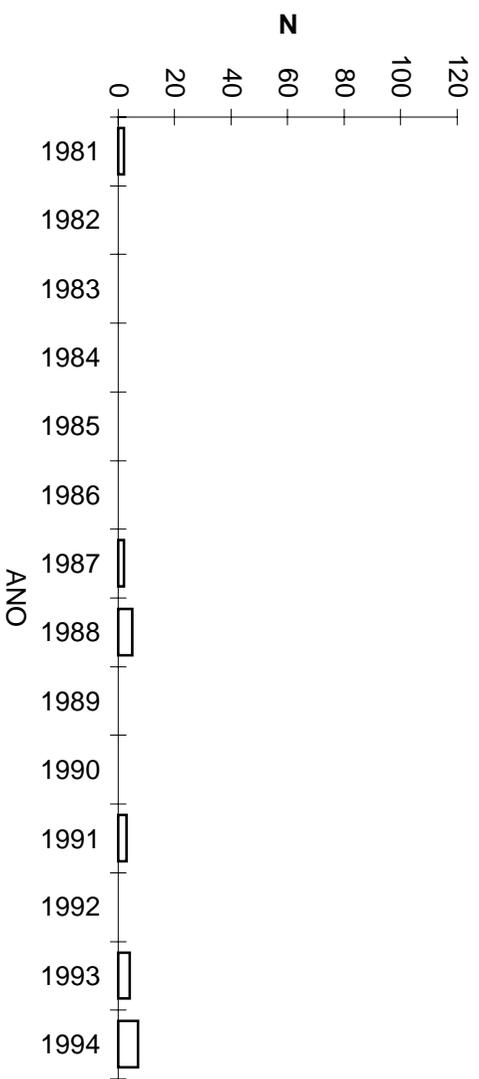
ANEXO 2 - Partículas Inaláveis - Total de ultrapassagens do padrão por estação (1981 a 1994)





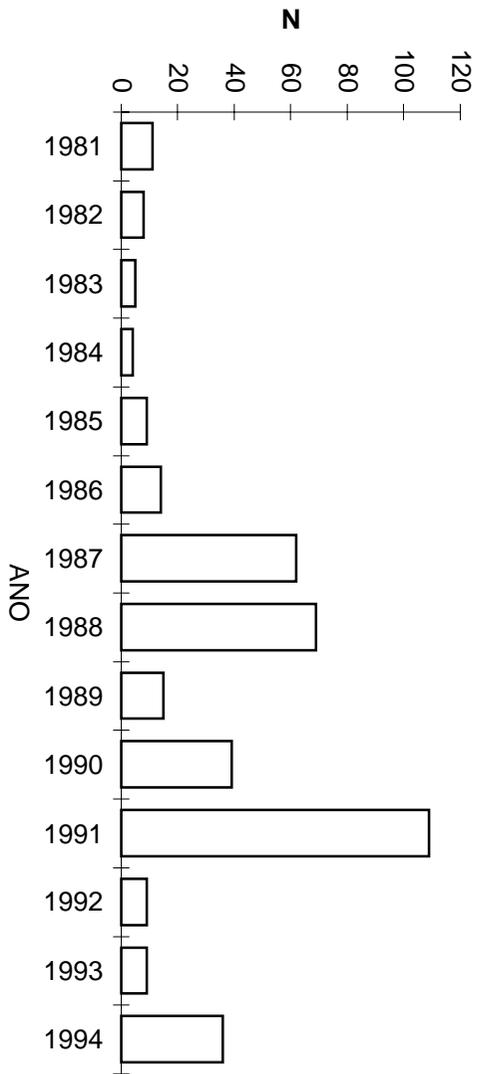


IBIRAPUERA

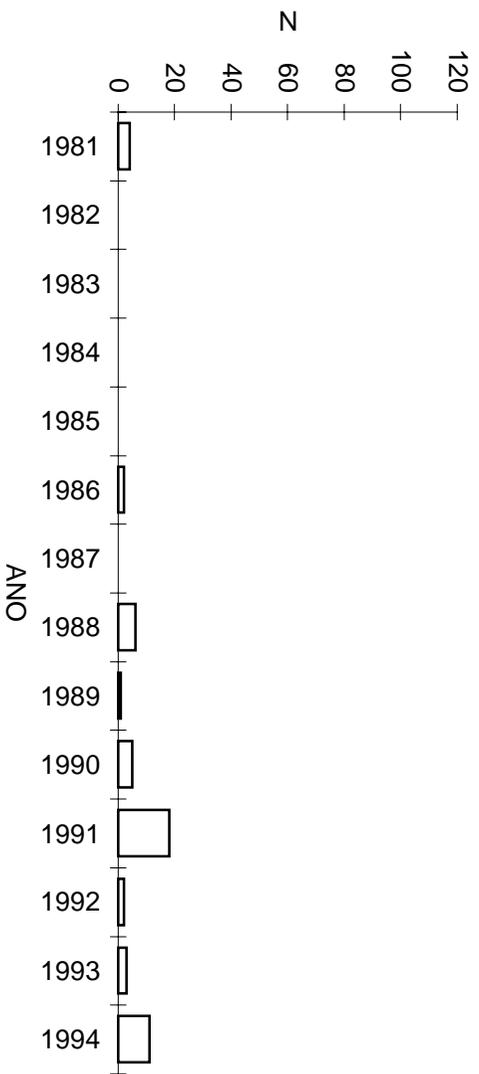


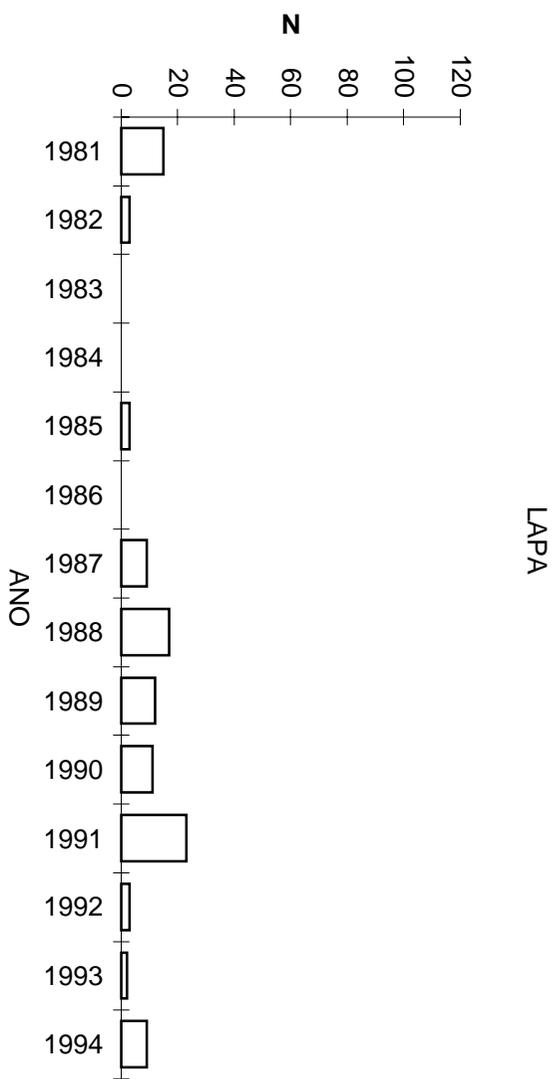
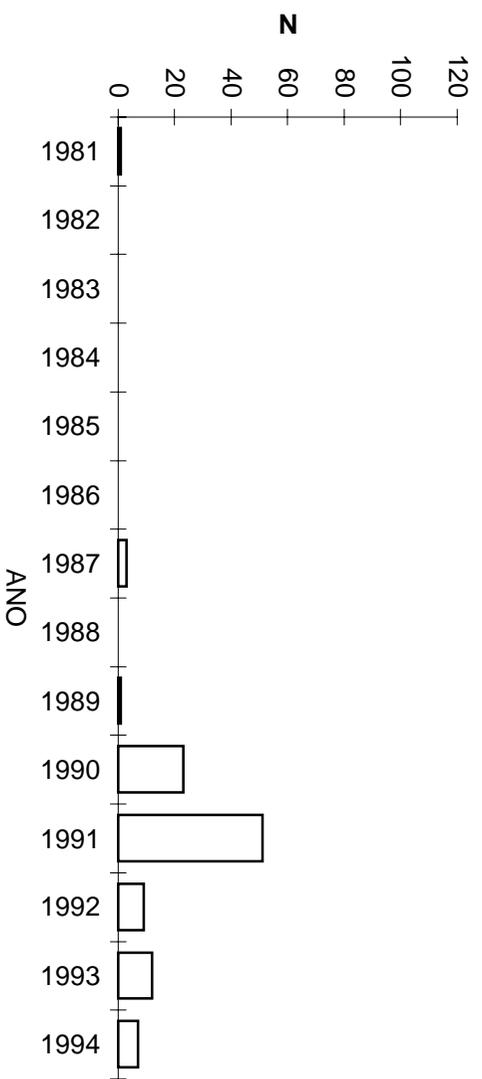
N.SENHORA DO Ó

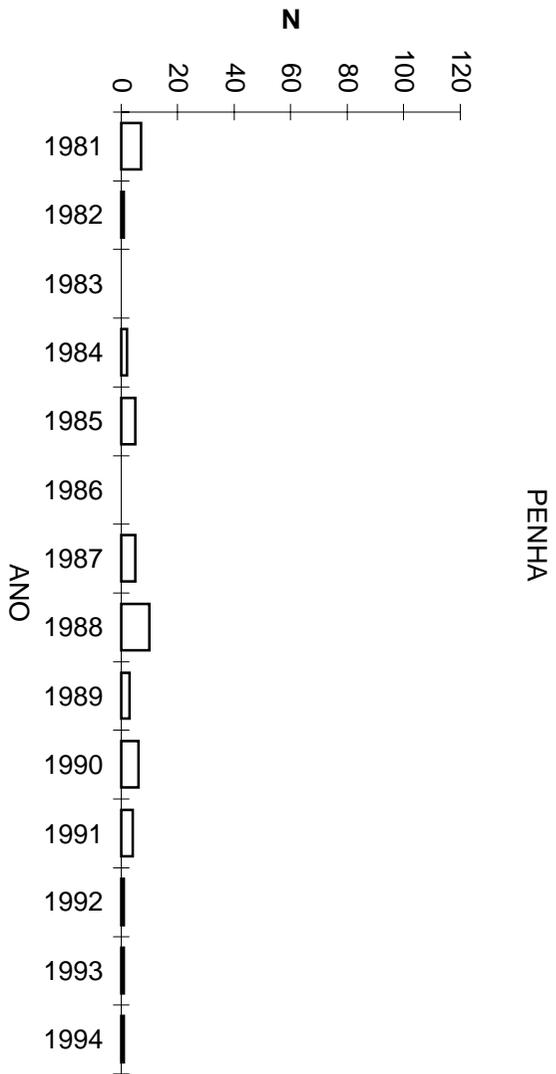
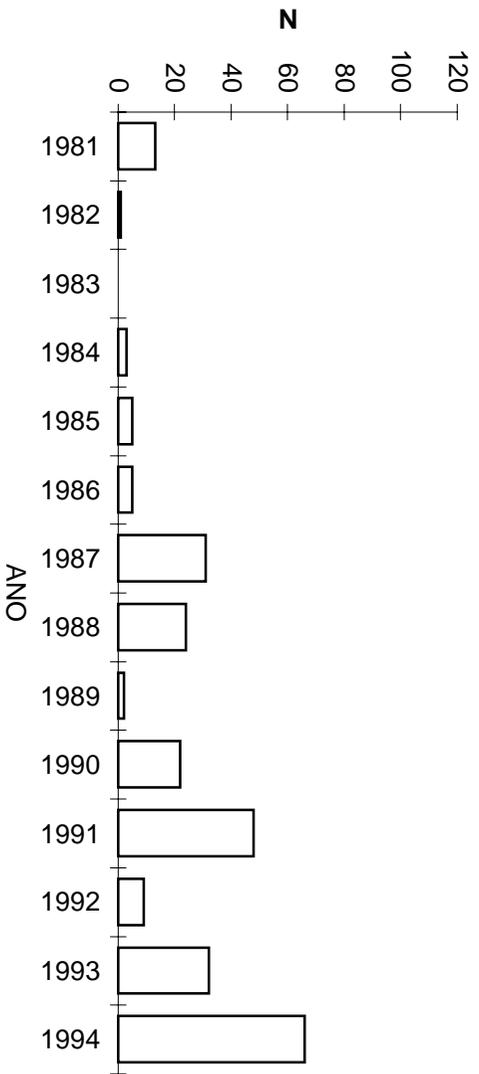
S. CAETANO DO SUL



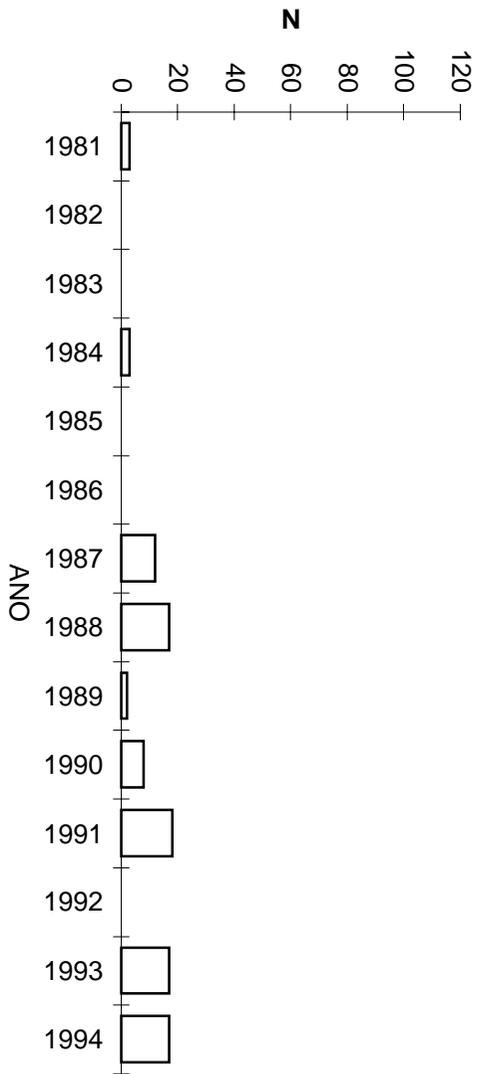
CONGONHAS



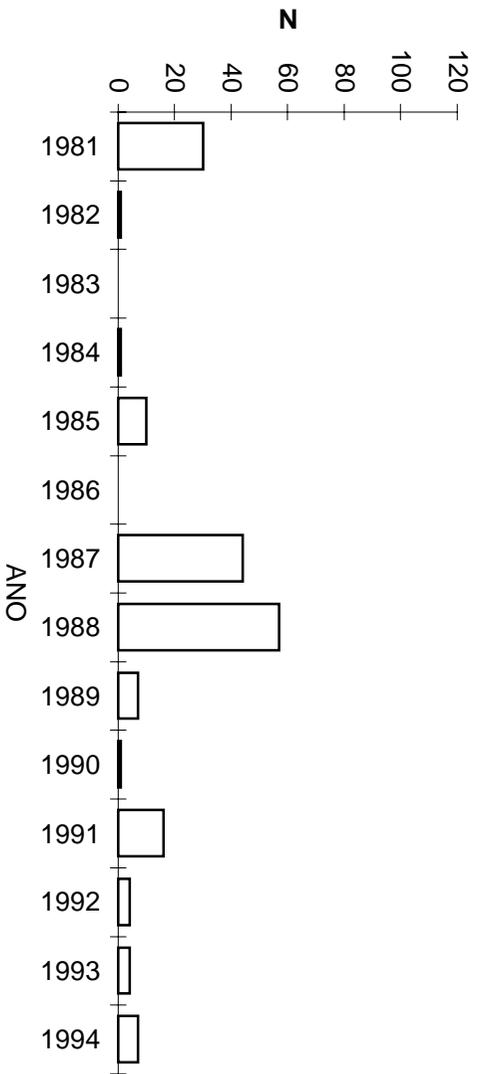


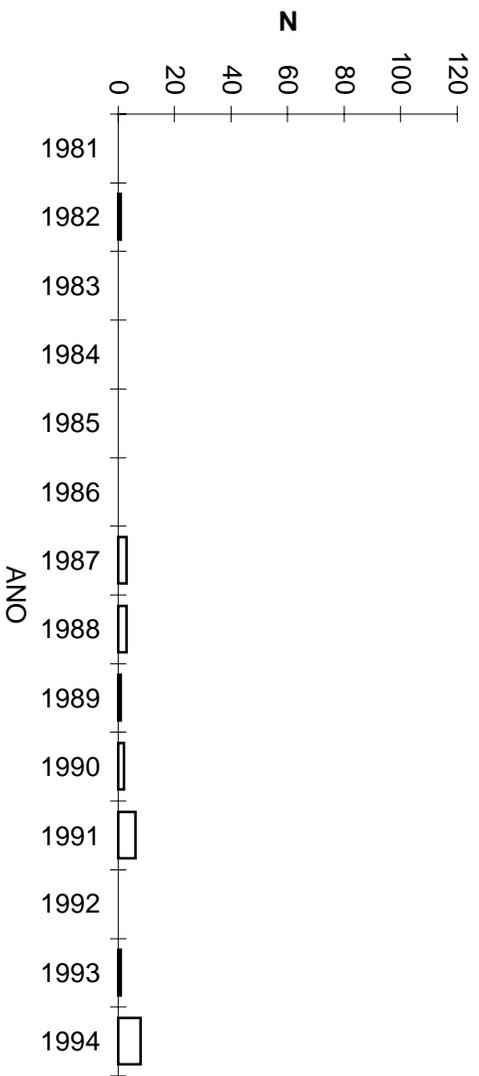
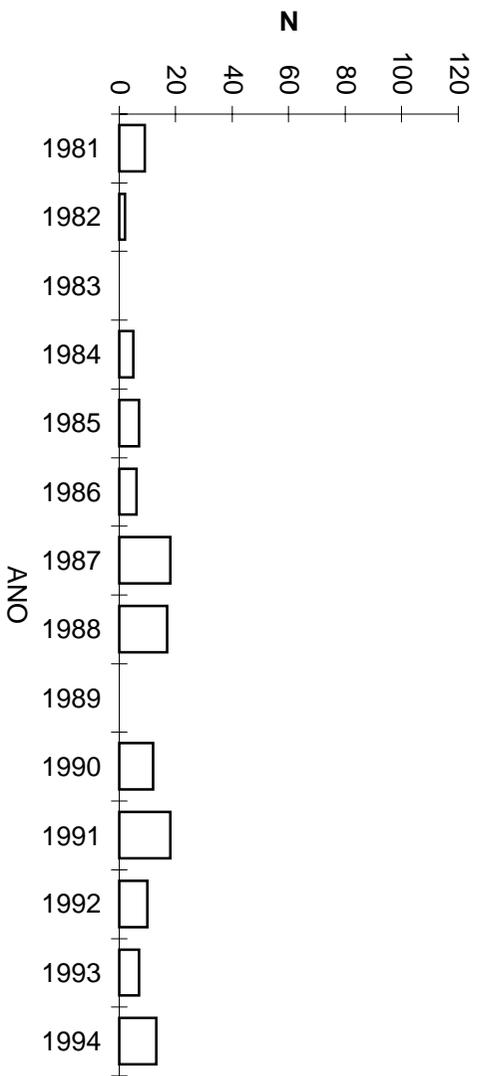


S. ANDRÉ - CENTRO

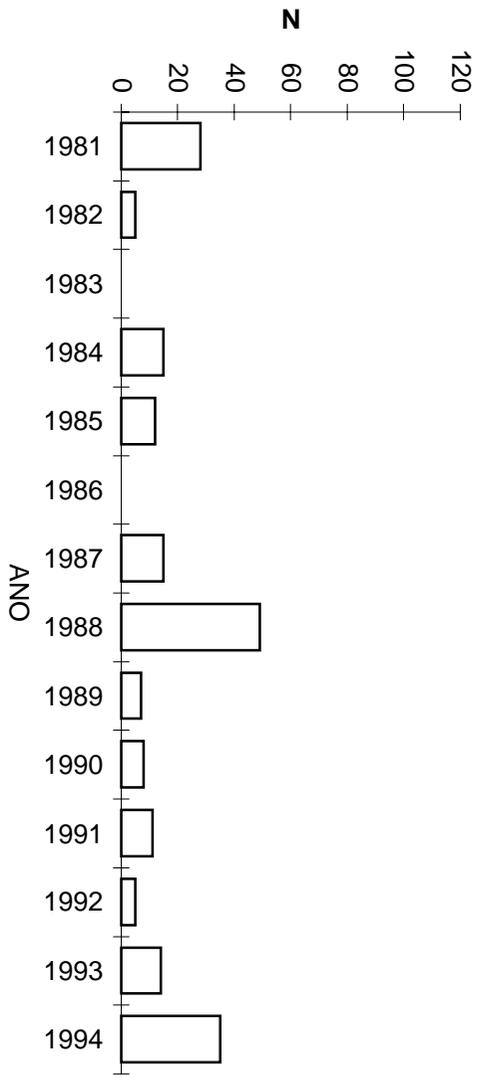


DIADEMA

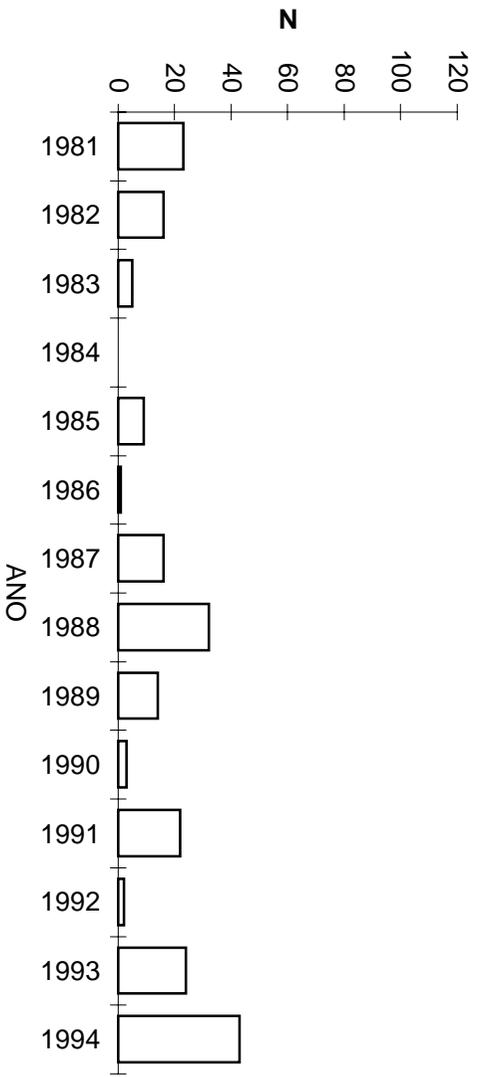




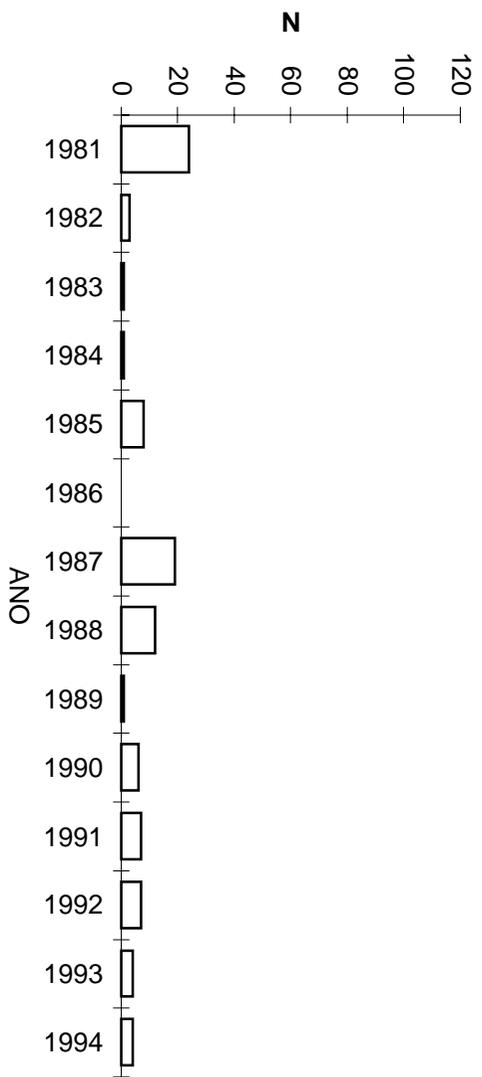
S. BERNARDO - V. PAULICÉIA



TABOÃO DA SERRA



S. MIGUEL PAULISTA



MAUA

