

# Poluição do AR



07 de dezembro de 2009

Prof. Dr. Demóstenes Ferreira da Silva Filho

# Poluição do AR

Por volta de 1661, cientistas da Grã-Bretanha descobriram que a poluição industrial podia afetar a saúde das pessoas e as plantas das redondezas.

Com o crescimento industrial nos séculos XVIII e XIX, aumentaram os danos para a saúde das pessoas e para o meio ambiente.

Entretanto, ninguém pensava que a poluição pudesse ser transportada para muito longe.

# Poluição do AR

Então, em 1881, um cientista norueguês descobriu um fenômeno que ele chamou de precipitação suja, o qual ocorria na costa oeste da Noruega, onde não havia indústria poluidora.

Ele suspeitou que viesse da Grã-Bretanha. Hoje os cientistas provam, sem sombra de dúvida, que a poluição é conduzida pelo ar a grandes distâncias.

Se alguma prova adicional fosse necessária, seria fornecida pelo acidente na usina nuclear de Chernobyl, que produziu chuva radioativa em áreas da Europa Oriental e Ocidental. **Os efeitos dessa chuva radioativa sobre o ambiente podem perdurar por dezenas de anos.**

Os países escandinavos reconheceram que a chuva ácida era uma das causas principais da acidificação de seus lagos.

Muita pesquisa tem sido desenvolvida para mostrar as relações significativas entre as precipitações de dióxido de enxofre e os danos ambientais.

Aceitando essa evidência, a maioria dos países concorda em reduzir suas emissões. Alguns, entretanto, mostram muita má vontade e afirmam que são necessárias evidências mais contundentes para provar se o dióxido de enxofre causa de fato um grande malefício ao meio ambiente.

# Poluição do AR

Em 1952, durante o inverno, em Londres, ocorreu o mais clássico e grave dos episódios de poluição do ar, relatado por LOGAN, em 1953.

Após episódio de inversão térmica, formaram-se nuvens, compostas principalmente por material particulado e enxofre, que, juntamente com a névoa, produziram o fenômeno conhecido como “*smog*”.

Esse episódio provocou um aumento de 4.000 mortes em relação à média histórica.

- **Classificação das Fontes de Poluição do Ar**

**Naturais:**

- Cinzas e gases de emissões vulcânicas;
- Tempestades de areia e poeira;
- Decomposição de animais e vegetais;
- Partículas e gases de incêndios florestais;
- Poeira cósmica;
- Evaporação natural;
- Odores e gases da decomposição de matéria orgânica;
- Maresia dos mares e oceanos.

**Antropogênicas:**

- Fontes industriais;
- Fontes móveis (veículos a gasolina, álcool, diesel e gnv);
- Queima de lixo a céu aberto e incineração de lixo;
- Comercialização e armazenamento de produtos voláteis;
- Queima de combustíveis na indústria e termoelétricas;
- Emissões de processos químicos

## **Efeitos da Poluição Atmosférica**

- \* Na saúde humana
- Irritantes pulmonares – atacam pulmões e o trato respiratório (Ox, SOx, Clx, Nox);
- Asfixiantes – causam asfixia quando em grandes quantidades (CO, HxS);
- Cancerígenos – câncer no pulmão (amianto, alcatrão), câncer no nariz (cromo);

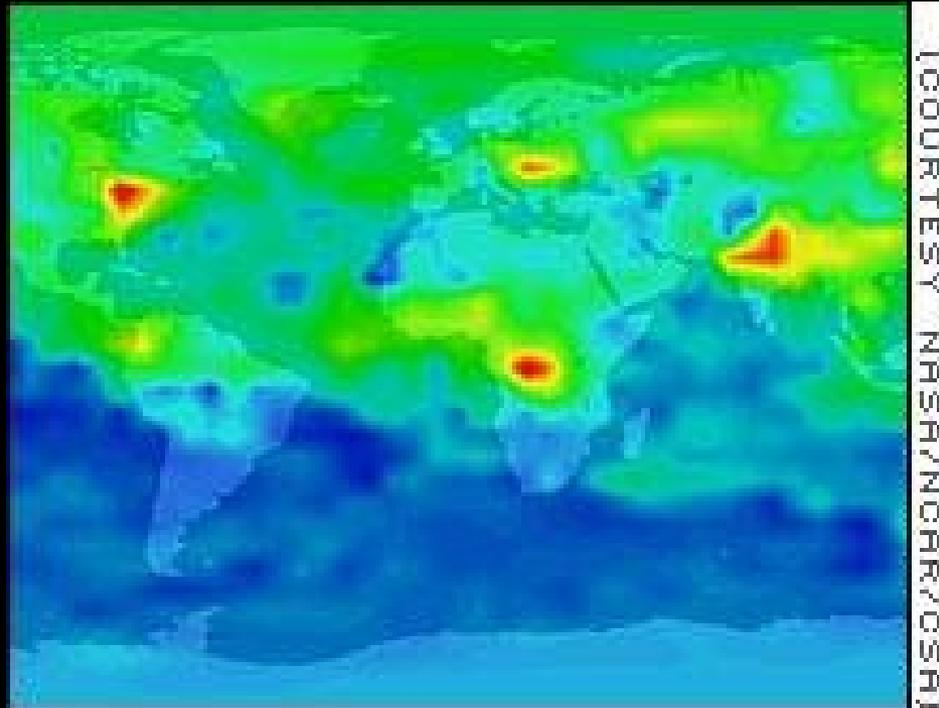
### **\* Na vegetação**

- Alteram a fotossíntese e destroem folhas (NOx, SOx, particulados)

### **\* Nas edificações**

- Corroem metais, atacam mármore e paredes (SOx, Clx, NOx).

# Queima de biomassa



# Queima de Biomassa

A queima de vegetação ocasionada por fatores climáticos e ambientais, que ocorre há cerca de 400 milhões de anos, contribui em grandes proporções para desastres ecológicos.

A fuligem produzida pela extensa queima de vegetação, com elevadas concentrações de carbono elementar, é a causa mais provável do fim da era dos grandes répteis, cerca de 64 milhões de anos atrás, entre o Período Cretáceo e o Período Terciário (ANDREAE, 1991).

- A queima de biomassa se processa em três estágios:
  - *Flaming* (combustão com chama),
  - Uma fase intermediária e *smoldering* (combustão com ausência de chama).

No estágio *flaming*, a combustão é mais eficiente e há emissão de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e SO<sub>2</sub>.

Já no estágio *smoldering*, a queima ocorre a baixas temperaturas e há ausência de chama, emitindo grandes quantidades de compostos oxidados incompletamente (por exemplo, CO, CH<sub>4</sub>, e outros hidrocarbonetos).

Tais processos envolvem diferentes reações químicas e, como consequência, produzem diferentes produtos.

Os produtos emitidos durante a combustão de biomassa dependem da proporção *flaming/smoldering* (WARD *et al.*, 1992; CRUTZEN; CARMICHAEL, 1993).

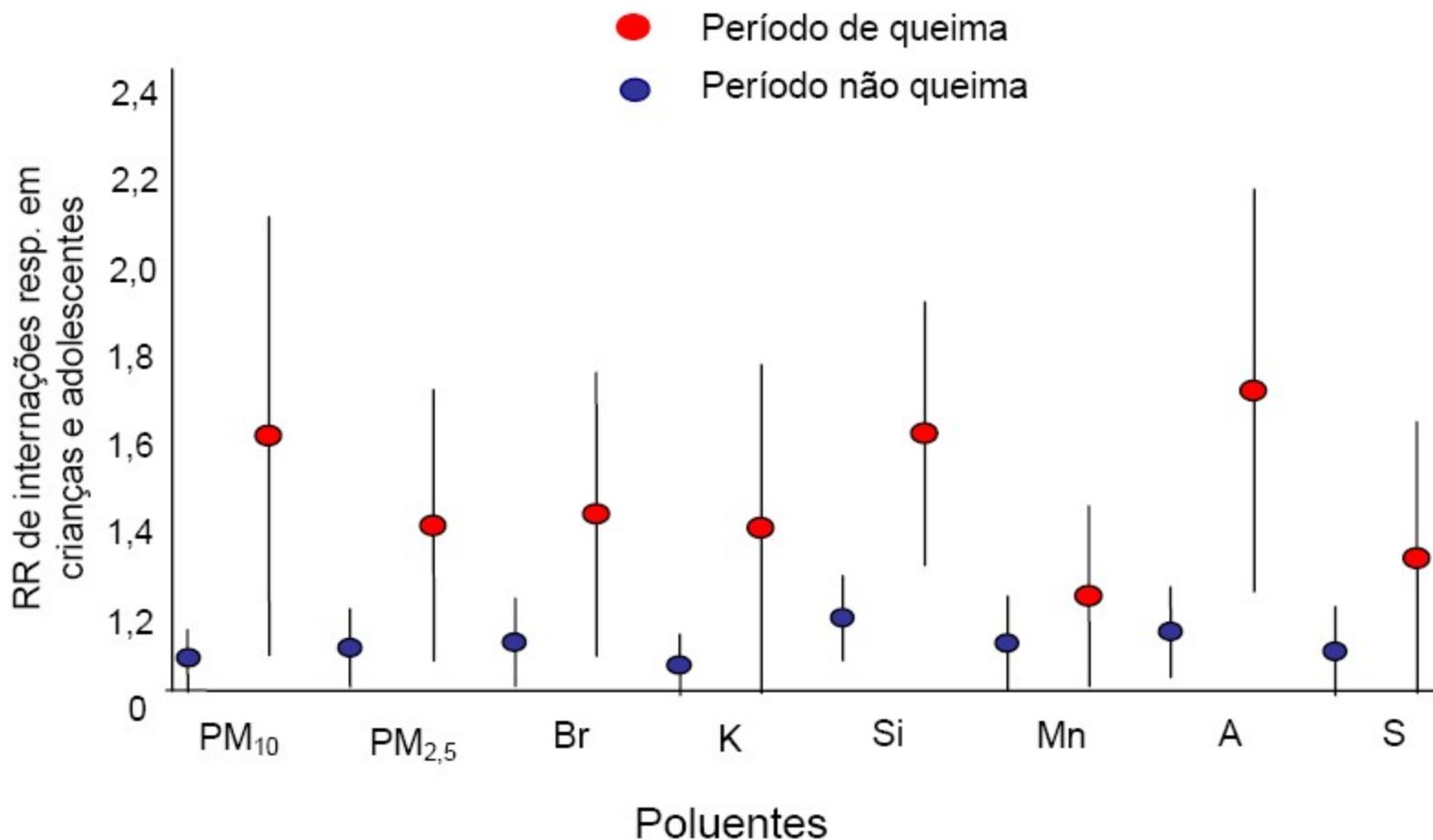
**Tabela 1. Principais produtos emitidos nos diferentes estágios da combustão de biomassa.**

<b>ESTÁGIO “FLAMING”</b>	<b>INTERMEDIÁRIO</b>	<b>ESTÁGIO “SMOLDERING”</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</li> <li>• Óxido nítrico (NO)</li> <li>• Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>)</li> <li>• Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)</li> <li>• Nitrogênio (N<sub>2</sub>)</li> <li>• Partículas com alta % de carbono elementar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etino (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)</li> <li>• Cianogênio (NCCN)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monóxido de carbono (CO)</li> <li>• Metano (CH<sub>4</sub>)</li> <li>• Hidrocarbonetos (HC, HPA)</li> <li>• Amônia (NH<sub>3</sub>)</li> <li>• Cianeto de hidrogênio (HCN)</li> <li>• Cianeto de metila (CH<sub>3</sub>CN)</li> <li>• Aminas, heterocíclicos, aminoácidos</li> <li>• Cloreto de metila (CH<sub>3</sub>Cl)</li> <li>• Compostos sulfurados (H<sub>2</sub>S, COS, DMS, DMDS)</li> <li>• Partículas com baixa % de carbono elementar</li> </ul>

FONTE: LOBERT; WARNATZ, 1993.

# Problemas de saúde

- Em Singapura, o Ministério da Saúde monitorou a qualidade do ar em 15 estações durante o episódio. O “*Pollutant Standard Index*” (PSI) foi acima de 100 por 12 dias, com pico de 138.
- A relação entre o PSI e o PM10 é: 100 de PSI corresponde aproximadamente a  $150\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM10 (USEPA, 1992).
- Observou-se que 94% das partículas na névoa apresentavam diâmetro aerodinâmico inferior a  $2,5\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Na última semana de setembro, quando os níveis de material particulado atingiram o pico, a vigilância sanitária de Singapura relatou um aumento de 30% nos atendimentos ambulatoriais por patologias respiratórias.
- Um aumento nos níveis do PM10 de  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $150\mu\text{g}/\text{m}^3$  estava significativamente associado com um aumento de 13% das infecções respiratórias agudas, de 19% de asma e de 26% de rinite (BRAUER; HISHAM-HASHIM, 1998).



**Risco Relativo (RR) de internação hospitalar por doença respiratória, em crianças e adolescentes, relacionadas à variação interquartil dos poluentes nos períodos de queima e de não queima da palha da cana-de-açúcar.**

# Agravantes da Poluição Atmosférica

- **INVERSÃO TÉRMICA** – A renovação natural do ar se dá por meio de um fenômeno chamado convecção. A radiação emitida pelo sol que atravessa a atmosfera, aquece a crosta terrestre por irradiação. O solo aquecido emite calor radiante, que aquece, por condução, o ar acima deste. O ar aquecido expande-se, diminuindo sua densidade, o que o eleva para regiões mais elevadas da atmosfera e conseqüentemente, desloca camadas superiores mais frias para regiões mais baixas, criando correntes de convecção que renovam o ar junto ao solo, onde estas se aquecerão novamente e tornarão a alimentar o ciclo.
- Nos dias de inverno nas grandes cidades, esta convecção não se realiza de modo normal.
- Os raios solares incidem mais obliquamente sobre a superfície do planeta em função da inclinação do eixo deste, aquecendo mais as camadas superiores de ar, ocorrendo uma inversão (uma camada de ar quente se sobrepõe a uma camada de ar frio evitando que as correntes de convecção se formem). Como o ar mais quente é menos denso que o ar frio, as camadas superiores aquecidas nos dias de inverno tendem a permanecer onde se encontram, ficando as camadas mais baixas e frias estagnadas junto ao solo impedindo assim a convecção e a renovação do ar e impedindo a dissipação dos poluentes.

# Agravantes da Poluição Atmosférica

**Depleção da Camada de Ozônio** – O gás oxigênio apresenta-se na natureza sob a forma diatômica ( $O_2$ ), porém nas altas camadas da atmosfera, o oxigênio diatômico absorve ondas de luz ultravioleta de até 150 nm formando oxigênio atômico (O). O oxigênio atômico combina-se com o oxigênio diatômico formando uma molécula de  $O_3$  (ozônio), esta molécula por sua vez absorve outra parte da radiação ultravioleta e se quebra em  $Ox$  e O, reiniciando assim novamente o ciclo. A luz solar chega a terra com apenas uma fração de luz ultravioleta, pois grande parte é absorvida pela camada de ozônio. Recentemente, a camada de ozônio vem sendo bastante afetada pela ação de algumas substâncias químicas voláteis que ao chegar na estratosfera, perturbam o frágil equilíbrio de sua composição. Pela interferência destas substâncias, as reações normais do ciclo do oxigênio na camada de ozônio vêm sendo gradativamente reduzidas, resultando em um perigoso aumento dos níveis de radiação ultravioleta (UV) sobre a superfície. A radiação UV altera a estrutura celular de organismos vivos podendo causar:

- - Maior incidência de câncer de pele e queimaduras solares;
- - Incidência de melanoses e ceratoses solares (pré-cancer);
- - Problemas à visão e ao sistema imunológico;
- - Catarata;
- - Alterações genéticas em humanos, animais e vegetais;
- - Extinção de espécies, principalmente as do plâncton, com conseqüências em toda a cadeia alimentar;
- - Influência na agricultura.

- **Efeito Estufa** – Durante o dia, a Terra é aquecida pelo sol e à noite perde calor armazenado, tendo como consequência a redução de temperatura.
- O gás carbônico e outros poluentes, quando em grandes quantidades, formam um filtro na atmosfera, retendo o calor, provocando um aumento na temperatura média.
- A este fenômeno dá-se o nome de Efeito Estufa. Estudos mostram que se nada for feito, na metade deste século a temperatura média poderá elevar-se de 1,5 a 4,5°C, tendo como consequência modificação no regime de chuvas, alterando significativamente o clima no planeta.

- **Chuva Ácida** – Nos gases produzidos por fábricas e motores são liberados para atmosfera óxidos de enxofre ( $\text{SO}_x$ ) e nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) que reagem com o vapor de água (umidade do ar) produzindo ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), que dão origem a precipitações ácidas.
- Este tipo de chuva, quando freqüente, provoca acidificação do solo, prejudicando também plantas e animais, a vida dos rios e florestas. Da mesma forma edificações presentes na área são prejudicadas, podendo haver corrosão nas estruturas das mesmas.

- **SMOG** – Os gases oriundos da queima de combustíveis fósseis e carvão, para a geração de energia, aquecimento, alimentação e transporte nas grandes cidades, podem sob certas condições se combinar e formar uma névoa denominada de smog cujos ingredientes mais importantes são luz solar, óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos. Os principais produtos são: ozônio, peroxiacetil nitrato (PAN) e aldeídos. Os efeitos são:

### **PAN**

- - Irritação dos olhos;
- - Alta toxicidade para plantas;
- - Irritação do trato respiratório
- - Causa danos às proteínas.

### **Ozônio**

- - Irritação do trato respiratório superior (nariz, garganta);
- - Irritação dos olhos;
- - Ataca os tecidos do trato respiratório, produzindo desde bronquite crônica e enfisema pulmonar, até parada cardíaca;
- - Secamento das folhas das plantas;
- - Descoloração da superfície superior das folhas.

# Gestão da qualidade do ar

Um homem adulto inspira cerca de **10.000 litros de ar por dia**, consumindo em média 400 litros de oxigênio; esses valores variam em função da atividade física de cada um, como também em função da qualidade do ar inspirado. **Em geral não é necessário nem possível, corrigir a composição do ar que respiramos e essa é a principal diferença entre o consumo de ar e de água.**

A água passa por um tratamento prévio, que a torna um produto industrial, o ar ao contrário deve ser consumido in natura.

- Sendo assim torna-se de fundamental importância, medidas de preservação da qualidade do ar, que devem ser tomadas por toda a sociedade.
- O ser humano interage com o meio ambiente e produz resíduos, parte dos quais causam problemas de poluição do ar. Tais problemas resultam das chamadas fontes de poluição fixas e fontes móveis.

# Indicadores da Qualidade do Ar

O nível da poluição do ar ou da qualidade do ar é medida pela quantificação das substâncias poluentes presentes neste ar.

Considera-se poluente do ar qualquer substância presente no ar e que pela sua concentração possa tornar este ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

# Os poluentes podem ser divididos em duas categorias:

- Poluentes primários: aqueles diretamente emitidos pelas fontes de poluição;
  - Poluentes secundários: aqueles formados na atmosfera por meio da reação química entre poluentes primários e os constituintes naturais da atmosfera.
- A determinação sistemática da qualidade do ar se dá pela medição dos seguintes parâmetros:
- **Material Particulado Total em Suspensão, Fumaça e Partículas Inaláveis.**
  - Estes Indicadores representam o material sólido emitido pelas fontes poluidoras ou em suspensão na atmosfera (poeira, pó, fuligem), sendo o tamanho das partículas sólidas o critério utilizado para sua classificação.
  - Partículas mais grossas ficam retidas no nariz e na garganta, provocando incômodo e irritação, além de facilitar que doenças como a gripe, se instalem no organismo.
  - Poeiras mais finas podem causar danos às partes internas do aparelho respiratório, carregando partículas e outros poluentes para os alvéolos pulmonares e provocando efeitos mais severos do que os causados pelos poluentes de forma isolada.
  - Caso as pessoas permaneçam em locais muito poluídos por material particulado, ficam mais vulneráveis a uma crise aguda de doenças respiratórias.

# Principais fontes

- \* **Fontes fixas** - As indústrias são as fontes mais significativas ou de maior potencial poluidor, no entanto, devemos ainda destacar a crescente demanda por usinas termoelétricas, utilizadoras de carvão ou óleo combustível, bem como de incineradores de resíduos, os quais também se destacam por seu elevado potencial poluidor.
- \* **Fontes móveis** - Os veículos automotores, trens, aviões e embarcações marítimas, constitui-se conjuntamente nas chamadas fontes móveis de poluição do ar. Os veículos se destacam como as principais fontes, e podem ser divididos em leves, que utilizam gasolina ou álcool como combustível, e pesados que utilizam óleo diesel.

## Níveis pela lei nacional

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Padrão Secundário $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Método de Medição
partículas totais	24 horas <sup>1</sup>	240	150	amostrador de grandes volumes separação inercial/filtração refletância
em suspensão	MGA <sup>2</sup>	80	60	
partículas inaláveis	24 horas <sup>1</sup>	150	150	
	MAA <sup>3</sup>	50	50	
	24 horas <sup>1</sup>	150	100	
	MAA <sup>3</sup>	60	40	
	24 horas <sup>1</sup>	365	100	
	MAA <sup>3</sup>	80	40	
	1 hora <sup>1</sup>	320	190	
	MAA <sup>3</sup>	100	100	
	1 hora <sup>1</sup>	40.000	40.000	
		35 ppm	35 ppm	
	8 horas <sup>1</sup>	10.000	10.000	
		9 ppm	9 ppm	
	1 hora <sup>1</sup>	160	160	

**Tabela 3. Padrões de qualidade do ar para os principais poluentes segundo a EPA (“*Environmental Protection Agency*”) dos Estados Unidos da América.**

POLUENTES	PADRÕES PRIMÁRIOS	TEMPO MÉDIO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partículas Inaláveis até 10<math>\mu</math>m (PM<sub>10</sub>)*</li> </ul>	<p>50<math>\mu</math>g/m<sup>3</sup> 150<math>\mu</math>g/m<sup>3</sup></p>	<p>Média aritmética anual Nível limite para 24 horas</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ozônio (O<sub>3</sub>)*</li> </ul>	<p>0,12ppm (235<math>\mu</math>g/m<sup>3</sup>)</p>	<p>Média máxima diária de 1h</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)*</li> </ul>	<p>0,03ppm (80<math>\mu</math>g/m<sup>3</sup>) 0,14ppm (365<math>\mu</math>g/m<sup>3</sup>)</p>	<p>Média aritmética anual Nível máximo em 24 horas</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monóxido de Carbono (CO)*</li> </ul>	<p>9ppm (10<math>\mu</math>g/m<sup>3</sup>) 35ppm (40<math>\mu</math>g/m<sup>3</sup>)</p>	<p>Média máxima de 8 horas Nível máximo em 1 hora</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>)*</li> </ul>	<p>0,053ppm (100<math>\mu</math>g/m<sup>3</sup>)</p>	<p>Média aritmética anual</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partículas Inaláveis até 2,5<math>\mu</math>m ** (PM<sub>2,5</sub>)</li> </ul>	<p>15<math>\mu</math>g/m<sup>3</sup> 65<math>\mu</math>g/m<sup>3</sup></p>	<p>Média aritmética anual Nível limite para 24 horas</p>

FONTE: \*BASCON *et al.*, 1996a; \*\*OSTRO; CHESNUT, 1998.

Extraído de Cançado (2003)

# Critérios para episódios agudos de poluição do ar

(Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/90)

Parâmetros	Atenção	Alerta	Emergência
partículas totais em suspensão ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24h	375	625	875
partículas inaláveis ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24h			
fumaça ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24h			
dióxido de enxofre ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24h			
SO <sub>2</sub> X PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24h			
dióxido de nitrogênio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 1h			
monóxido de carbono (ppm) - 8h			
ozônio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 1h			

\* O nível de atenção é declarado pela CETESB com base na Legislação Estadual que é mais restritiva (200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

# Índices

## **Índice de qualidade do ar e saúde**

O índice de qualidade do ar é uma ferramenta matemática desenvolvida para simplificar o processo de divulgação da qualidade do ar. Esse índice é utilizado desde 1981, e foi criado usando como base uma longa experiência desenvolvida no Canadá e EUA.

Os parâmetros contemplados pela estrutura do índice da CETESB, são:

- dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>)
- partículas totais em suspensão (PTS)
- partículas inaláveis (MP10)
- fumaça (FMC)
- monóxido de carbono (CO)
- ozônio (O<sub>3</sub>)
- dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>)

# Índice para cada poluente

Qualidade	Índice	MP <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	CO (ppm)	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
Boa	0 - 50	0 - 50	0 - 80	0 - 4,5	0 - 100	0 - 80
Regular	51 - 100	50 - 150	80 - 160	4,5 - 9	100 - 320	80 - 365
Inadequada	101 - 199	150 - 250	160 - 200	9 - 15	320 - 1130	365 - 800
Má	200 - 299	250 - 420	200 - 800	15 - 30	1130 - 2260	800 - 1600
Péssima	>299	>420	>800	>30	>2260	>1600

# O que representa?

Qualidade	Índice	Significado
Boa	0 - 50	Praticamente não há riscos à saúde.
Regular	51 - 100	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
Inadequada	101 - 199	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
Má	200 - 299	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
Péssima	>299	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

# Medidas para melhorar o conforto

## **Problemas decorrentes da baixa umidade do ar e da alta concentração de poluentes**

No inverno, freqüentemente:

ocorrem dias com baixa umidade do ar e alta concentração de poluentes.

ressecamento das mucosas  
sangramento pelo nariz  
ressecamento da pele  
irritação dos olhos.

Umidade relativa do ar estiver entre 20 e 30%,

É melhor evitar exercícios físicos ao ar livre entre 11 e 15 horas; umidificar o ambiente por meio de vaporizadores, toalhas molhadas, recipientes com água, umidificação de jardins etc; sempre que possível permanecer em locais protegidos do sol ou em áreas arborizadas.

Se a umidade estiver entre 20 e 12%, é importante suspender exercícios físicos e trabalhos ao ar livre entre 10 e 16 horas; evitar aglomerações em ambientes fechados; e seguir as orientações anteriores.

# Medidas a serem tomadas

Mas, se a umidade for **menor do que 12%** é preciso interromper qualquer atividade ao ar livre entre 10 e 16 horas;

Determinar a suspensão de atividades que exijam aglomerações de pessoas em recintos fechados;

Manter umidificados os ambientes internos, principalmente quartos de crianças, hospitais etc.

É indicado usar colírio de soro fisiológico ou água boricada para os olhos e narinas e beber muita água.

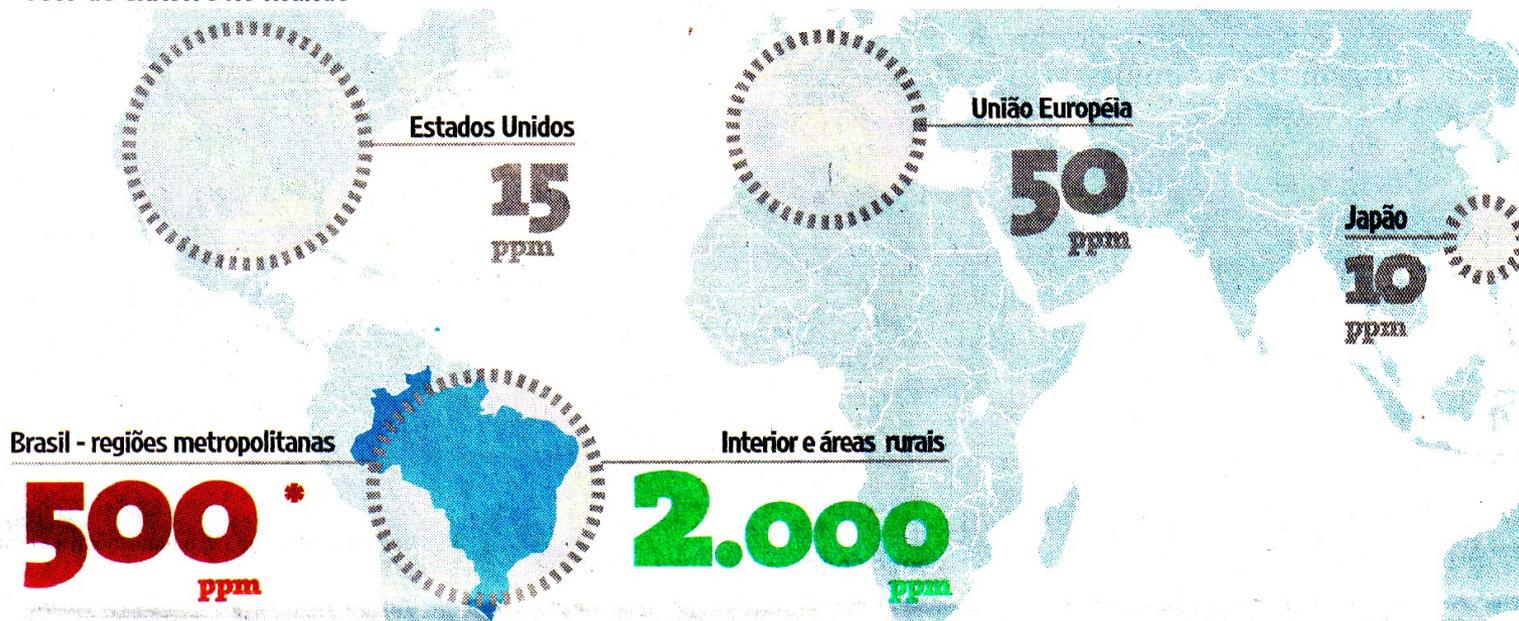
# Poluentes

- **Dióxido de Enxofre -  $\text{SO}_2$**
- A emissão de dióxido de enxofre está principalmente relacionada com o uso de combustíveis de origem fóssil contendo enxofre, tanto em veículos quanto em instalações industriais.
- Sendo um gás altamente solúvel nas mucosas do trato aéreo superior, pode provocar irritação e aumento na produção de muco.
- Outro efeito relacionado ao dióxido de enxofre refere-se ao fato de ser este um dos poluentes precursores da chuva ácida, efeito global de poluição atmosférica responsável pela deterioração de diversos materiais, acidificação de corpos d'água e destruição de florestas.
- **Monóxido de Carbono – CO**
- A emissão de monóxido de carbono está relacionada principalmente com o processo de combustão tanto em fontes móveis, motores à gasolina, diesel ou álcool, quanto de fontes fixas industriais.
- Os efeitos da exposição dos seres humanos ao monóxido de carbono estão associados à capacidade de transporte de oxigênio na combinação com hemoglobina do sangue, uma vez que a afinidade da hemoglobina pelo monóxido de carbono é 210 vezes maior que pelo oxigênio. Baixos níveis de carboxihemoglobina, já podem trazer graves conseqüências aos seres humanos.

## DIESEL BRASILEIRO POLUI MAIS

Europa, Estados Unidos e Japão têm diesel menos poluente que o brasileiro

Teor de enxofre no mundo



### CONSEQUÊNCIAS

» Problemas causados pela alta concentração de enxofre no diesel:

Quanto maior o teor de enxofre, mais poluentes são emitidos para a atmosfera e pior fica a qualidade do ar

» A resolução 315/2002, do Conama, estabelece que a emissão de poluentes pelos veículos deve ser reduzida. Para isso, o teor de enxofre e outros poluentes presentes no combustível tem de diminuir até 2009

Fonte: André Ferreira, diretor do Instituto de Energia e Meio Ambiente, e Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da USP \*partes por milhão

Folha de São Paulo, 8 de setembro de 2007

# Poluentes

- **Ozônio - Ox**

O ozônio é um gás invisível, com cheiro marcante, composto por 3 (três) átomos de oxigênio, altamente reativo que está presente na alta atmosfera e na superfície.

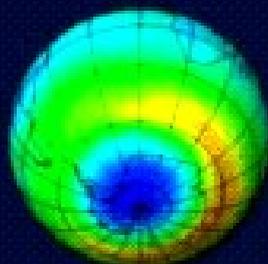
Quando presente nas altas camadas da atmosfera nos protege dos raios ultravioletas do sol, quando formado próximo ao solo comporta-se como poluente.

É o principal representante do grupo de poluentes designados genericamente por oxidantes fotoquímicos, sendo formado pela reação dos hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio presentes no ar, sob ação da radiação solar.

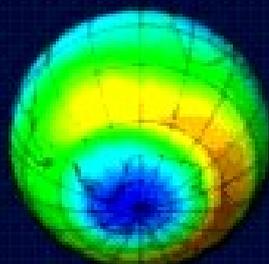
Pode causar:

irritação dos olhos,  
redução da capacidade pulmonar,  
agravamento de doenças respiratórias,  
interferência na fotossíntese e danos às obras de arte e estruturas metálicas.

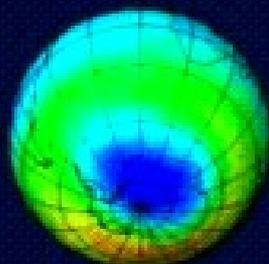
# ACOMPANHE A EVOLUÇÃO DO BURACO NA CAMADA DE OZÔNIO (1980-1991)



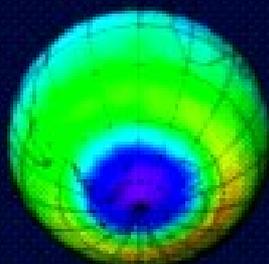
Oct 1980



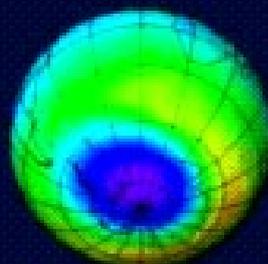
Oct 1981



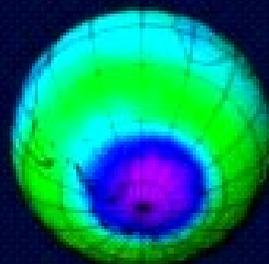
Oct 1982



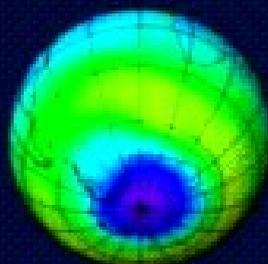
Oct 1983



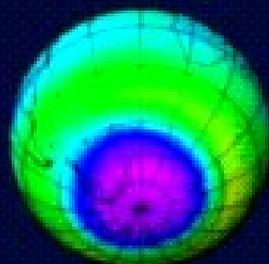
Oct 1984



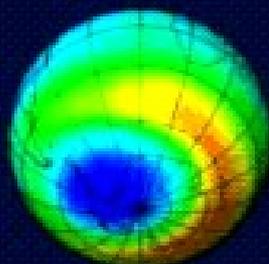
Oct 1985



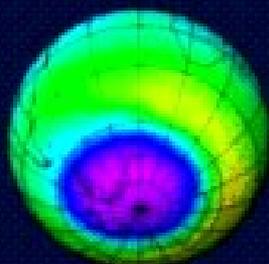
Oct 1986



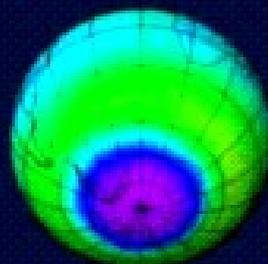
Oct 1987



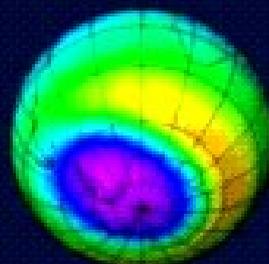
Oct 1988



Oct 1989



Oct 1990



Oct 1991

# Futuro

- A legislação quanto a emissões de fontes móveis é muito ampla, e já existem planos de ação vinculados a licenciamento, inspeção e monitoramento de emissões destes de forma a regular e controlar veículos novos, com extensão a veículos antigos já em circulação quanto a sua adequação a legislação.
- Todavia, quando nos referimos a fontes de emissões estacionárias, não existe legislação específica quanto a padrões de lançamentos (existe sim, mas somente para materiais particulados, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO e CO<sub>x</sub>).
- Quando estes padrões forem determinados, indústrias e outras fontes de emissões terão que se adequar à legislação, surgindo assim um novo nicho, onde haverá:
  - - Necessidade da modelagem das dispersões de gases e material particulado;
  - - Projetos para a minimização e adequação de emissões (filtros, lavadores de gases, ciclones, etc);
  - - Monitoramento periódico das emissões (tanto na saída de chaminés, quanto em pontos no entorno).
  - - Planejamento de medidas preventivas para impedir a geração do poluente.

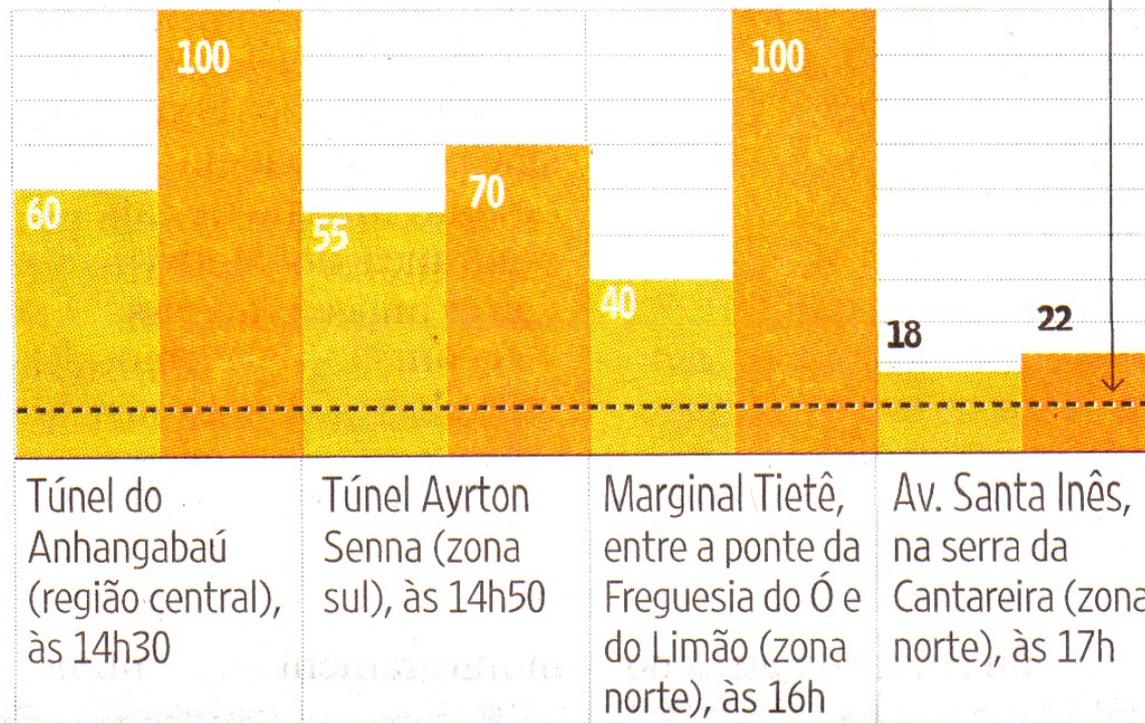
# POLUIÇÃO EM SÃO PAULO E NO PAÍS

Medição feita pela Folha ontem mostra níveis de concentração de poluentes em SP

Concentração de material particulado fino (mistura de poeiras e fumaça), em microgramas por m<sup>3</sup>

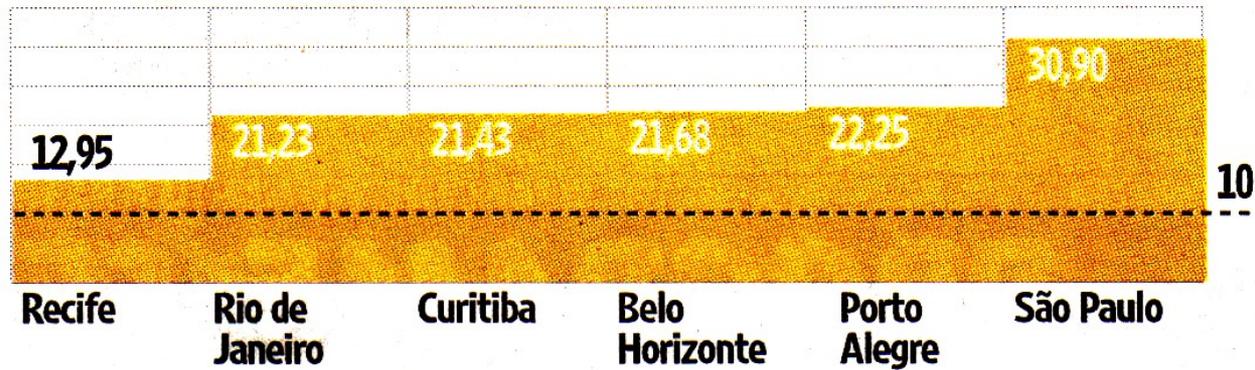
EM SP

■ Média    ■ Pico



10 é o padrão recomendado pela OMS

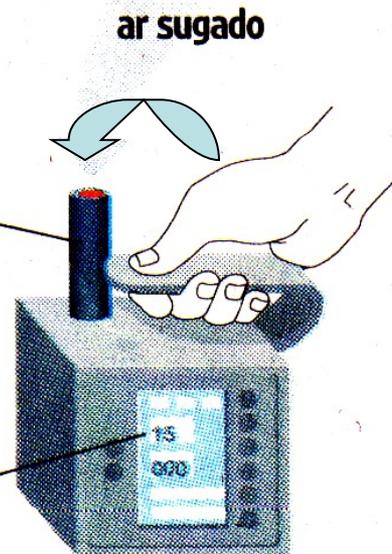
## EM CAPITAIS DO PAÍS (MÉDIA)\*



### COMO FOI FEITA A MEDIÇÃO EM SÃO PAULO

**1** O aparelho puxa o ar através de uma **esponja**

**2** É registrada a quantidade de partículas no ar em um **mostrador digital**



### MALES À SAÚDE

» Quanto mais fino é o material particulado, mais profundamente ele entra no organismo

» Pesquisas indicam que há relação entre mortalidade por doenças cardiorrespiratórias e câncer de pulmão e a exposição prolongada ao poluente

\* Medição feita entre maio e julho de 2007 pelo Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da USP

# Gerenciamento da Qualidade do Ar

**Requer infraestrutura institucional e legal, recursos humanos e materiais, capacitação técnica especializada e fonte assegurada de recursos**

**Sistema cooperado entre municípios de uma mesma bacia aérea (com ou sem a participação de outras instâncias governamentais)**

**Planejamento, implantação e diversas atividades podem ser terceirizados**

# “BOAS PRÁTICAS”

## Premissa Básica

**Definir grau máximo de emissão de poluentes considerado aceitável para uma dada fonte de emissão**

# “BOAS PRÁTICAS”

**Ação Compulsória → Legislação**

**Estratégias de prevenção e controle de emissão baseados na melhor tecnologia prática, economicamente viável**

**Certificação e Licenciamento Ambiental**

**Fiscalização, Penalidades etc**

**Exemplo: diminuição do teor de enxofre nos combustíveis**

# “BOAS PRÁTICAS”

## **Ação voluntária**

**Estratégias de imagem empresarial**

**Visão de desenvolvimento sustentável**

**Certificação ISO 14000**

**Exigências comerciais / governamentais**

**Exemplo: uso de fibras naturais na confecção de bancos e painéis de veículos**

# **“BOAS PRÁTICAS”**

## **Comentários**

**Julgamento da melhor tecnologia prática disponível e economicamente viável tem caráter subjetivo**

**Não garante o atingimento e preservação da qualidade do ar desejada**

**Implementação relativamente simples**

# INCENTIVOS ECONÔMICOS

## Premissa Básica

**Incentivos econômicos podem motivar a implementação da solução mais custo-efetiva para prevenir ou controlar a poluição**

# INCENTIVOS ECONÔMICOS

- Ação voluntária ou compulsória → Legislação
- ❑ Impostos/Taxas segundo o princípio do “Poluidor-Pagador”
- ❑ Subsídios ou financiamentos em condições especiais para adequação ambiental
- ❑ Prevenção/Controle na base custo-benefício, custo-eficácia etc.
- ❑ Comércio de emissões, rotulagem ambiental
- ❑ Planejamento e uso do solo / Zoneamento
- ❑ Multas, Ações compensatórias etc

# INCENTIVOS ECONÔMICOS

## Exemplos

1. Imposto sobre o teor de C nos combustíveis
2. Incentivos para produção de veículos menos poluentes que as exigências oficiais
3. Financiamento pelo PROCOP para sistemas de controle ambiental no Estado de São Paulo
4. Ação compensatória da Fiat (área de proteção ambiental, laboratórios IPT e CETEC)

# INCENTIVOS ECONÔMICOS

## Comentários

- Incentivos econômicos contribuem para a melhoria ambiental e devem fazer parte de políticas públicas e empresariais, mas devem ter os resultados cuidadosamente avaliados
- Os órgãos de governo devem avaliar os incentivos econômicos dentro de uma ótica integrada de benefícios sociais e não exclusivamente como “perda de receita”

# Estratégias para prevenção e controle da poluição por veículos

- Redução do potencial poluidor dos combustíveis
- Redução na emissão dos veículos novos
- Controle da emissão dos veículos em uso
- Produção de veículos com menor consumo
- Renovação da frota circulante
- Gerenciamento da demanda de transporte
- Gerenciamento do trânsito / oferta de estacionamentos
- Políticas de uso e ocupação do solo

# **Agentes Participantes no Controle da Poluição dos Veículos Automotores**

**Poder Público**

**Indústria Automobilística**

**Produtores de Combustíveis**

**Distribuidores de Combustíveis**

**Organizações Técnico  
-Científicas**

**Universidades & Institutos de  
Pesquisa**

**ONGs**

**Mídia**

# Poluição visual

## FIM DOS OUTDOORS EM SÃO PAULO

Projeto foi aprovado e começa a valer a partir de 1º de janeiro de 2007

### PROIBIDO

Outdoors tradicionais (9 x 3 m)

Faixas com anúncios em ruas

Anúncios luminosos de todo tipo (backlight e frontlight)

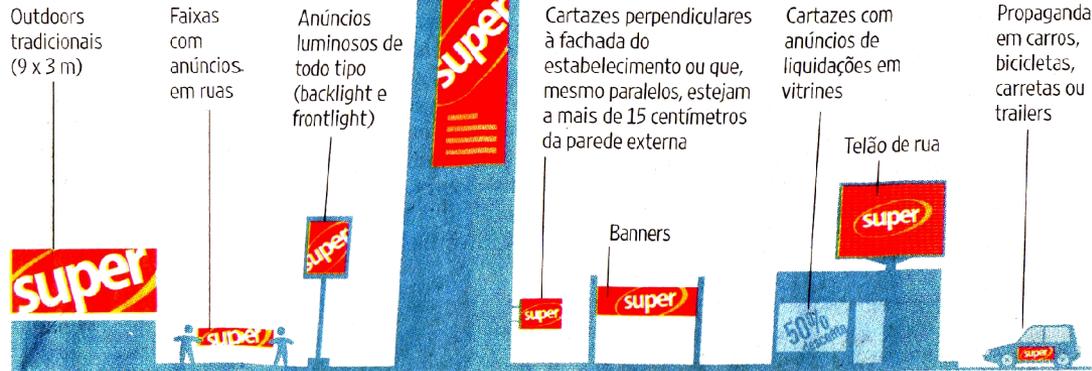
Propaganda em empena cega (fachada de prédios)

Cartazes perpendiculares à fachada do estabelecimento ou que, mesmo paralelos, estejam a mais de 15 centímetros da parede externa

Cartazes com anúncios de liquidações em vitrines

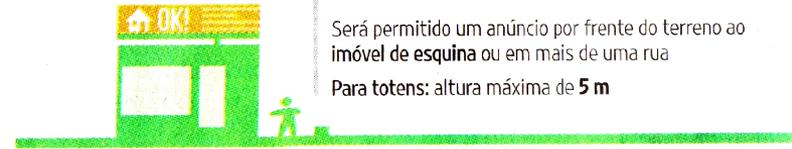
Anúncio em dirigível ou avião

Propaganda em carros, bicicletas, carretas ou trailers



### PERMITIDO

Os comerciantes poderão veicular o nome de sua empresa dentro das seguintes regras



### Anúncios indicativos (com o nome da loja ou do banco, por exemplo)

Frente do terreno...	Tamanho máximo do anúncio
... inferior a 10 m	<b>1,5 m<sup>2</sup></b>
... igual ou superior a 10 m e inferior a 100 m	<b>4 m<sup>2</sup></b>
... superior a 100 m	<b>10 m<sup>2</sup></b> (é possível instalar dois anúncios com distância mínima de 40 m entre eles)

Será permitido um anúncio por frente do terreno ao imóvel de **esquina** ou em mais de uma rua

Para totens: altura máxima de **5 m**

Leitura importante:

<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp116.asp>

[http://ambientes.ambientebrasil.com.br/urbano/poluicao/poluicao\\_visual\\_urbana.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/urbano/poluicao/poluicao_visual_urbana.html)

# Leitura da noite

- MARTINS, Lourdes Conceição, LATORRE, Maria do Rosário Dias de Oliveira, CARDOSO, Maria Regina Alves *et al.* **Air pollution and emergency room visits due to pneumonia and influenza in São Paulo, Brazil.** *Rev. Saúde Pública*, Feb. 2002, vol.36, no.1, p.88-94. ISSN 0034-8910.
- MARTINS, Lourdes Conceição, LATORRE, Maria do Rosário Dias de Oliveira, SALDIVA, Paulo Paulo Hilário Nascimento *et al.* **Air pollution and emergency room visits for upper airway respiratory infection disease in São Paulo city: evaluation of vehicle restriction.** *Rev. bras. epidemiol.*, Nov. 2001, vol.4, no.3, p.220-229. ISSN 1415-790X.

# Bibliografía básica

Boubel, R.W., D.L. Fox, D.B. Turner and A .C. Stern, 1994.  
Fundamentals of Air Pollution, 3rd edition, Academic  
Press, Inc., San Diego.

# Legislação

- **Resolução Conama 18/86**  
Dispõe sobre a Instituição do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE.
- **Resolução Conama 03/89**  
Estabelece limites para emissão de aldeídos, presentes no gás de escapamento de veículos automotores leves do ciclo Otto.

# Legislação

- **Resolução Conama 04/89**

Dispõe sobre a emissão de hidrocarbonetos por veículos automotores leves e equipados com motor à álcool.

- **Resolução Conama 05/89**

Institui o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar - "PRONAR", e dá outras providências.

# Legislação

- **Resolução Conama 01/90**  
Dispõe sobre a emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política.
- **Resolução Conama 02/90**  
Institui o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora - SILÊNCIO.
- **Resolução Conama 03/90**  
Estabelece padrões de qualidade do ar e amplia o número de poluentes atmosféricos passíveis de monitoramento e controle.

# Legislação

- **Resolução Conama 01/93**  
Estabelece limites máximos de ruído para veículos automotores.
- **Resolução Conama 02/93**  
Estabelece limites máximos de ruído para motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores, bicicletas com motor auxiliar e afins.
- **Resolução Conama 06/93**  
Estabelece para os fabricantes e empresas de importação de veículos, a disponibilidade de procedimentos e infra-estrutura para a divulgação sistemática, ao público em geral, das recomendações e especificações dos componentes destes, conforme especifica.

# Legislação

- **Resolução Conama 07/93**  
Estabelece padrões de emissão para veículos em circulação.
- **Resolução Conama 08/93**  
Estabelece limites máximos de emissão de poluentes para motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados.
- **Resolução Conama 16/93**  
Ratifica limites de emissão de poluentes por veículos automotores e determina a republicação de Resoluções do CONAMA
- **Resolução Conama 09/94**  
Dispõe sobre os limites para a emissão de hidrocarbonetos e aldeídos dos veículos automotores leves equipados com motor a álcool.
- **Resolução Conama 15/94**  
Dispõe sobre a implantação dos Programas de Inspeção e Manutenção para veículos automotores em Uso - I/M
- **Resolução Conama 14/95**  
Estabelece procedimentos para veículos produzidos nos países do MERCOSUL.

# Legislação

- **Resolução Conama 15/95**  
Estabelece nova classificação dos veículos automotores.
- **Resolução Conama 16/95**  
Estabelece critérios e limites para homologação de motores novos de veículos leves e pesados quanto ao índice de fumaça.
- **Resolução Conama 17/95**  
Estabelece exigências para veículos modificados quanto ao ruído.
- **Resolução Conama 18/95**  
Estabelece critérios para implantação de programas de inspeção e manutenção para veículos em uso I/M.
- **Resolução Conama 226/97**  
Estabelece limites para emissão de fuligem de veículos e aprova especificações do óleo diesel comercial.

# Legislação

- **Resolução Conama 226/97**  
Estabelece limites para emissão de fuligem de veículos e aprova especificações do óleo diesel comercial.
- **Resolução Conama 227/97**  
Altera redação da Resolução 07/93 sobre programas de I/M.
- **Resolução Conama 230/97**  
Estabelece itens de ação indesejáveis para veículos.
- **Resolução Conama 241/98**  
Estabelece prazos para atendimento aos limites de emissão para carros importados.
- **Resolução Conama 242/98**  
Estabelece limite para emissão de material particulado por veículos.
- **Resolução Conama 256/99**  
Estabelece prazos e diretrizes para inspeção de emissões de poluentes e ruídos veiculares.
- **Resolução Conama 251/99**  
Estabelece critérios, procedimentos e limites máximos de opacidade da emissão dos veículos automotores ciclo diesel.

# Legislação

- **Resolução Conama 252/99**  
Estabelece limites máximos de ruídos para veículos rodoviários automotores.
- **Resolução Conama 267/00**  
Proíbe uso substâncias que destroem a camada de ozônio.
- **Resolução Conama 268/00**  
Altera redação Resolução 02/93.
- **Resolução Conama 272/00**  
Estabelece limites para emissão de ruídos para veículos automotores.
- **Resolução Sema 41/02**  
Estabelece padrões de emissões atmosféricas.
- **Lei Estadual 13.806/02**  
Dispõe sobre atividades pertinentes ao controle da poluição atmosférica, padrões e gestão da qualidade do ar, conforme especifica e adota outras providências.

# Estudo dirigido

- Avalie a operação rodízio em São Paulo
- Como resolver o problema de gestão da qualidade do ar nas cidades medias devido a queima de biomassa?
- Descreva os indices usados nos trabalhos e enquadre em indices de desempenho de gestão e de meio.