

V Encontro Nacional da Anppas  
4 a 7 de outubro de 2010  
Florianópolis - SC - Brasil

---

## **Impactos na Qualidade do Ar e na Saúde Humana da Poluição Atmosférica na Região Metropolitana de São Paulo - SP\***

Louise Nakagawa (Universidade Federal do ABC - UFABC)  
Mestre e Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Energia da UFABC  
[louise.nakagawa@ufabc.edu.br](mailto:louise.nakagawa@ufabc.edu.br)

Francisco de Assis Comarú (Universidade Federal do ABC)  
Prof. Dr. do Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas (CECS)  
[francisco.comaru@ufabc.edu.br](mailto:francisco.comaru@ufabc.edu.br)

Federico Bernardino Morante Trigo (Universidade Federal do ABC)  
Prof. Dr. do Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas (CECS)  
[federico.trigoso@ufabc.edu.br](mailto:federico.trigoso@ufabc.edu.br)

### **Resumo**

A poluição atmosférica tem representado um sério e preocupante problema de saúde pública nos grandes centros urbanos em decorrência da crescente frota veicular e atividade industrial. Neste trabalho, foram estudados três pontos de monitoramento da qualidade do ar na RMSP no período de 1999 a 2007, no intuito de verificar a concentração dos poluentes atmosféricos, comparando-os aos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela CETESB e OMS. Para isso, foi utilizado o histórico de dados da CETESB, processado por meio da ferramenta MATLAB, a partir da qual foi possível elaborar os gráficos. Depois de analisados foi constatado que houve ultrapassagem de alguns poluentes, tanto dos limites diários como nas médias anuais instituídos pela CETESB e OMS. Além disso, algumas ultrapassagens ocorreram em muitos momentos, com valores bem acima do recomendado. Desse modo, esta pesquisa ressalta a importância e necessidade de maior rigor no monitoramento e controle, bem como na fiscalização por parte dos órgãos ambientais e de saúde.

### **Palavras-chave**

Poluição Atmosférica, Qualidade do Ar, Saúde Pública, RMSP

---

\* Este artigo é baseado na dissertação de mestrado de NAKAGAWA, L. cujo título "Estudo dos efeitos na qualidade do ar e na saúde humana do funcionamento de usinas termoeletricas em regiões intensamente urbanizadas: o caso da UTE Piratininga - SP" foi apresentada à Universidade Federal do ABC em julho de 2009.

## 1. Introdução

A poluição atmosférica vem sendo um grave problema de saúde pública em regiões intensamente urbanizadas desde a primeira metade do século XX. Episódios de poluição excessiva causaram o aumento no número de mortes em algumas cidades na Europa e EUA (BRAGA *et al.*, 2002; VIGIAR, 2006). Após os eventos ocorridos no Vale do Meuse, Donora e Londres, as autoridades foram alertadas sobre o preocupante problema de saúde da população causado pela exposição por períodos agudos de poluição. Como resultado das altas concentrações de material particulado (MP) e outros compostos pode-se dizer que a poluição do ar possui diversas causas e pode ser agravada pela ocorrência de fatores climáticos que dificultam a dispersão dos poluentes, piorando a qualidade do ar (SALDIVA, 2008). Entretanto, não existe consenso sobre quais compostos prejudicam de fato a saúde humana, portanto, precisam ser medidos e acompanhados. Além disso, não se conhece ainda a natureza exata e mecanismos pelos quais os agentes poluidores lesam a saúde.

Esse tipo de poluição causa efeitos no aparelho respiratório que não podem ser desprezados. Segundo o documento *State of the Air: 2001*, elaborado pela *American Lung Association*, citado por Gomes (2002): a cada ano nos EUA, para 75 mortes causadas pela poluição do ar, existem 265 internações por asma, 240 internações por outras doenças respiratórias, 3.500 visitas ao serviço de urgência, 180.000 exacerbações de asma, 930.000 dias com restrições a atividades e 2.000.000 de dias com sintomas respiratórios agudos. Pesquisas realizadas na Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP) mostram que em cidades como São Paulo, a expectativa de vida é em média um ano e meio menor que em cidades do interior. Também foi relatado que para cada aumento de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  na concentração de MP em 24 horas, houve o aumento de 8,17 mortes de adultos por dia, representando um crescimento de 13% na mortalidade diária. Já em relação às crianças, o estudo revelou associação significativa somente com os óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) (CORREIA, 2001).

Dentro desse contexto, foram realizados estudos epidemiológicos e experimentais que identificaram os principais poluentes atmosféricos e suas repercussões sobre a saúde. A partir disso, vários países estabeleceram padrões de qualidade do ar. Nas últimas décadas as fontes móveis passaram a ter maior participação na carga de poluentes emitidos para a atmosfera que as fontes fixas, tornando-se a principal contribuinte para a poluição do ar nos grandes centros urbanos. Segundo Saldiva (2007), se fossem implementadas tecnologias para reduzir o uso de combustíveis fósseis, haveria uma redução de 64 mil mortes entre 2000 e 2020 na Cidade do México, Santiago, São Paulo e Nova York. Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a baixa qualidade do ar é decorrente das emissões de cerca de 2.000 indústrias e da frota de aproximadamente 8,4 milhões de veículos automotores. De acordo com as estimativas de 2007,

as fontes móveis são responsáveis por 90% da emissão de poluentes, sendo 1,5 milhão de t/ano de CO, 365 mil t/ano de hidrocarbonetos, 339 mil t/ano de NO<sub>x</sub>, 29,5 mil t/ano de MP e 8,2 mil t/ano de SO<sub>x</sub> (CETESB, 2007). Sendo assim, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) criou programas que visam o controle dessas emissões como o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) e o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT), além do rodízio de veículos de passeio e mais recentemente, dos veículos pesados. Já o controle e a fiscalização das fontes fixas têm como objetivo atingir os padrões de qualidade do ar, que estão em vigor desde 1990, por meio da Resolução CONAMA como mostra a tabela 1.

Tabela 1 - Padrão de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº 003/90) (CETESB, 2007).

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	PADRÃO PRIMÁRIO $\mu\text{m}^3$	PADRÃO SECUNDÁRIO $\mu\text{m}^3$
Partículas totais em suspensão	24h*	240	150
	MGA**	80	60
Partículas inaláveis	24h*	15	150
	MAA***	50	50
Dióxido de nitrogênio	1h	320	190
	MAA***	100	100
Dióxido de enxofre	24h*	365	100
	MAA***	80	40
Ozônio	1h*	160	160
Monóxido de carbono	1h*	40000	40000
		35 ppm	35 ppm
	8h*	10000	10000
		9 ppm	9 ppm

\* Não deve ser excedido mais de uma vez no ano; \*\* Média geométrica anual; \*\*\* Média aritmética anual

Como forma de mostrar a relevância das doenças respiratórias no Brasil e no município de São Paulo foram elaborados os gráficos da figura 1 e 2 utilizando o Banco de Dados do Sistema Único de Saúde (DATASUS) (2008). Com isso, foi possível verificar que de janeiro a novembro de 2008, os óbitos por doenças do aparelho respiratório atingiram cerca de 18% do total de óbitos registrados, tanto no Brasil como em São Paulo. A primeira maior causa destacada são as doenças do aparelho circulatório, seguida pelas doenças do aparelho respiratório em ambos, como mostra a figura 1.

**Óbitos no Brasil e no município de São Paulo (Jan-Nov/2008): CID 10**

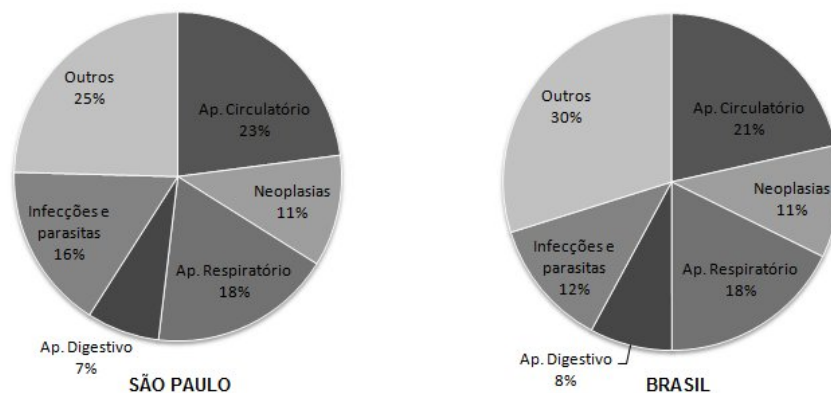


Figura 1 - Óbitos ocorridos no município de São Paulo e no Brasil de janeiro a novembro de 2008 (DATASUS).

Já os casos de internações por doenças do aparelho respiratório, no Brasil atingiram cerca de 15% do total registrado, enquanto em São Paulo atingiram 11%. Sendo assim, pode-se observar que esse tipo de doença é a primeira maior causa de internação no Brasil. Em São Paulo, passa a ser a segunda maior causa, pois perde somente para as doenças do aparelho circulatório, como mostra a figura 2.

**Internações no Brasil e no município de São Paulo (Jan-Dez/2008): CID 10**

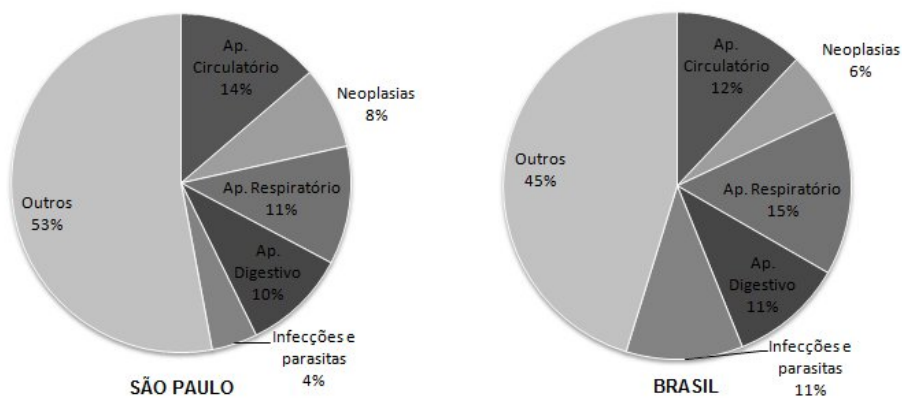


Figura 2 - Internações ocorridas no município de São Paulo e no Brasil de janeiro a novembro de 2008 (DATASUS).

## **2. Metodologia**

Neste estudo foram utilizados os dados das concentrações de poluentes atmosféricos do período de 1999 a 2007, coletados por meio dos relatórios anuais de qualidade do ar e do histórico de dados disponível no site da CETESB (2008), que mostra as medições diárias realizadas de hora em hora nas estações telemétricas. Contudo, por invalidez dos dados pela própria Companhia ou mesmo a ausência de mediação da concentração dos poluentes, impossibilitou a obtenção destes dados em alguns períodos. Os poluentes analisados foram: MP, ozônio (O<sub>3</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) e NO<sub>x</sub>, obtidos de três estações telemétricas dentro da RSMP, nos distritos de Congonhas e Santo Amaro e no município de Diadema.

Após coleta dos dados foram realizados cálculos estatísticos utilizando a ferramenta MATLAB, buscando mostrar o comportamento e a concentração desses poluentes no período analisado. Para isso, foram utilizados os dados dos poluentes listados acima, por hora, onde foi possível demonstrar a dispersão total dos mesmos e suas médias anuais. Ainda, para fins comparativos, foi utilizado o padrão de qualidade do ar da CETESB, segundo a Resolução CONAMA n°003/90 e as médias estabelecidas pela Organização Mundial de Saúde (OMS) (2009), no intuito de verificar possíveis ultrapassagens dos padrões estabelecidos pelos órgãos ambientais e de saúde.

## **3. Resultados e discussão**

### **3.1. Medição de CO**

Após elaboração e análise dos gráficos notou-se que os níveis de CO aumentaram nos meses mais frios. Isso pode ser explicado pela baixa temperatura e umidade, e pouco vento, caracterizando um ambiente desfavorável à dispersão dos poluentes atmosféricos. A figura 3 mostra todas as medições realizadas na estação Congonhas de 1999 a 2007.

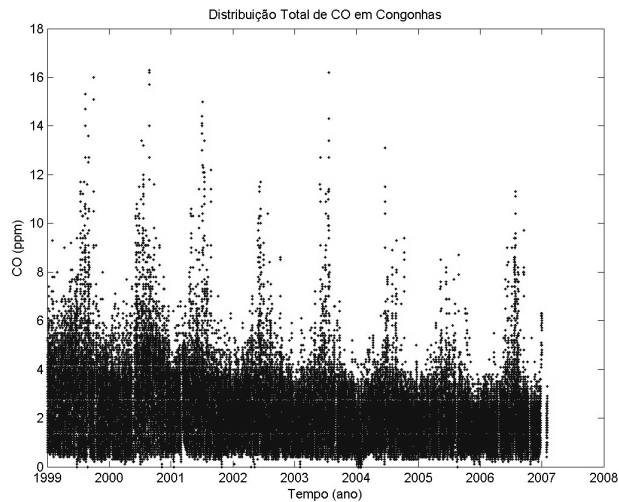


Figura 3 - Distribuição total de CO na estação Congonhas de 1999 a 2007 (CETESB).

Ao analisar esta figura, é possível verificar que não houve, em momento algum, ultrapassagem do padrão limite de 1 hora para CO (35 ppm). Outra informação importante é que a concentração de CO na estação Congonhas diminuiu com o passar dos anos. Isso pode ter relação com a melhoria no processo de combustão, além da substituição de combustíveis como o diesel e gasolina pelo gás natural e etanol. Vale lembrar que devido o aumento de veículos híbridos (tipo *flex*), o etanol tem sido mais utilizado, diminuindo a emissão de CO para a atmosfera. O rodízio de veículos no centro expandido da cidade de São Paulo também tem colaborado significativamente com a diminuição da emissão de poluentes atmosféricos, melhorando a qualidade do ar nas regiões mais próximas do centro.

### 3.2. Medição de MP

Observando a figura 4, que mostra a distribuição de MP na estação Santo Amaro entre 1999 e 2007, também é possível constatar que a concentração desse poluente é maior nos meses mais frios. A linha escura mostra o limite diário estabelecido pela CETESB e a linha clara mostra a média diária estabelecida pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

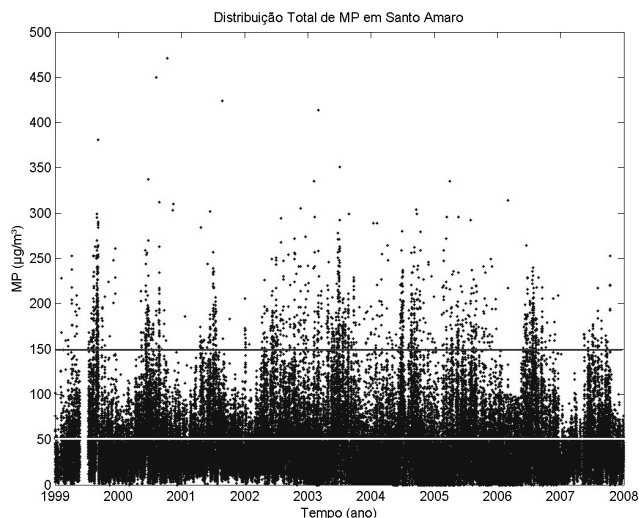


Figura 4 - Distribuição total de MP na estação Santo Amaro de 1999 a 2007 (CETESB).

Ao analisar a figura 4, percebe-se que o limite diário estabelecido pela CETESB de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  é ultrapassado em muitos momentos no período analisado. Além disso, algumas dessas ultrapassagens atingem níveis 3 vezes maiores que o padrão. O mesmo pode ser observado em relação à média diária estabelecida pela OMS de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que é ultrapassada em praticamente todo o período do estudo. Este fato é de suma importância para verificar o problema da alta concentração deste tipo de poluente na atmosfera, que tem efeito direto na qualidade do ar da região e principalmente na saúde da população. Desse modo, no intuito de aprofundar a análise da concentração do MP foi elaborado o gráfico da figura 5, que mostra a distribuição média anual do poluente na estação Santo Amaro.

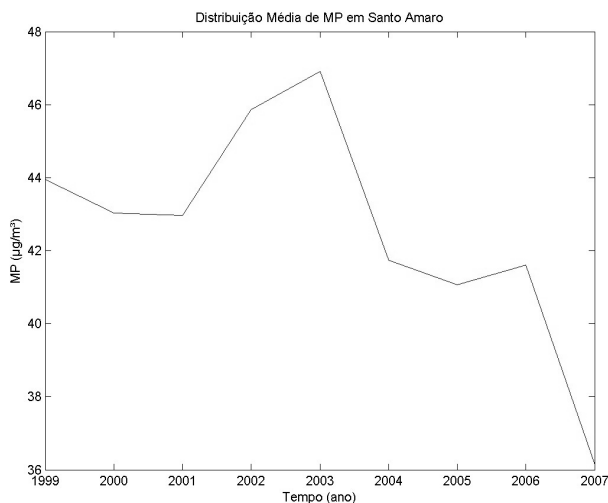


Figura 5 - Distribuição média anual de MP na estação Santo Amaro de 1999 a 2007 (CETESB).

Através desta figura é possível verificar que a média anual estabelecida pela CETESB de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  não é ultrapassada, ao contrário das concentrações diárias que ultrapassaram o limite em vários momentos. Portanto, por meio destas análises, percebeu-se que as médias calculadas, tanto neste trabalho como nos relatórios anuais de qualidade do ar da CETESB, mascaram os resultados reais e as ultrapassagens dos limites estabelecidos pela legislação ambiental. Isto fica claro na comparação entre a figura 4, a qual foi possível notar as ultrapassagens do limite diário de MP, e a figura 5, cuja ultrapassagem da média anual não foi observada.

### 3.3. Medição de $\text{NO}_x$

As maiores concentrações de  $\text{NO}_x$  também foram registradas nos meses mais frios, mostrando a dificuldade de dispersão dos poluentes devido às temperaturas e umidade baixas e calmaria dos ventos. Observando a figura 6, nota-se algumas lacunas explicadas pela ausência de medição da concentração de  $\text{NO}_x$  na estação Congonhas de 1999 a 2007. A linha escura mostra o limite horário estabelecido pela CETESB e a linha clara mostra a média horária estabelecida pela OMS.

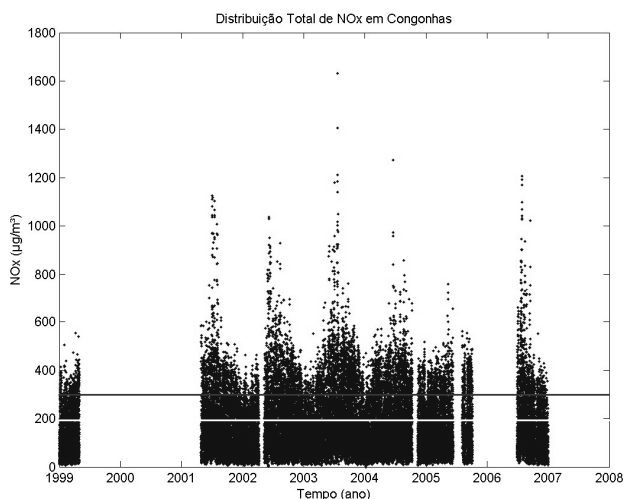


Figura 6 - Distribuição total de  $\text{NO}_x$  na estação Congonhas de 1999 a 2007 (CETESB).



Ao analisar esta figura, é importante destacar as ultrapassagens do limite horário para NO<sub>2</sub> (320 µg/m<sup>3</sup>), que neste trabalho foi considerado para NO<sub>x</sub>. Verifica-se então, que essas ultrapassagens ocorreram em grande parte das medições realizadas e que alguns dos valores foram 5 vezes maiores que o estabelecido pela CETESB. Além disso, cabe salientar que a média horária recomendada pela OMS de 200 µg/m<sup>3</sup>, também foi ultrapassada em praticamente todo o tempo de estudo. Isso mostra a gravidade do problema que a concentração desse poluente pode trazer para a saúde da população residente em Congonhas. Sendo assim, no intuito de aprofundar a análise, foi elaborado o gráfico da figura 7, que mostra a distribuição média anual de NO<sub>x</sub> na mesma estação estudada e no mesmo período.

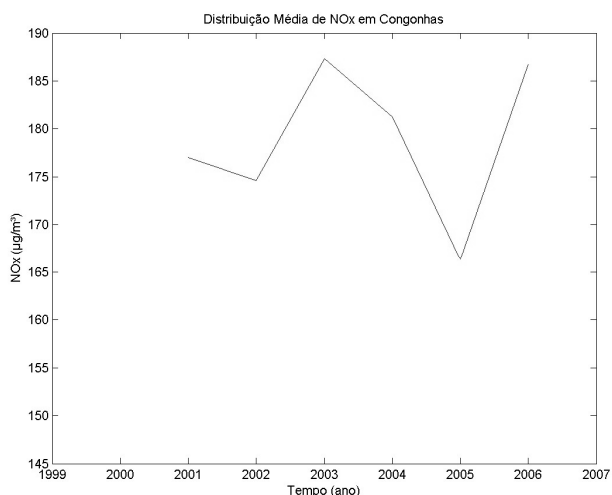


Figura 7 - Distribuição média anual de NO<sub>x</sub> na estação Congonhas de 1999 a 2007 (CETESB).

Como é possível observar na figura 7, a média anual estabelecida pela CETESB de 100 µg/m<sup>3</sup> é ultrapassada em todo o período analisado (quando houve medição do poluente). Essas ultrapassagens atingem valores bem acima da média, mostrando a necessidade de maior preocupação e atenção por parte dos órgãos responsáveis, no sentido de melhorar tanto o monitoramento da qualidade do ar, como a legislação ambiental. Assim como ocorreu com as medições de MP, verifica-se mais uma vez que as médias mascaram os valores reais, dando a falsa impressão de que os limites estabelecidos não são ultrapassados e que a concentração desses poluentes na atmosfera não oferece perigo para a saúde da população.

### 3.4. Medição de O<sub>3</sub>

Ao contrário dos outros poluentes, nos meses mais frios a concentração de O<sub>3</sub> diminui e nos meses mais quentes, quando a temperatura e a incidência solar são mais altas, essa concentração aumenta. A figura 8 mostra a distribuição desse poluente na estação Diadema entre 1999 e 2007, cuja dispersão foi maior que dos outros poluentes analisados. A linha escura representa o limite horário estabelecido pela CETESB e a linha clara, a média para 8 horas de exposição segundo a OMS.

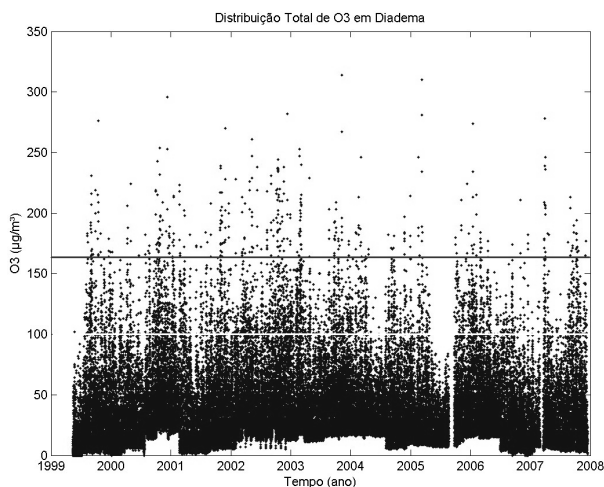


Figura 8 - Distribuição total de O<sub>3</sub> na estação Diadema de 1999 a 2007 (CETESB).

Analisando a figura 8, verifica-se que o limite para 1 hora de O<sub>3</sub> (160 µg/m<sup>3</sup>) foi ultrapassado em alguns momentos. Essas ultrapassagens atingiram mais que o dobro do estabelecido pela CETESB. Cabe salientar que o limite previsto na legislação para a média anual é inexistente. Além disso, a média para 8 horas de exposição ao O<sub>3</sub>, estabelecido pela OMS (100 µg/m<sup>3</sup>), também foi ultrapassada. Ao analisar a figura 9, que mostra a 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> maior hora, notam-se as ultrapassagens durante todo o período de análise na estação Santo Amaro e Diadema.

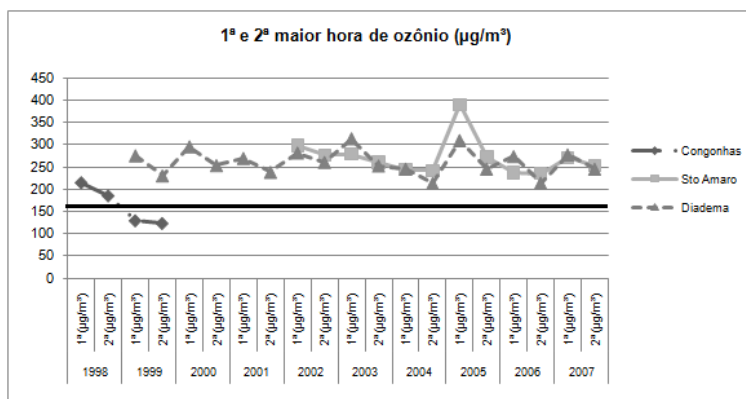


Figura 9 - 1ª e 2ª horas máximas para O<sub>3</sub> nas estações Congonhas, Santo Amaro e Diadema (CETESB).

### 3.5. Medição de SO<sub>2</sub>

Assim como os outros poluentes, com exceção do O<sub>3</sub>, a concentração de SO<sub>2</sub> foi maior nos meses mais frios. A figura 10 mostra a distribuição de SO<sub>2</sub> na estação Congonhas de 1999 a 2007, onde a linha clara representa a média diária estabelecida pela OMS.

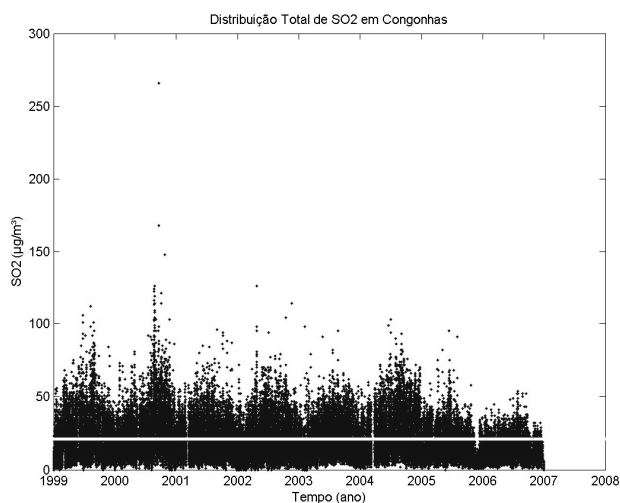


Figura 10 - Distribuição total de SO<sub>2</sub> na estação Congonhas de 1999 a 2007 (CETESB).

Como é possível verificar por meio da figura 10, o limite diário estabelecido pela CETESB de 365 µg/m<sup>3</sup>, não foi ultrapassado em nenhum momento do período estudado. A concentração de SO<sub>2</sub> manteve-se discreta, sem picos significativos, com exceção do inverno do ano de 2000,

onde um ponto atingiu mais de 250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Constatou-se então, que os valores mantiveram-se bem abaixo do limite estabelecido pela CETESB. Essa diminuição na concentração de  $\text{SO}_2$  pode ser decorrente do menor uso de combustíveis com alto teor de enxofre e substituição por outros tipos como o gás natural e o etanol. No entanto, segundo a média diária estabelecida pela OMS de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , verifica-se que durante todo o período, houve ultrapassagens deste valor. Portanto, o nível de concentração de  $\text{SO}_2$  na atmosfera da RMSP (mais precisamente em Congonha) mostra-se preocupante, especialmente para a saúde da população próxima do local.

#### **4. Conclusões e recomendações**

Por meio deste trabalho, foi possível observar algumas lacunas relacionadas ao controle ambiental da concentração de poluentes atmosféricos em certas regiões da RMSP. Realizar efetivamente o monitoramento, bem como a fiscalização da emissão desses poluentes não é uma tarefa tão fácil e simples, especialmente quando se trata da frota veicular, que oferece maior complexidade de controle quando comparada às fontes fixas. A CETESB, como órgão ambiental responsável pela fiscalização no Estado de São Paulo, poderia ampliar sua rede de telemetria, aumentando os pontos de monitoramento e melhorando a qualidade dos dados disponibilizados pela própria Companhia. Outro problema importante encontrado neste estudo é que o padrão de qualidade do ar brasileiro, bem como o paulista, adotados até então, baseiam-se nos padrões internacionais, que primeiramente, não contemplam todos os poluentes atmosféricos, mas sim os principais. Além disso, esses padrões são estabelecidos baseando-se no clima de países como os EUA, que tem uma dinâmica climática completamente diferente do Brasil. Portanto não podem ser aplicados à realidade brasileira, visto as peculiaridades do clima tropical. Desse modo, a partir de tantos estudos epidemiológicos já realizados, provando a associação da poluição atmosférica com diversos tipos de doenças, essa legislação deveria ser reformulada e atualizada, no intuito de atender as particularidades do país.

Cabe destacar ainda que algumas pesquisas chamam a atenção para os níveis de segurança da concentração desses poluentes para a saúde humana, questionando fortemente os padrões recomendados. Neste trabalho foi possível constatar que os relatórios de qualidade do ar baseiam-se nas médias, que muitas vezes mascaram os resultados reais da concentração do poluente na atmosfera, dando a falsa impressão de que as condições do ar estão satisfatórias. Por outro lado, se comparados os limites diários e as médias estabelecidas pelos órgãos ambientais com os valores recomendados pela OMS, verifica-se que existe grande discrepância entre os mesmos, criando uma forte indagação sobre até que ponto os padrões de qualidade do ar estão realmente zelando pela saúde e bem-estar da população? Analisando os gráficos

elaborados nesta pesquisa, observou-se que muitas vezes os limites diários e horários máximos foram ultrapassados, inclusive nas médias anuais. Portanto, pode-se afirmar que essas ultrapassagens são significativas e relevantes, principalmente do ponto de vista epidemiológico e isto deveria ser um grande motivo de preocupação para os órgãos ambientais e de saúde. Mesmo com a influência relativamente menor das fontes fixas, ainda sim existe a enorme emissão veicular, responsável por 90% do total, segundo a CETESB. Com o crescimento dessa frota a cada dia, a tendência é aumentar as ultrapassagens dos limites estabelecidos, tanto em quantidade como em concentrações. Logo, tal fato é um problema que deve ser enfrentado pelo Estado com apoio da sociedade como um todo.

## REFERÊNCIAS

BRAGA, A.L.F.; PEREIRA, L.A.A.; SALDIVA, P.H.N. (2002). *Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana*. In: COM CIÊNCIA. Cidades. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/cidades/cid11.htm>>. Acesso em 15 de Fevereiro de 2008.

CETESB. (2007). *Relatório Anual de Qualidade do Ar do Estado de São Paulo*. São Paulo: CETESB, 298 p. (Relatório técnico).

CETESB. (2008). *Dados históricos*. In: QUALIDADE DO AR. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em 03 de Abril de 2008.

CORREIA, J.E. de M. (2001). *Poluição atmosférica urbana e fluxo exploratório de pico (Peak Flow) em crianças de 7 a 9 anos na cidade de São Paulo – SP*. 123 f. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.

DATASUS. Informações de Saúde: Epidemiológicas e Morbidade. In: SISTEMA DE INFORMAÇÕES HOSPITALARES PELO SUS. Disponível em: <<http://www.datasus.gov.br>>. Acesso em 26 de Agosto de 2008.

GOMES, M.J.M. (2002). *Ambiente e pulmão*. *Jornal de Pneumologia*, v.28, p. 261 – 269, Out.

OMS. *Qualidade do ar e saúde*. In: ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>>. Acesso em 06 de Janeiro de 2009.

SALDIVA, P.H.N. (2007). *Transporte, sustentabilidade e cidadania*. In: Instituto Ethos. Disponível em: <http://www.ethos.org.br/DesktopDefault.aspx?TabID=3345&Lang=pt-B&Alias=ethos&itemNotID=8334>>. Acesso em 13 de Janeiro de 2010.

SALDIVA, P.H.N. (2008). *Pesquisadores unem-se para esmiuçar os efeitos do aquecimento global no Brasil*. In: ABIDES (Associação Brasileira de Integração e Desenvolvimento), São Paulo. Disponível em <http://www.abides.org.br/Noticias/View.aspx?noticialID=505>>. Acesso em 13 de Janeiro de 2010.

VIGIAR. (2008). *Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade do Ar*. In: MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Disponível em: <http://www.saude.gov.br>>. Acesso em 20 de Março de 2008.