

## Capítulo 5

# PROTEÇÃO DA ATMOSFERA E QUALIDADE DO AR

A poluição atmosférica é fenômeno tipicamente urbano-industrial. Os 67 municípios das três regiões metropolitanas — de São Paulo (RMSP, 17,8 milhões de habitantes), de Campinas (RMC, 2,3 milhões) e da Baixada Santista (RMBS, 1,5 milhão) — contribuíram com 64% do PIB estadual em 1997. Esses três centros possuem, além das emissões industriais, a maior frota de veículos do País, o que lhes confere, junto com a cidade de Cubatão — importante pólo industrial petroquímico, siderúrgico, de fertilizantes e cimento —, uma deterioração da qualidade do ar que exige cuidados especiais no controle da poluição atmosférica. Por essa razão, nessas regiões se concentram os dados mais detalhados de qualidade do ar, como será visto a seguir.

### O CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS

O Estado de São Paulo obteve consideráveis avanços no campo do controle dos poluentes automotivos com a consolidação do “PROCONVE - Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores”. Em 1992, ano de início do controle das emissões dos veículos leves, a frota nacional produzida apresentava redução aproximada de 70% nos poluentes regulamentados. Em 1997, foram implantados padrões equivalentes aos norte-americanos, exigindo dos fabricantes nacionais a adoção de sistemas de controle com tecnologia moderna. Está previsto um *up-grade* do PROCONVE que visa a aproximação com os limites praticados na Europa, Estados Unidos e Japão, e a introdução de novos limites para os veículos leves em 2005 e 2008 e para os veículos pesados, a partir de 2005.

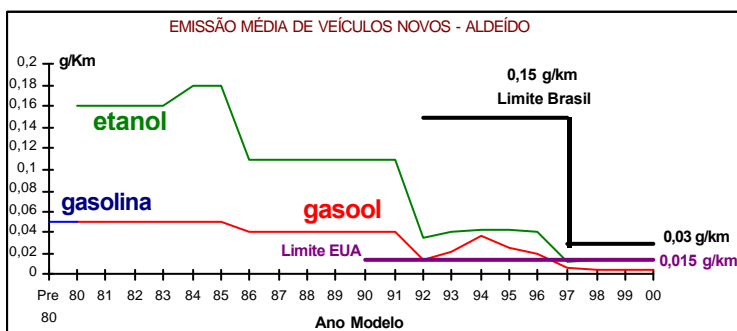
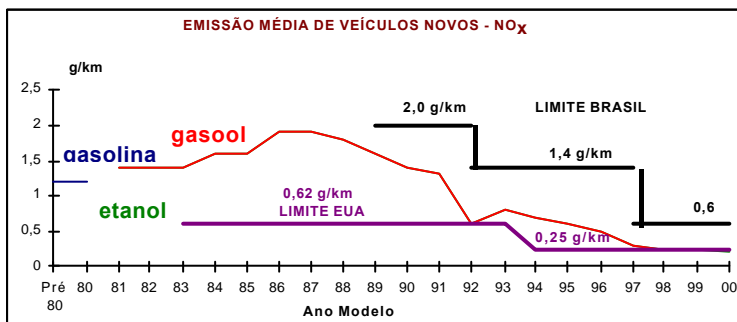
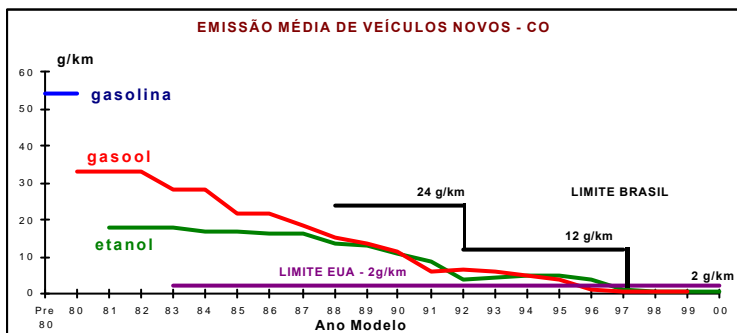
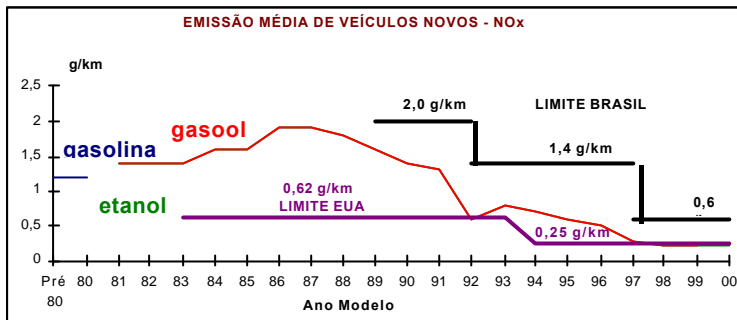
A frota nacional de automóveis e demais veículos comerciais leves, a gasolina ou álcool, produzida em 2001, emite, em média, dependendo do poluente considerado, 5 a 10 vezes menos poluentes do que a de 1992, alcançando patamares médios de redução de 95% em relação a uma frota sem controle.

Para os veículos pesados novos, em sua maioria a óleo diesel, foi realizado o controle das emissões gasosas e de material particulado e, no tocante à emissão de fumaça, houve redução dos teores com relação ao início do controle em 1980. Em 2002 as emissões foram controladas para toda a produção nacional e também foram implantados os limites para essas emissões.

A **figura 5.1** mostra a evolução do controle de emissões dos veículos leves até 2002 e a comparação com o programa de controle dos Estados Unidos.

As motocicletas em circulação em São Paulo, ainda novas, chegam a emitir 10 a 20 vezes mais poluentes do que um automóvel novo. O uso intensivo desse veículo em áreas densamente urbanizadas, como a RMSP, representa mais de 10% da emissão de monóxido de carbono gerada por toda a frota de fontes móveis. Diante disso, foi criado o “PROMOT – Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares”.

A primeira fase de controle vigorará a partir de 2003, com a adoção dos padrões atuais utilizados na Europa.



**Figura 5.1.** Evolução nas emissões médias dos veículos leves, para óxidos de nitrogênio (NOx), hidrocarbonetos (HCs), monóxido de carbono (CO) e aldeídos.  
Fonte: CETESB.

A fiscalização da emissão de fumaça preta por fontes móveis é realizada nas vias públicas das principais áreas urbanizadas do Estado, com aplicação de multa aos veículos que emitem acima dos padrões legais. Com a fiscalização intensificada e o aumento do valor das multas, houve redução significativa da quantidade de grandes poluidores. Em 1995, 45% da frota a diesel apresentava emissão de fumaça superior aos padrões e, em 2002 essa parcela é de apenas 7,5%. Complementando as ações rotineiras de fiscaliza-

ção, são desenvolvidas atividades de caráter preventivo para melhorar a gestão ambiental das frotas, e programas de autofiscalização, treinamento e orientação destinados a conscientizar os frotistas. A população também participa com denúncias por telefone.

Quanto à proteção da camada de ozônio, a partir de 1997 os fabricantes de veículos passaram a utilizar substitutos para os CFCs nos aparelhos de ar condicionado. Também estão em curso programas de capacitação das oficinas de reparação de ar condicionado veicular, com o objetivo de disseminar práticas adequadas para promover a reciclagem desses gases.

A qualidade dos combustíveis automotivos com influência direta nas emissões mostrou progresso considerável. O Brasil foi um dos primeiros países a utilizar gasolina automotiva sem chumbo (substância tóxica perigosa) no seu território. A adição de 22% de etanol anidro à gasolina, hoje uma parcela de 24%, garante a mesma octanagem anterior e promove redução substancial nas emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos nos veículos novos. Na última década, a utilização do gasool pela frota a gasolina evitou a emissão de 16% do total de dióxido de carbono.

O gás natural automotivo introduzido nos anos 90 na RMSP, se utilizado em motores corretamente projetados, permite a redução das emissões de monóxido de carbono, particulados e hidrocarbonetos, estes últimos menos reativos e prejudiciais à saúde da população.

Atualmente discute-se a criação de um programa nacional de renovação da frota. Vinte e cinco por cento da frota estadual circula irregularmente, em condições mecânicas precárias e sem autorização do órgão de trânsito, e metade das emissões totais de poluentes na RMSP procedem de 24% da frota, que é a parcela de veículos com mais de 15 anos. Está sendo desenvolvido no âmbito estadual um trabalho para regulamentar o descarte de veículos irregulares apreendidos. Pretende-se realizar a prensagem desses veículos, destinando o material ferroso ao mercado siderúrgico.

### *Impactos das Emissões Veiculares*

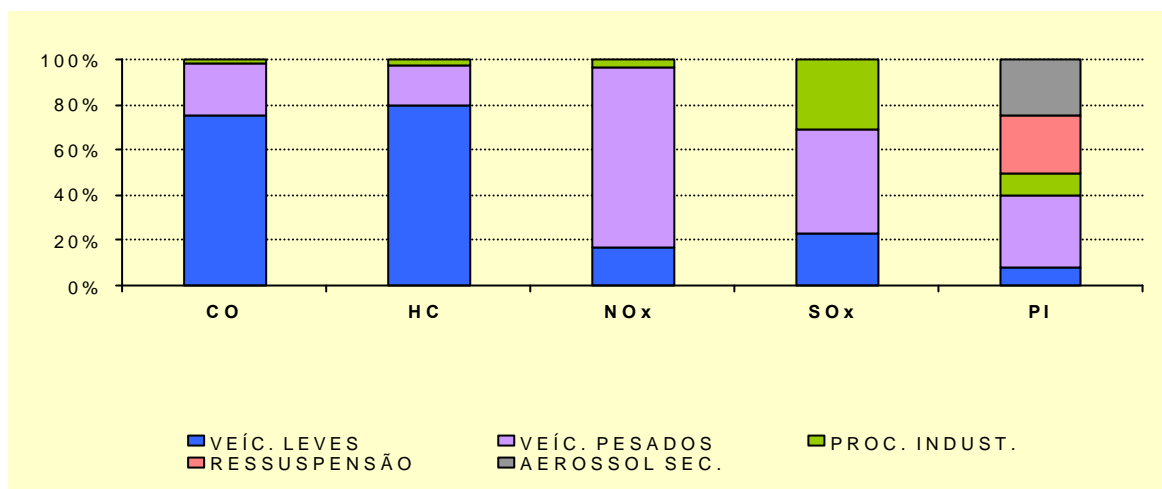
A contribuição da poluição atmosférica por tipo de fonte na RMSP encontra-se na **figura 5.2**. Observa-se que os veículos automotores são as principais fontes de monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e dióxido de enxofre .

Nos últimos anos, com a rápida expansão urbana em diversos centros do Estado, muitos municípios passaram a apresentar níveis elevados de contaminação do ar. As más condições mecânicas dos veículos geram emissões localizadas de fumaça preta e ruído que determinam altas concentrações localizadas de poluentes e incômodos permanentes.

O material particulado vem sendo associado ao aumento de internações e mortes por doenças respiratórias entre idosos além dos 64 anos, crianças e adolescentes até 15 anos. Estudos indicam que 10% das internações por doenças respiratórias na infância e 8% das mortes de idosos associam-se aos altos níveis de material particulado. Mortes de fetos, recém-nascidos e crianças de até cinco anos, por causas respiratórias, e idosos, por causas respiratórias e cardiovasculares foram também correlacionadas a concentrações de poluentes. O Banco Mundial, em 1994, estimou custos sociais anuais da poluição por material particulado na RMSP entre US\$ 750 milhões e 1,5 bilhão, devido ao aumento dos índices de morbidade e mortalidade por doenças respiratórias (WEAVER) . Outro estudo (IPEA/ANTP) aponta de-

seconomias da ordem de R\$ 346 milhões por ano provocadas pelo sistema de transporte no município de São Paulo, gastos com excesso de tempo, consumo de combustível, poluição e manutenção do transporte viário.

**Figura 5.2.**  
Emissões relativas de poluentes por tipo de fontes na RMSP, 1999.  
Fonte: CETESB.



O Comitê Consultivo de Controle da Poluição do Ar no Estado de São Paulo foi criado em 1996. Seu objetivo é promover a integração dos órgãos governamentais com a universidade e a sociedade civil organizada para estabelecer um plano de gestão de transportes, energias alternativas, gerenciamento de tráfego, uso do solo e medidas diretas e indiretas de prevenção e controle da poluição pelo transporte motorizado. Em 2002, esse Comitê Consultivo foi reestruturado, ganhando maior abrangência, com a criação do Comitê Metropolitano do Ar Limpo, que, além do impacto ambiental dos sistemas de transporte motorizado, insere as demais fontes de poluição do ar e ruídos na pauta de discussão das estratégias de monitoramento e controle a serem desencadeadas pelas instituições e demais agentes envolvidos.

### *Integração com Outros Órgãos Governamentais e Entidades Não-Governamentais*

A rede de monitoramento automático de contaminantes atmosféricos foi renovada e ampliada a partir de 1996. Hoje é formada por 29 estações fixas e 30 estações manuais que medem os poluentes atmosféricos regulamentados e os parâmetros meteorológicos. A rede abrange as três regiões metropolitanas do Estado, além de Sorocaba e São José dos Campos, cidades que pelo seu porte industrial já demandam monitoramento mais detalhado. A rede manual foi expandida na última década em direção ao interior do Estado. Mede dióxido de enxofre e material particulado em 36 locais, 15 em áreas distintas das regiões metropolitanas citadas. Além disso, conta com dois laboratórios volantes e 32 pontos com monitores passivos localizados em áreas não metropolitanas.

### **REDES DE MONITORAMENTO**

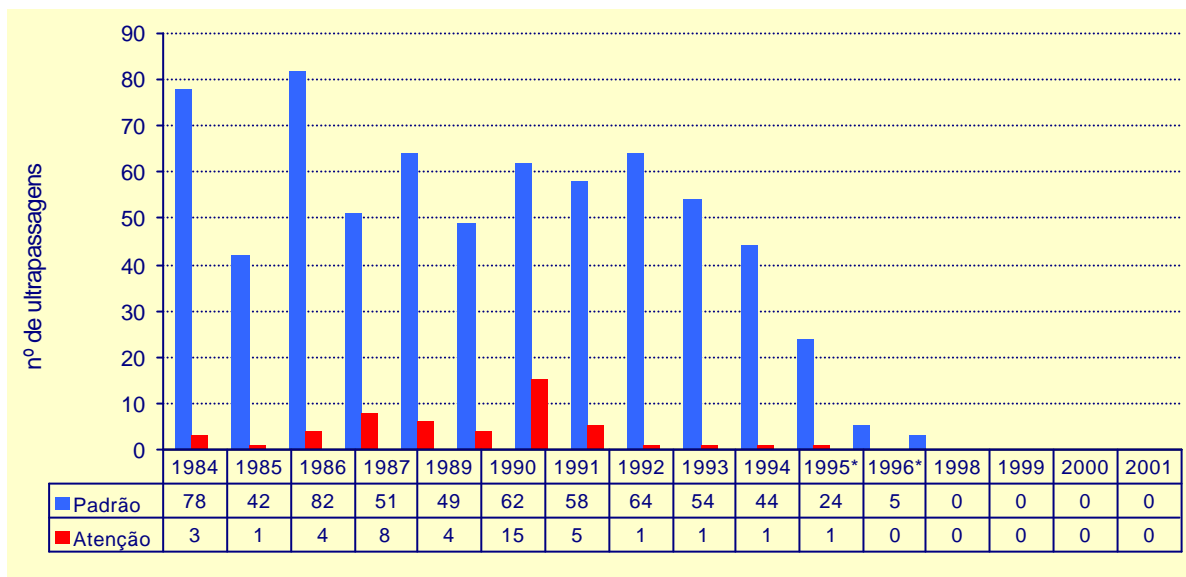
Desde 1984 os padrões de qualidade são respeitados no Estado de São Paulo. As médias anuais observadas em todas as estações variam entre  $5\mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ , bem abaixo do padrão anual de  $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Não se observou, na última década, nenhum valor acima do padrão diário de  $365\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Para a redução desse poluente na atmosfera concorreram o intenso controle industrial praticado na década de 80 e a forte redução dos teores de enxofre nos combustíveis, notadamente no óleo diesel, na década de 90.

### *Qualidade do Ar*

#### Dióxido de Enxofre

Monóxido de Carbono

Historicamente esse poluente é problemático na RMSP devido à grande frota de veículos automotores. Em 1991, o ponto de monitoramento situado em região de alto tráfego (Cerqueira César), no município de São Paulo, registrou 66 dias com concentrações acima do padrão de 9 ppm/8 horas e ainda mais oito dias com níveis acima do valor de atenção de 15 ppm/8 horas. Desde 1998 não foram mais detectadas concentrações acima dos padrões legais nessa estação (**figura 5.3**).



**Figura 5.3.** Número de dias em que os níveis de monóxido de carbono ultrapassaram os padrões na estação Cerqueira César. Fonte: CETESB.

Também desde 1998 não ocorrem níveis de atenção em qualquer das 11 estações que monitoram monóxido de carbono na RMSP. No entanto, nas demais estações foram observadas 13 ultrapassagens de padrão em 2001. Nas áreas metropolitanas de Campinas e da Baixada Santista as concentrações de monóxido de carbono sempre respeitaram os padrões.

O grande decréscimo nas concentrações de monóxido de carbono na atmosfera deve-se ao PROCONVE que promoveu a redução da taxa de emissão de monóxido de carbono em veículos novos de 13,3 g/km, em 1990, para 0,48g/km, em 2001. Mesmo com o aumento da frota, a menor emissão por quilômetro rodado nos veículos novos tem garantido redução constante nas concentrações.

Material Particulado

O monitoramento consiste de medições de PM10, Partículas Totais em Suspensão (PTS) e fumaça. Independentemente do método de medição adotado, sempre foram detectadas concentrações elevadas nas três regiões metropolitanas do Estado. Para a construção da **tabela 5.1** foram considerados os dados obtidos em 1992 e 2001 na RMSP e Cubatão (RMBS).

**Tabela 5.1.** Indicadores de material particulado na RMSP e Cubatão- 1992 e 2001.

PARTÍCULAS	NÚMERO DE ESTAÇÕES		ACIMA DA MÉDIA ANUAL		QUE NÃO ATENDERAM O PADRÃO DIÁRIO	
	1992	2001	1992	2001	1992	2001
PM10	24	23	17	9	19	16
PTS	11	11	6	3	5	4
Fumaça	7	8	1	Zero	4	Zero

O número de estações permaneceu praticamente constante entre os anos de 1992 e 2001. Para todos os parâmetros verifica-se decréscimo no número de estações que ultrapassaram os padrões anuais nesse período. O mesmo se diga em relação ao padrão diário, pois o número de estações com concentrações acima desse padrão também tem diminuído.

Na RMSP e Cubatão foram desenvolvidos muitos estudos de partículas finas ( $d_{50} = 2,5 \mu\text{m}$ ). Na RMSP, os valores médios variaram entre 28 e 56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (referência USEPA = 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e os valores máximos diários foram de 145  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (referência USEPA = 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Em média, as partículas finas (PM<sub>2,5</sub>) correspondem a 60% das partículas inaláveis PM<sub>10</sub>.

Nos outros locais monitorados, em 2001 verificou-se que tanto as médias anuais como as diárias estiveram sempre abaixo dos padrões nacionais. No entanto, os valores diários e as médias anuais ficaram muito próximos das concentrações de referência, revelando que devem ser tomados cuidados para a qualidade do ar não se deteriorar, ultrapassando os valores aceitáveis.

É o poluente mais crítico no Estado. O padrão nacional de 160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , média de 1 hora, é ultrapassado constantemente na RMSP, RMBS e RMC. Entre todos os sítios medidos, apenas São José dos Campos, cidade que não se situa em qualquer das regiões metropolitanas, não apresentou valores acima do padrão. O ponto de amostragem no parque do Ibirapuera (o mais frequentado de São Paulo), apresenta situação pior. Em 2001 registrou valores acima dos padrões por 50 dias, e por 19 dias manteve-se acima do nível de Atenção. Valores máximos de 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  foram constatados nesse local.

Estudos efetuados desde 1984 em várias cidade do interior do Estado, que não possuem monitoramento contínuo, detectaram níveis inadequados em 9 locais, demonstrando manifestação generalizada de ozônio. Uma análise de tendência dos últimos cinco anos revela estabilidade para esse poluente em algumas estações e leve tendência de crescimento em outras. Como esse comportamento é distinto dos outros poluentes, o ozônio requer maiores cuidados com relação à saúde pública.

Desde 1992 são utilizados rotineiramente bioindicadores vegetais em diagnósticos ambientais, principalmente nas questões voltadas à qualidade do ar e do solo, como estudos sobre o controle de fontes de fluoretos gasosos, precursores de ozônio troposférico e dióxidos de enxofre. Os fluoretos são estudados com a dracena (*Cordinine terminalis*) em regiões produtoras de alumínio e fertilizantes, e o ozônio com o tabaco.

Como Estado mais desenvolvido do Brasil, São Paulo reconhece sua parcela de responsabilidade pelas mudanças climáticas e se integra às ações nacionais nesse campo. Em 1995 o governo do Estado criou o Programa de Prevenção às Mudanças Climáticas – PROCLIMA, que colaborou na execução do Inventário Nacional de Emissões de Gases Efeito Estufa 1990-1994, focalizando os principais setores de emissões antropogênicas.

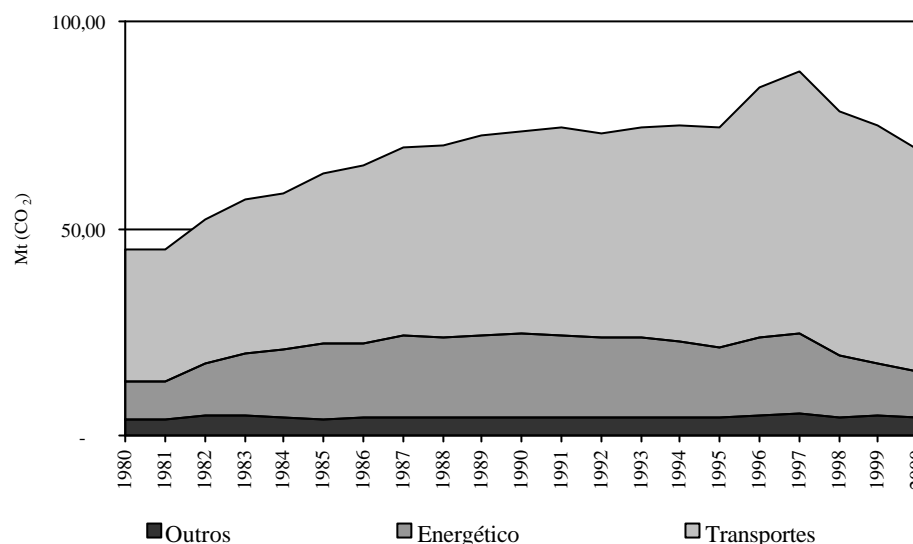
A **figura 5.4** apresenta as emissões de CO<sub>2</sub> por tipo de consumo de energia para os diferentes setores da economia no Estado de São Paulo. Os consumos de energia residencial, comercial e agropecuária, somados, não superam 5% do total das emissões, predominantes nos setores de energia e transportes.

Ozônio  
Troposférico

**BIOMONITORAMENTO**  
**DA POLUIÇÃO**  
**ATMOSFÉRICA**

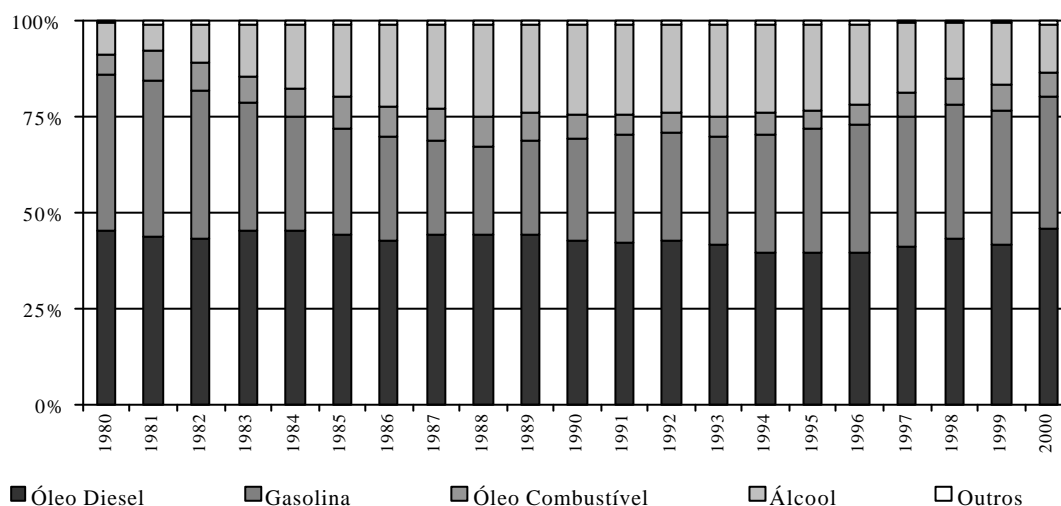
**MUDANÇAS**  
**CLIMÁTICAS**

**Figura 5.4.**  
Emissão de CO<sub>2</sub> para os diferentes setores da economia em São Paulo, calculada sobre dados do Balanço Energético do Estado de São Paulo - 2001.



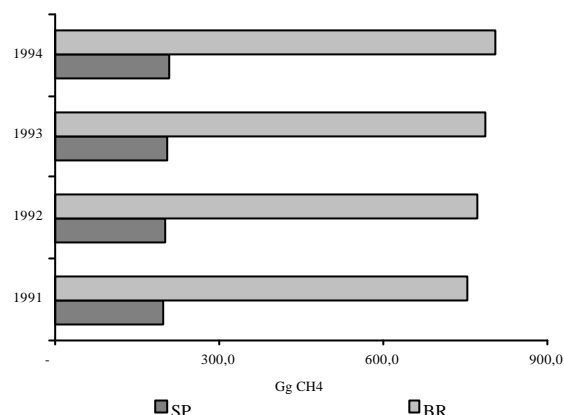
No Estado de São Paulo predomina o transporte rodoviário. Os principais combustíveis empregados são o óleo diesel e a gasolina (em mistura com 24% de álcool). A **figura 5.5** mostra a variação na participação relativa dos insumos energéticos no setor, que demonstram o apogeu e o declínio do programa do álcool no Estado.

**Figura 5.5.**  
Emissões de CO<sub>2</sub> para o setor de transporte conforme energético consumido.  
Fonte: BEESP 2001.



As emissões do setor energético são, em grande parte, reincorporadas no ciclo da biomassa, uma vez que decorrem do uso majoritário do bagaço de cana-de-açúcar para a geração de energia na indústria sucro-alcooleira. Devido ao esgotamento dos grandes potenciais hidrelétricos e à importação de gás natural da Bolívia, espera-se, em São Paulo, o incremento no uso do gás em termelétricas, o que se refletirá de maneira significativa no perfil das emissões do setor.

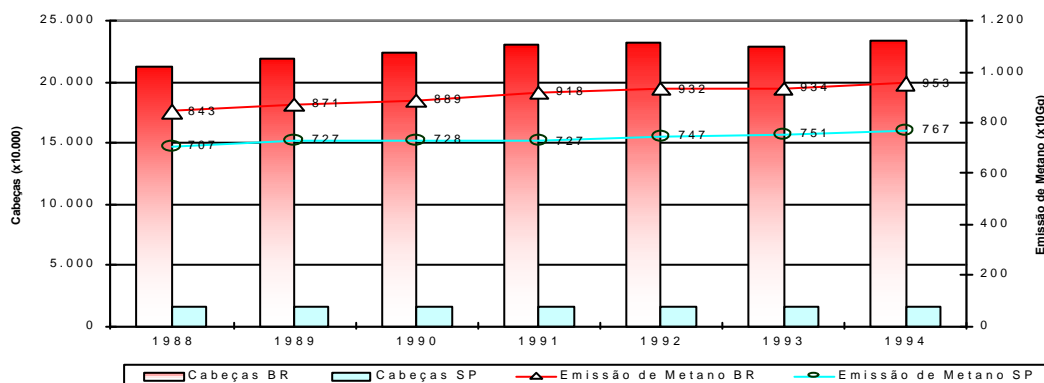
São Paulo tem considerável participação nas emissões de metano pelos processos de digestão anaeróbia de resíduos sólidos e efluentes líquidos, face sua elevada população e atividade industrial. Adicionalmente, São Paulo possui um percentual de tratamento de resíduos superior ao restante do Brasil, aumentando as emissões relativas desse gás de efeito estufa. A **figura 5.6** apresenta as emissões comparadas de metano.



**Figura 5.6.**  
Emissões de metano pelos resíduos em São Paulo e no Brasil, 1991-1994.  
Fonte: IBGE - 1996.

A elevação do nível de renda da população corresponde a maiores níveis de geração de resíduos e, em consequência, de metano. Países pobres têm níveis de emissão de CH<sub>4</sub> inferiores a 5 kg CH<sub>4</sub>/hab.ano; países desenvolvidos chegam a 40kg CH<sub>4</sub>/hab.ano. A emissão de metano estimada para São Paulo é de aproximadamente 7kg CH<sub>4</sub>/hab.ano, superior ao valor nacional.

A estimativa de emissão de metano pela digestão entérica, apresentada na **figura 5.7**, leva em conta os rebanhos bovino, bubalino, ovino, caprino, equino, muar, asinino e suíno. Os rebanhos brasileiro e paulista, estimados em 213,3 e 15,2 milhões, em 1988, passaram respectivamente para 233,9 e 16,2 milhões de cabeças em 1994. O crescimento de 10% no rebanho nacional não se refletiu na mesma proporção no Estado de São Paulo.

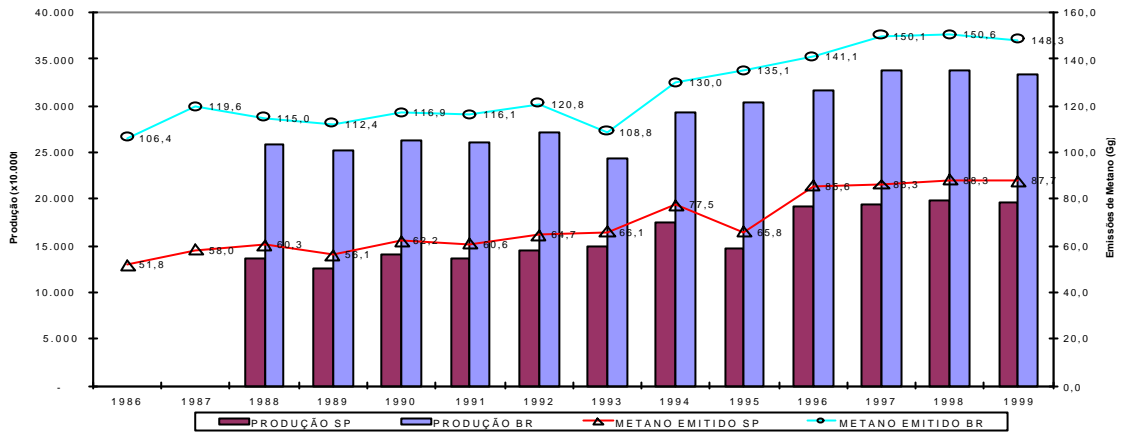


**Figura 5.7.**  
Emissões de metano pela fermentação entérica de gado em São Paulo e no Brasil.  
Fonte: CETESB.

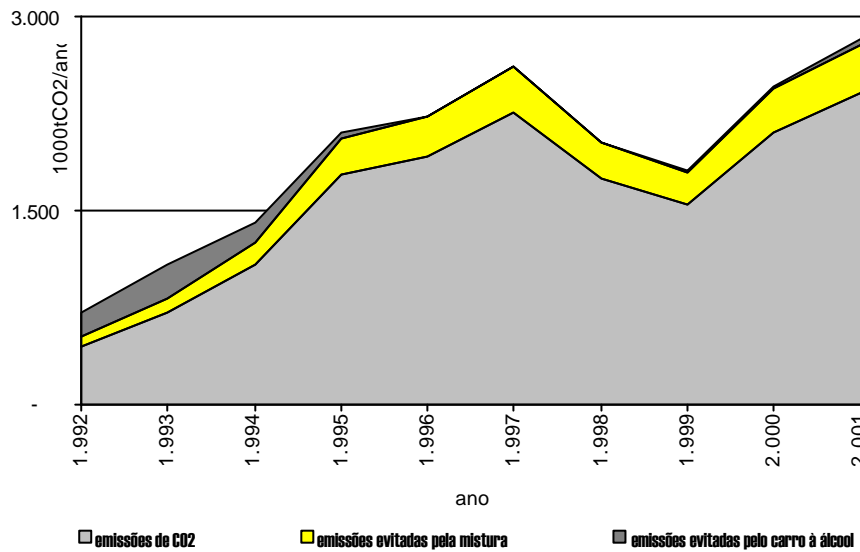
A cultura da cana-de-açúcar também é predominante no Estado, com produção de 135 milhões de toneladas em 1988. Pela recente proibição da queima da palha, as práticas de manejo tornam-se ambientalmente mais saudáveis, o que evita a geração de poluentes locais e permite o uso energético da palha. Apesar do declínio na participação relativa do álcool como combustível veicular, em termos absolutos as emissões pela produção de cana cresceram. Isso pode ser explicado pela produção de açúcar (para os mercados nacional e internacional) e de álcool (adicionado à gasolina por força de lei). A **figura 5.8** apresenta as emissões de metano oriundas da queima da cana-de-açúcar, notando-se uma variação proporcional ao cultivo. Já a **figura 5.9**, mostra as emissões de CO<sub>2</sub> evitadas a partir da utilização do álcool como combustível automotivo, atingindo um total de aproximadamente 7.500 tCO<sub>2</sub> no período 1992-2001.



**Figura 5.8.**  
Emissões de metano devidas à queima da cana-de-açúcar em São Paulo e no Brasil.



**Figura 5.9.**  
Emissões evitadas pelo uso do álcool combustível para transporte veicular de passeio em São Paulo.



## PROTEÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO

Não há dados sobre o consumo de substâncias destruidoras do ozônio (SDOs) em São Paulo. No Brasil, em 1990, um consumo de 68g SDOs/habitante.ano, totalizava 9.590 toneladas anuais, relativamente ao Potencial de Destruição da Camada de Ozônio - PDO. O consumo de SDOs está intimamente ligado à venda de refrigeradores e *freezers* que, em 1996, tiveram seu consumo aumentado em função da estabilização econômica, passando para 12.693 toneladas quanto ao PDO. Apesar do consumo per capita anual de SDOs estar sempre abaixo de 100g (consideravelmente inferior ao teto fixado pelo Protocolo de Montreal para países em desenvolvimento, de 300g/habitante/ano), isso sugere nosso atraso tecnológico em relação à maioria dos países desenvolvidos, que passaram de consumos muitas vezes superiores ao brasileiro para a eliminação total dessas substâncias ainda no início de 1996.

Os consumos de CFCs (CFC11 e CFC12) correspondem a aproximadamente 60% em SDOs e 90% em PDO (1993). As principais substâncias consumidas no Brasil são os CFC 11 e CFC 12, seguidos do Metilclorofórmio - MCF e do Tetracloroeto de Carbono - TCC (usado quase na sua totalidade como matéria-prima na produção de CFC). No Brasil, a produção de CFC 11 e CFC 12 cessou em setembro de 1999, mas significativos volumes do produto entram no território nacional por contrabando.

O Protocolo de Montreal fixou o ano de 2010 como prazo limite para a eliminação total das Substâncias Controladas nos países em desenvolvimento, antecipado no Brasil para 2007. O custo incremental total da eliminação de SDOs no Brasil foi estimado em US\$ 831 milhões (1997), dos quais cerca de 65% devem ser absorvidos na conversão do setor de refrigeração comercial, industrial e doméstica. O setor contribui com 40,4% do consumo de SDOs (ou 64,8% quanto ao potencial de destruição).

Em 1995 foi criado no Estado de São Paulo o Programa Estadual para a Proteção da Camada de Ozônio - PROZONESP, coordenado com ações da área federal. Desde 1997 está proibida a aquisição, pelo poder público, de produtos e equipamentos com SDOs.