N. cham.: BNDES/PA 388.04 T772
Título: Transporte e meio ambiente.
17002061
Ex.1 BNDES COPED
Ac.203863

O BNDES

volume 6

SÉRIE CADERNOS TÉCNICOS

TRANSPORTE E MEIO AMBIENTE

TRANSPORTE E AQUECIMENTO GLOBAL

POLUIÇÃO VEICULAR NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO E MEDIDAS DE REDUÇÃO

SISTEMAS "RETROFIT" PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES DIESEL DE VEÍCULOS EM USO

TRANSPORTE E USO DE ENERGIA

TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO URBANO, SOB A PERSPECTIVA DO ESTATUTO DA CIDADE

TRANSPORTE, EMISSÕES DE POLUENTES E SAÚDE PÚBLICA: TRÊS ESTUDOS DE CASO

LEGISLAÇÃO E LICENCIAMENTO AMBIENTAL E O SETOR DE TRANSPORTES

PROGRAMA ECONOMIZAR: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DO PAÍS

SUSTENTABILIDADE DA EXPANSÃO DA CULTURA CANAVIEIRA

# Transporte e meio ambiente

ES/PA
4

1700 2061

SÉRIE **CADERNOS TÉCNICOS**

volume **6**

# Transporte e meio ambiente

julho/2007

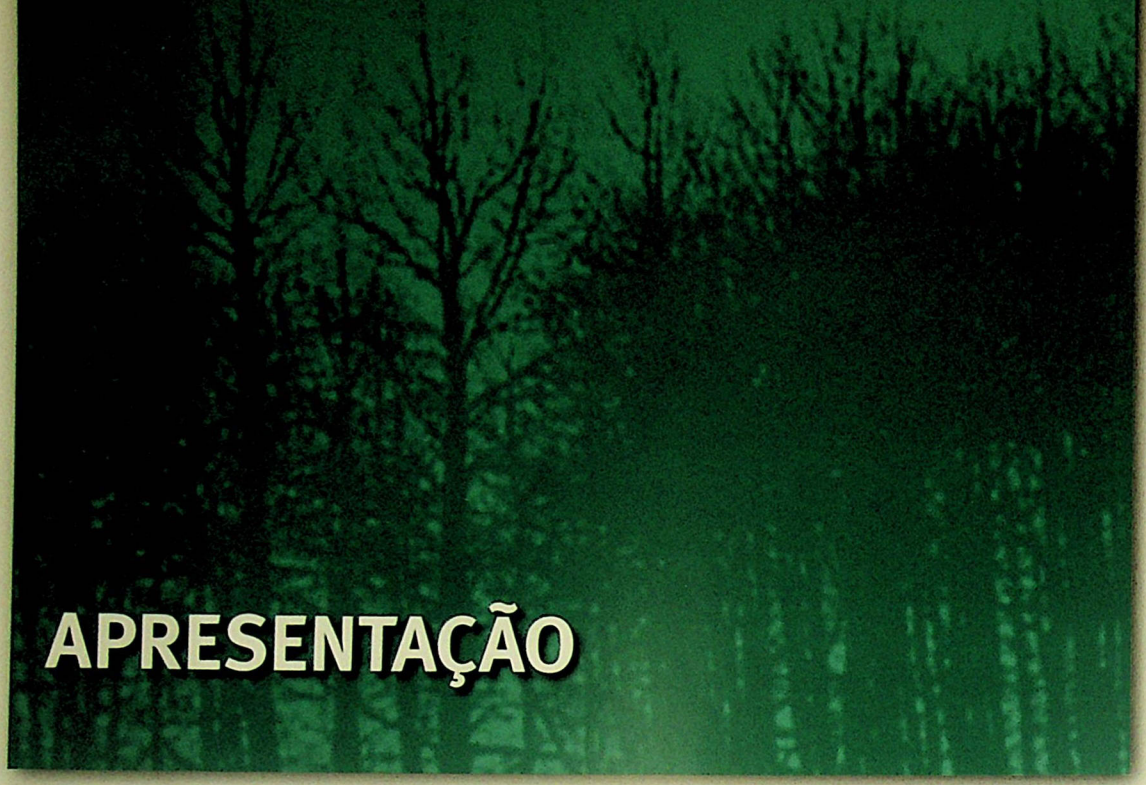
BNDES
AP / COPED
Centro de Pesquisas
e Dados

BNDES/PA
388.04
T772

BNDES
O BANCO DO DESENVOLVIMENTO

ANTP

AC. 203863



# APRESENTAÇÃO

A questão ambiental assume proporções alarmantes no mundo e o setor de transporte tem contribuído para isto de maneira muito significativa. Normalmente, quando se fala da relação entre transporte e meio ambiente, a associação imediata é feita com seus efeitos mais visíveis: o consumo de energia e a emissão de poluentes. Estes dois problemas são, sem dúvida, da maior relevância e têm ocupado crescente espaço na percepção da sociedade e, conseqüentemente, tanto em escala mundial como no Brasil, se observam avanços expressivos em medidas mitigadoras de ambos.

Quanto ao consumo de energia, apesar dos derivados de petróleo (fonte de energia não renovável) continuarem sendo predominantes nos meios de transporte, representando quase 80% do gasto energético no Brasil, observa-se o crescimento do uso de combustíveis alternativos, como o álcool e o gás, fundados em um desenvolvimento industrial e tecnológico consistente e em uma estrutura de distribuição já relativamente abrangente.

Por outro lado, medidas de redução da emissão de poluentes também evoluíram em escalas nacional e mundial com as melhorias na tecnologia veicular e dos combustíveis, que são progressivamente incorporadas pela legislação e nas especificações da indústria automobilística. Entretanto, esta evolução tecnológica acaba sendo neutralizada pela crescente motorização da população mundial e não tem sido capaz de frear o agravamento dos problemas ambientais decorrentes, em grande parte, das emissões veiculares, tanto os que afetam diretamente a saúde das pessoas dentro de um raio de alcance mais limitado (efeito local), quanto os que contribuem para o aquecimento global (efeito estufa) e, portanto, afetam a toda a população.

Porém, há uma terceira e fundamental dimensão da relação entre transporte e meio ambiente, além das duas citadas acima, que ainda é pouco compreendida pela sociedade e permanece ausente da agenda ambiental. Esta dimensão poderia ser chamada de "desenvolvimento urbano sustentável".

A ANTP vem batendo nesta tecla há anos, mas suas teses foram explicitadas, de maneira mais sistematizada, em 1996, com a formulação do Projeto Transporte Humano. Desde então, este tem sido o tema central de diversas publicações, seminários, cursos e outras atividades promovidas pela Associação, consolidando e difundindo o papel do transporte público na estruturação de cidades sustentáveis e com qualidade de vida.

Segundo esta visão, os avanços na consolidação de combustíveis alternativos, provenientes de fontes renováveis, e um maior controle sobre as emissões de poluentes veiculares, apesar de necessários, não são suficientes para caracterizar uma política de mobilidade sustentável. Para isto é preciso também mudar radicalmente a maneira como são geradas as necessidades de deslocamento na sociedade e, mais especificamente no que se refere diretamente ao atendimento destas demandas, criar condições para que elas sejam providas por meios de transporte coletivos e não motorizados.

Para compreender melhor esta posição, é necessário qualificar, sob três aspectos, o conceito de desenvolvimento sustentável, principalmente quando aplicado aos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil: a sustentabilidade ambiental, propriamente dita, a sustentabilidade econômica e a sustentabilidade social, que introduz o princípio da eqüidade na utilização das infra-estruturas de transporte e, conseqüentemente, nas oportunidades que as cidades oferecem.

A partir daí, a contraposição entre os meios de transporte individuais e os coletivos é inevitável. Os primeiros, utilizados por uma minoria da população, hoje são responsáveis pelo consumo de 72,3% da energia consumida nos transportes, por 67% dos custos decorrentes da emissão de poluentes e por 87% dos custos dos acidentes urbanos no Brasil (dados do Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da ANTP). Segundo esses dados, um usuário do transporte coletivo consome 4,5 vezes menos energia, polui 6,4 vezes menos e consome 6,4 menos espaço viário do que um de automóvel.

Entretanto, ignorando esta realidade, as políticas públicas em todos os níveis de governo continuam privilegiando o transporte individual no investimento e na infra-estrutura, na gestão da circulação e nas políticas fiscais, contribuindo para que as pessoas, nas suas opções individuais de escolha modal, sejam compelidas a abandonar os meios de transporte coletivo e migrar para automóveis ou motocicletas, levando as nossas principais cidades e aglomerados urbanos à beira de um colapso.

O aprofundamento desta reflexão, de caráter essencialmente ambiental, é portanto duplamente essencial: para a sociedade, para desenvolver a consciência da necessidade de mudança dos padrões de mobilidade urbana, com radical prioridade aos meios de transporte coletivo e não motorizados, e, para o setor de transporte, somente esta consciência emergente poderá viabilizar mudanças nas escolhas políticas desta mesma sociedade.

***Marcos Pimentel Bicalho***
*Superintendente da ANTP*

BNDES
AP / COPED
Centro de Pesquisas
e Dados
Nº REQ. 17002061
DATA: 20/08/07
INE- 10643
203863

# SUMÁRIO


5 **INTRODUÇÃO**

10 **1 | TRANSPORTE E MEIO AMBIENTE**
*Eduardo Alcântara Vasconcellos*

26 **2 | TRANSPORTE E AQUECIMENTO GLOBAL**
*Luiz Antônio Cortez Ferreira*

40 **3 | POLUIÇÃO VEICULAR NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO E MEDIDAS DE REDUÇÃO**
*Olimpio de Melo Álvares Jr.*

64 **4 | SISTEMAS "RETROFIT" PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES DIESEL DE VEÍCULOS EM USO**
*Gabriel Murgel Branco*

80 **5 | TRANSPORTE E USO DE ENERGIA**
*Suzana Kahn Ribeiro e Márcia Valle Real*

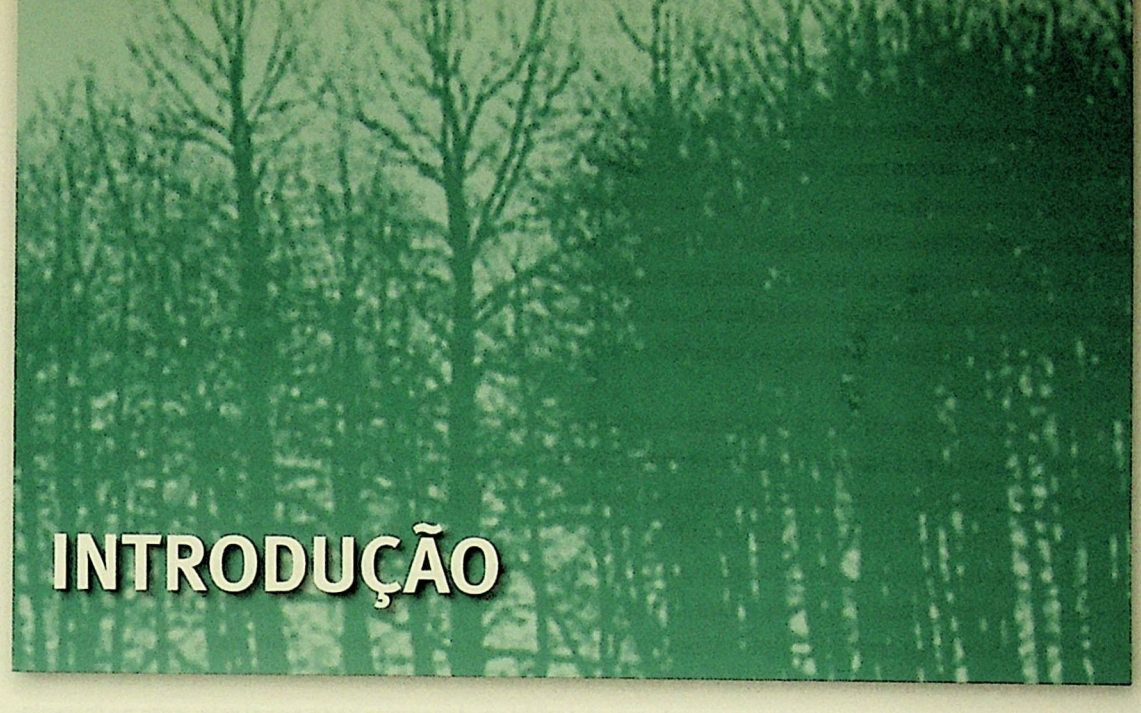
97 **6 | TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO URBANO, SOB A PERSPECTIVA DO ESTATUTO DA CIDADE**
*Laura Lucia Vieira Ceneviva*

108 **7 | TRANSPORTE, EMISSÕES DE POLUENTES E SAÚDE PÚBLICA: TRÊS ESTUDOS DE CASO**
*Flávio Cotrim Pinheiro et alli, Carolina Burle Schmidt Dubeux e Emílio Lèbre La Rovere*

120 **8 | LEGISLAÇÃO E LICENCIAMENTO AMBIENTAL E O SETOR DE TRANSPORTES**
*Áurea Morato e Laura Lucia Vieira Ceneviva*

134 **9 | PROGRAMA ECONOMIZAR: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DO PAÍS**
*Frederico A. V. Marinho e Guilherme Wilson da Conceição*

146 **10 | A SUSTENTABILIDADE DA EXPANSÃO DA CULTURA CANAVIEIRA**
*Suani Teixeira Coelho, Patrícia M. Guardabassi, Beatriz A. Lora, Maria Beatriz C. A. Monteiro e Regiane Gorren*



# INTRODUÇÃO

A pauta ambiental ligada a transportes é muito extensa e variada, afetando tanto a gestão de recursos naturais quanto a biodiversidade e o ambiente construído. São assuntos que demandam a atuação de profissionais das mais diversas áreas, da composição química dos combustíveis à engenharia automotiva, passando pelo desenho de um corredor de ônibus ou pela temporização semafórica. A Associação Nacional de Transportes Públicos – ANTP e a sua Comissão de Meio Ambiente têm contribuído para a elaboração de um diagnóstico ambiental mais preciso do setor e para a formulação de políticas de intervenção nas suas mais diversas frentes.

Para orientar a sua ação ante esta diversidade, a Comissão promoveu um processo de discussãoprocurando identificar os principais tópicos sobre os quais terá de se debruçar. O resultado foi uma série de diretrizes para a formulação, implementação e avaliação das políticas públicas de transporte que foram sistematizadas em um documento preliminar denominado "Linha de Ação da Comissão de Meio Ambiente da ANTP". Depois de ter sido bastante discutido no âmbito da própria Comissão, o texto foi apresentado, debatido e aprovado no Seminário Meio Ambiente e Mobilidade Urbana realizado pela ANTP em 2006.[1] O texto consolidado, apresentado ao final desta Introdução, não pretende ser um documento acabado, pelo contrário, trata-se de um ponto de partida que deverá ser periodicamente revisto e aperfeiçoado. Embora não tenha se apoiado na Agenda 21 Brasileira, é interessante observar que muitas questões são mencionadas em ambos os documentos.

Este Caderno Técnico, o sexto desta série produzida pela ANTP com apoio do BNDES, foi concebido segundo estas diretrizes e pretende colaborar para o debate e a ampliação do conhecimento neste campo. Nos textos a seguir a questão ambiental é abordada por diversos especialistas, procurando manter seu foco nas políticas de transporte e da mobilidade urbana, começando por uma primeira abordagem que sintetiza a visão de mobilidade sustentável defendida pela ANTP.

---

1 O Seminário "Meio Ambiente e Mobilidade Urbana" foi realizado pela ANTP e pelo Instituto Movimento em São Paulo, entre 15 e 18 de maio de 2006, com apoio do BNDES e da Willian and Flora Hewlett Foundation.

Quatro textos abordam mais diretamente o problema das emissões de poluentes tratando o impacto dos transportes no processo de aquecimento global, as medidas de restrição de poluição do ar que vêm sendo adotadas no Brasil, uma avaliação das políticas de uso de equipamentos de controle de emissão em veículos usados (Retrofit) e um balanço do Programa EconomizAR da Petrobras.

A questão energética é tratada em outros dois textos, o primeiro, mais abrangente, faz um balanço do quadro atual e das principais experiências na utilização de combustíveis alternativos, enquanto o segundo concentra sua análise no impacto da expansão da cultura da cana-de-açúcar para fins combustíveis no Estado de São Paulo.

No campo do planejamento, foi feita uma sistematização de três trabalhos que avaliaram impactos ambientais de medidas na área de transportes: o PROCONVE, o Plano Integrado de Transportes Urbanos – PITU para a Região Metropolitana de São Paulo e o impacto do crescimento da frota de carros flex nas emissões veiculares. Outros dois textos tratam da legislação e do processo de licenciamento ambiental e das relações entre transporte e desenvolvimento urbano a partir da aprovação do Estatuto da Cidade.

O processo de transformação cultural, que a inserção da variável ambiental nos diversos setores da atividade humana demanda, é longo. Por essa razão, são essenciais a busca por parâmetros coletivamente definidos e o estabelecimento de fóruns de discussão, que não só disseminem informação mas também permitam a construção conjunta de novos saberes. A ANTP tem desempenhado papel relevante na formulação de políticas de mobilidade urbana sustentável e, com este Caderno, que resume um pouco da atuação da sua Comissão de Meio Ambiente, proporciona mais uma colaboração para os seus associados e para a sociedade de um modo geral.

***Laura Lucia Vieira Ceneviva***
*Coordenadora da Comissão de Meio Ambiente da ANTP*

## PROPOSTA PARA A LINHA DE AÇÃO DA COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE DA ANTP

As seguintes diretrizes devem orientar as políticas públicas relacionadas com o sistema de transportes e o uso do solo, de modo a racionalizar os deslocamentos, ampliar a mobilidade urbana e reduzir os impactos sobre o meio ambiente e a qualidade de vida:

### INCENTIVAR A UTILIZAÇÃO DO TRANSPORTE PÚBLICO E DO TRANSPORTE NÃO-MOTORIZADO

- Nas regiões metropolitanas e nos centros urbanos de grande e médio porte, os investimentos públicos devem priorizar a ampliação da rede estrutural de transporte coletivo, utilizando a infra-estrutura e a tecnologia de menor impacto ambiental mais adequadas para cada caso, e promovendo a integração física e tarifária com os sistemas alimentadores locais. Devem ser implantadas e ampliadas as redes de corredores semi-segregados com operação otimizada e as redes de transporte de alta capacidade sobre trilhos.

- Incentivar a implementação de planos integrados de transporte urbano, que agregam muita consistência ao setor de transportes, permitindo prever a promoção do deslocamento de usuários do transporte individual para o público.

- Dotar os pontos de parada do sistema ônibus de abrigos, mobiliário e sistemas de informação, de forma a garantir a própria informação, a segurança e o conforto dos passageiros.

- Desenvolver programas de implantação de estacionamentos de integração junto às estações e terminais do sistema estrutural, nas áreas periféricas, aliados a incentivos tarifários adequados, de forma a promover a redução da utilização do transporte individual nas áreas centrais das cidades.

- Incentivar a utilização de modos não-motorizados, mediante a expansão da malha cicloviária e das áreas destinadas prioritariamente a ciclistas, com implementação dos equipamentos urbanos necessários à sua correta operação. Priorizar a integração com o transporte coletivo estrutural e local.

- Priorizar a circulação de pedestres, garantindo a infra-estrutura necessária e condições adequadas de segurança e conforto nas calçadas e nas travessias viárias, mesmo que em detrimento da fluidez do transporte individual.

- O gerenciamento da circulação viária deve buscar preservar as condições ambientais e a segurança nas vias locais, especialmente em áreas de uso predominantemente residencial, evitando que possam ser degradadas pelo fluxo excessivo de veículos.

## PROMOVER A UTILIZAÇÃO DE VEÍCULOS DE BAIXO IMPACTO POLUIDOR

- Incentivar a renovação das frotas e a utilização de veículos com menor impacto poluidor – elétricos, híbridos, a gás natural, ou veículos a diesel – que utilizem diesel com menor teor de enxofre, ou que sejam equipados com sistemas avançados de controle de emissões.

- Privilegiar a tração elétrica, não poluente, especialmente na implantação e ampliação das redes estruturais.

- Incentivar a criação de uma tarifa diferenciada de energia elétrica para o transporte público, que privilegie alternativas de baixo impacto poluidor.

- Priorizar a produção de combustíveis de qualidade, com baixo teor de enxofre e de aromáticos, de olefinas etc.

- Incentivar medidas e alternativas energéticas que promovam a redução de emissões de gases de efeito estufa, de forma a reduzir os impactos do setor de transportes sobre o aquecimento global.

- Implantar programas de inspeção veicular de emissões de poluentes, ruído e condições de segurança, bem como programas suplementares de fiscalização nas vias públicas. Coibir a evasão do licenciamento, que nos níveis atuais tornariam ineficazes as ações de inspeção e fiscalização. Espera-se com esse programa reduzir a poluição urbana (do ar e sonora) e os congestionamentos, pela redução da ocorrência de acidentes e panes em vias públicas. Conforme recente estudo realizado pela CETESB, apenas 10% da frota – devido à precária condição de manutenção – responde por cerca de 50% das emissões totais de poluentes lançados na atmosfera.

## DESINCENTIVAR A UTILIZAÇÃO DO TRANSPORTE INDIVIDUAL

- Adotar estratégias de gestão da demanda por transporte individual motorizado, como, por exemplo, o rodízio de veículos, o pedágio urbano ou a segregação de vias – temporária ou não – apenas para o transporte público ou transporte não motorizado, de modo a oferecer à população alternativas que permitam a mobilidade, com redução dos congestionamentos e da emissão de poluentes atmosféricos e ruídos. Eventuais recursos oriundos dos mecanismos de gestão da demanda pelo transporte individual motorizado devem ser necessariamente transferidos para o aperfeiçoamento dos sistemas de transporte público.

- Adotar estratégias que permitam transferir ao usuário do transporte individual motorizado os custos indiretos provocados pela utilização de automóveis, de forma a evitar que suas externalidades continuem a recair integralmente sobre a sociedade.

- Desenvolver mecanismos fiscais e financeiros para transferência de recursos do transporte individual para o desenvolvimento do transporte público de qualidade, por intermédio da modificação da regulamentação do licenciamento de veículos, IPVA, impostos sobre a gasolina, *congestion charges*, dentre outros.

- A adesão ao transporte público deve ser incentivada, de um lado, pelo encarecimento e restrições ao transporte individual (restrição do acesso a áreas centrais, política de estacionamento etc.) e, por outro, pela oferta de um transporte público de melhor qualidade (rápido, seguro, confortável, confiável, e com tarifas reduzidas).

## PROMOVER O ADENSAMENTO DAS ÁREAS CENTRAIS E CONTROLAR A DISPERSÃO URBANA

- Adotar políticas de uso do solo que impeçam o esvaziamento das áreas centrais das cidades associado à expansão descontrolada da mancha urbana.

- Incentivar o uso intensivo dos instrumentos do Estatuto da Cidade, de modo a coibir a não utilização ou subutilização de imóveis nas áreas centrais ou nas zonas já urbanizadas, e ainda, incentivar a ocupação de vazios urbanos, de modo a fomentar a diminuição dos percursos e dos tempos de viagem, bem como reduzir os movimentos pendulares entre emprego e residência.

- Promover o planejamento integrado do uso do solo e transporte.

## PROMOVER A GESTÃO AMBIENTAL URBANA

- Discussão junto aos órgãos financiadores, em especial o BNDES, de incorporação das variáveis ambientais nas políticas de financiamento do setor de transporte público e no financiamento de obras viárias.

- Implantar a obrigatoriedade do desenvolvimento de Avaliações Ambientais Estratégicas no desenvolvimento de planos, programas e projetos de transporte e trânsito, no desenvolvimento de planos e projetos urbanísticos, bem como tornar mais abrangentes as exigências relativas ao Licenciamento Ambiental de obras viárias e de operação do transporte e trânsito.

- Incentivar a implantação de programas de educação de trânsito voltados para o transporte coletivo e de desenvolvimento e capacitação de profissionais de planejamento, projeto e gestão de transporte e trânsito voltados tanto para os veículos motorizados quanto para os não motorizados.

- Apoiar, divulgar e incentivar a adoção do Compromisso de Sustentabilidade da UITP pelos operadores de transporte público no Brasil.

## PROMOVER A DISSEMINAÇÃO DE INFORMAÇÕES SOBRE MEIO AMBIENTE NO SETOR DE TRANSPORTES, TRÂNSITO E PLANEJAMENTO URBANO

- Divulgar sistematicamente informações relacionadas com transporte e meio ambiente (página na internet concentrando informações de todos os tipos sobre meio ambiente e transporte, oficinas, seminários, publicações específicas, palestras etc.).

BNDES
AP / COPED
Centro de Pesquisas
e Doc

# 1

# TRANSPORTE E MEIO AMBIENTE

*Eduardo Alcântara de Vasconcellos*
*Assessor da ANTP*

## 1. OBJETIVO

O meio ambiente vem sendo estudado com mais detalhe desde o início do século XX, em função das conseqüências dos processos de industrialização e urbanização. Na primeira metade daquele século, com o aumento expressivo no uso de veículos movidos a combustíveis fósseis como a gasolina e o óleo diesel, aumentou também a preocupação com os impactos do transporte no meio ambiente, tendo surgido os primeiros estudos abrangentes na Europa e nos EUA. Mais recentemente, frente ao aumento da motorização nos países em desenvolvimento e ao reconhecimento do impacto dos meios de transporte no efeito "estufa", esta preocupação tornou-se global.

O estudo dos impactos do transporte no meio ambiente dos países em desenvolvimento como o Brasil começou com a importação de metodologias e parâmetros originados nos países desenvolvidos. Embora este começo seja natural e desejável, a pura transferência desta experiência externa é inadequada, uma vez que não atenta para as condições específicas de cada país e sociedade. É preciso investigar, caso a caso, quais são as características dos diversos sistemas de transporte em cada país e como eles afetam o meio ambiente.

O objetivo deste artigo é propor uma visão geral das relações entre transporte e meio ambiente, cuidando também de avaliar condições específicas dos países em desenvolvimento, especialmente o Brasil.

Para isso, a segunda parte discute os conceitos gerais, a terceira parte analisa os consumos de recursos ocasionados pelo uso dos meios de transporte, a quarta parte discute os impactos do transporte no meio ambiente e a quinta parte as relações entre sustentabilidade e transporte.

## 2. CONCEITOS BÁSICOS

### 2.1) Transporte e meio ambiente

O uso dos meios de transporte implica no consumo do espaço viário e de energia, bem como na produção de impactos negativos, na forma de prejuízos aos demais usuários, principalmente congestionamento, poluição e acidentes. O estudo dos níveis de consumo e destes impactos têm sido feito há várias décadas, principalmente na Europa. Os estudos são importantes tanto do ponto de vista econômico, quanto do ponto de vista social, no sentido de identificar quem causa e quem sofre os impactos e como os recursos públicos – por exemplo, o espaço viário –, estão sendo utilizados e distribuídos entre as pessoas. Desta forma, pode-se discutir modelos alternativos de investimento no sistema de transporte e de distribuição dos benefícios e custos entre os usuários, que melhorem a eficiência e a eqüidade no uso dos recursos públicos.

A avaliação sistemática dos impactos do transporte urbano no meio ambiente é essencial para que se possa compreender melhor a realidade do transporte urbano no Brasil e conseqüentemente gerar melhores soluções para os nossos problemas. É importante salientar que a maioria das avaliações ainda está na sua fase inicial do ponto de vista metodológico, uma vez que se trata de matéria de alta subjetividade, em função dos diferentes pressupostos que podem ser adotados pelos técnicos que fazem os levantamentos e geram as hipóteses e a metodologia de cálculo. Assim, quando se procura atribuir aos impactos a sua expressão monetária ocorre grande disparidade nos valores numéricos, tanto nos valores absolutos estimados a partir de levantamentos de campo, quanto nos valores monetários. Esta última dificuldade se expressa de forma contundente, por exemplo, ao tentar atribuir um valor monetário à vida humana, para poder avaliar os impactos referentes aos acidentes de trânsito e à poluição.

### 2.2) Impactos do transporte no ambiente

O transporte é uma atividade necessária à sociedade e produz uma grande variedade de benefícios, possibilitando a circulação das pessoas e das mercadorias utilizadas por elas e, por conseqüência, a realização das atividades sociais e econômicas desejadas. No entanto, este transporte implica em alguns efeitos negativos, aos quais chamaremos "impactos". Assim, o uso da palavra "impacto", no que se refere à relação entre transporte e meio ambiente, tem uma conotação negativa. Podemos separar estes impactos inicialmente em dois grandes grupos: aqueles que implicam em consumo de recursos naturais e aqueles que afetam a vida das pessoas:

**a)** Consumo de recursos naturais: o transporte implica em consumo de recursos que podem ser renováveis (como a borracha) ou não-renováveis (como o espaço e o petróleo); implica também no consumo de recursos escassos (como certos metais).

**b)** Impactos negativos sobre a vida das pessoas: o transporte implica na geração de conseqüências negativas para a vida e a saúde das pessoas e da Terra (acidentes de trânsito, poluição, rompimento de relações sociais em vias de grande circulação de veículos) ou para a qualidade dos seus deslocamentos (congestionamento).

Em ambos os casos, existem questões relativas aos custos destes consumos e impactos e à distribuição dos seus efeitos sobre as pessoas, o que enfatiza os aspectos ligados à eqüidade desta distribuição.

A experiência internacional de estudo de impactos do transporte no meio ambiente já é muito extensa e variada e está permanentemente acrescentando novas análises, na medida em que aumentam os problemas relacionados ao meio ambiente. O grande acúmulo de estudos se deve ao fato dos países mais desenvolvidos estarem enfrentando problemas relacionados ao transporte urbano (e regional) há várias décadas, dentro

dos seus processos de desenvolvimento industrial e de modernização. Nos países em desenvolvimento, poucos estudos específicos têm sido feitos, embora muitos estudos gerados em países desenvolvidos estejam sendo utilizados para avaliar problemas. Os impactos do transporte no meio ambiente têm sido estudados segundo dois enfoques, geral e específico:

- O enfoque *geral* procura abordar o tema sob a óptica do desenvolvimento urbano e suas implicações. Neste caso, as análises principais recaem sobre o uso e a ocupação do solo, a distribuição física das atividades e suas relações com a demanda de transportes; daí decorrem estimativas sobre o uso dos sistemas de transporte e de energia, e suas correlações com a forma urbana e as características sociais e econômicas da área estudada.

- O enfoque *específico* procura abordar um ou mais impactos, normalmente correlacionados, como no caso do estudo do congestionamento, da poluição e do consumo de combustíveis.

Há poucos estudos sobre o caso dos países em desenvolvimento, tanto pela inexistência de técnicos dedicados ao tema, quanto pela dificuldade de obtenção de dados. Recentemente, dado ao aumento da importância do tema, começaram a surgir estudos específicos, principalmente relacionados ao congestionamento, à poluição e aos acidentes.

O entendimento destes impactos mudou ao longo do tempo, na medida em que eles foram ficando mais claros, mais contundentes e mais prejudiciais. A Tabela 1 resume algumas contribuições de fontes importantes da literatura recente, na qual a variação na identificação de impactos torna-se evidente.

**Tabela 1 – Efeitos ambientais e externos do transporte (vários autores).**

| Bovy (1990) | Button (1993) | Miller & Moffet (1993) | Verhoef (1994) | Litman (1996) |
|---|---|---|---|---|
| Poluição do ar | Poluição do ar | Energia | Congestionamento | Acidentes |
| Ruído | Água | Congestionamento | Acidentes | Congestionamento |
| Solo | Solo | Estacionamento | Poluição | Estacionamento |
| Lixo sólido | Lixo sólido | Vibração | Ruído | Uso do solo |
| Acidentes | Acidente | Acidentes | Estacionamento | Valor da terra |
| Energia | Ruído | Ruído | Recursos naturais | Poluição do ar |
| Paisagem | Destruição urbana | Poluição do ar | Lixo | Ruído |
| | Congestionamento | Poluição da água | Efeito "barreira" | Recursos naturais |
| | | Perda de solo | Impacto visual | Efeito "barreira" |
| | | Construções históricas | Perturbação do tráfego | Poluição da água |
| | | Valor da propriedade | | Lixo sólido |
| | | Expansão urbana | | |

Conforme visto por estas fontes, a lista de efeitos pode ser muito longa. Mais ainda, existe controvérsia sobre o que seja um efeito "externo" do transporte (Verhoef, 1994). Alguns efeitos são diretos – congestionamento, poluição – ao passo que outros são indiretos – efeito "barreira", intrusão visual. A maior parte dos estudos sobre transporte urbano tem considerado três impactos: congestionamento, poluição e acidentes, tanto por sua visibilidade quanto por sua natureza tangível (embora de forma relativa, como se verá adiante).

### 2.3) A incidência dos impactos

Para melhor compreensão dos impactos e das possíveis formas de minimizá-los, é importante analisá-los segundo duas vertentes: a sua ocorrência no espaço e a sua incidência no meio ambiente natural e no meio ambiente construído.

**a) Ocorrência espacial dos impactos**

Os impactos podem ser divididos entre os que atingem as pessoas diretamente, na área em que vivem, e os que atingem o planeta como um todo. Os impactos que atingem as pessoas diretamente são o efeito barreira (prejuízo às relações sociais nas vias), os acidentes de trânsito, o congestionamento e a poluição ambiental local (com prejuízo para a saúde humana). Os impactos que atingem o planeta ocorrem pela emissão de gases do chamado "efeito estufa", que tendem a aumentar a temperatura e provocar mudanças climáticas negativas.

A Tabela 2 resume os consumos, os efeitos e os impactos finais por tipo e por incidência.

**Tabela 2 – Consumos, efeitos e impactos do transporte.**

| Consumos | Efeitos | Impactos |
|---|---|---|
| Recursos naturais | Locais | |
| Solo (espaço) | Pessoas | |
| Metais | Poluição do ar | Saúde humana |
| Minérios, rochas | Ruído | Saúde, conforto |
| Petróleo (para plásticos, asfalto) | Vibrações | Conforto, edificações |
| Energia | Acidentes | Saúde humana |
| Fóssil (petróleo, gás) | Congestionamento | Tempo, desgaste |
| Elétrica | Ambiente | |
| Biomassa (álcool, óleo vegetal) | Lixo (pneus, veículos) | Solo, subsolo |
| | Descartes (óleos) | Qualidade das águas |
| | Globais | |
| | Efeito estufa | Aquecimento |
| | (temperatura da | Produção agrícola |
| | Terra, clima) | Habitabilidade |

A tabela mostra que existe uma rede de relações entre consumo de recursos, efeitos (locais e globais, nas pessoas e no ambiente) e impactos (saúde, conforto, tempo, desgaste, meio natural). Neste texto, estão analisados os consumos citados e quatro efeitos negativos principais sobre as pessoas: poluição, acidentes, ruptura de relações sociais e congestionamento.

**b) Impactos no meio físico natural e no meio ambiente construído**

**Meio físico natural** • Em relação ao meio físico natural, o transporte atua como consumidor de recursos, muitos deles escassos: a terra (para instalação da infra-estrutura de transporte), os recursos naturais de origem mineral ou derivados utilizados na construção dos meios de transporte (ferro, borracha, alumínio, plástico, rochas, asfalto) e os recursos naturais utilizados para a operação do transporte (combustíveis, eletricidade). Estes consumos estão na raiz das preocupações ambientais originais, ligadas à vida na Terra (e não apenas ao uso do transporte).

**Meio ambiente construído** • O meio ambiente natural constituiu a primeira causa das preocupações ambientais, mas a concentração das pessoas em ambientes construídos (no caso, as cidades) trouxe preocupações adicionais. O conceito que existia sobre impactos ambientais precisou ser refeito, para incorporar o ambiente construído como espaço de convivência, no qual ocorrem impactos ambientais

negativos. Assim, o impacto ambiental mais evidente do uso do transporte – a poluição atmosférica e sonora – passou a ser acompanhado de outros, que se referem à interação das pessoas neste espaço construído: a interrupção das relações sociais pelo tráfego intenso, os acidentes de trânsito e o congestionamento. Para os analistas mais "puristas", a introdução do acidente de trânsito como impacto ambiental pareceu, no início, uma heresia. Estes impactos só passaram a ser considerados quando o ambiente construído foi incluído no campo de análises ambientais e legitimado. Para que isto acontecesse, foi preciso aceitar a idéia – principalmente no caso dos acidentes de trânsito – de que a forma como o ambiente é construído e usado tem um enorme impacto no nível de conflitos de trânsito e, conseqüentemente, na geração de acidentes e de congestionamentos: a mesma quantidade de deslocamentos pode ocorrer com níveis altos ou baixos de acidentes de trânsito, dependendo de como o ambiente é construído e utilizado.

## 3. CONSUMO DE RECURSOS PELO TRANSPORTE URBANO

### 3.1) O consumo do solo

Os sistemas de transporte consomem grande quantidade de solo. Este consumo ocorre tanto para circulação, quanto para estacionamento de veículos. Ocorre também na forma de instalações complementares, como terminais de transporte público, postos de abastecimento de combustível, oficinas e depósitos relacionados aos meios de transporte.

O consumo de solo por parte dos sistemas viários pode variar 6-7% em países de renda baixa até mais de 25% em cidades de países desenvolvidos. Se a estes valores forem somadas as áreas relacionadas aos serviços de apoio ao transporte, o valor será muito mais elevado. Neste caso, pode-se inicialmente separar o espaço consumido para circular daquele usado em posição estacionária, e também avaliar separadamente modos diferentes de transporte, como o individual, o coletivo e o de carga.

### 3.2) O consumo do espaço de circulação

#### 3.2.1) Uso do espaço pelos veículos

Além do consumo do espaço físico em si para implantar e operar um sistema de transporte, é importante analisar como o espaço viário construído é utilizado pelas pessoas. Esta análise é essencial para o estudo da eqüidade no transporte urbano.

O espaço ocupado por uma pessoa ao circular na via pública depende do modo de transporte, sua velocidade e o tempo que permanece parado, no caso de um veículo particular. A área total requerida por um carro para estacionar em casa, no escritório e em áreas de compras foi estimada na Inglaterra como igual a 372 m², que é três vezes maior que a casa média no país (Tolley e Turton, 1995, p. 284). O espaço necessário para estacionar e circular para três modos está resumido na Tabela 3. Pode-se ver que o modo mais "faminto" é o automóvel, que consome 30 vezes mais área que um ônibus e cerca de cinco vezes mais área que uma bicicleta.

**Tabela 3 – Espaço necessário por modo de transporte, para uma viagem de 10 km no horário de pico (ida e volta), com jornada total de 9 horas.**

| Modo | Estacionamento m² x h | Circulação m² x h | Total m² x h |
|---|---|---|---|
| Ônibus | < 0,5 | 3 | 3 |
| Bicicleta | 12 | 8 | 21 |
| Carro | 72 | 18 | 90 |

Fonte: Vivier, 1999.

Quando pesquisas abrangentes são efetuadas, é possível verificar como o espaço das vias de uma cidade é dividido entre os usuários. Estudo realizado pelo IPEA e pela ANTP (IPEA/ANTP, 1998) mostrou, para várias cidades brasileiras, que as pessoas que usam automóvel (a minoria) estão ocupando de 70% a 80% do espaço viário.

Outro consumo importante refere-se ao espaço de estacionamento dos automóveis. Em muitas cidades grandes dos países em desenvolvimento, isto representa um uso livre de um espaço público – a via – ao menos em um extremo da viagem. Neste caso, um equipamento público é entregue sem cobrança por várias horas para benefício de uma pessoa usando um automóvel. Na região metropolitana de São Paulo 54% das viagens de automóvel feitas em um dia típico de 1977 terminavam com o estacionamento gratuito do veículo nas vias públicas. Isto correspondia a 1,5 milhão de viagens, que acabavam usando 12 milhões de m² de espaço viário público (considerando 8 m² por veículo estacionado).

### 3.2.2) O uso do espaço pelos grupos sociais

O uso das vias é muito dependente das características sociais e econômicas das pessoas. Na medida em que a renda familiar cresce, a mobilidade pessoal também cresce. Adicionalmente, pessoas de maior poder aquisitivo usam mais o automóvel. Quando as distâncias percorridas pela família em um dia – o orçamento de espaço – são computadas para vários níveis de renda, grandes diferenças aparecem entre as famílias. As distâncias são semelhantes para as viagens a pé (Tabela 4). No caso do transporte público, as distâncias aumentam até o quarto estrato de renda e depois caem. No caso do automóvel, as distâncias aumentam com a renda sempre. Quando todos os modos são considerados conjuntamente, os valores totais aumentam com a renda: a razão entre o nível mais baixo e o mais alto de renda é de cerca de 1:4.

**Tabela 4 – Orçamento de espaço (distâncias lineares) diário das famílias em função da renda, São Paulo, 1997.**

| Renda Familiar (R$) | Distâncias lineares diárias por modo (km) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A pé | Público | Individual | Total |
| < 250 | 2,2 | 10,4 | 3,2 | 16 |
| 250-500 | 2,6 | 19,5 | 5,5 | 28 |
| 500-1.000 | 2,8 | 26,9 | 10,2 | 40 |
| 1.000-1.800 | 2,8 | 31,3 | 18,6 | 53 |
| 1.800-3.600 | 1,9 | 25,5 | 29,9 | 57 |
| >3.600 | 1,2 | 15,8 | 45 | 62 |

Fonte: CMSP, 1998 (tabulação especial do autor).

Quando as distâncias lineares são multiplicadas pelo espaço individual específico de cada modo, as diferenças entre os estratos de renda ficam ainda mais claras. Considerando que um passageiro de ônibus ocupa um espaço médio de 1 m² (ocupação de 30 pessoas) e que o espaço ocupado por um passageiro de automóvel é de 5 m² (ocupação de 1,5 passageiro), observa-se que a razão entre os níveis de renda mais alto e mais baixo é de 1:9 (Tabela 5). Isto significa que uma família de renda mais alta consome nove vezes mais espaço viário por dia que uma família de renda mais baixa, sem considerar o espaço necessário para estacionar e as diferenças no consumo do espaço resultantes de diferentes velocidades entre os veículos. A conclusão mais importante para efeito de políticas públicas é que o patrimônio público representado pelas vias não é distribuído igualmente entre as pessoas e que, portanto, tratar os investimentos no sistema viário como democráticos e "eqüitativos" é um mito – na verdade, o mais poderoso mito que é operado para justificar a expansão indiscriminada do sistema viário.

**Tabela 5 – Orçamentos de espaço dinâmicos por nível de renda, São Paulo, 1997.**

| Renda Familiar (R$) | Distâncias diárias por modo (km x m²) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Público | Individual | Total | Relação |
| < 250 | 10,4 | 15,4 | 26 | 1 |
| 250-500 | 19,5 | 26,4 | 46 | 1,8 |
| 500-1.000 | 26,9 | 49,0 | 76 | 2,9 |
| 1.000-1.800 | 31,3 | 89,3 | 121 | 4,6 |
| 1.800-3.600 | 25,5 | 143,5 | 169 | 6,5 |
| > 3.600 | 15,8 | 216,0 | 232 | 8,9 |

Fonte: CMSP, 1998 (tabulação especial do autor).

### 3.3) O consumo de energia

**Transporte e energia**

O transporte motorizado consome grandes quantidades de energia. No âmbito mundial, a energia consumida no setor de transportes corresponde a 48% da demanda total de petróleo e poderá chegar a 77% em 2020 (Ribeiro et all. 2000). No caso do Brasil, a maior parte da energia usada no setor de transporte em 1998 ocorria na forma de óleo diesel (47%), seguido pela gasolina automotiva (30%). A energia elétrica correspondia a apenas 0,7% da energia total gasta.

**Energia direta e indireta**

Um aspecto muito importante para as análises do uso de energia é que ele deve ser dividido entre a energia necessária para movimentar os veículos (energia direta) e aquela energia "indireta", relacionada à produção da própria energia antes do seu uso. Um exemplo dos componentes da energia indireta foi dado por Wright (1992):

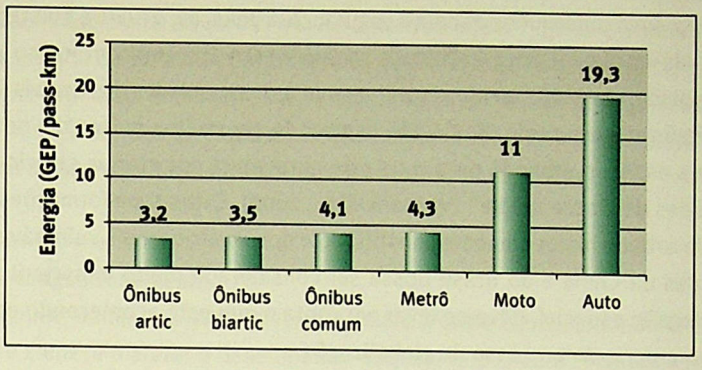
- Produção do veículo e da infra-estrutura que ele vai utilizar.
- Produção e refino da energia a ser usada na locomoção.
- Operação de modos complementares, equipamentos e atividades de apoio.

A relação entre energia direta e indireta pode mostrar resultados surpreendentes. Wright mostra que um carro a gasolina conseguiria utilizar apenas 7,1% da energia original (saída da refinaria). Ou seja, as perdas de energia no processo completo são enormes e a contabilidade feita de forma tradicional ignora esta perda, limitando-se a calcular apenas a energia "direta". Isto é reforçado pela falta de dados sobre a energia indireta.

**Comparação dos consumos de energia dos modos de transporte**

A energia gasta por um modo de transporte é particularmente importante para os países em desenvolvimento, seja ele fóssil ou de origem hidroelétrica. O valor calculado da energia gasta por distância precisa ser ponderado pelo número de pessoas usando o modo, para chegar a um número comparativo entre os modos. A comparação geral das eficiências energéticas por modo revela que enquanto o automóvel usa 2,3 a 2,6 MJ/pass-km, os trens usam 0,6 a 1,5 MJ/pass-km e os ônibus 0,6 a 0,8 MJ/pass-km (Goldemberg, 1998). A Figura 1 mostra, para vários veículos operando no Brasil, que os ônibus a diesel e o Metrô são os modos que consomem menos energia. A relação entre ônibus e carros é de 1:4,7 (ônibus comum). Deve-se ressaltar que se trata de veículos completamente carregados de passageiros, ou seja, com carregamentos diferentes a relação muda.

**Figura 1 – Consumo de energia por modo de transporte (veículos cheios).**




fonte: Alqueres e Martines.

**Energia gasta no transporte das cidades**

Quando se calcula o total de energia consumida pelo sistema de transporte de uma cidade, é possível verificar as grandes diferenças entre os modos e entre as cidades. No caso de São Paulo, estudo recente com os dados da pesquisa Origem-destino realizada pelo Metrô mostrou que embora o transporte coletivo atenda aproximadamente o mesmo número de viagens que o transporte individual – e normalmente em percursos maiores – ao seu consumo de energia é apenas 22% do total, cabendo aos automóveis 78% do consumo (Vasconcellos, 2002).

### 3.4) O consumo de combustível

Embora o consumo de energia inclua o consumo de combustível, é importante analisá-lo separadamente, para efeitos práticos de análise de condições de trânsito e transporte. As análises que se seguem referem-se ao consumo de gasolina e óleo diesel, correspondentes, conforme visto, por 77,5% do gasto energético em transporte no Brasil. O consumo de combustíveis tem relação potencial e inversa com a velocidade de circulação do veículo, ou seja, ele aumenta muito quando a velocidade se reduz (dentro da faixa normal de velocidades urbanas). Efeito semelhante ocorre com a emissão da maioria dos poluentes, conforme se verá no item 4.4.

## 4. OS IMPACTOS DO TRANSPORTE URBANO NO MEIO AMBIENTE

### 4.1) O efeito barreira: modificando as relações sociais

Se por um lado o uso diferenciado do transporte individual implica em questões de eqüidade no consumo das vias como bem público, por outro lado o seu uso tem também impactos negativos no ambiente construído. Estes podem ser analisados de duas formas: primeiro, vendo como o uso da via é organizado; segundo, vendo como esta organização afeta as relações sociais que ocorrem neste espaço. Estas relações podem ser severamente afetadas pelo tráfego, uma vez que as pessoas são forçadas a adaptar-se às novas condições. As principais conseqüências são a redução na interação social e no uso dos espaços públicos (Appleyard, 1981) e a necessidade de definir estratégias para reduzir o risco de acidentes (Hillman, 1988). Este efeito é denominado "efeito barreira" (ou de intrusão), uma vez que o tráfego inibe ou impede a interação social e o uso dos modos não motorizados. As crianças e os jovens são especialmente afetados por este impacto enquanto interagem socialmente e desde a primeira infância são "informados" de que o espaço não pertence a eles mas sim aos veículos motorizados, impondo um padrão de comportamento que vai durar por toda a sua vida.

Duas condições específicas deste transporte motorizado são relevantes: a composição e o volume do tráfego, ambos expressos por suas conseqüências para a segurança, a poluição, o ruído e a vibração sobre as construções lindeiras. Na medida em que o espaço é adaptado aos interesses daqueles com acesso ao automóvel, cria-se um espaço especial, isolado, que exclui ou afeta severamente as necessidades dos demais sem acesso ao carro.

Atualmente, transformações profundas estão ocorrendo em muitos países em desenvolvimento, que estão adaptando seus espaços urbanos para o uso do automóvel por grupos selecionados, na forma da construção das "cidades da classe média" (Vasconcellos, 2002). Estas transformações estão sendo feitas às expensas do tecido urbano historicamente constituído e dos usuários mais vulneráveis das vias. Embora o processo nas cidades da China e do Brasil possa ser considerado muito importante na escala mundial por sua rapidez e extensão espacial, deve-se levar em conta o que está acontecendo em todo o mundo em desenvolvimento, como parte do processo de globalização.

### 4.2) Os acidentes de trânsito

**Condições atuais**

Os acidentes de trânsito são um grave problema de saúde pública. Eles constituem a causa principal de mortes entre os homens na faixa etária entre 15 e 44 anos e a quinta causa principal para as mulheres da mesma faixa etária. O relatório de 2004 da Organização Mundial da Saúde indica a ocorrência de 1,2 milhão de mortes por acidente de trânsito no mundo, com mais de 50 milhões de pessoas feridas (WHO, 2004). Os valores reais sobre as pessoas mortas são certamente superiores, devido ao sub-registro dos acidentes e das mortes ocorridas algum tempo após a ocorrência do acidente. O número real de feridos também é maior, visto que o sub-registro é muito maior.

Se as condições de segurança de trânsito nos países em desenvolvimento já são extremamente graves, elas sem dúvida piorarão no futuro próximo, frente ao crescimento rápido no uso de meios motorizados de transporte, dentro de um ambiente de circulação que não está preparado para estas mudanças. O aumento nestes meios motorizados, principalmente de automóveis e motocicletas, tem sido promovido intensamente pela maioria dos países em desenvolvimento de forma irresponsável e socialmente inaceitável. Conforme será avaliado a seguir, o acidente de trânsito é e continuará sendo a pior externalidade do transporte nos países em desenvolvimento, a menos que mudanças drásticas sejam promovidas.

**Dados de acidentes**

O primeiro dado importante do ponto de vista social é o número absoluto de mortes no trânsito e sua relação com a população e a frota de veículos. Um grande número de mortes no trânsito ocorre em muitos países, tanto desenvolvidos quanto em desenvolvimento. Quando são comparados índices gerais, grandes diferenças aparecem entre os países. Em relação ao número de mortos por 10 mil veículos, os países desenvolvidos têm índices variando entre 3 e 6 , ao passo que os índices dos países em desenvolvimento podem chegar a mais de 100, como na Nigéria em 1980 (índice de 144). No caso das mortes por habitante, as diferenças são inferiores. A Tabela 6 mostra índices de acidentes fatais em quatro grandes cidades de países em desenvolvimento.

**Tabela 6 – Mortes no trânsito em grandes cidades dos países em desenvolvimento.**

| Cidade/Ano | Hab[5] (1.000) | Mortes | Mortes/100 mil hab |
|---|---|---|---|
| São Paulo (Brasil), 1999[1] | 10.000 | 1.683 | 16,8 |
| Bogotá (Colômbia), 1995[2] | 5.600 | 1.139 | 20,3 |
| Déli (Índia), 1985[3] | 6.700 | 1.114 | 16,6 |
| Bangcoc (Tailândia), 1992[4] | 5.900 | 977 | 16,5 |

Fontes: (1) CET, 2000; (2) Granne et coll, 2000; (3) Tiwari, 1997; (4) Tanaboriboon, 1994; (5) UNCHS, 1996. Valores aproximados na época dos dados de acidentes.

A segunda análise relevante diz respeito a quem causa os acidentes e quem sofre suas conseqüências. Esta é a questão mais importante do ponto de vista da eqüidade. Alguns estudos feitos nos países em desenvolvimento da década de 1970 mostraram que os pedestres, os ciclistas e os motociclistas (os papéis mais vulneráveis) correspondiam entre 56% a 74% das mortes no trânsito (Hill e Jacobs, 1981). Uma terceira análise diz respeito aos feridos nos acidentes: em São Paulo, para cada pessoa morta nos acidentes, entre 2 a 3 adquirem deficiências irreversíveis, com enormes custos pessoais e sociais.

## 4.3) O congestionamento nas vias

### 4.3.1) A definição de congestionamento

Do ponto de vista técnico, o impacto que um veículo causa a outro ocorre teoricamente quando o segundo veículo entra na via e começa a afetar o desempenho daquele que já está circulando por ela. Este impacto, medido na forma de redução da velocidade, é infinitesimal e vai crescendo à medida que outros veículos entram na via. Observa-se na prática que este efeito começa a crescer rapidamente quando o fluxo de veículos atinge 70% da capacidade viária, tornando-se mais visível às pessoas que estão na via. O impacto é muito grande quando o fluxo se aproxima da capacidade. Em termos econômicos, o que ocorre é que um determinado veículo que adentra uma via causa um aumento de velocidade nos que já estão circulando por ela, o que é entendido como uma externalidade. Daí decorrem todos os estudos a respeito do "pedágio viário", ou seja, de quanto se deveria cobrar deste veículo pelo efeito que causa aos demais. Raciocinando sobre o efeito descrito, podem então ser identificados dois tipos de definição de congestionamento:

- A definição *física*, que diz respeito à diferença entre uma velocidade real e uma "ideal", que seria definida em função de algum ponto da relação fluxo-capacidade; esta é uma forma "subjetiva" de estimar o congestionamento; esta forma de definição leva a estudos que chamaremos "técnicos".

- A definição *econômica*, que diz respeito à identificação de quanto tempo a mais as pessoas que adentram uma via estão impondo àquelas que nela estão e, conseqüentemente, dos custos que elas causam aos demais; esta é uma definição mais objetiva, embora a definição do valor do tempo (e do custo) tenha um certo grau de subjetividade.

## 4.4) A Poluição atmosférica e sonora

### Transporte e poluição

O uso de veículos motorizados implica em várias formas de poluição atmosférica e sonora. Na escala mundial, o transporte contribui com alta porcentagem das emissões totais, mas com grande diferença em relação à contribuição entre as regiões.

Grandes cidades dos países em desenvolvimento já produzem enormes quantidades de poluentes. Em duas megacidades, México e São Paulo, a produção anual de poluentes é, respectivamente, 2,3 e 1,6 milhão de toneladas de monóxido de carbono (CO), 555 mil e 368 mil toneladas de hidrocarbonetos (HC) e 18,8 mil e 48,6 mil toneladas de material particulado (MP) (Benitez e Roldán, 1999; ANTP/IPEA, 1998).

A primeira conclusão importante em relação à poluição atmosférica é de que ela afeta a todos, independente das condições sociais e econômicas. No entanto, a maioria dos poluentes vem dos veículos motorizados e, dentre eles, dos veículos individuais, principalmente o automóvel (Tabela 7)

**Tabela 7 – Contribuição dos veículos a motor para a emissão de poluentes, cidades selecionadas.**

| Cidade | Poluente emitido por veículos a motor (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | CO | HC | Nox | $SO_2$ | MP |
| Pequim, 1989 | 39 | 75 | 46 | - | - |
| Mumbai, 1992 | - | - | 52 | 5 | 24 |
| Colombo, 1992 | 100 | 100 | 82 | 94 | 88 |
| Deli, 1987 | 90 | 85 | 59 | 13 | 37 |
| Lagos, 1988 | 91 | 20 | 62 | 27 | 69 |
| México, 1994 | 99 | 54 | 71 | 27 | 4 |
| Santiago, 1993 | 95 | 69 | 85 | 14 | 11 |
| São Paulo, 1990 | 94 | 89 | 92 | 64 | 39 |

Fonte: Banco Mundial (1997), exceto México (Benitez e Roldán, 1999; Connally, 1999).

**A poluição e a saúde da Terra**

Um dos impactos mais importantes da poluição refere-se aos efeitos sobre o meio ambiente global (em complementação ao meio ambiente local). Dentre estes impactos, o efeito estufa é um dos mais relevantes, pelas implicações climáticas de médio e longo prazos. O maior contribuinte individual para o efeito estufa é o $CO_2$. Os demais são o metano, os óxidos de nitrogêneo e os clorofluocarbonetos (CFCs). A contribuição final real de cada gás depende do seu tempo de vida na atmosfera e de sua relação com outros gases, traduzido pelo chamado "Potencial de Aquecimento Global " (*Global Warming Potential* – GWP) de cada gás, por exemplo, pelos próximos 100 anos (Goldenberg, 1998). A concentração de $CO_2$ na atmosfera aumentou de cerca de 315 mpv (milhão de partes em volume) nos anos 50 para cerca de 350 mpv nos anos 80. Em respeito ao transporte e ao aquecimento global, os combustíveis contribuem diferentemente para as emissões de $CO_2$, sendo o óleo diesel o que mais emite por litro.

**Impactos de diferentes formas de energia na produção de $CO_2$**

A definição de qual forma de energia utilizar em um país deve considerar também qual é o impacto total de cada uma no meio ambiente, e não apenas no seu uso direto por algum veículo. O impacto geral é obtido quando são computadas as emissões diretas (operação) e indiretas (produção, estocagem, transporte para os fornecedores finais). Este tipo de cálculo ganhou o nome internacional de *from well to wheels* ("do poço às rodas", ou seja, ao veículo), por representar o ciclo total do petróleo, desde sua extração nos poços, até seu uso pelos veículos. A importância deste tipo de cálculo está ligada à estratégia da política energética de cada país, no sentido de verificar com cuidado que tipo de energia ele irá incentivar para uso. Um caso muito próximo a nós brasileiros refere-se ao uso do álcool combustível: seu uso direto pelos veículos pode não ter muitas vantagens na comparação com a gasolina de alta qualidade, ou o gás natural; todavia, a análise do ciclo completo de produção da cana-de-açúcar e uso final do álcool mostra grandes vantagens ambientais na produção e captura de gases de efeito estufa.

**Poluição e saúde**

A questão da poluição – em todas as suas manifestações – tem gerado um grande número de estudos em todo o mundo. Na área do transporte urbano, os estudos têm se concentrado em dois impactos ambientais: a poluição atmosférica e o ruído provocados pelo tráfego. A validade destes estudos prende-se tanto à avaliação do seu impacto direto para a saúde das pessoas, quanto do seu impacto de médio prazo para o meio ambiente global. Muitos dos poluentes têm efeitos nocivos claramente definidos para a saúde humana.

Os estudos de emissão foram acompanhados de estudos epidemiológicos sobre a conseqüência da poluição na saúde humana. Os estudos analisaram, para cada poluente, a função "dose-resposta" ou seja, qual é a conseqüência para a saúde de uma determinada dose de exposição ao poluente. De posse

destas relações é possível prever os resultados de duas situações relevantes para as políticas públicas: o que acontece quando a concentração de um poluente aumenta – como é o caso de muitos países em desenvolvimento – e o que acontece quando ela diminui, o que pode acontecer em função de programas de combate à poluição. Nos dois casos, os benefícios podem ser estimados, por exemplo, em economia nas internações hospitalares ou na redução de dias perdidos de trabalho e, no limite, na redução de mortes. Em alguns estudos, tentou-se a valoração destes benefícios.

No âmbito local, o impacto final na saúde das pessoas dependerá do grau de concentração dos gases na atmosfera e do tempo de exposição das pessoas a estes gases. Assim, volumes grandes de poluentes podem ser menos nocivos em ambientes com ventos fortes, pois não ocorrem concentrações altas.

Existe evidência crescente de que o material particulado é o poluente mais prejudicial à saúde (desde que o chumbo tenha sido eliminado) (Gwilliam, 2000). Existe uma preocupação crescente sobre o impacto do MP na morte de idosos e de pessoas com problemas respiratórios: em São Paulo, existe um risco 13% maior para cada aumento de 100 mg/m³ no $MP_{10}$, para pessoas acima de 65 anos de idade. Um fato muito importante é que não existe uma "fronteira" a partir da qual o fenômeno se manifesta, ou seja, a mortalidade aumenta com qualquer aumento de $MP_{10}$ (Saldiva 1998).

**A poluição sonora**

O volume de tráfego e sua composição têm um grande impacto no ruído produzido. Veículos pesados como caminhões e ônibus, assim com as motos, são os maiores contribuintes individuais para o ruído. A forma como os veículos são dirigidos e a sua velocidade também têm influência. Nas áreas urbanas, os trens também podem causar grande impacto sonoro. O efeito do ruído na saúde humana depende do nível de exposição. Ele pode ser significante, afetando a concentração e a produtividade e causando tensões prejudiciais à saúde. Efeitos extremos podem ocorrer na forma de defeitos de audição, *stress* e insônia (Miller e Moffet, 1993). O nível de ruído em uma via coletora (100 veículos por hora) é 17 vezes maior que o de um via local (6 veículos por hora) e que o nível de ruído de uma via arterial de grande movimento (2.000 veículos por hora) é 333 vezes maior (Certu, 1996).

## 5. A SUSTENTABILIDADE E O TRANSPORTE

### 5.1) Tipos de sustentabilidade e conflitos

A discussão da sustentabilidade tem, na prática, girado em torno de três conceitos gerais:

- Sustentabilidade ambiental: é a mais ligada à história da questão, relacionada ao ambiente natural (terra, água, ar).

- Sustentabilidade econômico-financeira: ligada à relação entre receitas e custos das atividades, que se deseja positiva; no caso do transporte urbano, um exemplo claro é a discussão sobre o transporte público e a eventual necessidade de subsídios.

- Sustentabilidade social: ligada às pessoas e seus direitos à vida.

Na prática, os dois primeiros tipos de sustentabilidade têm sido privilegiados nas análises, o primeiro por ser o de compreensão mais direta e o segundo por ser uma peça fundamental no discurso liberal dominante. O terceiro tipo de sustentabilidade (social) tem sido negligenciado, colocado no máximo como "advertência" para eventual consideração.

Este conflito entre os conceitos revela um conflito mais profundo, aquele entre eficiência e eqüidade.

A busca da eficiência está ligada à visão econômica da sociedade e conseqüentemente à idéia do mercado como principal meio para regular conflitos e alocar recursos. O corolário desta visão é que uma atividade só deve ser mantida se o mercado a sustentar. Na prática do transporte urbano, isto significa, por exemplo, fechar os serviços de transporte público que não consigam sustentar-se com as tarifas cobradas dos usuários.

A busca da eqüidade está ligada ao princípio de que as pessoas têm alguns direitos, definidos coletivamente, que independem das suas condições específicas ou momentâneas. Isto significa que elas devem ter acesso a determinados serviços, mesmo que não possuam recursos para pagá-los. Na prática, a busca da eqüidade implica na manutenção de serviços economicamente "deficitários" de transporte público, se eles forem necessários à vida de determinados grupos sociais. A conseqüência é que estes serviços precisarão ser mantidos por recursos obtidos em toda a sociedade.

A existência destas duas visões mantém vivo um conflito permanente, inerente a todas as discussões de políticas públicas. Nos países em desenvolvimento, que têm enormes disparidades sociais e altos índices de exclusão, esta discussão é essencial e deve ser feita conjuntamente à discussão descrita anteriormente, sobre qual sustentabilidade (ou combinação de "sustentabilidades") devemos procurar e para quem.

### 5.2) O que devemos "sustentar" nos países em desenvolvimento?

A pergunta mencionada anteriormente sobre o que deve ser sustentado deve ser seguida de outra vital para os países em desenvolvimento: devemos garantir sustentabilidade para quem? Se esta pergunta não for feita, ficamos prisioneiros de uma visão superficial e ingênua da questão, como se todas as pessoas afetadas pelos problemas ambientais fossem iguais e como se objetivos gerais de sustentabilidade como a "sustentabilidade econômica" fossem igualmente benéficos ou relevantes para todos. As cidades construídas para o uso do automóvel em países ricos como os EUA são plenamente sustentáveis do ponto de vista dos proprietários de automóvel, desde que sejam garantidos o espaço viário e o combustível para circular. As novas "cidades da classe média" que têm sido organizadas em todo o mundo em desenvolvimento vão garantir as mesmas condições para as novas classes médias, desde que sejam providenciados os recursos necessários; enquanto isto, aqueles que dependem do transporte não motorizado ou público podem enfrentar condições insustentáveis. Portanto devemos perguntar para quem a sustentabilidade deve ser procurada, o que implica mergulhar profundamente em cada sociedade e analisar as condições relativas de transporte que são enfrentadas pelos diversos grupos e classes sociais.

O que então devemos sustentar nos países em desenvolvimento e para quem? Primeiro, devemos sustentar *a vida*, para todos mas principalmente para aqueles mais ameaçados. A vida tem sido diretamente ameaçada por dois impactos da motorização e o ambiente de circulação que foi imposto: os acidentes de trânsito e a poluição. Ambos impactos têm sido mencionados como externalidades relacionadas ao transporte, no entanto a poluição tem recebido mais atenção, tanto em face da força do movimento ambientalista como da sua relevância para os países desenvolvidos, que até certo ponto já resolveram seu problema com os acidentes de trânsito.

No entanto, visto como problemas sociais, a poluição e os acidentes de trânsito são muito diferentes em relação aos seus impactos e à sua relevância para os países em desenvolvimento. Primeiro refere-se à sua incidência espacial. Nas áreas metropolitanas, de forma geral, a poluição originada do transporte afeta a todos, independente das características sociais e econômicas das pessoas, uma vez que há uma grande quantidade de veículos circulando na maioria dos lugares. No entanto, em cidades pequenas e médias, a importância da poluição pode ser pequena ou até nula. Como resultado, a maioria das pessoas está, na realidade, livre de impactos graves de poluição. Ao contrário, os acidentes de trânsito estão presentes em todo o ambiente de circulação, independente do tamanho da cidade ou do tipo de via. A natureza dos acidentes de trânsito nos países em desenvolvimento – nos quais a maioria dos mortos está na condição

de pedestres ou ciclistas –, transforma este tipo de prejuízo baseado na classe social em um prejuízo unilateral: os mais vulneráveis são os mais prejudicados. A fiscalização e a justiça deficientes no trânsito agravam o problema, uma vez que o comportamento inseguro ou irresponsável de motoristas raramente é punido. Finalmente, programas de controle da emissão de poluentes têm sido implantados cada vez mais nas cidades maiores, tendendo a reduzir o problema da poluição do ar. Ao contrário, o aumento no número de veículos, e principalmente dos automóveis, deverá causar um grande aumento no número de acidentes fatais, e de pessoas feridas ou com deficiências permanentes.

Segundo, deveríamos sustentar uma vida eqüitativa. Ela tem sido diretamente ameaçada por iniqüidades ligadas ao transporte, como a acessibilidade, o conforto, o consumo de espaço e energia, a destruição urbana e o prejuízo às relações sociais (efeito barreira). Terceiro, sustentar o ambiente físico, que tem sido ameaçado pela poluição do ar, pelo ruído e pela destruição urbana. Quarto, sustentar os recursos naturais, como a terra, a água e as fontes de energia. Elas têm sido ameaçadas pelo espaço adaptado ao automóvel e o estilo de vida que ele sustenta, relacionado a setores mais ricos da sociedade.

Para garantir que estas condições de sustentabilidade ocorram, é necessário proceder a uma reavaliação profunda dos princípios e à correspondente mudança na organização do espaço e do ambiente de circulação. No caso do planejamento, as cidades precisam de propostas integradas para os problemas do subemprego, da educação, da habitação, da cultura e do transporte, implicando em políticas urbanas coordenadas, segundo, elas precisam definir novas formas de participação política; e terceiro, estabelecer compromissos e alianças entre os setores público e privado (Borja, 1996). No caso do transporte, a agenda da sustentabilidade deve incluir como prioridades reduzir a destruição urbana, os impactos negativos do tráfego, os acidentes, a poluição e o consumo de energia. Esta agenda deveria resultar em ações práticas como enfatizar acessibilidade e não a mobilidade, e reduzir a necessidade de deslocamentos.

## 6. CONCLUSÕES

O estudo dos impactos do transporte no meio ambiente dos países em desenvolvimento como o Brasil começou com a importação de metodologias e parâmetros originados nos países desenvolvidos. Embora este começo seja natural e desejável, a pura transferência desta experiência externa é inadequada, uma vez que não atenta para as condições específicas de cada país e sociedade.

O artigo propôs uma visão geral das relações entre transporte e meio ambiente, cuidando também de avaliar condições específicas dos países em desenvolvimento, especialmente o Brasil. Percorrendo este caminho, foi visto como o transporte implica em consumos variados de recursos naturais renováveis e não-renováveis, e como é relevante analisar os consumos tomando o ambiente construído das cidades como lócus da mobilidade. Quanto aos impactos do transporte sobre o meio ambiente, foi salientada a importância do efeito barreira – que prejudica as relações sociais –, da poluição atmosférica, dos acidentes de trânsito e do congestionamento. Finalmente, foi discutido o conceito de sustentabilidade aplicado aos países em desenvolvimento no Brasil, tendo-se enfatizado a necessidade de avaliar cuidadosamente as características sociais e econômicas de cada sociedade, para decidir qual tipo de sustentabilidade deve ser procurada.

IPEA
AP / COPED
Centro de Pesquisas
e Dados

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


ALQUÉRES, C. A. e MARTINES, G. L. "As relações entre o conforto, a capacidade, o desempenho e o consumo no planejamento de sistemas de transporte", trabalho apresentado no Caracas Clatpu meeting, Dezembro, 1999. Appleyard. D. Liveable streets, University of California Press, San Francisco, 1981.

Banco Mundial. *World resources, a guide to the global environment*. Washington, 1999.

BENITEZ, B. N. e ROLDÁN, S. L. B. "Transporte y medio-ambiente: la experiencia de la ciudad de Mexico". Caracas meeting: Clatpu, dezembro, p. 227-233, 1999.

BORJA, J. "Cities: new roles and forms of governing". In *Preparing for the urban future – global pressures and local changes*. Cohen, M. et al. (eds). Washington: Woodrow Wilson Centre, p. 242-263, 1996.

BOVY, Phillipe H. *Environmental impacts of land-based transport infrastructures*. Lausanne: Swiss Federal Institute of Technology, 1990.

CET – Cia de Engenharia de Tráfego. Acidentes de trânsito em São Paulo, 1997.

_____. Acidentes de trânsito em São Paulo, 2000.

CERTU – Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les construction publiques. *Plains de déplacements urbaines*, France, 1996.

CETESB. *Relatório da qualidade do ar na RMSP*. São Paulo, 1996.

_____ . *Relatório da qualidade do ar na RMSP*. São Paulo, 2003.

_____ . *Relatório da qualidade do ar na RMSP*. São Paulo, 2005.

CMSP – Metrô de São Paulo. *Pesquisa Origem-destino 1987*. São Paulo, 1988.

_____. *Pesquisa Origem-destino 1997*. São Paulo,1998.

CONNALLY, P. "Mexico City: our common future?". *Environment and urbanization* v. 11, n. 1, p. 53-78, 1999.

D´AGOSTO, M e Ribeiro, S. K."Performance evaluation of hybrid-drive buses and potential fuel savings in Brazilian urban transit". *Transportation* 31: 479-496, 2004.

GOLDENBERG, J. *Energia, meio ambiente e desenvolvimento*. São Paulo: Edusp/Cesp, 1998.

_____. *Iniciativa brasileira de energia*. Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo. São Paulo, 2002.

GWILLIAM, K. M. "Pollution from motorcycles in Asia: Issues and options". *World Bank Infrastructure notes*, transport sector, No. UT-8, Washington, 2000.

HILL B L and JACOBS, G. D. "The application of road safety countermeasures in developing countries". *Traffic Engineering and Control* v. 22, n. 8/9, p. 464-468, 1981.

IPEA/ ANTP. *Redução das deseconomias urbanas com a melhoria do transporte público*, Relatório final. Brasília, 1998.

_____. *Custos dos acidentes de trânsito urbano no Brasil*. Brasília, 2003.

LITMAN, T. *Transportation cost analysis: techniques, estimates and implications*. Canada: Victoria Transport Policy Institute, 1996.

MILLER, P e MOFFET, J. *The price of mobility - uncovering the hidden costs of transportation*. EUA: Natural resources Defense Council, 1993.

PUNYAHOTRA, V. *Road traffic accidents in developing countries*. Thailand: National Research Council, 1979.

RIBEIRO, S Kahn et al. *Transporte e mudanças climáticas*. Rio de Janeiro: Mauad Editora e Coppe/UFRJ, 2000.

SALDIVA, P. H. *Poluição atmosférica e saúde, uma abordagem experimental*, São Paulo: Greenpeace, São Paulo, 1998.

TANABORIBOON, Y. "Road accidents in Thailand". *IATSS Research* v. 18, n. 1, p. 86-87, 1994.

TOLLEY, R e Turton, B. *Transport systems, policy and planning, a geographical approach*. UK: Longman, 1995.

TWARI, G. "Issues in planning for heterogeneous traffic: the case study of Delhi". In: Fletcher and McMichael (eds) *Health at the crossroads – transport policy and urban health*. London: Willey, p. 235–242, 1997.

UNCHS – United Nations Centre for Human Settlements. *An urbanising world, global report on human settlements*. Oxford University Press, 1996.

VASCONCELLOS, E. A. "Sociedade, mobilidade e equidade na RMSP". *Revista dos Transportes Públicos* 94, p. 5-33, São Paulo, 2000.

VERHOEF, E. "External effects and social costs of road transport". *Transportation Research* A v. 28, n. 4, p. 273-287, 1994.

VIVIER, J. "Comparaison des coûts externes du transport public et l'automobile en milieu urbain". *Transport Public International* v. 48, n. 5, p. 36-39, 1999.

WHO – World Health Organization. *World Report on Road Traffic Injury Prevention*. Genebra, 2004.

WRIGHT, C L. *Fast wheels, slow traffic*. Philadelphia: Temple University Press, 1992.

# 2

# TRANSPORTE E AQUECIMENTO GLOBAL

*Luiz Antonio Cortez Ferreira*
*Assessoria de Gestão Ambiental e Sustentabilidade da Companhia do Metropolitano de São Paulo*

"Os mais respeitados cientistas ambientais de todo o mundo soaram um alarme claro e urgente. O Aquecimento Global é real, já está acontecendo e as conseqüências antevistas são inaceitáveis. As evidências são avassaladoras e inegáveis."

*Al Gore – ex-Vice-Presidente dos EUA*

## AQUECIMENTO GLOBAL: A MAIOR AMEAÇA AMBIENTAL JÁ ENFRENTADA PELA HUMANIDADE

O ritmo crescente em que vêm ocorrendo mudanças no clima em todo o mundo transformou esse fenômeno na mais importante das questões ambientais atualmente em discussão. Suas conseqüências já superam os cenários mais pessimistas de previsões científicas elaboradas há menos de uma década e a aceleração da velocidade dessas mudanças deixa clara a ameaça real que o aquecimento global representa para o desenvolvimento digno da humanidade. Essa intensificação das mudanças climáticas é conseqüência do aumento da concentração de gases de efeito estufa – GEE na atmosfera terrestre, provocado pela interferência humana no meio ambiente.

Os efeitos do aquecimento global serão sentidos especialmente em duas vertentes: a quebra da produção agrícola e industrial provocada pelos fenômenos meteorológicos extremos – furacões, inundações, secas e desertificação, com suas conseqüências para o mercado financeiro – especialmente o setor

de seguros, e os impactos gravíssimos que serão provocados pela elevação do nível dos oceanos, em conseqüência do derretimento da calota ártica, inundando regiões litorâneas e ameaçando instalações portuárias e cidades à beira-mar, juntamente com toda sua infra-estrutura, incluídos os sistemas de transporte. Estudos da NASA divulgados em 2005 afirmam que a calota polar recuou 30% nos últimos 30 anos e que poderá estar totalmente derretida em 2070 (Blakemore e Sandell, 2006: www.stopglobalwarming.org). Segundo o professor John Holdren, presidente da American Association for the Advancement of Science, isso poderá significar um incremento de até 7 metros no atual nível dos oceanos (Harrabin, 2006: *ibid*). As populações mais pobres, que já vivem em situação de risco, serão as mais prejudicadas. Sua capacidade de adaptação às mudanças é extremamente limitada e mesmo os cenários mais otimistas apontam para o incremento das desigualdades.

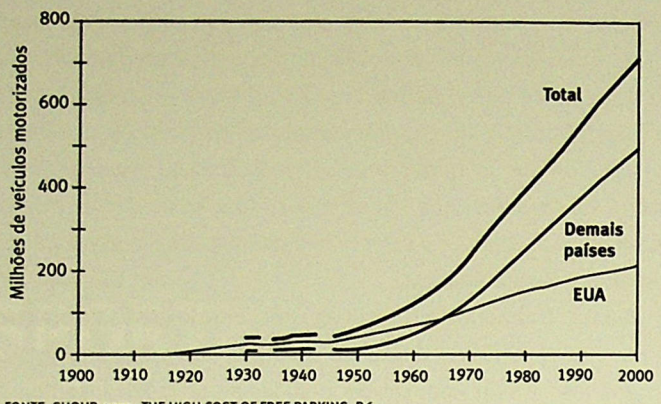
Nas aglomerações urbanas, é imperativo reduzir as emissões de gases de efeito estufa decorrentes do transporte de passageiros, mas isso não será alcançado sem uma ampla conscientização – da população, gestores públicos e empresários – e sem a adoção de medidas drásticas de incentivo ao transporte coletivo e de gestão da demanda do transporte individual. Essas medidas deverão ser acompanhadas por avanços rápidos na adoção de tecnologias que utilizem energia renovável, juntamente com a plena integração entre planejamento de transportes e planejamento urbano.

## HÁ SAÍDA SEM UMA MUDANÇA DE ESTILO DE VIDA?

O modelo de desenvolvimento consolidado ao longo do século XX baseia-se fortemente no uso de combustíveis fósseis – petróleo, gás natural e carvão – e na transferência de recursos naturais para manter os níveis de atividade econômica. Produtos agrícolas, madeira, minério e outras *commodities* (produtos não-especializados), originárias dos países em desenvolvimento, são utilizados em quantidades cada vez maiores para manter os padrões de consumo e de conforto das populações dos países desenvolvidos. Essa população representa hoje cerca de 1,2 bilhão do total de 6,5 bilhões de pessoas no globo, mas deverá permanecer inalterada enquanto a população mundial crescerá para 9,1 bilhões em 2050 (ONU, 2005: POP/918).

Juntamente com o crescimento das emissões antrópicas (decorrentes da ação humana) de gases de efeito estufa, o século XX assistiu a um explosivo crescimento da utilização de automóveis. O primeiro automóvel movido a gasolina foi vendido nos Estados Unidos em 1896. Em 2000, a taxa de motorização norte-americana era de 771 veículos por 1.000 habitantes, mais que um veículo por motorista habilitado, enquanto no restante do mundo era de 89 veículos por 1.000 pessoas – a mesma dos EUA em 1920. Mas desde 1950 a taxa de crescimento da frota no restante do mundo é mais que o dobro da taxa americana. A China já é o quarto maior mercado de novos automóveis no mundo, atrás apenas dos EUA, Japão e Alemanha. Os 6,1 bilhões de pessoas na Terra em 2000 possuíam 735 milhões de veículos. Se a mesma taxa de motorização norte-americana fosse aplicada, seriam 4,7 bilhões de veículos, praticamente todos queimando combustíveis fósseis. Apenas para estacioná-los seria necessária uma área equivalente à Inglaterra ou à Grécia. Mantida a atual tendência de crescimento da frota, serão 5 bilhões de veículos em 2100. A esse respeito, Shoup pergunta: "Pode o mundo suprir todo o combustível necessário para mover 5 bilhões de veículos? Os humanos serão capazes de respirar a fumaça expelida por 5 bilhões de canos de escapamento? Onde esses 5 bilhões de veículos poderão estacionar?" (Donald Shoup, 2005: The High Cost of Free Parking). Que dizer das emissões de gases de efeito estufa?

**Gráfico 1 – Total de veículos motorizados no mundo.**



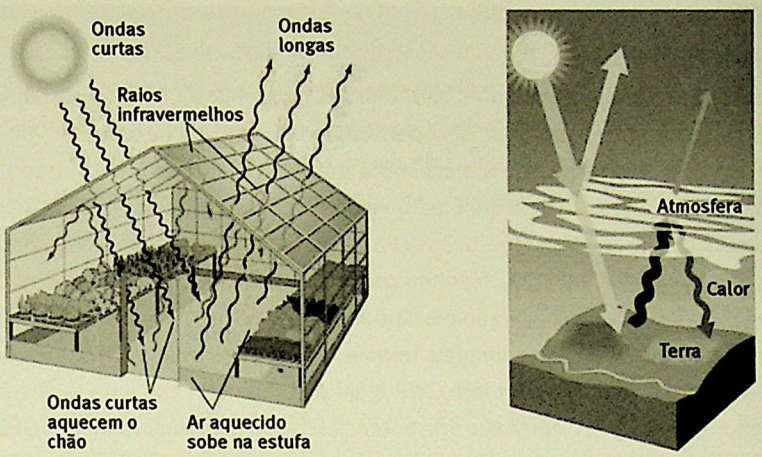

FONTE: SHOUP, 2005: THE HIGH COST OF FREE PARKING, P.6.

É nesse cenário alarmante que fica clara a necessidade de uma mudança radical no estilo de vida das populações mais favorecidas. Especialmente, fica claro que esse modelo baseado nos automóveis não pode ser o objetivo a ser almejado por todos, não pode ser o parâmetro a ser perseguido pelos países em desenvolvimento. O atual padrão de consumo de energia e de recursos naturais é insustentável até mesmo para a pequena parcela da humanidade que dele usufrui, que dizer da idéia de aplicá-lo a todos. Junto com grandes avanços tecnológicos que possam permitir um crescimento brutal na eficiência da utilização dos recursos não-renováveis, será necessária também uma mudança de atitude, uma mudança de comportamento, principalmente empresarial.

Nesse mesmo cenário o transporte público tem sua grande oportunidade, pois pode representar um enorme ganho de eficiência em comparação aos automóveis. Políticas públicas bem focadas e a conscientização e mobilização dos operadores e da indústria são fundamentais, de forma a garantir a canalização de investimentos maciços na expansão e melhoria dos sistemas públicos. Entretanto, tal oportunidade pode rapidamente transformar-se em ameaça. Não apenas o setor é amplamente dependente dos combustíveis fósseis, como é também dependente da capacidade de pagamento da população, da existência de um ambiente regulatório favorável e da disponibilidade de uma infra-estrutura minimamente adequada para poder operar de forma eficiente. Fatores que poderão evoluir de forma muito negativa caso o aquecimento global não seja controlado e seus impactos não sejam mitigados a tempo.

## INCREMENTO DO EFEITO ESTUFA

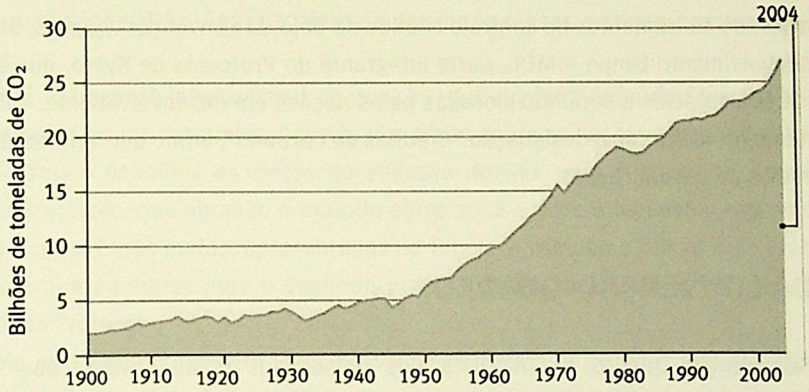
A presença de determinados gases na composição da camada da atmosfera mais próxima à superfície terrestre (troposfera) provoca a retenção do calor e o conseqüente aquecimento da superfície do planeta. Este fenômeno é conhecido como efeito estufa. Graças ao efeito estufa, a temperatura na superfície terrestre foi mantida aquecida ao longo de milênios, evitando que o planeta se transformasse em um enorme deserto gelado.




Fonte: Helvécio B. Guimarães

Nos últimos 100-150 anos, vem ocorrendo um alarmante aumento da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera. Entre 1900 e 2000, a concentração de dióxido de carbono ($CO_2$) na troposfera cresceu de 280 para 380 ppmv (partes por milhão em volume) e diversos cientistas já afirmam que tal concentração poderá chegar a 1.000 ppmv no final do século XXI, ultrapassando o limiar de 800 ppmv a partir do qual os processos de fotossíntese podem ficar seriamente comprometidos. Até o momento, o incremento do efeito estufa tem acarretado alterações na direção e velocidade de ventos, ciclo de chuvas, no deslocamento e derretimento das geleiras polares, aumento do nível do mar, entre outros fenômenos. Todos estes fatores colaboram para a aceleração do ritmo das mudanças climáticas no planeta.

**Emissões globais de $CO_2$ – combustíveis fósseis.**




Fonte: WRI – World Resources Institute.

A crescente utilização de combustíveis fósseis – para geração de energia, aquecimento, transporte e processos industriais – observada ao longo do século XX e concentrada em algumas nações, é considerada a principal causa dos fenômenos de alterações climáticas aceleradas que atualmente se verificam. Seus efeitos são globais, afetando indistintamente todas as nações, mas com conseqüências especialmente danosas para as regiões menos desenvolvidas, que não têm condições de enfrentar adequadamente o problema.

## UM POUCO DE QUÍMICA

Os gases de efeito estufa mais importantes são: dióxido de carbono $CO_2$ (gás carbônico), metano $CH_4$, óxido nitroso $N_2O$, hidrofluorcarbonos HFC, perfluorcarbonos PFC e hexafluoreto de enxofre $SF_6$. O dióxido de carbono $CO_2$ é considerado o mais importante dos GEE, pois é encontrado em maiores concentrações na atmosfera, razão pela qual, para efeito de cálculo, os demais GEE são medidos em termos de "toneladas de $CO_2$ equivalente – $tCO_2e$". Para tanto, são considerados seus potenciais efeitos em relação aos provocados pelo $CO_2$, fazendo com que cada um dos demais gases de efeito estufa possuam um fator próprio de conversão em carbono equivalente. A sigla em inglês GWP (Global Warming Potential) tem sido utilizada com mais freqüência para designar tais fatores. Por exemplo, o metano tem GWP igual a 21 e o HFC-23 tem GWP igual a 11.700, ou seja, uma tonelada de HFC-23 equivale a 11.700 toneladas de $CO_2$ em termos de potencial de efeito estufa. Além dos GEE já listados, outros gases instáveis, como o monóxido de carbono CO e o ozônio $O_3$, também contribuem para o aquecimento global. Apesar de não serem propriamente GEE, quando presentes na atmosfera sob a ação da luz solar, reagem com outros gases, propiciando a formação de GEE.

## UM COMPROMISSO INTERNACIONAL: A CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA

Com o objetivo de reverter os impactos do aquecimento global, foi estabelecida pela ONU, em 1992, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC), que tem como meta final a "estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera em um nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático". Recebeu a adesão de 189 países, inclusive os EUA, e tem força de lei, obrigando seus signatários a estabelecer meios de atingir seu objetivo maior.

Dentre os diversos instrumentos de controle criados no bojo da Convenção-Quadro, destaca-se o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, parte integrante do Protocolo de Kyoto, que abre excelentes oportunidades de econegócios a serem exploradas pelas nações em desenvolvimento. Tais instrumentos têm sido usualmente reunidos sob a designação "Créditos de Carbono", termo que vem sendo utilizado com freqüência nos meios de comunicação.

## O ANEXO I DA CONVENÇÃO-QUADRO

O Anexo I da Convenção-Quadro é uma lista dos países aos quais devem caber compromissos correspondentes às suas responsabilidades, e é integrado pelos países desenvolvidos e pelos países do antigo bloco soviético, atualmente chamados de "economias em transição" no jargão da Convenção. A divisão entre Partes Anexo I e Partes Não-Anexo I tem como objetivo separar a responsabilidade pelo aumento da concentração atmosférica de GEE.

Baseada na constatação de que as mudanças climáticas são provocadas principalmente pelos países altamente industrializados, a Convenção-Quadro estabeleceu o princípio das "responsabilidades comuns porém diferenciadas". Esse princípio considera que os países industrializados vêm emitindo GEE já há um século, tendo contribuído muito mais para o incremento do efeito estufa que as nações que somente agora começam a se desenvolver. Entretanto, é fundamental observar que ter "responsabilidades diferenciadas"

não deve ser confundido com descompromisso. No Brasil, o desmatamento é responsável por cerca de 75% das emissões nacionais de gases de efeito estufa, o que levou o País ao oitavo lugar no *ranking* mundial de emissões em 2000 (*WRI, comparative data for 2000: www.wri.org*). A despeito das ameaças à biodiversidade e ao aquecimento global, o ritmo do desmatamento no País vem se mantendo a taxas superiores a 20 mil km² ao ano (a área da Bélgica é de 30,5 mil km²). É imperativo que esse quadro seja imediatamente revertido, sob o risco de tornar infrutíferas todas as demais medidas de conservação ambiental e de controle de emissões de GEE no País.

## CONFERÊNCIA DAS PARTES – COP

A Conferência das Partes representa o órgão supremo da "Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima" (muitas vezes referida pela sigla em inglês, UNFCCC), cabendo-lhe estabelecer as regras para implementar a Convenção. A COP reune-se anualmente, tendo sido realizada a primeira sessão em 1995. A COP-3, realizada em 1997 na cidade de Kyoto, no Japão, resultou no "Protocolo de Kyoto". No final de 2005, foi realizada no Canadá a COP-11 a primeira após a entrada em vigor do Protocolo. A COP promove e revisa a implementação da Convenção, além de avaliar as informações sobre políticas e emissões que as partes fornecem às demais por meio de suas comunicações nacionais. Com base nessas informações, a COP avalia os esforços empreendidos pelas Partes para cumprir seus compromissos.

## PROTOCOLO DE KYOTO

Em 1997, durante a COP-3 realizada na cidade de Kyoto, foram estabelecidos instrumentos para permitir que os objetivos da Convenção-Quadro possam ser atingidos. Tais instrumentos foram reunidos em um protocolo que ficou conhecido como Protocolo de Kyoto. Nele foram estabelecidas metas de emissão de GEE para as nações industrializadas (Partes Anexo I) e modelos de desenvolvimento sustentável para as nações Não-Anexo I, além de definir as regras e os mecanismos necessários para sua consecução.

O Protocolo é um acordo internacional ao qual as nações signatárias da Convenção-Quadro devem aderir voluntariamente e suas determinações não têm efeito sobre as nações que não o ratificarem.

Já na COP-3 foram definidas as metas de emissão de GEE para o chamado primeiro período de compromisso do Protocolo, que abrange o período entre 2008 e 2012 e tem como referência as emissões desses países em 1990. Essas metas, apresentadas na Tabela 1, compõe o Anexo B do Protocolo. Também ficou determinado que as regras para o segundo período de compromisso seriam definidas a partir da entrada em vigor do Protocolo.

O "Protocolo de Kyoto" entrou em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005, 90 dias após a Rússia ter formalizado sua adesão, totalizando 141 países, que correspondem a 61,6% das emissões globais. Os EUA, maior responsável pelas emissões de GEE, não aderiu ao Protocolo até o momento.

O Protocolo de Kyoto contemplou a criação de três mecanismos de flexibilização que auxiliam as Partes a reduzir suas emissões. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL é o único que se aplica ao Brasil. É baseado em projetos, que uma vez implantados e monitorados resultam em certificados de redução de emissões, os "créditos de carbono", que podem ser comercializados. Além do MDL, foram criados dois outros mecanismos, o Comércio de Emissões e a Implementação Conjunta, válidos somente para países do Anexo B. Abordou ainda questões relativas ao financiamento, transferência de tecnologia e ao exame de informações de acordo com os termos da Convenção-Quadro.

**Tabela 1 – Países incluídos no Anexo B do Protocolo de Kyoto e suas metas de emissão em relação a 1990.[1]**

| País | Meta 2008-2012 |
|---|---|
| UE-15[2], Bulgária, República Tcheca, Estônia, Latvia, Liechtenstein, Lituânia, Mônaco, Romênia, Eslováquia, Eslovênia, Suíça | -8% |
| EUA[3] | -7% |
| Canadá, Hungria, Japão, Polônia | -6% |
| Croácia | -5% |
| Nova Zelândia, Federação Russa, Ucrânia | -0% |
| Noruega | +1% |
| Austrália | +8% |
| Islândia | +10% |

1. Algumas economias em transição têm linhas de base diferentes de 1990.
2. UE-15: União Européia. Seus países-membros redistribuirão suas metas entre si, através de um esquema do protocolo chamado "bolha".
3. Os EUA têm indicado sua intenção de não aderir ao Protocolo de Kyoto.
Nota: Apesar de listados no Anexo 1 da Convenção-Quadro, Belarus e Turquia não estão incluídos no Anexo B do Protocolo pois ainda não haviam assinado a Convenção quando o Protocolo foi adotado.
Fonte: http://unfccc.int

## MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO – MDL

Dentre os mecanismos de flexibilização introduzidos pelo Protocolo de Kyoto, apenas o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL aplica-se aos países Não Anexo B. Uma vez que os impactos provocados pelo efeito estufa têm abrangência global, independentemente do local onde se dá a emissão dos GEE, o MDL foi desenvolvido para permitir que os países Anexo B possam financiar projetos de redução de emissão e/ou aumento de remoção em países Não-Anexo B, beneficiando-se dos resultados como se houvessem sido atingidos em seus próprios territórios.

O MDL tem como objetivo a promoção do desenvolvimento sustentável das nações Não-Anexo B, através da implantação de projetos que visem a redução das emissões de GEE, mediante investimentos em tecnologias mais eficientes, substituição de fontes de energia fósseis por renováveis, racionalização do uso de energia, ou reflorestamento e florestamento para o caso de remoção de $CO_2$.

As regras para projetos de redução de emissões foram definidas na COP-7, realizada em Marrakesh em 2001. Os projetos de remoção de $CO_2$ foram regulamentados na COP-10, em Buenos Aires, 2004.

### MDL PASSO A PASSO

A elaboração, aprovação e registro de um projeto de MDL, assim como o monitoramento de suas atividades até que possam ser emitidos os certificados de redução de emissões, seguem regras estabelecidas no Protocolo e detalhadas posteriormente. Os tópicos a seguir apresentam resumidamente os requisitos básicos e as diversas etapas a serem vencidas na implementação de um projeto.

#### BENEFÍCIOS DE UM PROJETO DE MDL

Além de contribuir para a redução do efeito estufa e, conseqüentemente, para o controle das mudanças climáticas, os projetos de MDL trazem em si benefícios intangíveis significativos, agregando valor à imagem da empresa ou país que os promove. Trazem, adicionalmente, os be-

nefícios financeiros da receita resultante da venda dos "créditos de carbono". As quantidades relativas às reduções de emissão de GEE e/ou remoção de $CO_2$ atribuídas a uma atividade de projeto resultam em Reduções Certificadas de Emissões – RCE, medidas em toneladas métricas de $CO_2$ equivalente, que se transformam em uma fonte de receitas para o proponente do projeto.

### VOLUNTARIEDADE NOS PROJETOS DE MDL

Um projeto de MDL é um empreendimento cujas atividades integrantes tenham por objetivo voluntário a redução da emissão de GEE. Alternativamente, podem ter por objetivo voluntário a ampliação da remoção de $CO_2$ através da preservação ou ampliação da área de cobertura florestal.

A voluntariedade é um requisito fundamental para que um empreendimento possa ser elegível como projeto de MDL. Ou seja, o projeto deve caracterizar claramente que foi desenvolvido com a intenção de promover a redução de emissões (ou a ampliação de remoção), sem que existisse a obrigação legal de fazê-lo.

### CÁLCULO DAS REDUÇÕES DE EMISSÃO – LINHA DE BASE

As reduções de emissão de cada projeto são estimadas em relação à chamada Linha de Base (*baseline*), que é o cenário de referência que representa as emissões de GEE na ausência do projeto proposto. As reduções de emissão serão calculadas pela diferença entre as emissões estimadas da linha de base e as emissões verificadas em decorrência das atividades de projeto do MDL. A determinação das linhas de base de cada projeto deve ser feita conforme metodologias previamente aprovadas pelo Painel de Metodologias do MDL.

### ADICIONALIDADE

O proponente deve demonstrar que seu projeto foi concebido desde o início com a intenção explícita de mitigar emissões de GEE e que o projeto é adicional à linha de base, ou seja, que sua implantação somente será possível graças ao incentivo do MDL.

### ETAPAS PARA IMPLANTAÇÃO DE UM PROJETO DE MDL

Todo projeto de MDL deve ser registrado na Junta Executiva do MDL (CDM Executive Board), órgão da Convenção-Quadro que controla a implantação dos projetos e, após serem cumpridas todas as etapas e exigências necessárias, emite os documentos atestando as Reduções Certificadas de Emissões – RCE.

Os projetos de MDL deverão ser submetidos a um processo de validação e verificação por meio de procedimentos já estabelecidos. As principais etapas são:

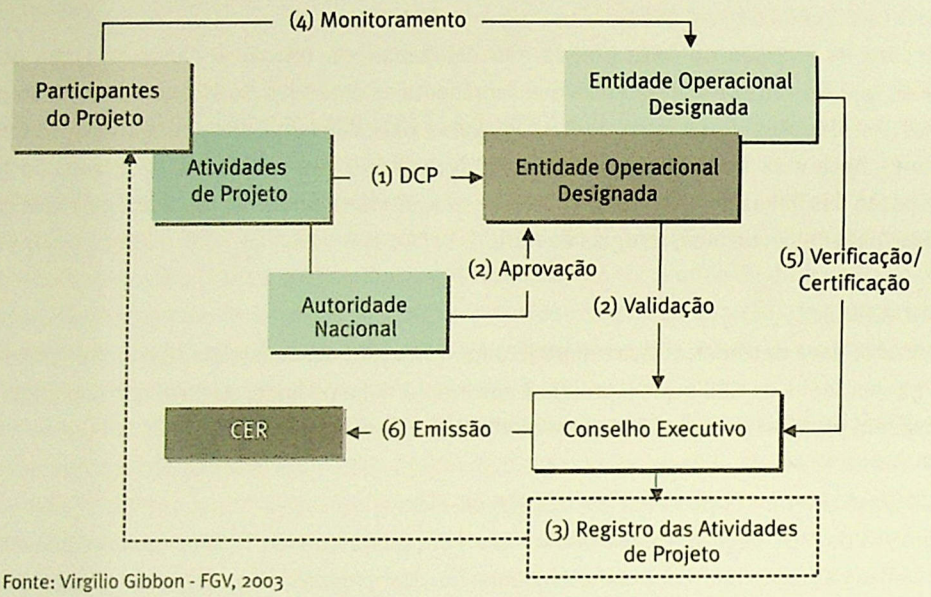
- Proponente deve elaborar um Documento de Concepção de Projeto – DCP, onde descreve de forma técnica e detalhada o projeto, seus prazos, as metas que pretende alcançar, a metodologia de cálculo, assim como os procedimentos de monitoramento e verificação que serão adotados; caso não exista metodologia de linha de base previamente aprovada que seja adequada ao projeto, deverá também propor nova metodologia de linha de base e submetê-la à aprovação do Painel de Metodologias da Junta Executiva do MDL.
- Esse DCP deverá ser validado por uma Entidade Operacional Designada – EOD,
- Ao mesmo tempo, a Autoridade Nacional Designada - AND deve aprovar o projeto proposto, emitindo uma carta de aprovação atestando que o governo do país onde o projeto será implantado está de acordo com o mesmo.

BNDES
APP/DEPLAN/COPED
Departamento de Planejamento e Pesquisa
Centro de Pesquisa de Informações e Dados

- Em seguida o projeto será encaminhado para registro na Junta Executiva do MDL (Executive Board).
- Uma vez implantado o projeto, o proponente do mesmo deve desempenhar a atividade de monitoramento.
- Uma segunda Entidade Operacional Designada – EOD realizará a verificação da redução de emissões resultante do projeto.
- A Junta Executiva do MDL emitirá os documentos de Redução Certificada de Emissões, os chamados RCE.

A figura a seguir mostra esquematicamente os ciclos de validação, registro, verificação e certificação de projetos de MDL.

**Ciclo dos projetos de MDL**




Fonte: Virgilio Gibbon - FGV, 2003

De posse dos RCE, a empresa responsável pelo projeto pode então ofertá-los no mercado, para serem adquiridos por empresas ou países interessados em utilizá-los para abater suas metas de redução de emissões. Na prática, muitos dos negócios são fechados antecipadamente, com os compradores pagando pelas reduções antes mesmo da emissão dos RCE. Nèsses casos, os compradores tomam o risco da certificação e os valores negociados embutem um prêmio por isso.

## PRAZOS DE DURAÇÃO DOS PROJETOS DE MDL

Já na elaboração do DCP o proponente deve indicar o período de obtenção dos créditos. Os períodos podem ser de 10 anos, sem direito a renovação, ou de sete anos, renováveis mais duas vezes. No caso de projetos de reflorestamento e florestamento as regras são diferenciadas.

### DOCUMENTO DE CONCEPÇÃO DO PROJETO – DCP

Além da descrição das atividades de projeto e dos respectivos participantes, o DCP deverá incluir a descrição da metodologia da linha de base, das metodologias para o cálculo da redução de emissões de GEE, para o estabelecimento dos limites das atividades de projeto e para o cálculo das fugas. Deve ainda, conter a definição do período de obtenção de créditos, plano de monitoramento, a justificativa para adicionalidade da atividade de projeto, relatório de impactos ambientais e informações quanto à utilização de fontes de financiamento público de países do Anexo I.

### FUGAS DE EMISSÕES DE GEE

As fugas correspondem aos aumentos de emissões de GEE que ocorrem fora do limite da atividade de projeto e que, ao mesmo tempo, sejam mensuráveis e atribuíveis à atividade de projeto. As fugas são deduzidas da quantidade total de RCE's obtidas pelo projeto de MDL. Na estimativa das fugas devem ser considerados todos os possíveis impactos negativos em termos de emissão de GEE provocados pelo projeto.

### JUNTA EXECUTIVA DO MDL

É o órgão da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima que supervisiona o funcionamento do MDL. A Junta Executiva, formada por membros representantes dos países integrantes do protocolo, credencia as Entidades Operacionais Designadas, registra os projetos, organiza as aprovações de metodologias pelo Painel de Metodologias e emite os certificados – RCE para projetos que tenham cumprido todas as etapas previstas, registrando sua comercialização.

### ENTIDADE OPERACIONAL DESIGNADA – EOD

Entidade privada qualificada pela Conferência das Partes (COP), por recomendação da Junta Executiva do MDL, para validar projetos de MDL propostos, ou verificar e certificar reduções de GEE resultantes dos projetos. No Brasil, a EOD deve, adicionalmente, ser reconhecida pela AND e estar plenamente estabelecida no País.

### AUTORIDADE NACIONAL DESIGNADA – AND

É a entidade governamental formalmente indicada por um país para revisar e conferir a aprovação nacional dos projetos propostos em seu território, no âmbito do MDL. Essa aprovação constitui um dos requisitos para que o projeto possa ser encaminhado à Junta Executiva do MDL.

No caso brasileiro, a AND é a Comissão Interministerial de Mudanças Globais do Clima, coordenada pelo Ministério da Ciência e Tecnologia e composta ainda pelos seguintes ministérios: Relações Exteriores; Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Transportes; Minas e Energia; Planejamento, Orçamento e Gestão; Meio Ambiente; Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; além da Casa Civil da Presidência da República.

### PROJECT IDEA NOTE – PIN

Documento preliminar através do qual o proponente do projeto de MDL registra suas intenções e descreve de forma técnica, porém sucinta as principais características do projeto, metodologia, prazos e demais informações relevantes. É desenvolvido com o objetivo de apresentar o projeto ao mercado na busca de parceiros e interessados no financiamento das etapas de validação e certificação do projeto junto à Junta Executiva do MDL.

## POLUENTES LOCAIS *VERSUS* EFEITO GLOBAL

O tráfego de veículos a combustão interna contribui para a emissão de diversos poluentes atmosféricos e de material particulado em suspensão. A qualidade do ar em uma dada região é dependente das condições climáticas locais, mas está apenas indiretamente ligada ao fenômeno das mudanças climáticas. O dióxido de carbono ($CO_2$), assim como outros GEE, é um gás inerte que não provoca danos à saúde (é fartamente utilizado na indústria de alimentos e bebidas), mas é o principal responsável pelo efeito estufa. Em contraponto, o material particulado, especialmente PM10 e partículas ainda menores, é possivelmente o mais prejudicial dos contaminantes atmosféricos nos grandes centros urbanos, mas não tem nenhum efeito sobre o aquecimento global.

É importante que as diferenças entre poluição e efeito estufa fiquem bem compreendidas, pois as medidas necessárias para controlá-los podem ser diametralmente opostas. Para ilustrar, vamos citar três exemplos. Uma vez que o incremento do efeito estufa está relacionado à liberação de carbono fóssil na atmosfera, as emissões provenientes da utilização de biocombustíveis não são consideradas como fontes de GEE, ainda que possam provocar a emissão de contaminantes atmosféricos que afetem a qualidade do ar local. Por outro lado, a adoção de tecnologias de controle de emissão de material particulado por motores diesel, tão necessárias para a saúde das populações urbanas, pode ter um efeito perverso no que se refere à emissão de GEE caso provoque uma redução da eficiência dos motores e, conseqüentemente, um aumento do consumo de diesel fóssil; da mesma forma, a adoção de gás natural em substituição ao diesel reduz a emissão de particulados, mas tem pouco impacto sobre as emissões de GEE. O exemplo extremo é o das células a hidrogênio, que reagem o oxigênio da atmosfera com hidrogênio para gerar energia elétrica e água ($H_2O$). Emitindo apenas $H_2O$, são perfeitas do ponto de vista da poluição do ar, mas podem ter um enorme potencial de efeito estufa dependendo de como se dá a produção do hidrogênio nas usinas.

## NO OLHO DO FURACÃO: O SETOR DE TRANSPORTES SOB O RISCO DE TORNAR-SE O VILÃO DAS EMISSÕES DE GEE

As emissões de gases de efeito estufa pelo setor de transportes estão crescendo mais rápido que as de qualquer outro setor e já representam cerca de 26% do total mundial de emissões de dióxido de carbono ($CO_2$). E o crescimento das emissões do setor de transportes está anulando os efeitos dos esforços empreendidos por outros setores da economia para reduzir suas emissões (UNFCCC *apud* UITP, 2006: Draft for UITP's International Position on Climate Change). Dada sua característica dispersa, o setor é de difícil controle e o estabelecimento de metas é muito mais complexo, se comparado a diversos outros setores da economia. Por essa razão, o setor de transportes ficou fora das metas de emissões atribuídas internamente pelos países do Anexo B do Protocolo de Kyoto, para o primeiro período de compromisso (2008-2012).

A tabela a seguir ilustra a situação das emissões de GEE dos Estados Unidos, UE-15 e Japão, em 1990 e 2003, permitindo a comparação entre as variações de emissões totais e do setor de transportes.

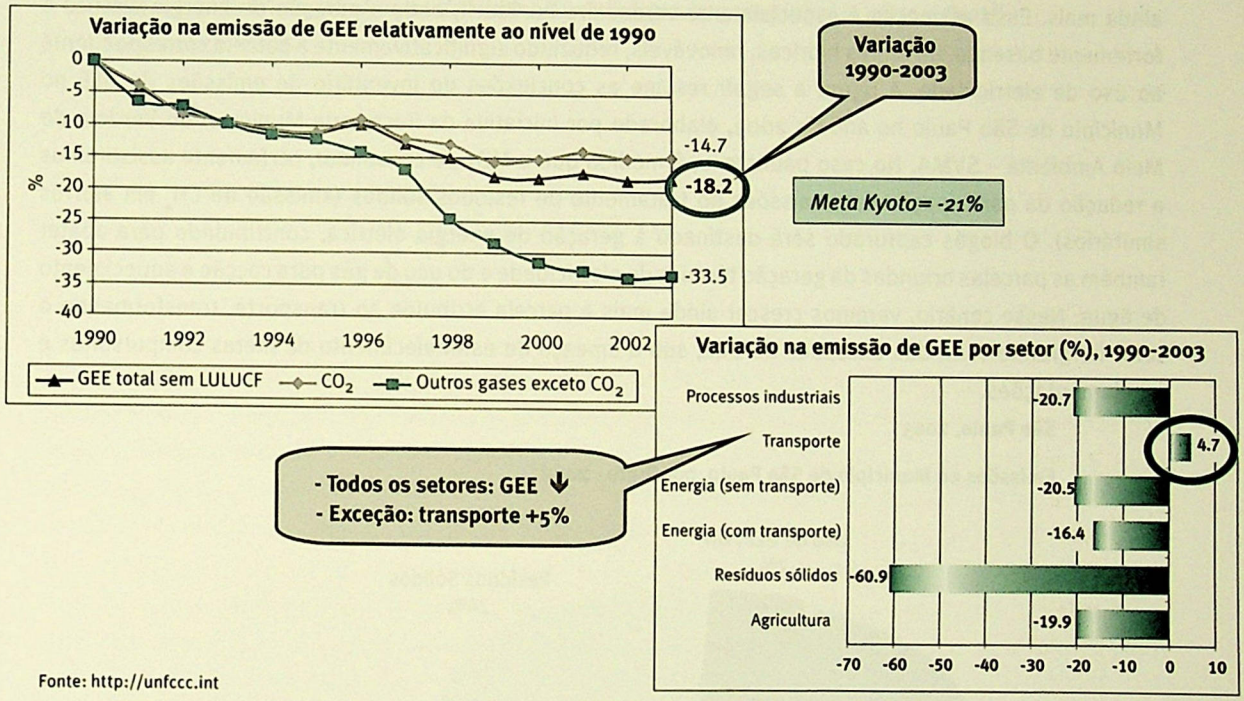
**Emissões de GEE, em milhões de toneladas de $Co_2e$.**

| | 1990 | 2003 | Variação | Meta 2008-2012 |
|---|---|---|---|---|
| Estados Unidos | 6.082,51 | 6.893,81 | 13,3% | - 8% |
| Transportes | 1.494,39 | 1.810,59 | 21,2% | |
| UE-15 | 4.237,98 | 4.179,61 | -1,4% | - 7% |
| Transportes | 704,68 | 872,31 | 23,8% | |
| Japão | 1.187,25 | 1.339,13 | 12,8% | - 6% |
| Transportes | 215,88 | 259,89 | 20,4% | |

HTTP://GHG.UNFCCC.INT/TABLES/A1WO_LULUC_P.HTML (SEM LULUCF)
HTTP://GHG.UNFCCC.INT/TABLES/A3_TRANSPORT_P.HTML
20/5/2006

Fica patente que o setor de transportes não tem participado do esforço de redução de emissões, mesmo no caso da União Européia (UE-15). As figuras a seguir ilustram a situação na Alemanha e Espanha, ambas participantes do grupo UE-15. Neste caso, a meta de redução do grupo UE-15 (-7%) foi distribuída pela União Européia entre cada um dos países que compõe o grupo, tendo resultado em metas bastante distintas conforme o país (no exemplo, Alemanha -21% e Espanha +15%).

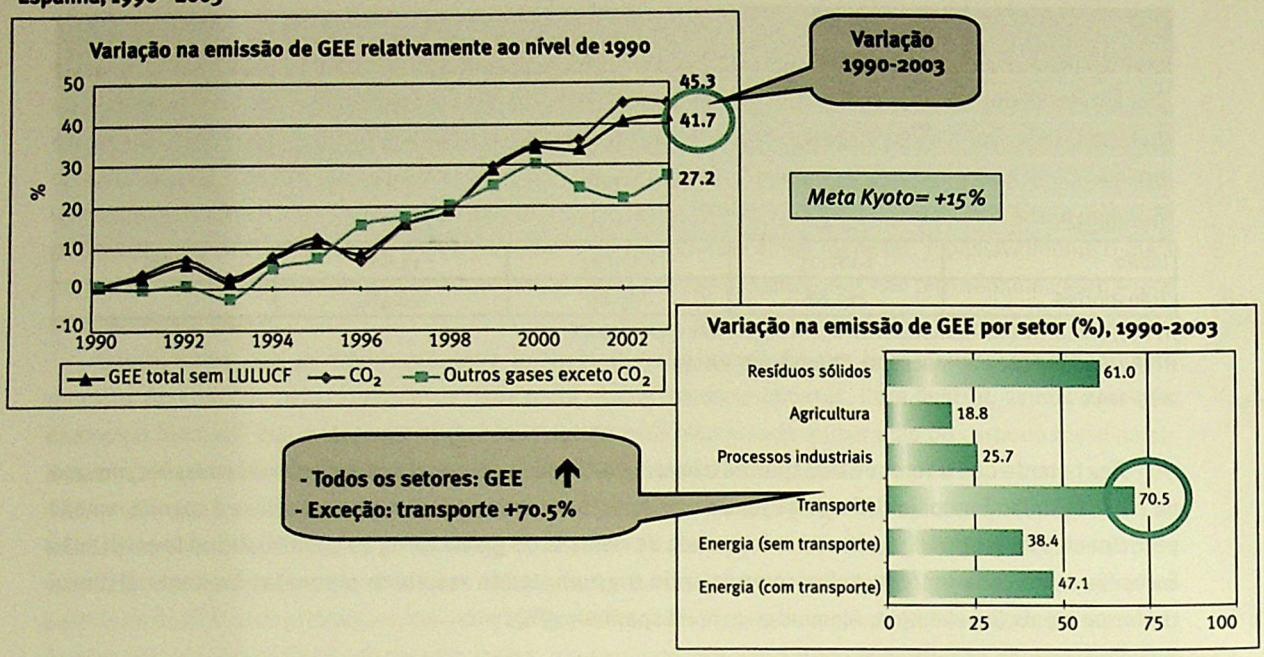
**Alemanha, 1990 - 2003**




Fonte: http://unfccc.int


BNDES
AP / COPED
Centro de Pesquisas e Dados

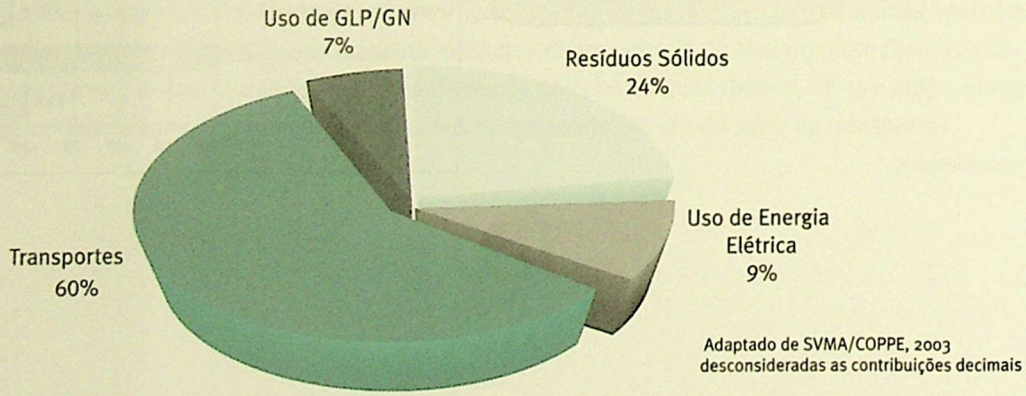
**Espanha, 1990 - 2003**




Nas grandes aglomerações urbanas, a participação dos transportes no total de emissões de GEE cresce ainda mais. Essa afirmação é especialmente verdadeira no Brasil, onde a geração de energia elétrica é fortemente baseada em fontes hídricas, renováveis, reduzindo significativamente a parcela correspondente ao uso de eletricidade. A figura a seguir resume as conclusões do inventário de emissões de GEE no Município de São Paulo no ano de 2003, elaborado por iniciativa da Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente – SVMA. No caso paulistano, à medida que o MDL se consolidar, certamente assistiremos a redução da participação das emissões do tratamento de resíduos sólidos (emissão de $CH_4$ em aterros sanitários). O biogás capturado será destinado à geração de energia elétrica, contribuindo para abater também as parcelas oriundas da geração térmica de eletricidade e do uso de gás para cocção e aquecimento de água. Nesse cenário, veremos crescer ainda mais a parcela atribuída ao transporte, transformando o setor no grande vilão das emissões de GEE, sob a ameaça de estabelecimento de metas compulsórias e regulamentações.

**São Paulo, 2003**

**Emissões no Município de São Paulo, por Fonte - 2003**




Adaptado de SVMA/COPPE, 2003
desconsideradas as contribuições decimais

## CONCLUSÕES

O aquecimento global é um fato inquestionável e suas conseqüências somente agora começam a ser vislumbradas em toda sua intensidade. Suas dimensões poderão ser trágicas e a inação é inaceitável – continuar a agir como se nada estivesse ocorrendo equivale a caminhar para a auto destruição. O transporte público ocupa uma posição privilegiada, mas carrega também uma enorme responsabilidade: a de reverter rapidamente a tendência, que por vezes parece inexorável, de crescimento do transporte individual motorizado. Como se tal missão não fosse por si suficientemente pesada, precisa cumpri-la aumentando sua eficiência econômica e reduzindo seu impacto ambiental.

Três conjuntos de medidas precisam ser implementados simultaneamente: expandir rapidamente os investimentos no transporte público, aumentando sua atratividade e melhorando seu desempenho ambiental; desestimular a demanda por transporte individual através de medidas de gestão; e transformar radicalmente os padrões de urbanização, contendo a dispersão das manchas urbanizadas e promovendo uma ocupação mais densa e compacta do território, de forma a incentivar os deslocamentos não-motorizados e a aumentar a eficácia dos investimentos em transporte coletivo e a eficiência de sua operação.

"É fundamental transformar indivíduos em cidadãos conscientes
e ativos. Mobilizar a população para exigir políticas
efetivas de combate ao aquecimento global."
*Luiz Gylvan Meira Filho*
*Mudanças do Clima, Mudanças de Vidas: Como o aquecimento global já afeta o Brasil*
*Greenpeace, 2006.*

# 3 POLUIÇÃO VEICULAR NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO E MEDIDAS DE REDUÇÃO

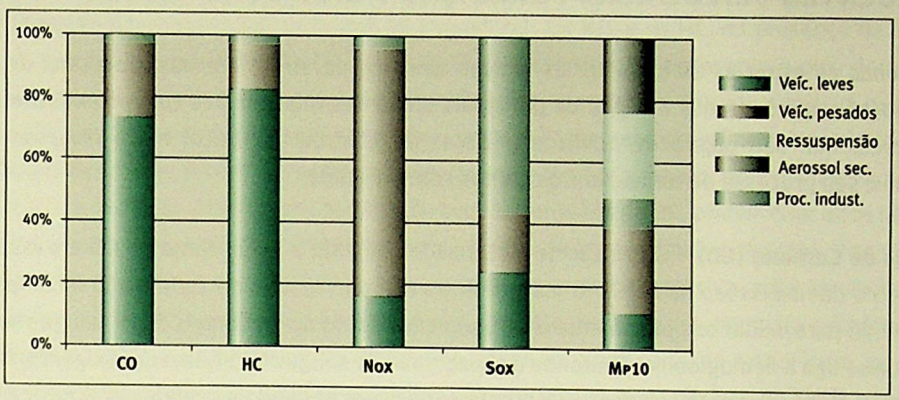
*Olimpio de Melo Álvares Jr.*
*Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB*

## 1. INTRODUÇÃO

A principal e mais complexa fonte de poluição atmosférica e sonora nas grandes regiões urbanas brasileiras é a crescente frota motorizada. Os veículos, não só emitem poluentes e ruído em seus locais de origem, como também, dadas a mobilidade da frota e as correntes atmosféricas, disseminam as emissões tóxicas por outras regiões mais afastadas. A frota circulante no Brasil apresenta idade média alta, superior a 10 anos e manutenção deficiente, o que resulta em altos níveis de emissão. No que se refere, particularmente aos impactos localizados das emissões sonoras e de fumaça em áreas de tráfego intenso, estes são causados, principalmente, por veículos apresentando estado inadequado de manutenção. Com isso, parte da população de pequenas cidades também é exposta a altos níveis de ruído e concentração de fumaça às margens dos corredores viários, sendo necessária, portanto, a priorização de ações de controle.

A contribuição de cada fonte na Região Metropolitana de São Paulo – RMSP pode ser visualizada na figura a seguir, na qual se observa que os veículos automotores são as principais fontes de emissão de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio ($NO_x$) e óxidos de enxofre ($SO_x$), e contribuem expressivamente com as emissões do material particulado (MP), principal responsável pelo aumento dos índices de morbi-mortalidade por doenças respiratórias nos períodos mais frios, quando ocorrem as inversões térmicas com altas concentrações de poluentes.

**Figura 1 – Contribuição relativa de emissão de poluentes atmosféricos por fonte na RMSP.**



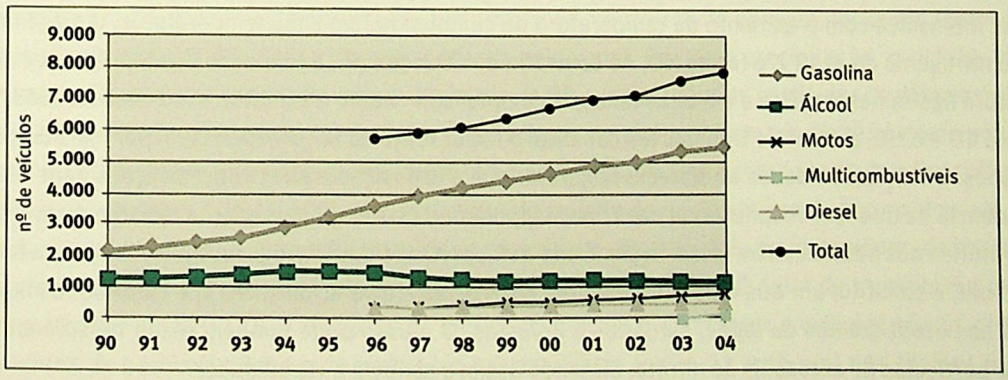

Fonte: Relatório de Qualidade do Ar – CETESB 2005.

Ainda que os veículos novos saiam de fábrica atendendo a rigorosos padrões de emissão de poluentes estabelecidos pelo Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, o contínuo crescimento da frota – associado à deterioração das condições mecânicas dos veículos com o uso, à má qualidade dos combustíveis e à ausência de programas eficazes de fiscalização e inspeção das emissões – traz graves conseqüências à qualidade do ar, principalmente nos grandes centros urbanos, e danos ao meio ambiente e à saúde da população.

Para controlar a poluição atmosférica da frota motorizada é necessário estabelecer uma estratégia de longo prazo suficientemente abrangente, que inclua medidas tecnológicas avançadas de redução de emissões e melhoria da qualidade dos combustíveis, que seja complementada por rigorosa fiscalização da frota circulante e, sobretudo, pela oferta de transporte público de qualidade e baixo impacto poluidor.

A figura abaixo apresenta um indicativo da evolução da frota de veículos na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), segundo os dados do cadastro de veículos do Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo – DETRAN-SP. Segundo informações das próprias autoridades de trânsito, esses números não representam a frota efetivamente em circulação na RMSP, mas o total de veículos registrados. Sabe-se que existe uma expressiva evasão de veículos do licenciamento anual em razão de passivos de multas muito elevados. Além disso, estudos sobre sucateamento da frota cadastrada não são realizados de forma sistemática e, portanto, não estão refletidos no cadastro; e, ainda, que os números do cadastro não mostram o balanço dos fluxos de entrada de veículos de outras regiões para a RMSP e de saída dos veículos da RMSP para outras regiões do País.

**Figura 2 – Evolução da frota de veículos automotores na RMSP (1.000 veículos).**




Fonte: PRODESP.

## 2. POLUENTES VEICULARES: FORMAÇÃO E EFEITOS NA SAÚDE

São centenas as espécies de substâncias tóxicas emitidas na atmosfera nos processos de combustão. Entretanto, são apresentados a seguir os principais poluentes relacionados com as emissões de veículos automotores, que são objeto de políticas públicas de controle no Brasil e em diversos países. São destacados, seu processo de formação e os efeitos sobre a saúde.

**Monóxido de Carbono (CO)** • O transporte motorizado constitui a maior fonte de CO e é responsável por mais de 90% das emissões na RMSP. O monóxido de carbono resulta da combustão incompleta, quando falta oxigênio para oxidar completamente o carbono em dióxido de carbono ($CO_2$). É um gás sem cor e sem cheiro, que se liga à hemoglobina, limitando a capacidade do sangue de armazenar oxigênio. A exposição a altos níveis de CO é mais perigosa para os que sofrem de doenças cardiovasculares. A exposição ao CO pode chegar a afetar a visão, o desempenho no trabalho, e as atividades motoras de pessoas saudáveis. Em áreas não ventiladas, a exposição ao CO pode levar à morte por asfixia.

**Hidrocarbonetos (HC)** • Categoria de poluentes com milhares de espécies, os HC também são conhecidos como compostos orgânicos voláteis (COV). Os veículos emitem tanto os gases HC de escapamento, que não foram completamente queimados, quanto os HC evaporativos. Os HC do motor são formados nas áreas mais ricas da chama, ou quando essa atinge as paredes do cilindro com temperaturas mais baixas. O setor dos transportes é responsável por aproximadamente 25% das emissões de HC no mundo causadas pelo ser humano, e por mais de 35% delas no mundo industrializado [EDGAR, 2001; EPA, 2001]. Da mesma forma que para o CO, na RMSP, os veículos contribuem com mais de 90% das emissões totais. São precursores da formação do ozônio troposférico, e ainda, muitas espécies de HC são tóxicas ou cancerígenas. O setor de transportes é responsável por 50-75% das espécies de HC no mundo, que são todas prováveis ou reconhecidamente cancerígenas: benzeno, acetaldeído, 1,3-butadieno, e formaldeído [EPA 2001]. A exposição às emissões de HC podem ainda causar problemas neurológicos, danos ao crescimento e à reprodução e impactos sobre o sistema respiratório.

**Óxidos de Nitrogênio (NOx)** • Nos países industrializados, o crescimento do número de veículos suprimiu os ganhos criados por normas mais rigorosas de controle de emissões e, portanto, as emissões veiculares de $NO_x$ não variaram muito nos últimos 20 anos. Mas se não houver ações adequadas, pode ocorrer aumento nas emissões totais de $NO_x$ com o aumento da frota. O $NO_2$ absorve energia luminosa e cria uma coloração marrom no ar poluído, de fácil identificação. O óxido de nitrogênio dos gases de escapamento e processos de combustão em geral (NO) se oxida para formar o dióxido de nitrogênio ($NO_2$), precursor primário da formação de ozônio na atmosfera. Nos veículos, os $NO_x$ ($NO + NO_2$) se formam principalmente em um processo térmico que se intensifica com o aumento da temperatura de combustão. Em altas temperaturas, o oxigênio reage com o nitrogênio do ar ($N_2$), e forma NO. Ao contrário do CO e dos HC, a formação dos $NO_x$ é favorecida com a mistura ligeiramente pobre e em altas taxas de compressão – como nos motores a diesel. Na RMSP, assim como o CO e o HC, o setor de transportes constitui a maior fonte de $NO_x$, responsável por mais de 90% das emissões. O $NO_2$ causa danos ao sistema respiratório, e a exposição a altas concentrações pode aumentar a incidência de doenças respiratórias nas crianças, podendo ocorrer diminuição na resistência às infecções respiratórias nos adultos. Além disso, assim como o HC, participa das reações fotoquímicas para a formação do ozônio, e constitui um dos dois componentes nocivos da chuva ácida ($HNO_3$), e contribui com grandes danos aos ecossistemas de lagos, estuários e florestas. O nitrato pode também reagir na atmosfera para formar partículas de aerossóis de nitrato, afetando assim a saúde e a visibilidade.

**Ozônio (O3)** • O ozônio troposférico, presente na camada mais baixa da atmosfera, é um poluente secundário (formado por reações fotoquímicas na atmosfera). Os $NO_x$ e os HC, na presença da luz do sol, constituem os precursores primários da formação do $O_3$ troposférico. Ele apresenta o pico durante o dia, geralmente por volta das três da tarde, e cai para concentrações quase nulas durante a noite. A relação entre a produção de $O_3$ e as concentrações de elementos precursores é complexa e não linear. Na verdade, as altas concentrações de NO que se encontram perto de rodovias e nas regiões urbanas, podem impedir a formação do $O_3$. A diluição e a oxidação do $NO_x$, em combinação com as emissões de HC, podem criar altos níveis de $O_3$ a jusante das regiões e fontes urbanas (correntes atmosféricas de transporte de poluição). Na estratosfera, o ozônio existe naturalmente, e constitui uma camada protetora contra a agressiva radiação ultravioleta. No nível da superfície terrestre, no entanto, o ozônio é um poluente perigoso e o elemento primário do *smog* fotoquímico. Um aumento do número de pacientes nos hospitais e nas salas de emergência, por doenças respiratórias, é correlacionado por cientistas a altas concentrações atmosféricas de $O_3$. A exposição de curto prazo pode agravar doenças respiratórias existentes (asma, por exemplo) e causar dores no peito, tosse, náusea e inflamação do pulmão e a exposição prolongada causa danos permanentes aos pulmões. O $O_3$ também prejudica safras agrícolas e danifica florestas, coberturas vegetais de encostas etc.

**Óxidos de Enxofre (SOx)** • Os óxidos de enxofre, emitidos principalmente em forma de dióxido de enxofre ($SO_2$), são criados pela oxidação do enxofre no combustível durante a combustão. As emissões do setor de transportes são responsáveis por menos de 3% das emissões totais no mundo [EDGAR, 2001]. Nos últimos anos, as regulamentações começaram a reduzir o teor de enxofre permitido nos combustíveis para o transporte. Atualmente, nos EUA, Europa e Japão, os teores de enxofre nos combustíveis veiculares são muito baixos, em torno de 10 a 15 ppm. No Brasil, esses são atualmente de 500 ppm em áreas metropolitanas e de 2.000 ppm no interior. Em 2009, espera-se que o diesel no Brasil baixe seu teor de enxofre para 50 ppm em áreas metropolitanas e 500 ppm no interior. Uma parcela do $SO_2$ é oxidada em $SO_3$. O $SO_3$ reage com a água para formar ácido sulfúrico ($H_2SO_4$) e particulados de sulfato. Nos gases de escape do diesel, o sulfato aerossol é um grande agente da formação de particulados. Adicionalmente, estima-se que mais de 12% do $SO_2$ emitido em regiões urbanas se converte na atmosfera em MP de sulfato [DARLINGTON e KAHLBAUM, 1999]. O dióxido de enxofre prejudica o sistema respiratório, agrava doenças cardiopulmonares, e pode aumentar o índice de doenças respiratórias. O ácido sulfúrico, assim como o $HNO_3$ é a segunda espécie de ácido que causa grandes danos ao ecossistema. Os particulados de sulfato representam uma preocupação significativa para a saúde, e são um dos principais poluentes responsáveis por problemas de visibilidade.

**Material Particulado (MP)** • São as partículas sólidas ou líquidas suspensas no ar. O MP inclui os ácidos e hidrocarbonetos pesados, material carbonáceo com frações solúveis adsorvidas, até os grãos de poeira. O $MP_{10}$ inclui todas as partículas de diâmetro inferior a 10 µm, tantos as grossas como as finas. As partículas grossas se formam principalmente por processos mecânicos de geração, incluindo fontes como, por exemplo, o desgaste dos pneus e a poeira levada pelo vento. Devido à precipitação, o ciclo de vida de partículas grossas na atmosfera é de menos de um dia. O $MP_{2,5}$ inclui todas as partículas de diâmetro inferior a 2,5 µm (fino, ultrafino, e nanopartículas). Partículas desse tamanho podem ser emitidas como poluentes primários ou como fuligem formada pela combustão incompleta, ou ainda como partículas de ácido que se formam nos gases de escape. O $MP_{2,5}$ tem um tempo de residência na atmosfera de alguns dias até várias semanas. As nanopartículas, com diâmetro inferior a 0,05 µm, têm um ciclo de vida menor, de minutos ou horas, principalmente por causa de sua agregação com outras partículas. O setor de transportes constitui fonte significativa de $MP_{2,5}$. Os inventários de emissões indicam que motores e veículos são os principais contribuintes de partículas finas e de partículas intermediárias (entre 2,5 e 10 µm) nas regiões urbanas. Na Região Metropolitana de São Paulo, a CETESB avaliou em 2004 que cerca de 30% do $MP_{10}$ são lançados

pelos escapamentos dos veículos a diesel e 10% por veículos com motores do Ciclo Otto. Os particulados do diesel são quase totalmente emitidos na faixa de $MP_{2,5}$, e são compostos principalmente por fuligem (partículas sólidas de carbono formadas durante a combustão com mistura rica) em combinação com compostos orgânicos voláteis e de enxofre. Os veículos a diesel operam com mistura pobre, entretanto, nas áreas ricas da chama é que se formam as partículas, criando a fuligem. Estudos realizados na RMSP em 1987/1993/1997/2000 e 2001 mostram que a fração fina predomina no material particulado inalável ($MP_{10}$), correspondendo a cerca de 60% desse material. Uma pequena porção do combustível e do óleo de lubrificação evaporado escapa da oxidação e termina como compostos orgânicos nos gases de escape – isso se chama fração orgânica solúvel (FOS). O enxofre do combustível é, em grande parte, oxidado em $SO_2$, mas uma pequena porção é oxidada em $SO_3$, e forma ácido sulfúrico, condensando para formar nanopartículas de sulfato. À medida que os gases de escape se esfriam, a fuligem e os sulfatos oferecem superfície para a condensação e a absorção de outros gases de HC. A composição das partículas pode ter um papel importante nos impactos do MP sobre a saúde, e a FOS acrescenta um aumento de toxicidade e de mutagênese. Embora as normas existentes para MP sejam baseadas na massa total das emissões, o número de partículas pode se mostrar mais importante. As nanopartículas talvez representem apenas 1-20% da massa total das emissões veiculares de MP, mas elas geralmente constituem mais de 90% da quantidade de partículas. As partículas menores são facilmente inaladas, e podem instalar-se no fundo dos pulmões, o que cria impactos maiores sobre a saúde que os danos causados por partículas maiores, que seriam mais provavelmente expelidas ou presas nas defesas corporais na cabeça ou na garganta. Embora a massa de emissões de MP não controladas emitidas por um veículo a diesel seja de 10 a 100 vezes maior do que por motores a gasolina, quando é levada em conta a quantidade ou o tamanho das partículas, os veículos a gasolina podem também ser causa de preocupação. Constatou-se em recentes pesquisas que motores a diesel novos projetados para reduzir a massa de MP, podem, na verdade, emitir quantidades equivalentes ou maiores de partículas menores [KITTELSON, 1998] – um desafio que se coloca para as autoridades de saúde e meio ambiente. Níveis de $MP_{2,5}$ existentes são consistentemente relacionados com mortes prematuras, bronquite crônica, doenças cardiovasculares e pulmonares e asma. As partículas também afetam a visibilidade, sobretudo as partículas pequenas, que eficazmente dispersam a luz. Pesquisas também indicam que a absorção da radiação solar por partículas de carbono, causam impacto sobre o aquecimento global. Não existe na legislação nacional padrão para $MP_{2,5}$. Os padrões propostos pela USEPA estabelecem que a média aritmética das médias anuais (calculadas a partir das médias de 24h) dos últimos três anos consecutivos não pode ultrapassar 15µg/m  e o percentil 98 das médias de 24h em três anos não pode ultrapassar 65µg/m para nenhuma estação da região. Em Cerqueira César e São Caetano do Sul, estações com dados representativos, as médias aritméticas dos últimos três anos superam o valor do padrão proposto pela USEPA.

## 3. QUALIDADE DO AR (texto adaptado do Relatório de Qualidade do Ar de 2005 da CETESB)

O Estado de São Paulo apresenta áreas distintas em relação à poluição do ar. A RMSP e Cubatão são áreas prioritárias. Apresentam níveis elevados de comprometimento da qualidade do ar, demandando, um sistema de monitoramento contínuo para acompanhamento histórico dos níveis de contaminação e desencadeamento rápido de providências em caso de ocorrência de episódios agudos de poluição do ar. O interior do Estado caracteriza-se por problemas de contaminação isolados, que merecem atenção especial pelas crescentes emissões de poluentes veiculares e industriais.

### Padrões de qualidade do ar

O padrão de qualidade do ar define um limite máximo regulamentado para a concentração de um poluente que garanta a proteção da saúde e do bem-estar da população. Os padrões primários e secundários de qualidade do ar são estabelecidos na Resolução CONAMA nº 03/90. Os padrões primários são as concentrações de poluentes que, se ultrapassadas, podem afetar a saúde e são entendidos como níveis máximos toleráveis, constituindo metas de curto e médio prazos a serem atingidas.

**Tabela 1 – Padrões nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº 3 de 28/06/90).**

| POLUENTE | TEMPO DE AMOSTRAGEM | PADRÃO PRIMÁRIO µg/m³ | PADRÃO SECUNDÁRIO µg/m³ | MÉTODO DE MEDIÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| Partículas totais em suspensão | 24 horas[1]<br>MGA[2] | 240<br>80 | 150<br>60 | amostrador de grandes volumes |
| Partículas inaláveis | 24 horas[1]<br>MAA[3] | 150<br>50 | 150<br>50 | separação inercial/filtração |
| Fumaça | 24 horas[1]<br>MAA[3] | 150<br>60 | 100<br>40 | refletância |
| Dióxido de enxofre | 24 horas[1]<br>MAA[3] | 365<br>80 | 100<br>40 | pararosanilina |
| Dióxido de nitrogênio | 1 hora<br>MAA[3] | 320<br>100 | 190<br>100 | quimiluminescência |
| Monóxido de carbono | 1 hora[1]<br>8 horas[1] | 40.000<br>35 ppm<br>10.000<br>9 ppm | 40.000<br>35 ppm<br>10.000<br>9 ppm | infravermelho não dispersivo |
| Ozônio | 1 hora[1] | 160 | 160 | quimiluminescência |

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.

(2) Média geométrica anual.

(3) Média aritmética anual.

Padrões secundários são as concentrações abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. São os níveis máximos desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo. O objetivo do estabelecimento de padrões secundários é criar a base para uma política de prevenção da degradação da qualidade do ar. Devem ser aplicados a áreas de preservação (por exemplo: parques nacionais, áreas de proteção ambiental, estâncias turísticas etc.) e não a áreas de desenvolvimento, onde devem ser aplicados os padrões primários (pelo menos por ora).

A Resolução CONAMA nº 03/90 também estabelece os critérios para episódios agudos de poluição. Esses critérios são apresentados na tabela a seguir.

**Tabela 2 – Critérios para episódios agudos de poluição do ar (Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/90).**

| PARÂMETROS | ATENÇÃO | ALERTA | EMERGÊNCIA |
|---|---|---|---|
| Partículas totais em suspensão (µg/m³) – 24 horas | 375 | 625 | 875 |
| Partículas inaláveis (µg/m³) – 24 horas | 250 | 420 | 500 |
| Fumaça (µg/m³) – 24 horas | 250 | 420 | 500 |
| Dióxido de enxofre (µg/m³) – 24 horas | 800 | 1.600 | 2.100 |
| $SO_2$ X PTS (µg/m³) – 24 horas | 65.000 | 261.000 | 393.000 |
| Dióxido de nitrogênio (µg/m³) – 24 horas | 1.130 | 2.260 | 3.000 |
| Monóxido de carbono (µg/m³) – 24 horas | 15 | 30 | 40 |
| Ozônio (µg/m³) – 24 horas | 400* | 800 | 1.000 |

O nível de atenção é declarado pela CETESB com base na Legislação Estadual que é mais restritiva (200 µg/m³).

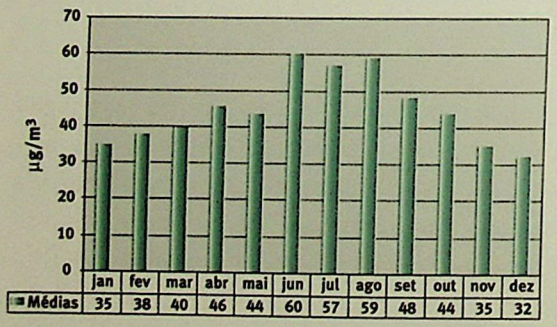
O nível de atenção é a concentração de determinado poluente acima da qual deve ocorrer agravamento de doenças respiratórias existentes ou o aparecimento de sintomas na população sadia. O nível de alerta é aquele acima do qual ocorre o aparecimento prematuro de certas doenças respiratórias, o agravamento de sintomas e a queda da resistência física em pessoas saudáveis. Por sua vez, em concentrações acima do nível de emergência devem ocorrer mortes prematuras de doentes e idosos e a saúde de pessoas saudáveis é afetada a ponto de interferir em suas atividades normais. Em caso de ultrapassagem desses níveis, o órgão ambiental deve recomendar ao setor produtivo e à população em geral a restrição a certas atividades, conforme prevê a regulamentação estadual.

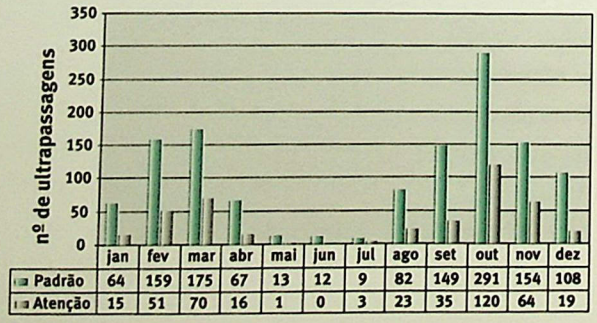
### Qualidade do ar na RMSP

Embora seja longa a lista dos poluentes lançados na atmosfera pelos processos industriais, queima de material combustível, e pela circulação de veículos automotores, os poluentes que mais preocupam as autoridades ambientais e de saúde nos grandes centros urbanos atualmente são os materiais particulados inaláveis ($MP_{10}$) – durante os episódios de inversão térmica nos dias mais frios –, e o ozônio, que ocorre em maiores níveis durante os dias mais quentes do ano. Esses poluentes ultrapassam rotineiramente os padrões de qualidade do ar e os níveis de atenção, em que a probabilidade de ocorrência de danos à saúde é maior. Poluentes como o CO, e os $SO_x$ foram os primeiros alvos de vigorosas políticas de sucesso de descontaminação sobre a indústria e a frota, e hoje encontram-se em níveis normalmente inferiores aos padrões de qualidade do ar.

As figuras abaixo indicam o número de ultrapassagens do padrão e nível de atenção na Região Metropolitana de São Paulo, mês a mês, para $MP_{10}$ e $O_3$. Observa-se claramente nas figuras a tendência de ocorrência de episódios críticos com maior freqüência para $MP_{10}$ no inverno, e para o $O_3$ nos meses mais quentes.

**Figura 3 – Número de ultrapassagens do padrão e nível de atenção $MP_{10}$ e $O_3$ por mês (1997 a 2005) RMSP.**



## Partículas Inaláveis ($MP_{10}$)

Observa-se na figura abaixo pela evolução das concentrações médias anuais de $MP_{10}$ na RMSP, que estas encontram-se acima do padrão anual de qualidade de 50 µg/m³ até 1997 e a partir daí, apresentam ligeira tendência de queda – provavelmente, devido às ações intensificadas da CETESB de controle das emissões de fumaça preta por veículos a diesel (Operação Caça-Fumaça) e pela própria renovação da frota a diesel, já introduzindo as melhorias tecnológicas com vistas ao atendimento do PROCONVE. A tendência de queda é confirmada na figura seguinte pelo número de ultrapassagens do padrão de qualidade do ar nos últimos anos.

**Figura 4 – $MP_{10}$ - Evolução das concentrações médias anuais na RMSP e Cubatão – Rede Automática.**

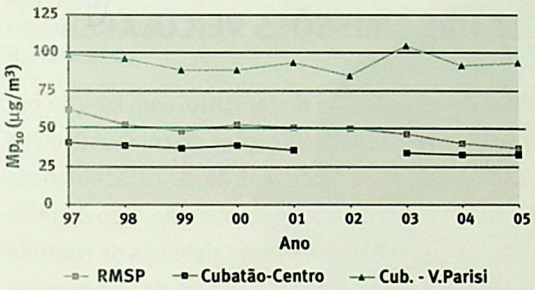
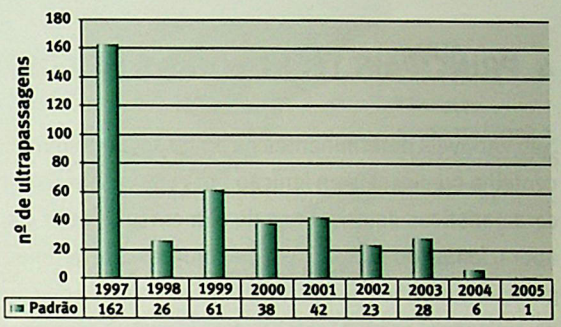



**Figura 5 – $MP_{10}$ - Número de ultrapassagens do padrão por ano – RMSP – Rede Automática.**




| | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Padrão | 162 | 26 | 61 | 38 | 42 | 23 | 28 | 6 | 1 |

## Material Particulado Fino (MP 2,5)

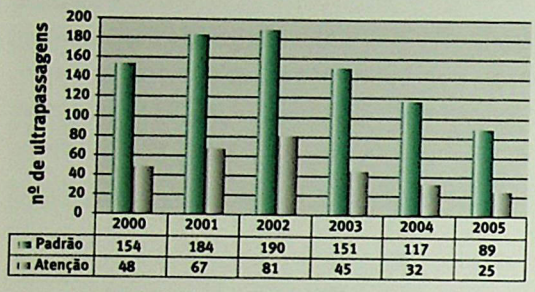
As partículas inaláveis são formadas pelas frações fina – $MP_{2,5}$ (<2,5µm) e grossa (2,5µm a 10µm). As partículas inaláveis grossas resultam de processos mecânicos, como operações de moagem, e por ressuspensão de poeira. As partículas finas são emitidas na combustão, tanto em processos industriais quanto em motores de veículos. Elas também se formam na atmosfera a partir de reações químicas de $SO_2$, $NO_X$ e COV's. A fração fina penetra mais profundamente nos alvéolos pulmonares. Diversos estudos realizados na RMSP entre 1987 e 2005 mostram que a fração fina predomina no material particulado inalável ($MP_{10}$), correspondendo a cerca de 60% desse material.

Não existe na legislação brasileira padrão de qualidade para $MP_{2,5}$. Os padrões propostos pela USEPA (*Environmental Protection Agency* dos Estados Unidos) estabelecem que a média anual não pode ultrapassar 15µg/m³. Em Cerqueira César e São Caetano do Sul, estações com dados representativos, as médias aritméticas dos últimos três anos superam o valor do padrão proposto pela USEPA, caracterizando a necessidade de implementação das novas fases do PROCONVE que permitirão a introdução em larga escala de filtros de MP com eficiência de redução do $MP_{2,5}$ – tanto em massa quanto em número de partículas – de mais de 95%.

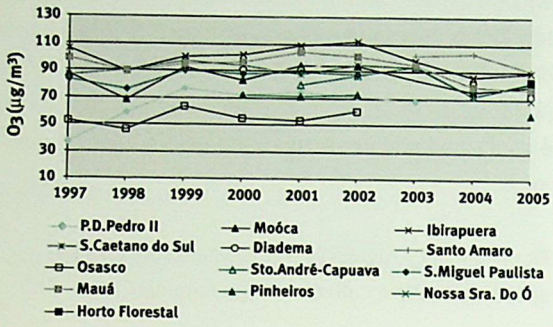
## Ozônio ($O_3$)

A situação da contaminação por $O_3$ na RMSP não é menos grave do que para o $MP_{10}$. As figuras a seguir mostram que as ultrapassagens do padrão de 160 µg/m³ e até mesmo do estado de atenção (200 µg/m³ – legislação estadual) ocorrem rotineiramente. Ao contrário dos demais poluentes, não há uma clara tendência de queda das concentrações-ambientes de ozônio. Isso indica, que há necessidade de desenvolvimento de um plano específico de controle, focalizado especialmente nos seus precursores – os hidrocarbonetos (HC) e os óxidos de nitrogênio ($NO_X$), dois poluentes de origem predominantemente veicular.

**Figura 6 – $O_3$ – Número de ultrapassagens do padrão $O_3$ – Evolução das concentrações médias anuais das máximas diárias – RMSP (médias de 1 hora) por ano – RMSP.**




| | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Padrão | 154 | 184 | 190 | 151 | 117 | 89 |
| Atenção | 48 | 67 | 81 | 45 | 32 | 25 |




## 4. PRINCIPAIS TECNOLOGIAS DE CONTROLE DAS EMISSÕES VEICULARES

São variáveis determinantes na emissão de poluentes, o ciclo de operação do motor (Otto, com ignição por centelha ou diesel, com ignição por compressão); o tipo, a qualidade e as especificações do combustível; as características dos sistemas de alimentação de ar e combustível e do sistema de ignição; as características operacionais do motor (taxa de compressão, geometria do pistão e da câmara de combustão, tipo de refrigeração e lubrificação, características da caixa de câmbio etc.); e a presença ou não de sistemas de controle de emissões, como o catalisador, o canister (reservatório de armazenamento de vapores de combustível para o controle das emissões evaporativas), a válvula EGR (*Exhaust Gas Recirculation*), os filtros etc.

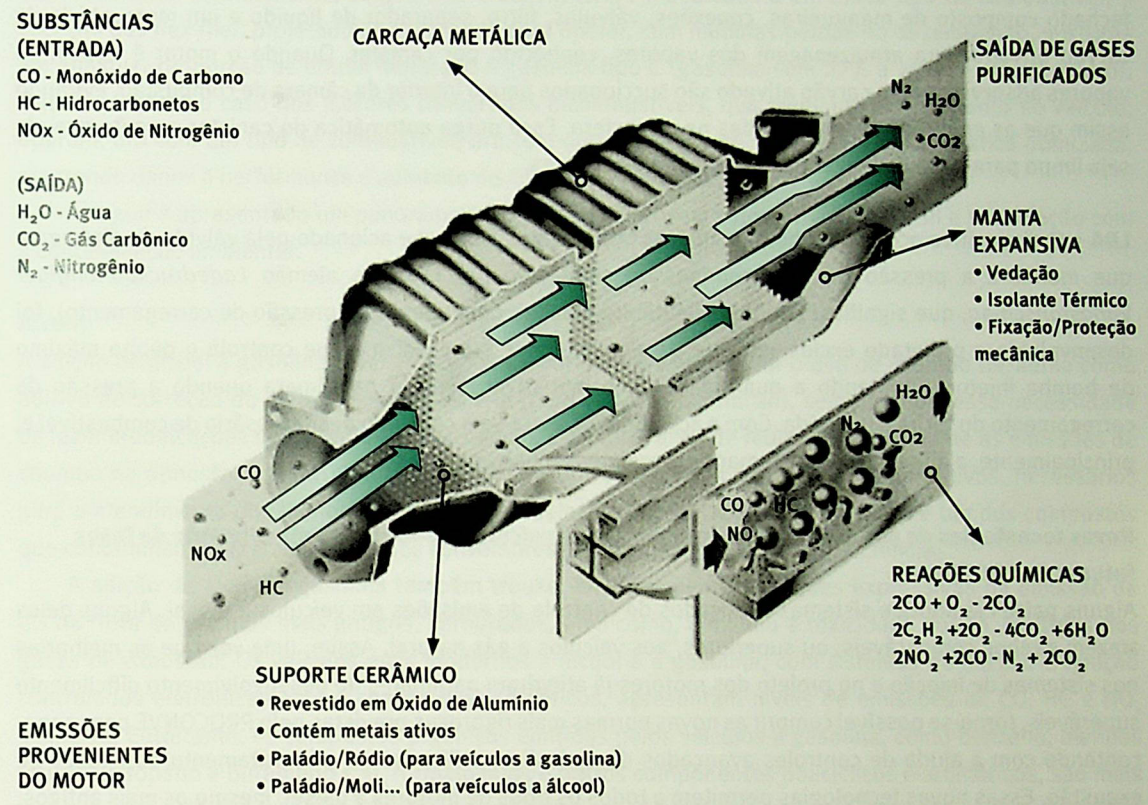
As diversas tecnologias aplicadas aos veículos principalmente após o início dos anos 90, visando ao controle das emissões veiculares, têm produzido impactos ambientais relevantes, reduzindo a poluição atmosférica em áreas urbanas que apresentam quadros preocupantes de contaminação, como Los Angeles, Cidade do México, Santiago do Chile e São Paulo, entre outras tantas.

**Válvula EGR** • Quando o motor trabalha em carga intensa, altas temperaturas e pressões são desenvolvidas na câmara de combustão. Embora essa seja a melhor condição para redução das emissões de CO, HC e MP, é a que mais favorece a formação dos picos de $NO_x$. A válvula EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) retira uma pequena parcela dos gases de exaustão – cerca de 5% em volume nos motores Otto e até 20% nos diesel – somente nos momentos em que ocorrem picos de formação de $NO_x$, e a introduz no sistema de admissão de ar. Com a adição dessa parcela de gás inerte em substituição à mistura, há prejuízo parcial da combustão, o que faz a temperatura da queima cair e, conseqüentemente, as emissões de $NO_x$ são reduzidas. Podem ser obtidas reduções de $NO_x$ de até 60%, com a introdução da EGR.

**Catalisador** • Os catalisadores têm o objetivo de transformar as moléculas de CO e HC contidas nos gases de exaustão em $CO_2$ e $H_2O$ (oxidação), bem como as moléculas dos $NO_x$ em $N_2$ e $O_2$ (redução). Por serem responsáveis pelo controle simultâneo de três poluentes, recebem o nome de catalisadores de três vias. O catalisador é composto por uma carcaça metálica externa, corpo cerâmico monolítico poroso semelhante a uma fina colméia, manta envoltória metálica interna de proteção do monolito contra impactos e vibrações e substrato de óxido de alumínio (alumina) impregnado com metais nobres, que recobre e aumenta a superfície ativa do catalisador em cerca de 7.000 vezes. Essa área, onde se processam as reações de conversão dos poluentes em produtos inofensivos, chega normalmente a dezenas de milhares de mettros quadrados. Os metais nobres utilizados nos catalisadores são platina, paládio e ródio, em quantidades entre 1 e 2 g. A sonda $\lambda$ *(lambda)* tem a função de monitorar o teor de oxigênio antes do catalisador e enviar um sinal elétrico para

a central eletrônica de comando da injeção de combustível, informando o quanto a mistura se afasta, para um lado ou para o outro, da relação estequiométrica. A partir dessa informação, a central eletrônica decide se injeta mais ou menos combustível no motor. Esse sistema de *feed-back* é conhecido por *closed loop* ou circuito fechado. As constantes correções de λ por esse sistema (várias vezes por segundo) não permitem que essa se afaste da relação estequiométrica, garantindo a otimização do controle das emissões.

**Figura 7 – Catalisador de três vias para veículos equipados com motores do ciclo Otto.**




Um fenômeno particular do mercado brasileiro de peças de reposição tem preocupado as autoridades ambientais nos últimos anos. Trata-se da comercialização disseminada de catalisadores falsos, instalados em veículos com alguns anos de uso em substituição aos originais, devido aos altos preços dos catalisadores de reposição originais e a um estimulante mercado ilícito de comercialização de metais preciosos. Apesar de constituir prática conflitiva com diversos dispositivos da legislação ambiental, a ausência de fiscalização dos pontos de fabricação e distribuição dessas peças e de programas de inspeção veicular no Brasil, favorecem o crescimento da frota irregular, estimada por fabricantes em mais de três milhões e meio de unidades (em 2005).

**Catalisador original**

**Catalisador falso**

**Canister** • As emissões evaporativas representam grande parcela do total de HC emitido pela frota. As principais causas das emissões evaporativas nos veículos a gasolina são os respiros do tanque, da cuba do carburador e da tampa de abastecimento. A taxa de evaporação aumenta com a temperatura do combustível e, por essa razão, as maiores quantidades evaporadas ocorrem logo após o desligamento do motor, pois esse não mais recebe o fluxo de ar de resfriamento devido ao movimento do veículo. O sistema de controle de emissões evaporativas foi criado para confinar esses vapores em um circuito fechado, purgado constantemente por meio da pressão negativa exercida pela admissão de ar. Consiste em um sistema fechado composto de mangueiras, conexões, válvulas, filtro, separador de líquido e um reservatório de carvão ativado para armazenagem dos vapores, conhecido por canister. Quando o motor é ligado, os vapores adsorvidos pelo carvão ativado são succionados para o interior da câmara de combustão, evitando assim que as emissões sejam lançadas na atmosfera. Essa purga automática do canister permite que ele seja limpo para a armazenagem de nova carga de vapores.

**LDA** • O dispositivo acoplado à bomba injetora dos veículos a diesel e acionado pela válvula do diafragma que monitora a pressão do turbocompressor, conhecido por LDA (do alemão *Ladedruckabhängiger Vollastanschlag*, que significa: limitador de débito máximo dependente da pressão de carregamento), foi desenvolvido e projetado exclusivamente para atuar sobre o mecanismo que controla o débito máximo da bomba injetora, limitando a quantidade de combustível injetado na câmara quando a pressão de carregamento do turbo é reduzida. Com a ação do LDA, evita-se o consumo desnecessário de combustível e, principalmente, a alta emissão de fumaça em regimes de baixas cargas.

### Novas tecnologias de pós-tratamento de emissões de veículos a diesel para atendimento de fases futuras do PROCONVE

Alguns países já adotam sistemas avançados de controle de emissões em veículos a diesel. Alguns deles trazem ganhos comparáveis, ou superiores, aos veículos a gás natural. Assim, uma vez que as melhorias nos sistemas de injeção e no projeto dos motores já atingiram patamares de desenvolvimento dificilmente superáveis, torna-se possível cumprir as novas normas mais rigorosas previstas pelo PROCONVE para 2009, contando com a ajuda de controles avançados de emissões, utilizados no pós-tratamento dos gases de exaustão. Essas novas tecnologias permitem a todos os tipos de motores a diesel, mesmo os mais antigos, atenderem normas de emissões mais rigorosas. Algumas dessas tecnologias de pós-tratamento requerem combustíveis com baixo (inferior a 50 ppm) ou ultrabaixo (inferior a 15 ppm) teor de enxofre para alcançar seu máximo benefício. Outras, como os catalisadores de oxidação dispensam tais requisitos, mas têm menor potencial de redução das emissões.

Entre as novas tecnologias estão os catalisadores de oxidação para veículos a diesel (DOCs), os filtros de particulados para diesel (DPFs) e os adsorvedores de $NO_x$ e sistemas de redução catalítica de $NO_x$ (SCR). A redução de $NO_x$ por meio da válvula EGR, se utilizada como Retrofit (adaptação de veículos usados), pode aumentar as emissões de material particulado pela injeção de gases já queimados na câmara de combustão e conseqüente redução da temperatura da combustão. Por sua vez, os sistemas de redução catalítica (SCR), que atingem cerca de 90% de eficiência, são caros e trazem polêmica às discussões sobre os próximos passos do PROCONVE, devido à necessidade de injeção de quantidades de uréia, aditivo usado para promoção das elevadas reduções nas emissões de $NO_x$ – transformando-os em $N_2$ e $H_2O$. Não obstante, esses reatores permitem que o motor trabalhe em sua melhor condição de eficiência, reduzindo as emissões de CO, HC e MP e o consumo. Sua aplicação em larga escala pressupõe a implantação de um sistema complexo e abrangente de distribuição e venda de uréia no País e a obrigatoriedade de seu uso pelos frotistas, com custos adicionais de operação. Algumas experiências estão em andamento, especialmente na Europa, o que em breve trará mais elementos para a tomada de decisão dos órgãos reguladores brasileiros.

## 5. QUALIDADE DOS COMBUSTÍVEIS E ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS

Para que a relação tecnológica entre motores e combustíveis produza os melhores resultados, inclusive ambientais, é essencial que haja sintonia entre a indústria automobilística e a indústria dos combustíveis. Os motores e seus componentes periféricos devem ser projetados para seu máximo de eficiência e desempenho, operando com combustível com especificações controladas e adequadas à minimização dos impactos ao meio ambiente. Normalmente, cada motor é desenvolvido e dedicado a um único tipo de combustível, à exceção dos *flex-fuel*, projetados e calibrados para operar, com mínimas perdas no desempenho, misturas em qualquer proporção de etanol hidratado e gasolina tipo C (gasolina com 22% a 25% de etanol anidro). Outra exceção é o caso dos motores convertidos bicombustíveis, que mediante chaveamento no veículo, operam, ora com um tipo de combustível, ora com outro; entretanto, perde-se a característica otimizada, ocorrendo danos à performance e aumento no consumo e emissões.

A seguir é apresentado um panorama geral dos combustíveis automotivos no Brasil e sua relação com a contaminação ambiental.

### Álcool

A adição de álcool à gasolina a partir de 1991 permitiu ao Brasil eliminar o uso de chumbo tetraetila como aditivo de correção da octanagem da gasolina (para evitar a detonação), sem que houvesse necessidade de fazer modificações nos veículos em circulação. Esse fato, além de reduzir drasticamente as emissões de chumbo na atmosfera, contribuiu para viabilizar a introdução de catalisadores automotivos, necessários para o atendimento dos limites de emissão estabelecidos no PROCONVE. O chumbo é um dos compostos que contaminam os metais nobres dos conversores catalíticos, reduzindo sua eficiência.

A adição de álcool à gasolina também trouxe, imediatamente, reduções expressivas na emissão de CO da frota de veículos mais antigos, carburados, bem como, diminuiu a toxicidade dos HC contidos nos gases de exaustão. Os veículos mais modernos a álcool e a gasolina, com sistemas de injeção e ignição controlados eletronicamente e conversores catalíticos, apresentam níveis de emissões de CO, HC e $NO_x$ similares. Entretanto, os compostos orgânicos emitidos pelos veículos a gasolina, como benzeno, olefinas (etileno, propeno e butadieno 1,3), formaldeídos e outros componentes policíclicos e aromáticos, são mais tóxicos que os HC dos veículos à álcool. Esses emitem predominantemente aldeído acético, que tem efeito carcinogênico inferior ao do benzeno presente nas emissões da gasolina. Cabe destacar também, que por ser o álcool praticamente isento de enxofre, seu uso em substituição à gasolina tem a propriedade de reduzir a emissão de $SO_2$, precursor do ácido sulfúrico ($H_2SO_4$), um dos componentes da chamada "chuva ácida". Os motores a álcool (combustível renovável) são mais eficientes que os a gasolina, significando em todos os aspectos vantagem em relação à emissão de $CO_2$. O álcool apresenta limite de combustão (relações ar/combustível $\lambda$ até 1,35) maior que a gasolina ($\lambda$ até 1,10), permitindo $\lambda$ mais pobres e mais limpas. O álcool puro, devido à menor pressão de vapor, tem emissão evaporativa significativamente menor que a da gasolina. Isso implica também em menor desperdício e maior segurança no manuseio do combustível.

A combustão do álcool também resulta em emissão de material particulado significativamente menor que a gasolina. O material particulado e o ozônio são no momento os compostos mais críticos da poluição do ar dos grandes centros urbanos brasileiros. Além de todas essas vantagens ambientais, o álcool é menos prejudicial à saúde no manuseio e causa menores danos ao meio ambiente no caso de derramamento acidental.

### Álcool e efeito estufa

É notável o enorme espaço que se abre nesse início de milênio com as iniciativas decorrentes do Protocolo de Kyoto para a viabilização de novas tecnologias de motorização, como os veículos a álcool, os *flex-fuel*, híbridos (combinação de motor de combustão interna e elétrico), a hidrogênio, gás, os elétricos a bateria

etc. Diversos países já estão tomando iniciativas a respeito, criando limitações regulamentares e impostos sobre as emissões de $CO_2$ de origem fóssil.

Sabe-se que a produção de etanol é um eficaz redutor das emissões de $CO_2$ fóssil, pois substitui a queima da gasolina. O uso do álcool representa atualmente uma redução de cerca de 10% das emissões totais de carbono no Brasil [GOLDENBERG, 2002]. Se for considerada somente a parcela fóssil da gasolina C, o fator de emissão de $CO_2$ médio dos veículos leves a gasolina é de cerca de 165 g/km [ÁLVARES & LINKE, 2003]. Isso significa, que somente com os cerca de dois milhões de carros a etanol hidratado em circulação no Estado de São Paulo (substitutos dos carros a gasolina tipo C), foram evitadas em 2002 perto de quatro milhões de toneladas de $CO_2$ de origem fóssil, o que demonstra o grande potencial do álcool de cana-de-açúcar na redução do efeito estufa.

Fatos auspiciosos, que abrem caminho para o uso do etanol, se multiplicam também no cenário internacional. Após o recente banimento do MTBE (metil-tércio-butil-éter, produto tóxico de origem fóssil adicionado à gasolina) pela Agência Federal de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), o governo da Califórnia aprovou em julho de 2002 uma lei estabelecendo metas para a limitação das emissões de gases do efeito estufa para veículos leves e médios comercializados naquele Estado. A medida pode ser adotada por outros estados norte-americanos. Isso implicará necessariamente uma significativa redução do consumo de combustíveis fósseis no principal nicho responsável pelas mudanças climáticas: o setor dos transportes dos EUA.

A Europa e o Japão já haviam adotado no final da década de 1990, estratégias igualmente audaciosas para a redução das emissões de $CO_2$ de seus veículos. Na União Européia, uma proposta de limitação de emissão em 140 g/km para o $CO_2$ poderá entrar em vigor em 2008 [WALSH, 2002]. Atualmente, um veículo de médio porte emite em torno de 180 a 200 g/km.

### Gasolina tipo C

A aditivação da gasolina com 22% (atualmente 25%) de álcool anidro trouxe benefícios como a redução drástica da emissão de compostos de chumbo para a atmosfera. A eliminação do chumbo tetraetila da gasolina teve como conseqüência a queda das concentrações desse poluente na atmosfera da RMSP de 1,4 $\mu g/m^3$ em 1978 para menos de 0,10 $\mu g/m^3$ em 1991, bem abaixo do padrão nacional de qualidade de 1,5 $\mu g/m^3$. A medida também contribuiu para a viabilização da introdução dos catalisadores. A redução dos teores de enxofre médios observados nos postos, dos atuais 1.000 ppm para 400 ppm em 2004 e para 80 ppm em 2008, e algumas mudanças na curva de destilação, deverão ocorrer, conforme previsto nos acordos em negociação com produtores de combustíveis.

### Diesel

Com o advento do Diesel Metropolitano em meados da década de 1990, a qualidade ambiental do diesel vem sofrendo melhorias no que concerne ao teor de enxofre. A última delas ocorreu com a redução, a partir de 2006, de 2.000 ppm para 500 ppm nas Regiões Metropolitanas e de 3.500 ppm para 2000 ppm no interior. Antes desse período o conteúdo de enxofre chegava a 5.000 ppm ou até 10.000 ppm, dependendo do local de distribuição. Dessa forma, os órgãos ambientais lograram nos últimos anos grandes avanços em seu esforço concentrado para reduzir o teor de enxofre do diesel. Além de reduzir a formação de $SO_2$, reduções adicionais do teor de enxofre abaixo de 50 ppm possibilitam o uso de sistemas mais sofisticados de controle de emissão, com reflexos positivos na redução das emissões de partículas.

Alterações na curva de destilação do diesel, redução da faixa de densidade, aumento do número de cetano, e redução do teor de enxofre dos 500 ppm, para 50 ppm a partir de 2009 em áreas metropolitanas, são necessárias. Em 2009, ocorrerá também nova redução do teor de enxofre para 500 ppm para o interior. A possível introdução de limites para os poliaromáticos, nessa fase, poderá aproximar o futuro diesel

brasileiro aos combustíveis europeu e norte-americano, diminuindo a tendência à formação de óxidos de nitrogênio e partículas inaláveis. É fundamental que a partir de 2009, não apenas as áreas metropolitanas, mas todo o País, tenha disponível o diesel de teor de enxofre inferior a 50 ppm, pois, do contrário, há risco de danos irreversíveis aos sistemas avançados de controle de emissões dos veículos fabricados a partir de 2009, em conformidade com o cronograma do PROCONVE.

Para viabilizar a introdução desses sistemas avançados de controle de material particulado, óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos em veículos a diesel novos e até mesmo em veículos em uso (Retrofit), diversos países já praticam teores de enxofre da ordem de 50 ppm. A Suécia pratica teores próximos a 10 ppm – 200 vezes menos do que o diesel do interior e 50 vezes menor que o diesel da RMSP.

### Gás natural

A expectativa de ampliação de uso do gás natural em ônibus urbanos, particularmente nos grandes centros urbanos, é positiva do ponto de vista do meio ambiente, dado o baixo potencial poluidor deste combustível, especialmente no que concerne ao material particulado. Entretanto, a operação mais abrangente com gás natural depende da criação de mecanismos de financiamento específicos, em face dos maiores custos envolvidos em relação à alternativa do diesel. Os operadores de ônibus também apresentam resistência para operação com gás, devido a problemas técnicos e operacionais inerentes à implementação de novas tecnologias ainda em aperfeiçoamento. Outro problema para frotistas é a dificuldade de venda dos veículos a gás após sua vida operacional. As emissões dos ônibus a gás são mais baixas que os atuais níveis regulamentados na Europa (Euro III) e, ainda, permitem o atendimento dos padrões futuros (Euro IV e V). Entre as demais vantagens ambientais dos ônibus a gás, podem ser citadas:

- emissão de $CO_2$ cerca de 10% menor que os concorrentes a diesel;
- elimina impacto da fumaça preta, mesmo estando desregulado;
- emissão de ruído tipicamente mais baixa que os concorrentes a diesel;
- permite a utilização de catalisadores (ciclo Otto) para redução de $NO_x$, CO e HC;
- HC (metano) menos tóxicos que os HC (policíclicos e aromáticos) dos concorrentes a diesel.

As figuras abaixo permitem a comparação das emissões típicas dos ônibus a gás com as demais tecnologias de motorização e com os limites do Brasil e Europa.

**Figura 8 - Emissões típicas de ônibus urbanos - $NO_x$**

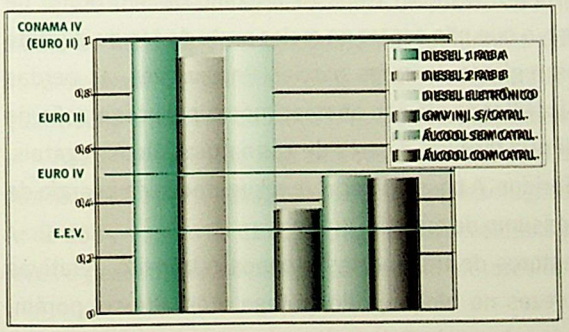



**Figura 9 - Emissões típicas de ônibus urbanos - CO**

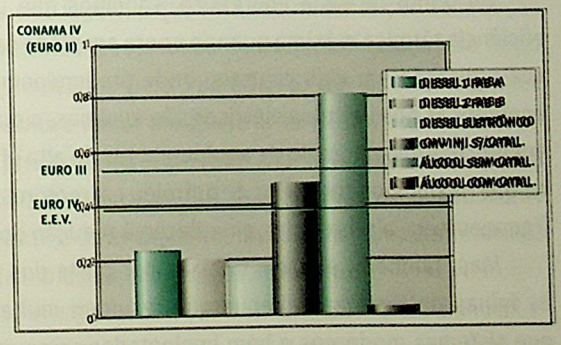


**Figura 10 - Emissões típicas de ônibus urbanos - HC**

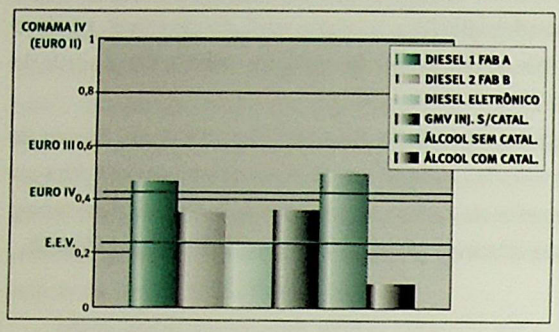
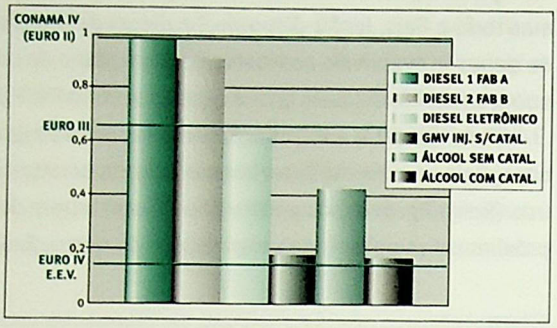



**Figura 11 - Emissões típicas de ônibus urbanos - MP**




### Veículos de tração elétrica

Os órgãos ambientais vêm incentivando amplamente a adoção de sistemas efetivamente limpos, como o transporte eletrificado, especialmente em corredores de áreas centrais congestionadas. Além de suas características de emissão nula de gases e partículas e ruído interno e externo muito inferiores aos concorrentes movidos a diesel ou gás natural (90% de redução do impacto no ouvido da população na calçada), essa alternativa oferece aos usuários menos solavancos e vibrações e maior conforto durante os deslocamentos. A 50 km/h em circulação normal em via plana, os ônibus movidos a diesel emitem 84 a 86 dB (A), enquanto os trólebus 70 a 78 dB (A) (abaixo do ruído de fundo característico de boa parcela das vias públicas de São Paulo). Adicionalmente, os efeitos do ruído dependem da freqüência das ondas sonoras produzidas. Para altas freqüências, como no caso dos ônibus elétricos, a perturbação sonora desaparece mais rapidamente do que a produzida pelos ônibus a diesel, visto que, nesse caso, tem-se uma predominância de baixas freqüências. Pelas razões apontadas, a transmissão do ruído e das vibrações produzidas por ônibus a diesel se propaga mais facilmente através de muros e paredes do que a transmissão do ruído e das vibrações produzidas por ônibus elétricos. Cabe ressaltar que os benefícios ambientais do transporte eletrificado independem do estado de manutenção ou da idade da frota, o que representa mais uma vantagem em relação aos veículos convencionais, que mesmo equipados com tecnologias modernas e movidos a combustíveis chamados "limpos", como o etanol ou gás natural, estão sempre sujeitos à desregulagem, desgaste e conseqüente deterioração das emissões de poluentes ao longo de sua vida útil. O controle eletrônico de aceleração evita o enrugamento do pavimento, reduzindo a freqüência de manutenção das vias públicas.

Do ponto de vista energético, sabemos que um motor a diesel trabalha próximo de seu ponto de eficiência térmica máxima quando opera em plena carga, o que não ocorre na maior parte do tempo durante sua utilização em vias centrais, onde predominam os regimes de carga parcial. Por sua vez, as perdas energéticas nos veículos elétricos são mínimas, o que justificaria até seu abastecimento pela cogeração de energia elétrica por meio de equipamentos de alta eficiência térmica, a partir de gás natural, óleos vegetais, ou até mesmo por derivados de petróleo em motores híbridos. A possibilidade de recuperação da energia de frenagem vem ainda somar, em relação à redução do consumo de energia.

Mas, também, existem queixas por parte dos gestores de transportes urbanos e trânsito, relativas às falhas do Sistema Trólebus que resultam muitas vezes no bloqueio do tráfego. Ressalte-se, porém, que sistemas modernos e bem implantados como os corredores da Empresa Metropolitana de Transporte Urbano de São Paulo – EMTU do Estado de São Paulo, apresentam baixas taxas de falha, até inferiores ao Sistema Diesel.

A ampliação da utilização da energia elétrica para tração na matriz de transporte público em áreas centrais significa, portanto, importante passo no desenvolvimento de um sistema de transporte urbano

menos agressivo ao meio ambiente. Espera-se, portanto, que as políticas nacionais energéticas e de transportes, venham a incentivar e privilegiar sua utilização nos centros urbanos congestionados, e não penalizá-la com tarifas bem mais onerosas como ocorre com a distorcida tarifa horo-sazonal.

## 6. MEDIDAS DE CONTROLE DA POLUIÇÃO VEICULAR

Além das emissões de escapamento e evaporativas controladas nos veículos novos, também existem as emissões de MP originadas pelo desgaste de pneus e freios. Embora não sejam consideradas preocupantes, seu controle é muito difícil e dependeria do uso de materiais que minimizassem essas emissões e que reduzissem o seu impacto no meio ambiente.

Quanto às emissões de ruído da frota circulante, essas são geradas no motor, nas peças e componentes móveis, no escapamento, nos sistemas de admissão de ar e alimentação de combustível, na carroceria e no contato entre pneus e solo. Analogamente ao que ocorre com os poluentes atmosféricos, a intensidade sonora e as freqüências preponderantes do ruído gerado são funções de numerosas variáveis, determinadas pelo projeto do veículo, em função da sua aplicação e da conformidade com a legislação de controle de emissões de veículos novos – vigente no Brasil desde 1993 (Resoluções CONAMA 1 e 2 de 1993).

### PROCONVE

Constatada a gravidade da poluição gerada pelos veículos, a CETESB, durante a década de 80, desenvolveu as bases técnicas que culminaram com a Resolução nº 18/86 do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, que estabeleceu o PROCONVE – Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, posteriormente complementada por outras Resoluções CONAMA. A Lei Federal nº 8.723 de 1993 definiu os limites de emissão para veículos leves e pesados.

O PROCONVE exige que os veículos e motores novos atendam a limites máximos de emissão, em ensaios de laboratório padronizados e com combustíveis de referência. O programa impõe ainda a certificação de protótipos e de veículos da produção, o recolhimento e reparo dos veículos ou motores encontrados em desconformidade com a produção ou o projeto, e proíbe a comercialização dos modelos de veículos não licenciados pela CETESB, que atua como órgão coordenador do PROCONVE a nível nacional. A CETESB é o órgão técnico conveniado do IBAMA. No licenciamento ambiental são analisados os parâmetros de engenharia do motor e as emissões são quantificadas e comparadas aos limites máximos em vigor.

Os fabricantes de veículos vêm cumprindo as exigências legais, o que resultou na obtenção de redução média de mais de 94% na emissão de poluentes dos veículos leves novos de 2005, em relação ao início do programa. Os veículos leves foram considerados prioritários pelo PROCONVE, devido a sua grande quantidade e intensa utilização, que os caracterizaram como o maior problema a ser enfrentado.

Atualmente, estão implantados os limites para as próximas fases do PROCONVE. A evolução histórica dos limites é apresentada nas tabelas das Resoluções do CONAMA disponíveis no Relatório de Qualidade do Ar de 2005 no sítio da CETESB (http://www.cetesb.sp.gov.br). Os avanços do PROCONVE abrangem veículos leves e pesados, tanto os equipados com motores do ciclo Diesel quanto os do ciclo Otto.

### Conversão de veículos para uso do Gás Natural Veicular (GNV)

A conversão de veículos para o uso do GNV por meio de *kits* de conversão foi regulamentada pela Resolução CONAMA nº 291/2001, publicada no D.O.U. em 25/04/2002 e pela Instrução Normativa do IBAMA nº 15/2002. Os valores típicos de emissão de veículos em uso da fase III do PROCONVE convertidos para o uso de gás natural veicular podem também ser encontrados no Relatório de Qualidade do Ar de 2005 no sítio da CETESB.

É importante ressaltar, que nem sempre os mesmos *kits* homologados pela CETESB são vendidos nas lojas especializadas, o que constitui grande preocupação para as autoridades ambientais, pois *kits* não homologados e incompletos promovem quase sempre o aumento das emissões em relação ao combustível original. Esse fenômeno foi amplamente constatado pela CETESB e essa prática irregular deve ser evitada com ações vigorosas de fiscalização sobre as oficinas convertedoras.

### Veículos Pesados

Os fatores de emissão para os motores de veículos pesados do ciclo diesel apresentados no Relatório de Qualidade do Ar de 2005 no sítio da CETESB, são determinados em (g/kWh), em ensaios de bancadas e obtidos na homologação ou no controle de produção. As fases denominadas de I, II e III já estão superadas pelo cronograma do PROCONVE. Atualmente, estão vigorando as fases IV e V, similares aos padrões europeus EURO II e III.

Observa-se, desde o início do PROCONVE, que os limites máximos de emissão para os veículos pesados a diesel vêm sendo reduzidos significativamente; mais recentemente, a introdução da eletrônica nos sistemas de injeção contribuiu para uma grande redução das emissões de CO, HC e MP. Mesmo assim, pelo crescimento contínuo da frota e pela gravidade da contaminação atmosférica nos centros urbanos, especialmente pelo $O_3$ e MP (que causam doenças e mortes na população exposta), novas restrições nos limites máximos do PROCONVE se fazem necessárias e já são previstas para 2009 pelo CONAMA. Nesse momento, será essencial que o teor de enxofre do diesel seja reduzido para menos de 50 ppm em todo o País, pois para o atendimento dos novos padrões serão adotados sistemas avançados de controle de emissões – como filtros, catalisadores e reatores de $No_x$, que dependem dramaticamente de combustível de baixo teor de enxofre. Caso esse não esteja disponível ao longo do território nacional – ou ainda, se ocorrer a utilização indevida de diesel de maior teor de enxofre pelos usuários –, esses componentes serão danificados e o investimento da indústria (refletido no preço dos veículos e no bolso dos proprietários) será perdido.

### PROMOT

A ação das diretrizes do PROCONVE sobre a frota de veículos de quatro rodas, tem propiciado ganhos ambientais notáveis pois, embora a frota de automóveis, ônibus e caminhões tenha crescido de forma surpreendente nos últimos anos, a qualidade do ar não tem sido tão prejudicada e os períodos de inverno mais recentes na RMSP passaram com menos episódios críticos de poluição do ar causados por poluentes primários emitidos por fontes móveis.

Vencido este primeiro desafio, a atenção voltou-se para o segmento emergente das motocicletas, cuja frota na RMSP tem crescido de forma notável nos últimos anos. Além disso, o perfil de utilização desse transporte é predominante e crescente no segmento econômico de prestação de serviços de entregas rápidas em regiões urbanas. Sendo assim, tornou-se necessário o estabelecimento de um programa específico para o controle das emissões desses veículos, tendo em vista os elevados fatores de emissão dos mesmos em relação aos dos automóveis novos.

Assim, a CETESB elaborou, juntamente com as montadoras, uma proposta para seu controle, com o estabelecimento de um Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT), com datas e metas preestabelecidas. Essa proposta foi baseada nas legislações vigentes na Europa, principalmente na Diretiva da Comunidade Européia nº 97/24/EC, sendo os primeiros limites de emissão propostos para vigorar a partir de 01 de janeiro de 2003 (limites EURO I) considerando que o atual estágio tecnológico da indústria nacional possibilita o atendimento dessa meta de controle. A proposta da CETESB deu origem à Resolução CONAMA nº 297/2002, cujos limites e cronograma de aplicação são apresentados no Relatório de Qualidade do Ar de 2005 no sítio da CETESB. A Resolução do CONAMA nº 342/2003 estabelece novos limites para a emissão de motociclos e derivados de três rodas a partir de

01/01/2005 para os novos lançamentos, e a partir de 01/01/2006 para todos os modelos, equivalentes aos limites EURO II. Prevê também nova redução a partir de 01/01/2009, quando serão permitidas emissões equivalentes aos limites EURO III, atualmente em vigor na Comunidade Européia.

Os fatores de emissão de motocicletas novas em função da capacidade volumétrica do motor e de sua procedência, obtidos a partir das homologações efetuadas de acordo com o PROMOT durante os anos de 2003, 2004 e 2005 são apresentados no Relatório de Qualidade do Ar de 2005 no sítio da CETESB e mostram que as motos novas ainda sem equipamentos específicos de controle emitem tipicamente cerca de 10 vezes mais se comparadas aos veículos de quatro rodas mais novos.

### Sistemas de diagnose de bordo – OBD

Considerando-se que os veículos modernos dotados de sistemas de injeção e catalisador possuem complexos sistemas eletrônicos que gerenciam o funcionamento do motor, mantendo os níveis de emissão de poluentes sempre abaixo dos respectivos limites nas condições normais de operação do veículo, há necessidade desses sistemas se autocontrolarem quanto ao correto funcionamento dos diversos sensores e componentes, e informar ao usuário sobre possíveis anomalias. Nesse sentido, foi elaborada pela CETESB a regulamentação dos "Sistemas de Diagnose de Bordo", através da Resolução do CONAMA nº 354, de 13 de dezembro de 2004. Os sistemas OBD são classificados em dois tipos: o OBDBr-1, aplicável aos veículos leves de passageiros e comerciais com motores do ciclo Otto, que deve ser capaz de detectar falhas em vários sensores e componentes do motor, a razão de 40% dos veículos leves comercializados no mercado nacional, a partir de 01/01/2007; 70% a partir de 01/01/2008 e 100% a partir de 01/01/2009; e o OBRBr-2, será aplicável à mesma categoria de veículos e deverá além das funções do sistema anterior ser capaz de registrar o envelhecimento e perda de eficiência de vários sensores e componentes, dentre eles, do conversor catalítico. Esse sistema sucederá o primeiro, devendo ser implantado a razão de 60% a partir de 01/01/2010 e 100% a partir de 2011.

### Fiscalização em campo da emissão excessiva de fumaça preta

A CETESB desenvolve rotineiramente a fiscalização da emissão excessiva de fumaça preta, oriunda dos veículos automotores a óleo diesel, conforme o art. 32 do regulamento da Lei Estadual nº 997, de 31 de maio de 1976 – aprovado pelo Decreto Estadual nº 8.468, de 8 de setembro do mesmo ano. É, portanto, imprescindível que sejam redobrados os cuidados para minimizar a emissão de fumaça preta, ou seja, evitar a circulação de veículos com emissão acima do Padrão nº 2 da Escala Ringelmann. Além do controle repressivo, são desenvolvidos outros trabalhos de caráter preventivo, como por exemplo: Programas de Gestão Ambiental e Autofiscalização, com base na Portaria 85/96 do IBAMA, programas de conscientização dos condutores de veículos diesel, destinados a informar e orientar os proprietários e operadores de veículos automotores a óleo diesel e os diversos órgãos de representação a que se relacionam, objetivando a análise sucinta das principais causas da emissão excessiva de fumaça preta; a Operação Inverno, intensificando as ações de controle das fontes de emissão de poluentes fixas e móveis, e o Disque-Fumaça, que incentiva a participação da população na identificação de veículos poluidores. Por todo esse esforço, obteve-se na RMSP significativa melhora na frota diesel em circulação com o índice de veículos desregulados caindo de níveis superiores a 20% para cerca de 6% (2006).

### Controle da opacidade de veículos diesel

Todos os programas de gestão ambiental de frotas e otimização e regulagem de motores a diesel são baseados no uso do opacímetro, que funciona como um "termômetro" da saúde do motor. A Resolução nº 251 de 9 de janeiro de 1999, dispõe sobre critérios, procedimentos e limites máximos de opacidade da emissão de escapamento para inspeção veicular ou simplesmente para avaliação do estado de manutenção

dos veículos automotores do ciclo diesel em uso, podendo ainda serem utilizadas pelas autoridades ambientais para fins de fiscalização em campo. Esta avaliação consiste no que se segue:

I – Para os veículos automotores do ciclo diesel, nacionais ou importados, que já atendam às exigências da Resolução CONAMA nº 16/95, os limites máximos de opacidade são os valores certificados apresentados na etiqueta afixada na coluna da porta dianteira direita dos veículos, válido para a realização de medições em locais com altitude até 350m.

II – Além da etiqueta referida no inciso anterior, os manuais do proprietário e de serviço dos veículos abrangidos pela Resolução CONAMA nº 16/95 devem apresentar o limite máximo de opacidade válido para medições em altitudes de até 350m, o valor corrigido para altitudes superiores a 350m ou seu respectivo fator de correção, bem como os valores das velocidades angulares(rpm) de marcha lenta e de máxima livre de motor.

Por outro lado, para veículos automotores do ciclo diesel, nacionais ou importados, anteriores à vigência da Resolução CONAMA nº 16/95, são estabelecidos os limites máximos de opacidade na tabela:

**TABELA – Limites Máximos de Opacidade em Aceleração Livre Relativos aos Veículos não Abrangidos pela Resolução nº 16/95.**

| Altitude | Tipo de Motor | |
|---|---|---|
| | Naturalmente Aspirado ou Turbo alimentado com LDA[1] | Turbo alimentado |
| Até 350m | $1,7m^{-1}$ | $2,1m^{-1}$ |
| Acima de 350m | $2,5m^{-1}$ | $2,8m^{-1}$ |

1. O LDA É O DISPOSITIVO DE CONTROLE DA BOMBA INJETORA DE COMBUSTÍVEL PARA ADEQUAÇÃO DO SEU DÉBITO À PRESSÃO DO TURBO ALIMENTADOR

## Inspeção técnica de veículos

**Estação de inspeção em Estocolmo – Suécia**

**Estação de inspeção na Cidade do México**

A redução progressiva dos níveis de emissão de poluentes atmosféricos e de ruído dos veículos novos trazida pelo PROCONVE é fator fundamental, mas não garante por si só a melhoria da qualidade ambiental. É necessário assegurar também que os veículos em circulação sejam mantidos conforme as recomendações do fabricante, para que seu uso contínuo não prejudique seu funcionamento e os sistemas de controle de emissões. Para tanto, devem-se estabelecer procedimentos periódicos compulsórios, vinculados ao licenciamento anual, de inspeção dos níveis de emissão de gases, partículas e ruído dos veículos, a fim de aferir a regulagem – e então, assegurar do proprietário os necessários cuidados de manutenção.

As redes de estações são geralmente construídas e operadas por empresas especializadas por prazo determinado, contratadas mediante concorrência pública. Preferencialmente, os procedimentos devem ser

integrados àqueles de inspeção dos itens de segurança, tais como freios, pneus, suspensão, luzes etc. A exemplo do que ocorre em diversos países, o PROCONVE prevê desde 1993 a implantação de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso, que foram regulamentados pelas Resoluções CONAMA 07/93, 18/95, 227/97, 251/99, 252/99 e 256/99. Essas resoluções estabelecem procedimentos e limites para as emissões ambientais de CO, HC, opacidade e ruído, além de um conjunto de verificações visuais dos componentes relacionados com as emissões.

Por sua vez, a inspeção dos itens de segurança não está atualmente regulamentada pelo CONTRAN, apesar de obrigatória – artigo 104 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB) estabelecido pela Lei Federal 9.503 de 1997. Esse grande atraso se deve fundamentalmente à confusa legislação (alteração do artigo 104 do CTB pela Lei 10.203 de 2002) e regulamentação do CONTRAN (criada e extinta consecutivamente). O atraso também é devido à dispersão das responsabilidades pela execução, à complexidade da implementação em todo território nacional de forma simultânea, e à necessidade de integração ao programa ambiental num sistema único – aspectos que vêm gerando nos últimos anos intermináveis discussões sem que se apresentem soluções simples e eficazes para o problema. Isso tudo trouxe insegurança ao cenário institucional da ITV e o descrédito das autoridades relacionadas ao programa.

Observa-se, que em muitos países onde a inspeção veicular obteve sucesso, o modelo de implementação está fundado sobre a autonomia total da autoridade regional para, a partir de normas gerais nacionais, definir e executar localmente os procedimentos licitatórios e de supervisão dos contratos para a operação privatizada do programa integrado (emissões e segurança).

Com a implantação da inspeção veicular espera-se: redução imediata de até 5% no consumo de combustível; redução das emissões totais médias da frota de monóxido de carbono, hidrocarbonetos entre 10% e 20% e de fumaça preta de até cerca de 20%; redução significativa das emissões de ruído da frota circulante; geração de milhares de empregos diretos e indiretos, entre mecânicos de oficinas, inspetores de linha, instrutores, gerentes, engenheiros etc.; economia em trocas precoces de peças e componentes de veículos e no aumento da durabilidade dos motores; redução dos congestionamentos, devido a falhas mecânicas e quebra de veículos evitadas.

Ainda que a ITV não tenha sido implantada de forma disseminada no Brasil, algumas empresas de transporte público de passageiros e de carga realizam rigorosos programas de gestão ambiental baseados na Portaria 85 de 1996 do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), fazendo medições sistemáticas das emissões de fumaça por meio da utilização do opacímetro, que constitui ferramenta apropriada ao diagnóstico ambiental e da qualidade da combustão. A partir da constatação de altos níveis de emissão de fumaça, os frotistas desenvolvem ações para sanar os problemas, obtendo ganhos ambientais e econômicos pela redução do consumo em cerca de 5%. Esse valor é confirmado pelo Programa Nacional de Uso Racional de Derivados de Petróleo e do Gás Natural (CONPET), programa da Petrobras que visa a economia de combustível em grandes frotas de veículos a diesel.

Destaque-se que, apesar de serem freqüentes os depoimentos na mídia sobre eventual resistência dos políticos e do público em relação ao programa – dados os custos de reparo e manutenção – não há notícia de pesquisa de opinião pública realizada no Brasil que indique ser a população das classes mais pobres desfavorável à ITV. O único obstáculo em vista, e que requer atenção redobrada das autoridades, é o alto nível de evasão do licenciamento, que segundo especialistas, pode chegar em São Paulo próximo dos 30%. Tal nível pode inviabilizar a ITV, pois deixaria de fora a parcela mais poluente e insegura da frota.

### Regulamentação do Posicionamento do Tubo de Escapamento de Veículos Pesados

Além das medidas convencionais de controle, existem em algumas localidades no Brasil e em outros países, regulamentações de padronização do posicionamento do tubo de descarga com o objetivo de minimizar os impactos das emissões sobre a população e o meio ambiente. Essas diretrizes se aplicam exclusivamente

às emissões dos veículos pesados, cujo impacto direto causado pelo volume e velocidade dos gases de escapamento são expressivamente maiores, comparativamente aos veículos leves.

Segundo [COLLUCI e BARNES, 1985], a concentração de poluentes em um ponto de ônibus é aproximadamente oito vezes maior quando se utiliza ônibus com tubo de descarga posicionado na região inferior do veículo, quando comparado ao escapamento vertical. Weaver e colegas [WEAVER et al., 1987] também apontam em seu estudo "Feasibility of Retrofit Technologies for Diesel Emissions Control"(SAE paper nº 860296), reduções das concentrações de poluentes entre 65% e 87% em ensaios similares aos de Collucci e Barnes.

Pode-se constatar ainda, como vantagem adicional à drástica redução da exposição aos poluentes atmosféricos, que, pelo simples distanciamento do orifício de descarga dos receptores, níveis de ruído significativamente inferiores são percebidos, para os veículos equipados com escapamento vertical.

A Prefeitura do Município de São Paulo regulamentou em 1957 o posicionamento vertical para os escapamentos de ônibus urbanos. A partir daí, outras administrações locais no território nacional também adotaram suas próprias exigências relativas ao posicionamento do tubo de descarga. Entretanto, estas iniciativas isoladas tiveram apenas caráter local e restrito, carecendo de padronização de abrangência nacional fundamentada em critérios técnico-científicos.

A CETESB realizou em 1999 um levantamento, não abrangente, para ter uma indicação do que ocorre, de maneira geral, com o posicionamento do tubo de descarga dos veículos pesados em circulação no Município de São Paulo. Observou-se que, cerca de 87,5% dos ônibus urbanos apresentaram configuração adequada, entre esses, cerca de 84% atendiam a Lei Municipal de 1957. Quanto aos veículos de carga, cerca de 75% apresentaram o tubo de descarga diretamente apontado para as laterais, em posição próxima à horizontal, diga-se, a pior situação identificada, de acordo com os critérios de avaliação do grupo de trabalho. Confirmou-se, portanto, a necessidade de urgente intervenção dos agentes de proteção da segurança e saúde pública para mudança dessa grave situação, absolutamente incompatível com os interesses da comunidade.

### Tráfego urbano e medidas não tecnológicas para a redução da poluição atmosférica

As ações governamentais para a redução da poluição causada pelo sistema de transportes, passa por ações, como articulação do planejamento de uso e ocupação do solo e melhoria do sistema viário; melhoria do sistema de transportes; melhoria dos sistemas de circulação e fiscalização do tráfego; melhoria da qualidade dos combustíveis e alternativas energéticas de baixo potencial poluidor aplicada aos transportes; instrumentos econômicos e fiscais; e o desenvolvimento social. A organização do tráfego urbano e a política de transportes são determinantes na qualidade do ar nas grandes cidades. Além disso, o congestionamento ou a redução da velocidade média aumenta muito a emissão de cada veículo.

O transporte coletivo produz emissões muito menores do que os automóveis, quando essas são calculadas por passageiro/quilômetro transportado. Nesse sentido, deve-se incentivar a produção e o uso de veículos movidos por energia com menor potencial poluidor, especialmente aqueles a serem aplicados nos sistemas de transporte coletivo, bem como, promover ainda a antecipação da produção de óleo diesel de melhor qualidade, objetivando a redução do teor de enxofre e a mudança de parâmetros relacionados com a formação de fumaça preta e precursores da formação de ozônio. Recomenda-se também a integração dos órgãos de planejamento da cidade, do trânsito, do meio ambiente, de saúde etc., articulada nos níveis regional e municipal. Essa integração entre as instituições constitui o ponto de partida para reduzir o número de viagens, aumentar a velocidade média e, com isso, reduzir o consumo de energia, a poluição ambiental e melhorar a qualidade de vida nas cidades.

## Controle de ruído veicular

O ruído de tráfego ocasionado pela circulação de carros e caminhões, buzinas, pneus e alarmes sonoros é intenso nas áreas urbanas. A poluição sonora pode danificar a audição e afetar psicologicamente o bem-estar das pessoas, além de depreciar o valor das propriedades. Estimativa da OECD indicou que cerca de 100 milhões de pessoas estão expostas a ruídos de tráfego que ultrapassam 65 dB (A). Sabe-se, que esse tipo de poluição causa sintomas que se manifestam através de dores de cabeça, fadiga, irritabilidade, perda de audição, aumento de pressão sangüínea e distúrbios de sono, entre outros.

É fato reconhecido pela Organização Mundial de Saúde – OMS, que São Paulo é uma das 10 cidades mais barulhentas do mundo, sendo o trânsito de veículos a sua principal fonte. Níveis médios de ruído próximos a 85 dB (A) são comuns nas proximidades das principais vias de trânsito.[1] Além disso o precário zoneamento urbano, omisso quanto ao efetivo bem-estar público, tem resultado na invasão do trânsito em áreas residenciais e provocado aumento substancial de ruído nestas regiões.

A CETESB elaborou as bases técnicas da regulamentação nacional, que foram aprovadas na forma de resoluções, pelo CONAMA, estabelecendo dessa maneira o Programa Nacional de Controle da Poluição Sonora por Veículos Automotores.

A regulamentação aplica-se ao controle da emissão de ruído de veículos novos de quatro rodas (Resolução CONAMA nºs 1 e 8 – art. 20/93) e de duas rodas e assemelhados (Resolução CONAMA nº 2/93) estabelecendo novos limites máximos, mais restritivos, datas de vigência, métodos de ensaio, procedimentos de certificação e auditoria de veículos e exigências de que os sistemas de escapamento do mercado de reposição tenham características sonoras e qualidades equivalentes aos dos sistemas originais.

O Programa passou a vigorar a partir de 1º de julho de 1993 para os veículos de quatro rodas importados (automóveis, camionetas, ônibus e caminhões) e a partir de 1º de março de 1994 para os veículos de quatro rodas nacionais. Para os veículos de duas rodas e assemelhados importados (motocicletas, motonetas, ciclomotores, motocicletas com carro lateral, triciclos, patinetes motorizados etc.) e patinetes motorizados nacionais, passaram a vigorar a partir de 1º de julho de 1993 e a partir de 1994 para os demais veículos nacionais dessas categorias, em uma primeira fase. Para uma segunda fase, já prevista na Resolução dos veículos de duas rodas e assemelhados, os limites passaram a vigorar a partir de 1º de janeiro de 1998, para os veículos importados e a partir de 1º de janeiro de 2001 para os veículos nacionais.

Os limites máximos de ruído emitidos para veículos novos em movimento são apresentados nas tabelas a seguir:

---

1 O nível de ruído de 85 dB(A) para 8 horas de exposição diária pode ser considerado como limite para perda de audição (In: GERGES, Samir N. Y., *Ruído - Fundamentos e controle*, Universidade Federal de Santa Catarina, 1992).

**Tabela 4 – Limites máximos de ruído emitido por veículos de quatro rodas e assemelhados, de acordo com a resolução nº 8 (artigo 20) de 31 de agosto de 1993 do CONAMA.**

| CATEGORIA | | Nível de Ruído dB(A) | | |
|---|---|---|---|---|
| DESCRIÇÃO | | Otto | Diesel | |
| | | | Injeção direta | Injeção Indireta |
| Veículo de passageiros até nove lugares e veículos de uso misto derivado de automóvel | | 77 | 78 | 77 |
| Veículo de passageiros, com mais de nove lugares<br>Veículo de carga ou de tração<br>Veículo de uso misto não derivado de automóvel | PBT até 2.000 Kg | 78 | 79 | 78 |
| | PBT acima de 2.000 kg e até 3.500 kg | 79 | 80 | 79 |
| Veículo de passageiros com mais de nove lugares e PBT acima de 3.500 kg | Potência máxima abaixo de 150 Kw (204CV) | 80 | 80 | 80 |
| | Potência máxima igual ou superior a 150 kw (204CV | 83 | 83 | 83 |
| Veículo de carga com PBT acima de 3.500 kg | Potência máxima abaixo de 75 Kw (102CV) | 81 | 81 | 81 |
| | Potência máxima entre 75 e 150 kw (102 a 204CV) | 83 | 83 | 83 |
| | Potência máxima igual ou superior a 150 kw (204CV) | 84 | 84 | 84 |

DESIGNAÇÕES DE VEÍCULOS CONFORME NBR-6067

PBT: PESO BRUTO TOTAL

POTÊNCIA: POTÊNCIA EFETIVA LÍQUIDA MÁXIMA (NBR 5484)

LIMITES MÁXIMOS DE RUÍDO CONFORME NBR-8433 – VEÍCULO EM ACELERAÇÃO

**Tabela 5 – Limites máximos de ruído emitido por veículos de duas rodas e assemelhados, de acordo com a resolução nº 2 de 11 de fevereiro de 1993 do CONAMA.**

| CATEGORIA | Nível de ruído 1ª fase dB(a) | Nível de ruído 2ª fase dB(a) |
|---|---|---|
| Até 80 $cm^3$ | 77 | 75 |
| 81 $cm^3$ a 125 $cm^3$ | 80 | 77 |
| 126 $cm^3$ a 175 $cm^3$ | 81 | 77 |
| 176 $cm^3$ a 350 $cm^3$ | 82 | 80 |
| Acima de 350 $cm^3$ | 83 | 80 |

### Controle de controle do ruído de veículos em uso

Além dos critérios para a certificação do ruído em movimento, é previsto, ainda na regulamentação, o procedimento para medição e informação aos órgãos competentes dos respectivos níveis de ruído na condição parado, de modo a viabilizar o controle da frota em uso, através de Programas de Inspeção Técnica Veicular e até mesmo de fiscalização de rua. Nesse sentido, a CETESB elaborou a proposta e o CONAMA aprovou a Resolução nº 252 de 29 de janeiro de 1999, que contempla os procedimentos e limites máximos para o controle do ruído emitido por veículos em circulação, através da inspeção obrigatória e fiscalização.

Essa Resolução determina que os veículos nacionais ou importados, do ciclo Otto, que atendam aos limites máximos de ruído em aceleração estabelecidos nas Resoluções nº 2/93 e 8/93 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), devem observar, que o limite máximo de ruído para fins de inspeção obrigatória e fiscalização é o ruído emitido por veículos automotores na condição parado, declarado pelo fabricante ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), conforme art. 20, § 6º da Resolução CONAMA nº 8/93 ou art. 1º, § 6º da Resolução CONAMA nº 2/93, dependendo da categoria de veículo.

Para veículos nacionais e importados do ciclo diesel, são válidas as mesmas exigências acima, entretanto, são somente aplicáveis aos modelos produzidos a partir de 1º de janeiro de 1998.

Os modelos do ciclo Otto, que não atendam aos limites máximos de ruído em aceleração estabelecidos nas Resoluções CONAMA nº 2 e 8 – art. 20/93 e os modelos de veículos do ciclo diesel produzidos até 31 de dezembro de 1998, devem atender aos limites máximos de ruído emitidos por veículos automotores na condição parado, conforme Tabela 6.

**Tabela 6 – Limites máximos de ruído emitidos por veículos, de acordo com a resolução CONAMA nº 252 de 29 de janeiro de 1999.**

| Nível de Motor | | Ruído dB (A) | CATEGORIA |
|---|---|---|---|
| Veículo de passageiros até nove lugares e Veículos de uso misto derivado de automóvel | | Dianteiro<br>Traseiro | 95<br>103 |
| Veículo de passageiros com mais de nove lugares | PBT até 2.000 Kg | Dianteiro<br>Traseiro | 95<br>103 |
| Veículos de carga ou de tração, veículo de uso misto não derivado de automóvel | PBT acima de 2.000 kg e até 3.500 kg | Dianteiro<br>Traseiro | 95<br>103 |
| Veículo de passageiros ou de uso misto com mais de nove lugares e PBT acima de 3.500 kg | Potência máxima abaixo de 150 kw (204 CV) | Dianteiro<br>Traseiro entre eixos | 92<br>98 |
| | Potência máxima igual ou superior a 150 kw (204CV) | Dianteiro<br>Traseiro entre eixos | 92<br>98 |
| Potência de carga ou de tração com PBT acima de 3.500 Kg | Potência máxima abaixo de 75 kw (102CV) | | |
| | Potência máxima entre 75 e 150 kw (102 a 204 CV) | Todas | 101 |
| | Potência máxima igual ou superior a 150 kw (204CV) | | |
| Motocicleta, motonetas, ciclomotores, bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados | | Todas | 99 |

OBSERVAÇÕES:

1) DESIGNAÇÕES DE VEÍCULOS CONFORME NBR 6067.

2) PBT: PESO BRUTO TOTAL.

3) POTÊNCIA: POTÊNCIA EFETIVA LÍQUIDA MÁXIMA CONFORME NBR ISSO 1585.

Através dessa regulamentação, que complementa a Resolução nº 07/93 do CONAMA, as autoridades locais estão instrumentadas para exercer sua ação fiscalizadora, coibindo a circulação de veículos que apresentem alterações no sistema de escapamento, tanto pela sua deterioração, quanto pela modificação das características originais de projeto, que geralmente implicam em aumento significativo das emissões de ruído.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


ÁLVARES, O. M. A. Jr. e Linke, R. R. A. Metodologia simplificada de cálculo das emissões de gases do efeito estufa de frotas de veículos no Brasil. Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva – SIMEA, 2003.

AHLVIK, P. A comparison of two gasoline and two diesel cars with varying emission control technologies. Paper presented at the 8th Diesel Engine Emissions Reduction Conference. San Diego, Calif., August 25–29, 2002.

COLLUCI, J.M.; BARNES, G.J., The Effect of Exhaust System Geometry on Exhaust Dilution and Odor Intensity (Society of American Engineers - SAE paper nº 710219), 1985

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. Relatório de Qualidade do Ar do Estado de São Paulo, 2005.

DARLINGTON T., e D. KAHLBAUM. Nationwide benefits of a low sulfur diesel fuel. Novi: Air Improvement resource, Inc, 1999.

DECSE. Phase I interim data report no. 4: Diesel particulate filters—final report. Washington, D.C.: Diesel Emission Control – Sulfur Effects Program, 2000a.

EDGAR. Emission database for global atmospheric research, version 3.2. Primarily referencing: Olivier, J. G. J., e J. J. M. Berdowski. Global emissions sources and sinks. In The Climate System, ed. J. Berdowski, R. Guicherit, e B. J. Heij, 33–78. Lisse: A.A. Balkema Publishers/Swets & Zeitlinger Publishers, 2001.

EPA. 2000 air quality trends report. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, 2001.

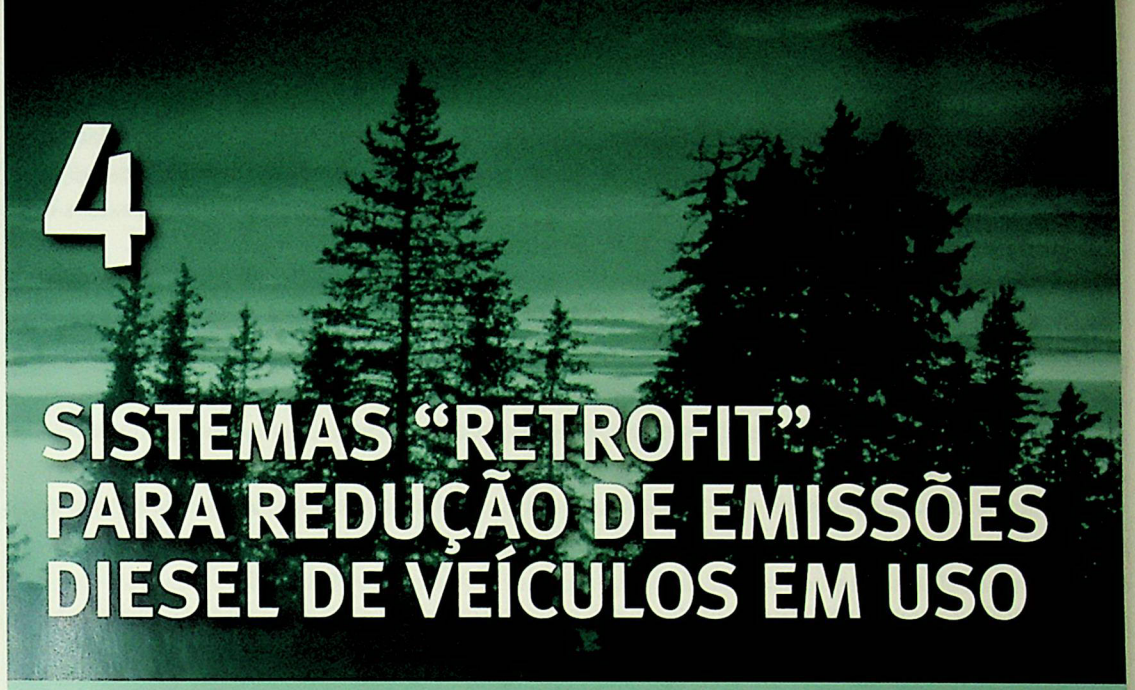
GAUTAM, M., et al. 2002. Concentrations and size distributions of particulate matter emissions from catalyzed trap-equipped heavy-duty diesel vehicles operating on ultralow sulfur EC-D fuel. Paper presented at the 8th Diesel Engine Emissions Reduction Conference, San Diego, Calif., August 25–29.

GOLDENBERG, J. Iniciativa Brasileira de Energia. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo, 2002.

KITTELSON, D. B. Engines and nanoparticles: A review. *Journal of Aerosol Science* 29: 575-588, 1998.

WALSH, M. Vehicle Fuel Economy And Greenhouse Gas Reduction Programs Around The World, 2002.

WEAVER, C.S. et al. Feasibility of Retrofit Technologies for Diesel Emissions Control (SAE paper nº 860296).



# 4

# SISTEMAS "RETROFIT" PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES DIESEL DE VEÍCULOS EM USO

**Gabriel Murgel Branco**
*Consultor e Diretor da EnvironMentality – Tecnologia com Conceitos Ambientais Ltda.*

## 1. INTRODUÇÃO

Apesar das reconhecidas vantagens operacionais dos motores diesel em relação aos do ciclo Otto (torque elevado, economia de combustível, menor emissão de $CO_2$, maior durabilidade e outras), suas emissões de $NO_x$ e Material particulado (impregnado com hidrocarbonetos pesados policíclicos aromáticos) são ainda muito preocupantes e respondem por sérios problemas de saúde pública, como atestado por inúmeras pesquisas no País e no exterior.

Embora a legislação para a certificação dos veículos novos tenha reduzido significativamente o seu potencial poluidor,[1] a morosidade natural da renovação da frota de veículos torna lento o processo de melhoria da qualidade do ar. Esse fato recomenda, sempre que possível, a adoção de medidas que possam contribuir para a aceleração desse processo, como é o caso da atualização tecnológica dos veículos em uso.

No caso dos veículos diesel, é possível adaptar aos veículos em uso de sistemas conhecidos internacionalmente como "Retrofit", como é o caso dos conversores catalíticos de oxidação e os filtros de partículas, que não interferem com o processo de combustão do motor e, por isso, são mais fáceis e viáveis de serem utilizados nesses casos. Entretanto, para que seja possível a sua aplicação de forma eficaz e correta, é imprescindível o estabelecimento e adoção de procedimentos técnicos de verificação das tecnologias disponíveis.

Sistemas "Retrofit" podem ser definidos como ações ou equipamentos que podem ser aplicados em motores ou veículos já em uso e que possibilitam a sua atualização tecnológica em termos da emissão de

1 O PROCONVE – Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores foi criado pelo CONAMA em 1986 e já reduziu as emissões dos automóveis em mais de 95% e as dos ônibus e caminhões em cerca de 80%, tornando disponíveis no mercado tecnologias mais limpas. Novas fases ainda virão na medida em que os combustíveis forem descontaminados para permitir a aplicação de sistemas avançados de controle de poluição.

poluentes. Representam uma maneira rápida de reduzir significativamente as emissões de uma dada frota de veículos, uma vez que não dependem, necessariamente, do sucateamento e substituição dessa frota. São uma forma custo-efetiva de acelerar a introdução das tecnologias modernas e promover a extensão da vida útil de veículos com benefícios ambientais significativos.

Evidentemente, não é esperado que a atualização tecnológica seja completa, pois seria necessário modificar os motores existentes e, muitas vezes, isso é inviável. Por isso, os programas de Retrofit não exigem o atendimento aos limites de emissão preestabelecidos pelo PROCONVE, mas se apóiam na comprovação de percentuais de redução das emissões existentes, o que confere a esse conceito a praticidade desejável. Desta forma os sistemas de Retrofit são classificados em três categorias de eficiência, como definidas no item 4.

Para os efeitos desse programa, se considera sistemas "Retrofit" alguns tipos de sistemas de pós-tratamento de gás de exaustão de motores diesel, cujas tecnologias apresentam algumas diferenças entre si e podem ser caracterizadas da seguinte forma:

- DOC – conversor catalítico de oxidação diesel (*diesel oxidation catalyst*), aplicáveis para a redução de CO, HC e partículas, com teores de enxofre no combustível até 500 ppmS.

- DPF – filtro de partículas (*diesel particulate filter*), de fluxo total, aplicáveis com teores de enxofre no combustível até 50 ppmS.

- FTPF – filtro de partículas parcial (*flow-through diesel particulate filter*), aplicáveis com teores de enxofre no combustível até 500 ppmS.

- DPF-CRT – filtro de partículas com regeneração contínua (*diesel particulate filter with continuous regeneration technology*), para aplicações urbanas com catalisador de oxidação para acelerar a regeneração contínua do filtro, aplicáveis para reduções elevadas de CO, HC e partículas, com teores de enxofre no combustível até 50 ppmS.

- SCR – sistema de redução catalítica seletiva (*selective catalytic reduction*), aplicáveis para a redução de $NO_x$. Requer a injeção de uréia no escapamento, uma estreita interligação com o gerenciamento eletrônico do motor e a associação com catalisadores de oxidação e, neste caso, é necessário baixo teor de enxofre no combustível.

- EGR – sistema de recirculação dos gases de escapamento (*exhaust gas recirculation*), para a redução de $NO_x$. Requer uma estreita interligação com o gerenciamento eletrônico do motor porque interfere no seu funcionamento, sendo desejável baixo teor de enxofre no combustível.

Um Projeto-Piloto para sistemas Retrofit está sendo desenvolvido no âmbito de uma parceria formada pela AFEEVAS – Associação dos Fabricantes de Sistemas para Controle de Emissões Veiculares da América do Sul, EMTU – Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo (gestora do sistema intermunicipal metropolitano de ônibus, que conta com cerca de 5.000 veículos) e CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. A SPTrans (gestora do sistema de transporte público do Município de São Paulo, que conta com cerca de 8.400 ônibus e 6.400 vans), já demonstrou interesse em participar dessa iniciativa, portanto se espera que brevemente venha a se agregar ao projeto. Os primeiros ensaios de verificação de conformidade de três tipos básicos de Retrofit para ônibus já tiveram início em dezembro de 2006 e devem terminar os testes de durabilidade até o início de 2008. É oportuno esclarecer que a AFEEVAS é uma sociedade civil, eminentemente técnica, que congrega os principais

fabricantes de componentes e de sistemas de controle de emissões veiculares, e que tem como principal missão a divulgação do conhecimento referente a tecnologias de controle de emissão veicular.

## 2. CONCEITUAÇÃO DO PROJETO

Inicialmente, a Comissão Técnica da AFEEVAS fez uma avaliação do estado do conhecimento internacional para o tema e adaptou os procedimentos de ensaio e verificação da eficácia de redução de emissões por sistemas de Retrofit, gerando um documento como proposta normativa, com requisitos técnicos e recomendações definidos e fundamentados principalmente no sistema norte-americano ETV – "Environmental Technology Verification" e procedimentos complementares adotados no Estado da Califórnia.

Este documento foi submetido à análise da CETESB e da EMTU que consideraram-no adequado a um Projeto-Piloto com o objetivo de desenvolver a experiência brasileira sobre este tema, selecionar os ciclos e procedimentos de ensaio mais adequados ao caso brasileiro e, em uma segunda fase, transformá-lo em uma regulamentação oficial, conforme comentado no item 4.

O objetivo principal deste Programa é oferecer aos gestores de sistemas de transporte público, de órgãos de prevenção e controle ambiental e aos frotistas, opções confiáveis para a redução de emissões dos veículos em operação, possibilitando estender a sua vida operacional em condições ambientalmente mais adequadas. Em sua primeira fase, o projeto visa equipar ônibus urbanos que operam em linhas intermunicipais na Região Metropolitana de São Paulo e em linhas do Município de São Paulo com sistemas Retrofit, para redução das emissões de gases e partículas.

A parceria prevê que os órgãos governamentais adotarão os critérios técnicos propostos preliminarmente para a verificação da eficácia de redução das emissões pelos sistemas de Retrofit, incluindo ensaios de envelhecimento e durabilidade durante um ano de utilização. Também prevê a realização de testes de demonstração e de verificação de redução de emissões com protótipos fornecidos por associados da AFEEVAS, pelo período de um ano para a avaliação da sua durabilidade e capacidade de manter a eficiência de redução das emissões. Uma vez completada com sucesso a etapa de demonstração e verificação, os órgãos governamentais poderão estabelecer os requisitos necessários para a utilização dos sistemas Retrofit nas frotas sob sua administração.

Com a adoção de um Programa de Retrofit para frotas cativas com essas características, a EMTU e a CETESB também poderão criar um "Cadastro de Tecnologias Ambientais Verificadas" para uso de entidades governamentais e privadas interessadas na atualização tecnológica e ambiental de veículos diesel em uso, disponibilizando os seus resultados para efeito de divulgação e orientação dos empresários de transporte, utilizando um logotipo característico, como no caso da United States Environmental Protection Agency - EPA. Este cadastro deve ser constantemente atualizado, sendo recomendável retirar a citação para produtos que vierem a apresentar desconformidade quanto aos critérios utilizados no processo de verificação de sua eficácia operacional. No caso das agências de proteção ambiental EPA e ARB dos Estados Unidos, após a verificação oficial de conformidade, os resultados da "Voluntary Diesel Retrofit Program's Verified Technology List" também são disponibilizados na internet. [2]

Numa segunda etapa, serão desenvolvidos esforços para demonstrar a viabilidade da utilização de sistemas de "Retrofit" em outros estados e países da América do Sul e tipos de veículos diesel como os veículos de coleta de lixo, de transporte de valores e de entregas urbanas.

---

[2] Ver http://www.epa.gov/otaq/retrofit/retroverifiedlist.htm para o caso da EPA e http://www.arb.ca.gov/diesel/verdev/currentlyverifiedtech.htm para o Air Resources Board da Califórnia.

# 3. TECNOLOGIAS DE CONTROLE DISPONÍVEIS MAIS COMUMENTE EMPREGADAS

Vários tipos de sistemas de controle de emissões podem ser instalados em veículos equipados com motores diesel atualmente em uso, principalmente nas grandes áreas metropolitanas onde os problemas de poluição são mais severos, como é o caso dos ônibus urbanos no transporte público.

As tecnologias a serem utilizadas devem ser selecionadas em função das reduções de emissão desejadas, da qualidade de combustível disponível e dos tipos de motores e veículos aos quais serão aplicadas. Algumas delas reduzem somente as emissões de material particulado enquanto que outras também reduzem óxidos de nitrogênio ($NO_x$), monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC). Deve-se tomar o cuidado para que uma tecnologia voltada à redução de um poluente não provoque aumento dos demais como conseqüência ou não prejudique a estratégia de controle original do motor (item de ação indesejável, proibido pelo PROCONVE).

Algumas tecnologias como os catalisadores de oxidação (DOCs) podem ser aplicados de forma universal, enquanto outras como os filtros de partículas requerem uma adequação específica ao motor, determinada pela temperatura mínima dos gases de escapamento para permitir a regeneração dos mesmos.

É também muito importante assegurar que as reduções esperadas das emissões sejam efetivamente atingidas durante a operação em uso normal dos veículos. Estas informações devem ser levantadas em laboratórios de testes reconhecidos e através de ciclos de ensaio representativos, além de um programa efetivo de demonstração em veículos.

Atualmente, os fabricantes brasileiros de motores diesel controlam as emissões dos motores principalmente por otimizações do seu projeto. As técnicas de controle são limitadas normalmente pela busca de estratégias de equilíbrio entre $NO_x$ e material particulado (MP), dado que os mecanismos de formação destes poluentes possuem comportamentos antagônicos. Tais recursos tecnológicos demandam revisões cuidadosas de projeto e alterações profundas no motor que não podem ser realizadas em oficinas de manutenção, mas apenas pelos próprios fabricantes em suas linhas de montagem.

A utilização de dispositivos de pós-tratamento dos gases de escapamento é esperada para o atendimento dos limites do PROCONVE para 2009 e exige que o combustível tenha teor de enxofre inferior a 50 ppm.[3] Entretanto algumas destas tecnologias podem ser adaptadas nos veículos em uso, sem a necessidade de alterações de engenharia nos motores, mas apenas respeitando as suas especificações originais.

Feitas sem alterações de engenharia do motor, as adaptações de equipamentos de pós-tratamento dos gases de escape instalados como Retrofit produzem reduções expressivas de emissão, embora não atendam necessariamente os limites do PROCONVE. Isto justifica o tratamento diferenciado da *verificação do Retrofit* quanto à sua capacidade de reduzir emissões, diferentemente da *certificação de um veículo novo* quanto à sua conformidade com os limites de emissão predefinidos pelo PROCONVE para veículos novos.

### 3.1) Conversor Catalítico de Oxidação Diesel (DOCs)

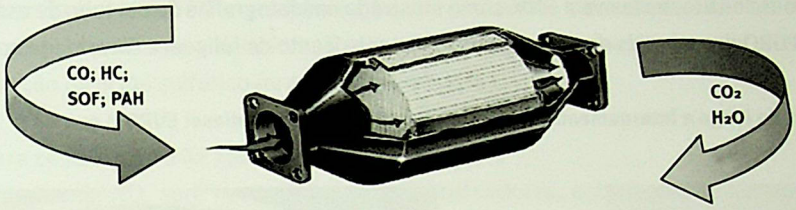
Instalados no sistema de escapamento, os DOCs queimam a fração orgânica solúvel (HCs adsorvidos) das partículas no gás de escapamento e podem reduzir a massa de material particulado entre 25% e até 50%, dependendo da sua composição.

Os conversores catalíticos de oxidação para motores diesel podem eliminar os odores característicos do gás de escapamento. Dependendo de suas características podem reduzir em mais de 90% as emissões

3 Atualmente as regiões metropolitanas dispõem de diesel com 500 ppm de enxofre, o que já viabiliza a aplicação de catalisadores de oxidação e filtros parciais. O diesel Podium, com 200 ppm facilita ainda mais a aplicação dessas tecnologias e aponta para a viabilização dos filtros cerâmicos, que reduzem até 99% da emissão de MP. Nas regiões do interior, onde o combustível tem até 2.000 ppm de enxofre, será necessário esperar até 2009.

de CO, de HC tóxicos e de aldeídos no gás de escapamento. Em geral toleram até 500 ppm de enxofre no combustível, entretanto quanto menor o teor de enxofre, menor tende a ser a emissão de MP, pois a presença de enxofre induz à formação de partículas. Dependendo da tecnologia utilizada nos DOC's, abastecimentos eventuais com combustível de teor de enxofre mais alto comprometem a sua eficácia temporariamente, mas não inutilizam o produto.

**Figura 1 – Operação do conversor catalítico de oxidação para diesel.**

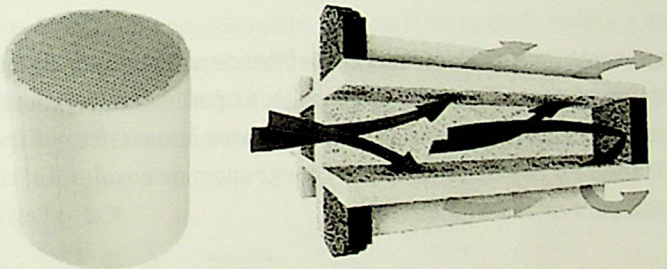



**SOF = Fração solúvel em solvente; PAH = Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos.**

### 3.2) Filtros de Partículas Diesel (DPFs)

Como o nome indica, são dispositivos que removem o MP por filtragem do gás de escapamento do motor. Dependendo do caso, os filtros de partículas podem chegar a reduzir o material particulado em mais de 90%. O estado da arte atual requer para aplicação dessa tecnologia teor reduzido de enxofre no combustível, preferencialmente abaixo de 50 ppm. Os filtros são extremamente eficazes no controle da fração de carbono do material particulado, poluente que os especialistas em saúde acreditam ser o de maior risco. A Figura 2 mostra o princípio da ação de um filtro cerâmico, constituído de uma colméia semelhante à de um catalisador que tem os seus canais bloqueados alternadamente para forçar a passagem dos gases através das paredes.

**Figura 2 – Filtros cerâmicos para partículas diesel.**



Como o filtro pode saturar com o tempo, elevando a contrapressão de escapamento, é preciso prever um meio para a sua regeneração, queimando o material coletado ou removendo-o, o que também se faz necessário devido ao acúmulo de cinzas do óleo lubrificante e do combustível.

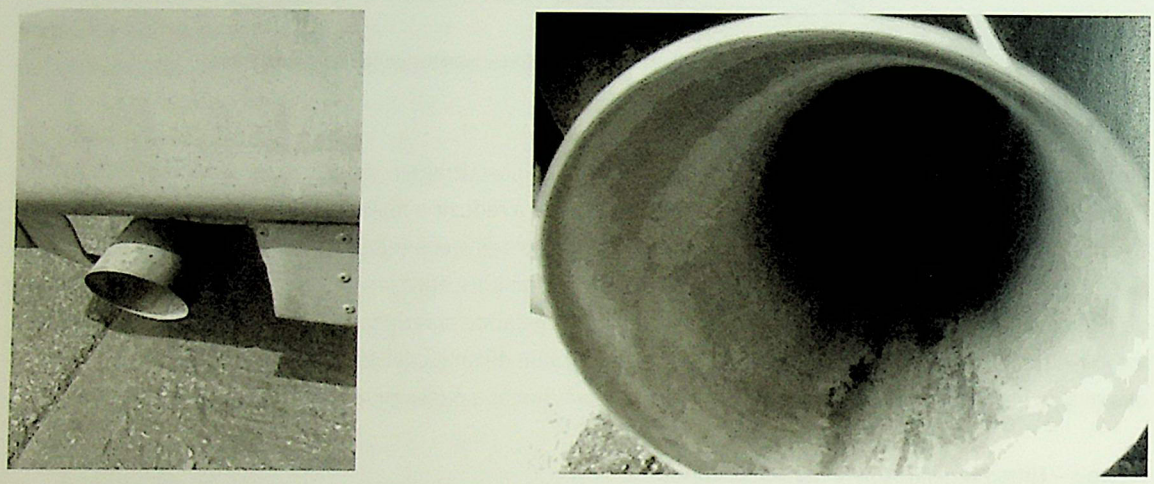
As técnicas mais comuns de regeneração automática consistem na queima das partículas coletadas utilizando:

- Aumento da temperatura dos gases.
- Reação química com oxidantes, com o auxílio de catalisadores para reduzir a temperatura de ignição da fuligem.

Este último conceito é bastante adequado aos veículos urbanos sujeitos a congestionamentos, pois estes reduzem a temperatura dos gases. O elemento catalisador pode ser impregnado no próprio filtro ou um DOC é associado ao DPF para transformar o NO emitido pelo motor em $NO_2$ que oxida continuamente a fuligem coletada, sendo o sistema conhecido como CRT (*continuous regeneration technology*). Este tipo de Retrofit funciona bem quando a razão $NO_x$/MP é mais elevada, o que o torna particularmente interessante para motores mais modernos (EURO II e seguintes, fabricados no Brasil a partir de 1998).

A coleta de MP por meio de filtros de fluxo total CRT está assumindo papel muito importante como Retrofit, propiciando resultados surpreendentes. Conferem ao motor diesel um grau de limpeza superior ao dos motores do ciclo Otto, inclusive a GNV, como mostrado nas fotografias de um tubo de escapamento de um ônibus diesel EURO II, com mais de 500 mil km, totalmente isento de fuligem e oleosidade no seu interior.

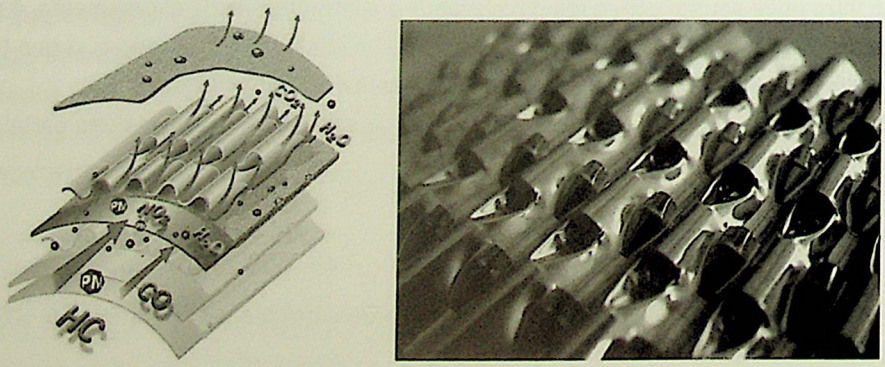
**Figura 3 – Vistas de longe e internamente do tubo de descarga de veículo diesel EURO II com CRT.**



Fonte: EnvironMentality

A Figura 4 apresenta uma outra concepção de filtro de partículas, de fluxo parcial, com colméia metálica aletada e saída nas extremidades. Neste conceito, as partículas são coletadas apenas por impactação e queimadas, porém existem passagens para que os gases atravessem o dispositivo livres de entupimentos, para prevenir contra o uso de combustível com 500ppm de enxofre. Em contrapartida, a eficiência de filtragem é reduzida para cerca de 50% a 70%.

**Figura 4 – Filtro metálico de partículas do tipo *flow-through*.**



### 3.3) Recirculação de gases de escapamento (EGR)

Os sistemas de EGR reduzem a formação de $NO_x$ em 25% até 40% por intermédio da reintrodução de gás de exaustão no motor para abaixar a temperatura máxima e o teor de oxigênio na combustão. A sua aplicação exige cuidados especiais de projeto do motor para evitar o aumento de consumo em decorrência da tendência de redução da eficiência do motor pelo abaixamento da temperatura de combustão. Para isso, o uso EGR é minimizado nos regimes de potência e torque mais elevados. Com os controles eletrônicos mapeados, o uso de EGR tornou-se muito mais viável, atuando ponto a ponto no mapa do motor sem comprometer o seu desempenho médio e assegurando a confiabilidade do sistema, a inclusão do controle de $NO_x$ na diagnose de bordo – OBD e a minimização dos problemas de manutenção. Teores de enxofre acima de 500 ppmS potencializam a deterioração do lubrificante e o desgaste dos motores com EGR em função da recirculação de ácido sulfúrico formado na combustão.

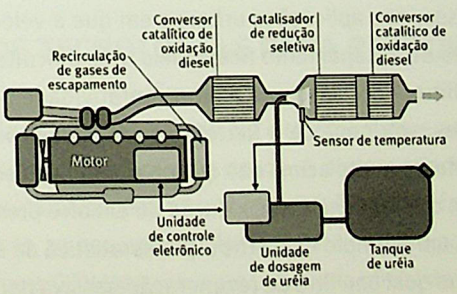
### 3.4) Sistemas para controle de NOx com catalisadores

Para maiores reduções de $NO_x$ será necessário utilizar catalisadores, entretanto o excesso de ar sempre presente nos motores diesel dificultam a redução de $NO_x$ pelos catalisadores, exigindo que estes tenham seletividade para privilegiar reações com compostos redutores os quais podem ser hidrocarbonetos ou outros reagentes injetados nos gases de escapamento, como uma solução aquosa de uréia a 32%, que se combinam com o $NO_x$ para reduzi-los a $N_2$ e $O_2$.

Com os catalisadores de redução seletiva (SCR), os fabricantes aproveitam a sua alta capacidade de redução do $NO_x$ para adotar uma estratégia de calibração do motor que reduza a emissão de MP e otimize o consumo e a performance do motor (em prejuízo da emissão de $NO_x$ que volta aos níveis EURO I). Mesmo assim, o sistema SCR permite atender aos limites legais mais severos. Na transformação de um motor EURO III em EURO IV, geralmente há uma redução de consumo de combustível de 5% a 7%, contra um consumo de uréia de 1,6% em peso seco. Este princípio simples, entretanto, torna-se exigente quando se consideram os regimes transitórios do motor veicular, pois a dosagem do reagente deve acompanhar rigorosamente a formação de $NO_x$ e evitar defasagens temporais para que não haja emissão de amônia alternadamente com $NO_x$, o que exige um controle eletrônico sofisticado e um catalisador adicional para eliminar a emissão de eventuais excessos de amônia. Se utilizado isoladamente, este sistema poderia resistir a teores de enxofre de 500 ppmS, porém os sistemas complementares não os suportam.

Existem sistemas e catalisadores mais sofisticados, porém são inviáveis como Retrofit por demandarem modificações profundas nos sistemas e estratégias de injeção, bem como no gerenciamento do motor.

**Figura 5 – Esquema do Sistema Uréia – SCR**




Fonte: Dieselnet.

### 3.5) Controle de emissão do cárter

Trata-se de uma tecnologia recomendada para veículos com motor turboalimentado equipado com pós-resfriador, em casos em que pode haver emissão excessiva de partículas do cárter pelo respiro, que é normalmente conduzida para a atmosfera. Trata-se de um filtro multiestágio instalado no respiro com válvulas de controle, que retornam os aerossóis de óleo coletados para o cárter do motor enquanto que os gases filtrados são recirculados para o sistema de admissão.

# 4. CRITÉRIOS TÉCNICOS EXIGIDOS PARA A VERIFICAÇÃO DE EFICÁCIA DE REDUÇÃO DE EMISSÕES

De acordo com os critérios propostos, inspirados nas práticas adotadas nos EUA (regulamentação federal e da Califórnia), os sistemas de Retrofit poderão ser classificados em 3 níveis de eficiência: Nível 1 – quando a redução da emissão de material particulado for igual ou superior a 25%; Nível 2 – quando a redução da emissão for igual ou superior a 50%; Nível 3 – quando a redução da emissão for igual ou superior a 85% ou a emissão final for inferior a 0,013 g/kWh.[4] Os sistemas de Retrofit não podem induzir a aumentos significativos dos outros poluentes, nem potencializar novos tipos de emissão.

Os testes para verificação da eficácia de redução poderão ser desenvolvidos em laboratório especializado, por meio de ensaios de motores diesel em dinamômetro de motor, ou de veículos completos em dinamômetro de chassis, ou ainda, por meio de testes em condições reais de uso (*on-board emission measurement*). Um fator importante para garantir a representatividade do uso dos sistemas Retrofit em condições reais é a utilização de motores, veículos e óleo diesel característicos do mercado nacional. Em princípio, se pretende adotar o combustível com 500 ppm de enxofre como referência (S500). Entretanto, considerando que a partir de 2009 se espera a introdução do óleo diesel com 50 ppm de enxofre (S50) é extremamente desejável também utilizar este combustível para viabilizar a aplicação das tecnologias DPF e CRT.

Do ponto de vista da adequação do projeto do Retrofit à aplicação que se quer, os ensaios devem seguir ciclos de condução que representem a forma real de utilização dos veículos que receberão o Retrofit. Dois parâmetros estatísticos são os mais importantes:

- A distribuição de cargas e rotações do motor, geralmente representadas por um ciclo de velocidades do veículo ou traduzidas convenientemente para um ciclo dinâmico de torques-rpm do motor em dinamômetro.

- A distribuição de temperaturas no gás de escapamento, que deve ser repetida no ensaio, para assegurar o bom funcionamento dos equipamentos de pós-tratamento dos gases, inclusive a sua regeneração no caso de DPF, assim como a forma de utilização do motor.

Especialmente os filtros de partículas com regeneração passiva (sem sistemas externos para aumento de temperatura, como resistência elétrica, queimador etc.) este cuidado é essencial para assegurar o desencadeamento da regeneração automática, com uma freqüência aceitável, tanto no ensaio quanto no uso normal. Por isso, nas aplicações urbanas em que a velocidade é baixa e com muitos períodos em marcha lenta, os gases de escapamento ficam mais frios dificultando a ação do catalisador e a queima das partículas retidas no filtro. Para assegura a representatividade dos ensaios, os ciclos de velocidade devem refletir essas condições, sob pena de o Retrofit não funcionar bem no uso real. Inversamente, se o motor funcionar em temperaturas muito acima das que ocorrerem nos ensaios, poderá haver a formação de MP no próprio catalisador em conseqüência da oxidação do enxofre presente no combustível comum.

A Figura 6 mostra um exemplo da distribuição estatística da ocorrência de temperaturas em um veículo de entregas urbanas, no qual um filtro de regeneração passiva poderia ser aprovado no ciclo ETC – European Transient Cycle,[5] mas provavelmente criaria problemas na sua utilização normal.

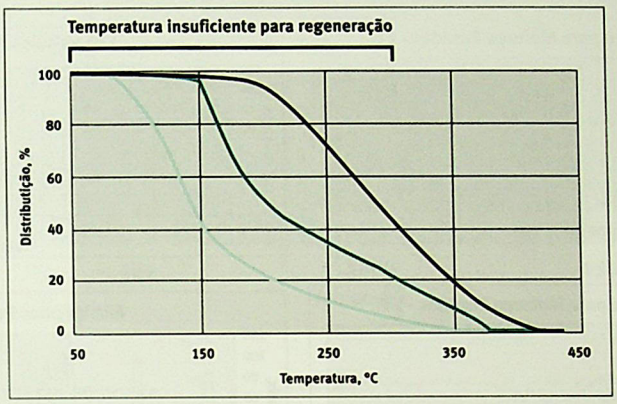
---

4 A emissão de MP abaixo de 0,013 g/kWh medida em dinamômetro de motores já está abaixo dos limites do PROCONVE para 2009. Por isso, este limite caracteriza o horizonte do nível máximo de redução, embora os CRTs possam propiciar índices ainda menores.

5 Os testes de motores em dinamômetro podem ser realizados em ciclos transientes de velocidade, cujas normas principais são as européias do ciclo ETC e as norte-americanas, do ciclo FTP – Federal Test Procedures.

Esta figura é coerente com a comparação das distribuições dos regimes de velocidade-torque dos ensaios transientes ETC e EPA apresentadas adiante e justifica os ensaios nos ciclos mais lentos. Pelas mesmas razões os ciclos em regime constante (como o dos 13 pontos) ficam definitivamente descartados para a avaliação de sistemas de pós-tratamento de gases de escapamento e sistemas alternativos como o veículo híbrido, pois ele exige que o motor trabalhe grande parte do tempo nos máximos de torque e potência, o que não representa bem essas aplicações

**Figura 6 – Distribuição da temperatura de escapamento em situações diferentes.**




Durante o Projeto-Piloto para o desenvolvimento de Retrofit serão admitidos vários tipos de ciclos para comparação de resultados e a escolha dos ciclos mais apropriados para os casos brasileiros, a serem normatizados oficialmente como padrões.

Na primeira experiência realizada em dezembro de 2006, dois ônibus foram ensaiados segundo quatro ciclos diferentes (Manhattan, com velocidade média de 11km/h; New York Composite, com 14 km/h; Orange County, com 19 km/h e FIGE Urbano com 23 km/h), onde se destacaram o Orange County como representativo dos corredores e o Manhattan como representativo das condições mais severas de congestionamento (gases mais frios, causando dificuldades aos catalisadores). Também ficou evidenciado que se um Retrofit funcionar bem em dois ciclos muito diferentes, os resultados das emissões, expressos em *gramas de poluente por quilograma de combustível*, guardam uma grande semelhança entre si e podem ser convertidos para g/km na aplicação real pela medição do consumo de combustível em campo.

## 5. ENSAIOS DE VERIFICAÇÃO DE TECNOLOGIAS PARA RETROFIT

Os ensaios de verificação de uma tecnologia para Retrofit devem ter o mesmo rigor e a mesma representatividade dos utilizados nos processos de certificação de veículos novos. A aleatoriedade dos regimes do motor, isto é das combinações sucessivas das combinações torque-rotação, é um dos fatores importantes para a representatividade do ensaio em relação ao uso normal. Por isso será tomado por referência o ciclo de teste transiente europeu – ETC, já adotado pelo CONAMA como procedimento oficial do PROCONVE, embora já seja previsto que mesmo este não é o mais adequado e rigoroso para os veículos urbanos.

Por outro lado, dada a limitada disponibilidade de laboratórios para ensaios de veículos e motores pesados no Brasil, e considerando que a eficácia de um sistema Retrofit é avaliada pela porcentagem de redução de emissões em condições de funcionamento semelhantes com e sem o sistema de controle, este Programa poderá ser iniciado com algumas alternativas para os ensaios, entre elas o método de ensaio transiente EPA para motores pesados.

**Figura 7 – Ciclos transientes para ensaios de motores pesados.**

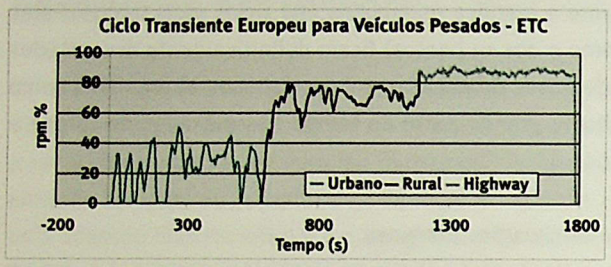
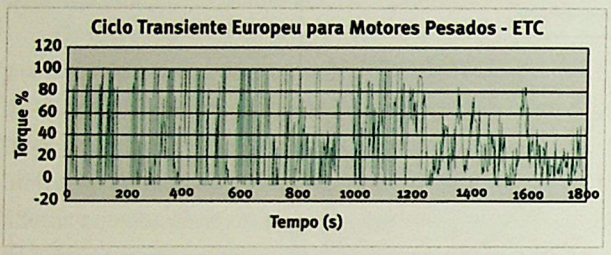
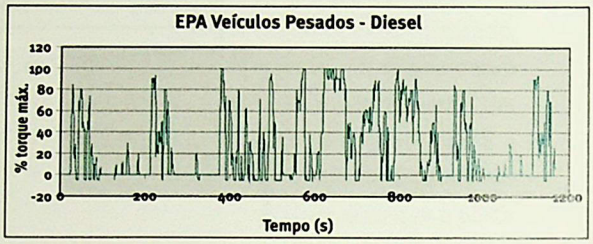
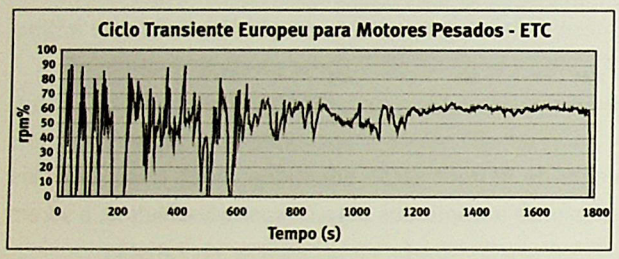
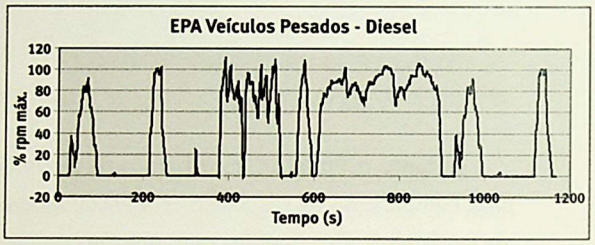



Gráfico de velocidades não disponível



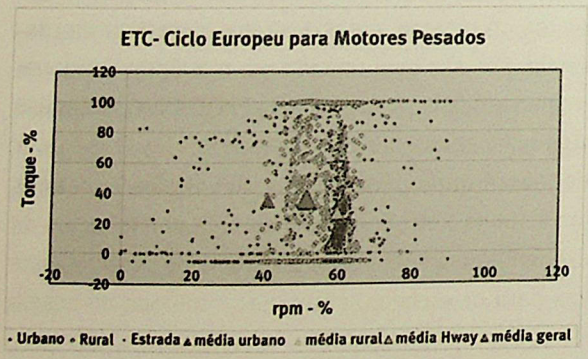

**Ciclo Europeu - ETC**

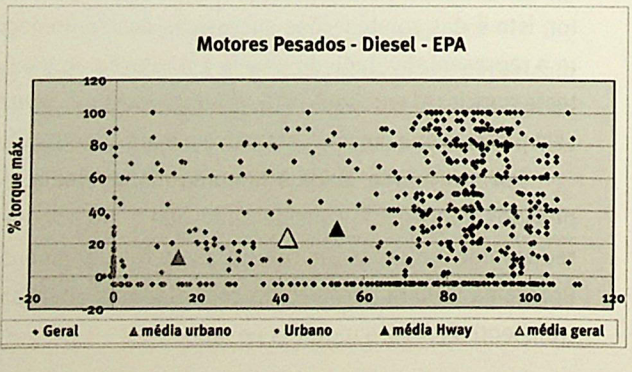
**Ciclo Americano - EPA**

Nota-se que o ciclo ETC é composto de um trecho urbano de 10 minutos e dois trechos de velocidades mais altas que atribuem grande peso aos regimes do motor que mantêm rotações elevadas, perdendo representatividade do uso urbano. Para facilitar a visualização e a comparação dos regimes do motor durante os ensaios, todas as situações prescritas nos ciclos acima foram plotadas sobre o mapa do motor, o que dá uma visão melhor sobre as combinações de torque e velocidade angular, em que estão identificadas as diversas fases do ciclo ETC em cores diferentes e, a título de comparação, uma subdivisão semelhante no ciclo EPA.

A Figura 8 mostra que no ciclo ETC predominam muito as medições em uma faixa estreita das possibilidades do motor (40% a 60% da rotação máxima), enquanto que o teste EPA as distribui mais.

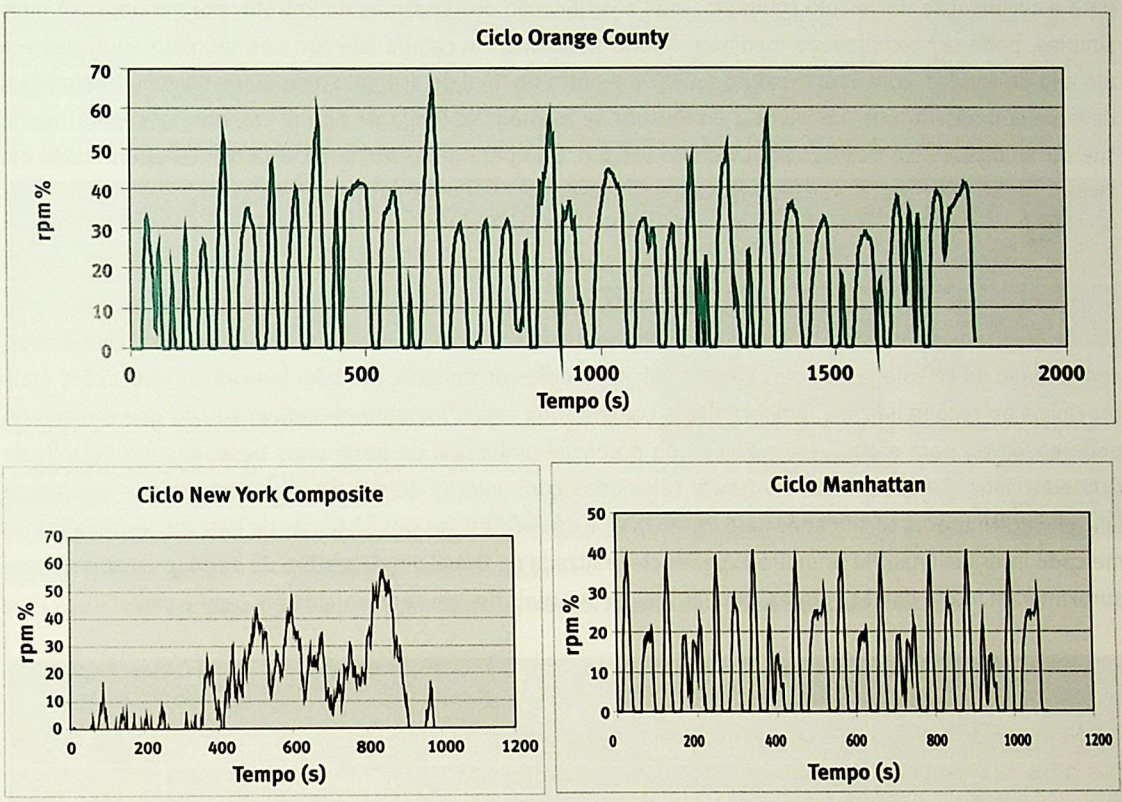
**Figura 8 – Distribuição dos regimes de funcionamento nos ciclos de teste europeu e americano para motores de veículos pesados.**



Nos Estados Unidos também é permitido o ensaio diretamente em veículos e alguns ciclos de velocidade-tempo para ensaio de veículos em dinamômetro de rolos ou em pista de provas com o veículo instrumentado para as medições necessárias.

**Figura 9 – Ciclos de velocidade para veículos pesados.**




No caso dos procedimentos americanos para veículos, são exigidos ensaios em dois ciclos: um representativo de uso geral e outro das condições específicas das linhas de ônibus ou da operação do veículo a receber o Retrofit, de forma a garantir que o teste de verificação identifique condições adversas de temperatura "existentes no seu uso normal". Em estudos realizados em São Paulo, o IPT e a EnvironMentality verificaram que o ciclo Orange County representa bem os corredores de ônibus da cidade e o Manhattan é mais representativo do tráfego geral nos horários de pico, sendo por isso propostos como o padrões de uso geral urbano.

Comparando-se as distribuições dos regimes de velocidade-torque dos ensaios transiente ETC e EPA e uma análise mais aprofundada das condições de teste nos diversos ciclos levou à proposição do ciclo ETC com repetições somente do seu trecho urbano, para simular operações com as condições mais severas para a regeneração dos filtros de partículas, porém realistas no ambiente urbano. Mesmo com essa modificação, os primeiros resultados com o trecho urbano do ciclo FIGE (originário do ETC para motores) indicaram uma baixa representatividade das condições reais, porém os estudos ainda devem prosseguir no Projeto -Piloto.

## 6. COMPROVAÇÃO DE DURABILIDADE

Com relação à durabilidade, as legislações para veículos novos estabelecem o acúmulo de serviço em pelo menos 160 mil km para os veículos pesados e, também, que as medições de emissões sejam suficientes para permitir a extrapolação dos resultados para a vida toda do veículo. Este procedimento é justificável para a certificação do veículo completo, mas a verificação dos sistemas de Retrofit, por ser um caso mais simples, pode ser comprovada mediante o funcionamento em campo (serviço normal) pelo equivalente a um ano de serviço, com uma medição no início e outra no final do acúmulo de quilometragem. Neste caso, deve-se demonstrar que a eficiência do Retrofit se mantém ao longo de 80 mil km, para assegurar que a sua durabilidade seja mantida pela vida do veículo. São permitidos ainda procedimentos alternativos em dinamômetro, desde que produzam solicitações equivalentes do sistema de Retrofit.

## 7. RESULTADOS ESPERADOS NO BRASIL

Em função do custo dos equipamentos e das suas respectivas habilidades de funcionamento de acordo com a idade do veículo, as tabelas com os valores médios de emissão também indicam as aplicações mais prováveis ou recomendáveis, embora estes comentários sejam meramente indicativos do que o mercado pode absorver, para efeito de avaliações do potencial ambiental de programas baseados em Retrofit de frotas urbanas. Estas estimativas foram calculadas com valores de referência baseados nos fatores de emissão dos motores certificados pelo PROCONVE e das eficiências dos sistemas de Retrofit certificados no mercado internacional. Na primeira experiência realizada no Brasil em dezembro de 2006, os resultados se aproximaram muito destes valores, mas as aplicações reais devem ser recalculadas caso a caso..

| Modelo | | Emissão anual toneladas/1.000 veículos ano (base ônibus) | Redução anual toneladas/1.000 veículos ano (base ônibus) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Caminhão | Ônibus | CO Atual | DOC | DOC + Filtro parcial | DPF | CRT |
| <89 | <87 | 518 | 466 | 466 | 0 | 466 |
| 89-93 | 87-93 | 518 | 466 | 466 | 0 | 466 |
| 94-95 | - | 519 | 467 | 467 | 0 | 467 |
| 96-2000 | 94-97 | 420 | 378 | 378 | 0 | 378 |
| 2000-2004 | 98-2003 | 226 | 203 | 203 | 0 | 203 |
| 2005--- | 2004---- | 334 | 301 | 301 | 0 | 301 |

| Modelo | | Emissão anual toneladas/1.000 veículos ano (base ônibus) | Redução anual toneladas/1.000 veículos ano (base ônibus) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Caminhão | Ônibus | HC Atual | DOC | DOC + Filtro parcial | DPF | CRT |
| <89 | <87 | 136 | 122 | 122 | 0 | 122 |
| 89-93 | 87-93 | 136 | 122 | 122 | 0 | 122 |
| 94-95 | - | 99 | 89 | 89 | 0 | 89 |
| 96-2000 | 94-97 | 73 | 65 | 65 | 0 | 65 |
| 2000-2004 | 98-2003 | 52 | 46 | 46 | 0 | 46 |
| 2005--- | 2004---- | 28 | 25 | 25 | 0 | 25 |

| Modelo | | Emissão anual toneladas/1.000 veículos ano (base ônibus) | Redução anual toneladas/1.000 veículos ano (base ônibus) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Caminhão | Ônibus | NOx Atual | DOC | DOC + Filtro parcial | DPF | CRT |
| <89 | <87 | 2191 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 89-93 | 87-93 | 2191 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 94-95 | - | 1587 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 96-2000 | 94-97 | 897 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2000-2004 | 98-2003 | 840 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2005--- | 2004---- | 614 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Modelo | | Emissão anual toneladas/1.000 veículos ano (base ônibus) | Redução anual toneladas/1.000 veículos ano (base ônibus) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Caminhão | Ônibus | MP Atual | DOC | DOC + Filtro parcial | DPF | CRT |
| <89 | <87 | 201 | 50 | 90 | 181 | 181 |
| 89-93 | 87-93 | 143 | 36 | 64 | 129 | 129 |
| 94-95 | - | 147 | 37 | 66 | 132 | 132 |
| 96-2000 | 94-97 | 70 | 18 | 32 | 63 | 63 |
| 2000-2004 | 98-2003 | 33 | 8 | 15 | 29 | 29 |
| 2005--- | 2004---- | 18 | 5 | 8 | 17 | 17 |

Recomendável  Mais recomendável

**Para caminhões considerar 50% a 70% dos valores indicados, dependendo do seu grau de utilização.**

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não é qualquer dispositivo que reduza as emissões que pode ser aprovado como Retrofit, mas aqueles que não interfiram negativamente no funcionamento do motor, produzam pelo menos 25% de redução na emissão de particulados e funcionem automaticamente sem a necessidade de interferências do operador. A operação e a manutenção do sistema também devem ser controladas por meio de procedimentos também adequados ao meio ambiente para evitar que benefícios no veículo resultem em danos ambientais de outra natureza.

Os DOCs talvez sejam a melhor opção para os veículos mais antigos, com emissões muito mais altas onde reduções embora menores representem uma grande massa de poluentes. Cabe salientar que a tecnologia CRT supera os fatores de emissão exigíveis em 2009, a menos da emissão de $NO_x$ que também será reduzida através de modificações mais profundas de projeto dos motores novos, sendo bastante adequado aos veículos EURO II e mais novos.

Em projetos como este, o custo de atualização de um ônibus com um sistema de Retrofit é cerca de 50 vezes menor do que a substituição por um veículo novo e chega a resultados ambientais comparáveis, ou seja, o investimento necessário para a substituição de um veículo pode produzir ganhos ambientais semelhantes em dezenas de veículos convencionais que continuarão a operar da mesma forma, com a mesma infra-estrutura de manutenção etc. Portanto, o Retrofit permite a adoção de uma estratégia de renovação natural da frota, de acordo com os demais interesses do operador com uma excelente relação custo/benefício.

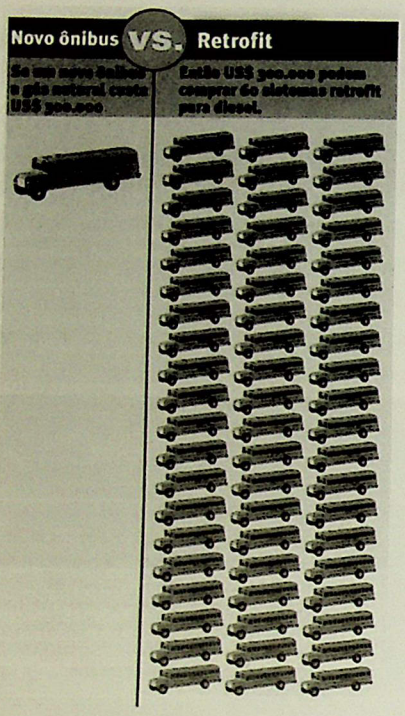
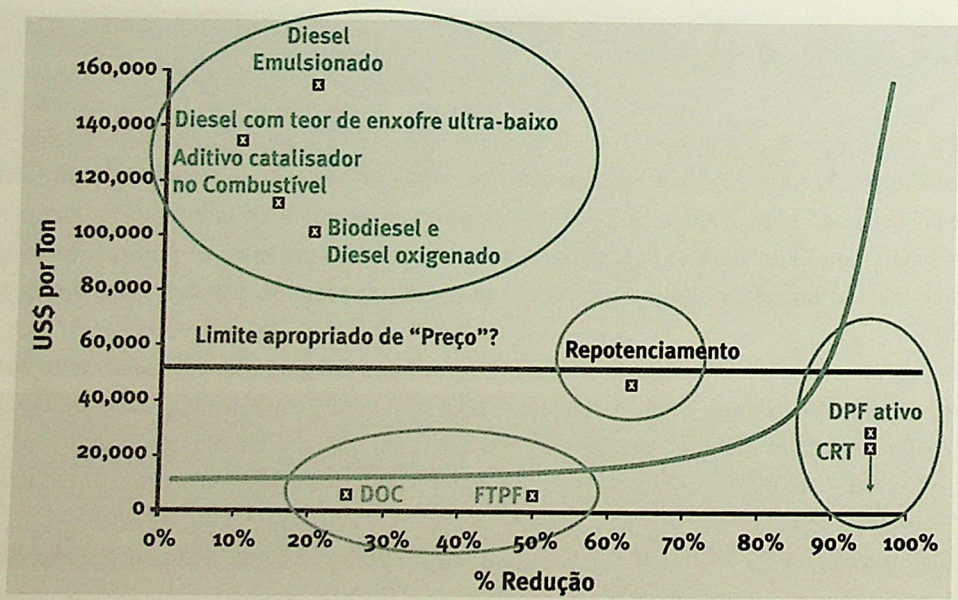



**Figura 10 – Comparação de custos de investimento.**

Um estudo norte-americano realizado pela M. J. Bradley & Associates indica que as alternativas para a redução de emissões devem ser avaliadas em função do custo por tonelada de poluente que deixar de ser emitida, o que varia para cada caso, cada aplicação, idade da frota e padrão de conformidade de emissões do veículo original. A figura a seguir indica esta comparação no caso médio americano, devendo ser tomada como ilustrativa, visto que os custos brasileiros podem ser diferentes, mas guardam proporções semelhantes. Nota-se claramente que algumas soluções são simples, de baixo custo e, por isso bastante valorizadas por muitas entidades, porém seus efeitos são tão pequenos que na relação custo/benefício perdem para outras que se apresentam como melhores no cômputo geral.

Fonte: Emission control technology magazine-Corning.

**Figura 11 – Custos da redução de material particulado (ref.:M.J.Bradley).**




Além desse aspecto, deve-se salientar que as conversões de veículos para combustíveis alternativos, como as que se comercializam para veículos a gás, muitas vezes comprometem os dispositivos internos e *softwares* de gerenciamento originais do motor e elevam as emissões ao contrário do que o gás natural poderia propiciar se o projeto do motor fosse adequado à sua utilização.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFEEVAS – Programa de Retrofit para Frotas Cativas: Proposta para Implantação, 2006.

BRANCO, Gabriel M. Redução de Emissões do Transporte Público através de Melhores Tecnologias e Combustíveis. Biannual conference and exhibit of the clean air initiative for latin american cities. CAI-LAC, São Paulo 2006.

www.dieselnet.com.

M.J. BRADLEY & Associates. Comparing Emissions Reduction Technologies and Cost Effectiveness Analysis, Diesel Retrofit Strategies Meeting. Washington DC, November 16-17, 2004.

Corning – emission control technology magazine – 2003-2 – Cleaning up School Buses.

ANAIR, Don e MONAHAN, Patricia. Sick of Soot. Reducing the Health Impacts of Diesel Pollution in California – Union of Concerned Scientists. June, 2004.

# 5

# TRANSPORTE E USO DE ENERGIA

*Suzana Kahn Ribeiro*
*Professora da Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ*
*Márcia Valle Real*
*Professora da Universidade Federal Fluminense UFF*

## 1. BREVE HISTÓRICO

Nada pode se movimentar sem energia. Assim sendo, não há como fazer qualquer avaliação acerca da atividade de transporte sem considerar a presença fundamental da energia e todos os impactos que o seu uso acarreta. Percebe-se a energia por meio de seus efeitos, uma vez que a energia é invisível. Compreender o que é matéria é bem mais simples, uma vez que é algo material, que tem peso e volume, entre outras características. É possível ver um objeto em movimento, mas é difícil entender que há uma qualidade intangível quando esse objeto está em movimento e que aparentemente desaparece quando ele pára.

Foi exatamente pensando sobre o movimento dos objetos que o homem começou a desenvolver o conceito de energia. O estudo da energia teve início no século XVI com o italiano Galileu Galilei. Por meio de suas observações de fenômenos físicos, ele estimulou os estudos da mecânica, a ciência que levou o homem a presente compreensão da energia. No século XV, o pintor, escultor e arquiteto Leonardo da Vinci idealizou vários veículos com propulsão mecânica, dentre eles carros, helicópteros, submarinos e aeroplanos. Entretanto, só após a Revolução Industrial é que as criações de Da Vinci começaram a ser projetadas e desenvolvidas.

Foi no século XVIII, depois que o inglês Thomas Newcomen usou a energia do vapor d'água pela primeira vez, para bombear água acumulada em minas próximas a sua casa, é que foi dado início ao período conhecido como Revolução Industrial. A partir desse período o uso de energia se tornou cada vez mais intenso, seja em aplicações industriais, como nas indústrias de tecido e moinhos de trigo, ou nos meios de transporte, como os trens e navios movidos a vapor.

O princípio da máquina a vapor, o carro-chefe da Revolução Industrial, decorre do aquecimento da água obtido pela queima de carvão, um dos combustíveis mais conhecidos na época, assim como a lenha. A energia da pressão do vapor d'água liberado no aquecimento, passou então a movimentar vários tipos de engrenagens.

Em 1769, depois de várias experiências o francês Nicholas Joseph Cugnot foi, provavelmente, o primeiro a fazer um veículo movido a vapor, que se deslocava a mesma velocidade que um homem. Com base nesta experiência, em 1804, o inglês Richard Treivithick construiu uma locomotiva a vapor que se deslocava sobre trilhos. No início, as locomotivas eram usadas para movimentar vagões de carga e somente 20 anos depois é que se passou a usá-las para o transporte de passageiros. A velocidade média dos trens da época era de 12 km/h. Velocidades maiores só foram atingidas em 1829, quando foi construído outro tipo de locomotiva, a Rocket, que alcançou a marca de 50 km/h.

Nos dias de hoje, a grande maioria dos veículos rodoviários é equipada com motores de combustão interna, cujo desenvolvimento começou no final do século XVIII. Ao longo dos primeiros 100 anos, sua evolução apesar de lenta, foi constante. Em 1859, com as descobertas e perfurações feitas por Edwin L. Drake, em Titusville na Pensilvânia, a era de petróleo havia recém-começado. Em 1868, já existiam 58 refinarias em Pittsburgh, 30 em Cleveland e outras tantas distribuídas ao longo da costa leste norte-americana. A indústria começava a se expandir: o óleo bruto era utilizado como lubrificante para máquinas, o querosene usado para iluminação e o óleo de terebintina, empregado como substituto de um produto vegetal de mesmo nome, era usado como solvente (RIFKIN, 2003). O petróleo, seus derivados e suas aplicações, eram muito pouco conhecidos.

Naquela época, basicamente existiam dois tipos de máquinas térmicas alternativas de combustão interna. Uma era usada como máquina a vapor, cujos cilindros eram movimentados pelo vapor d'água sob pressão gerado em uma caldeira, que usava carvão ou a lenha como combustível. No outro tipo, o movimento dos cilindros decorria da energia gerada pela queima de um combustível dentro do cilindro. Eram os primeiros motores de combustão interna (MCI), conhecidos como de "ciclo Otto", que exigem uma centelha elétrica para promover a ignição da mistura do ar/combustível nos cilindros.

Em 1892, na Alemanha, Rudolph Diesel patenteou um novo MCI, no qual a ignição da mistura ar/combustível ocorria por compressão e cujo primeiro combustível foi carvão em pó. Mas, o sistema não funcionou muito bem (Ma e Hanna in CUNHA PINTO, 2000). Logo depois, ele iniciou uma série de testes usando diversos subprodutos do petróleo, na época muito baratos, e após algumas modificações em seu projeto original, construiu o primeiro protótipo de motor de ignição por compressão de óleo em 1895. Ainda que tenha sido uma invenção alemã, o primeiro motor diesel comercializado no mundo usando a patente de Diesel foi construído em St. Louis, no Missouri (FTD, 2000).

Ainda no final do século XIX, na Alemanha, Karl Benz e Gottlieb Daimler montaram um motor de combustão interna sobre rodas, cujo combustível era outro derivado do petróleo: a gasolina. Mais uma vez, apesar de ser uma invenção alemã, o surgimento dos automóveis na vida urbana aconteceu quando o norte-americano Henry Ford resolveu produzi-los em massa.

Em 1911, foi inaugurado o primeiro posto de gasolina em Detroit, nos Estados Unidos. Cinco anos depois os norte-americanos dispunham de uma frota de 3,4 milhões de veículos e em 15 anos mais de 23,1 milhões de automóveis cruzavam as estradas do país (RIFKIN, 2003). Em 2002, a frota rodoviária mundial já ultrapassava os 800 milhões de veículos (ANFAVEA,2005).

## 2. A SITUAÇÃO ATUAL E AS TENDÊNCIAS FUTURAS

O século XX ficou marcado pela expansão dos modos de transporte motorizados e conseqüentemente o uso de derivados de petróleo, notadamente diesel e gasolina, os combustíveis tradicionais que são os responsáveis pelo suprimento de energia aos veículos rodoviários.

A propulsão dos veículos rodoviários é realizada por máquinas térmicas alternativas de combustão interna, cujos motores são do tipo Otto ou diesel. Resumidamente, é a energia química e a expansão dos gases gerados na combustão da mistura ar/combustível que promove a movimentação dos cilindros dos motores, sendo que a forma da ignição da mistura varia com as características físico-químicas do combustível e o tipo do motor. A ignição da mistura pode ser iniciada por:

- **Centelha:** Nos motores de ciclo Otto, a mistura ar/combustível ao ser exposta a uma faísca elétrica incandesce e explode nos cilindros. Motores desse tipo são usuais em veículos leves e motocicletas, sendo a gasolina tradicionalmente usada como combustível.

- **Compressão:** Nos motores denominados de ciclo Diesel, a mistura ar/combustível entra em ignição espontânea ao ser submetida à severa compressão nos cilindros. Veículos pesados, como ônibus e caminhões, são equipados com motores desse tipo e o seu combustível tradicional é o óleo diesel.

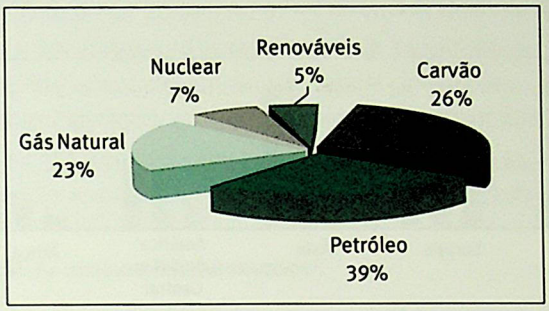
No entanto, nos motores de combustão interna (MCI) nem toda a energia liberada na combustão é convertida em energia mecânica, pois em média três quartos dela é perdida, sob a forma de calor no motor (cujo resfriamento é feito por meio do radiador) e através da exaustão dos gases, liberados pelo escapamento do veículo (RIBEIRO *et al.*, 2001). Em média, o rendimento térmico desses motores se situa entre 20% a 30% e por questões termodinâmicas é extremamente difícil alterar este quadro. Os MCIs mais eficientes alcançam no máximo 50% de eficiência térmica (POULTON, 1997), mas por serem equipamentos de grande porte que operam a baixas rotações seu uso em transportes tem se limitado aos navios. Do ponto de vista termodinâmico, a taxa de compressão é diretamente responsável pelo rendimento térmico dos MCIs. Quanto maior a taxa de compressão melhor é o aproveitamento que o motor estará fazendo do conteúdo energético do combustível (MARTINELLI, 2003). De tal forma, que para uma mesma potência os motores diesel, que operam com taxas de compressão mais elevadas, são mais eficientes dos que os de ciclo Otto, o que resulta em menor consumo de combustível e menos emissões de $CO_2$.

Vários fatores econômicos e sociais têm conduzido a crescente demanda por viagens motorizadas, no transportar da população ou da produção, com conseqüente aumento da demanda de energia necessária para realizá-las. Tal fato tem exigido a necessidade de expansão da indústria de petróleo, desde as etapas de exploração e produção até ao refino e distribuição de seus derivados.

De forma geral, atualmente existe uma preocupação crescente quanto ao futuro, seja em termos de recursos energéticos requeridos para movimentar o setor de transporte, dependente quase totalmente do petróleo, bem esgotável, ou ainda quanto à capacidade das cidades e do próprio planeta de suportarem seus impactos ambientais. Apesar das agências internacionais de energia estimarem que o preço do petróleo irá se manter praticamente constante em torno de US$20 a US$22 por barril até 2010, atingindo cerca de US$30 somente em 2030, os preços estão bem mais elevados, principalmente em conseqüência da instabilidade provocada pelos conflitos no Iraque e o contínuo crescimento do consumo na China. Desde o início de 2003, a média anual do preço do barril de petróleo tem se situado ao redor de US$30, mas em 2005 já supera os US$50. Ao longo dos últimos 25 anos, a volatilidade dos preços do óleo tem sido bastante elevada e é de se esperar que esse comportamento mantenha-se no futuro, principalmente devido a circunstâncias não previstas sejam elas naturais, políticas e/ou econômicas.

No ano 2000, o petróleo foi o responsável pelo fornecimento de cerca de 39% da energia primária consumida em todo o mundo, conforme ilustrado na Figura 1.

**Figura 1 – Participação do petróleo no suprimento da energia mundial.**




Fonte: EIA, 2002.

Seus derivados são utilizados em vários setores da economia, sendo o de transportes o predominante, que é o responsável por quase 60% do consumo mundial de petróleo. A Tabela 1 permite comparar a participação setorial no consumo de petróleo no Brasil e no mundo, no ano 2000. Observa-se que a participação do petróleo no setor de transportes no Brasil é inferior a média mundial, em parte devido ao uso do álcool etílico, do gás natural na matriz energética dos transportes brasileira.

**Tabela 1 – Comparação da participação setorial no consumo de petróleo.**

| | MUNDO | BRASIL |
|---|---|---|
| Consumo petróleo (Mtoe) | 2.950 | 89 |
| Setor transporte (%) | 57,7 | 48,5 |
| Setor industrial (%) | 20,1 | 15,1 |
| Outros setores (%) | 16,3 | 22,7 |
| Não energético (%) | 5,9 | 13,6 |

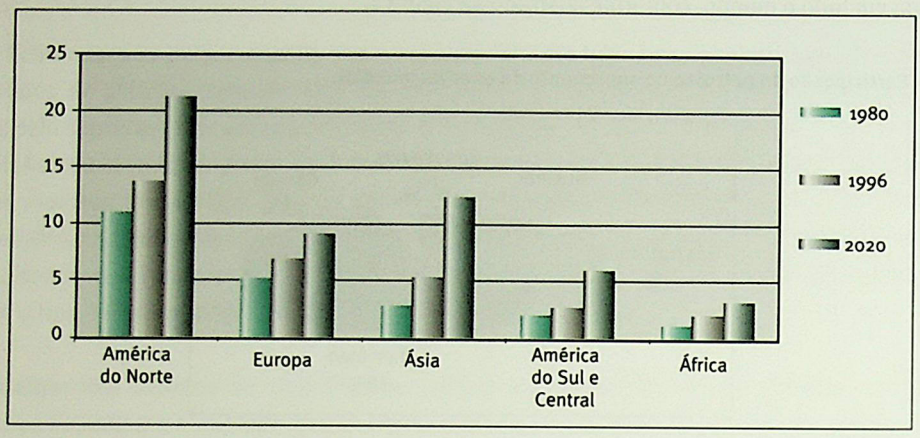
Fontes: IEA, 2002; MME, 2002.

Notas: Mtoe = $10^6$ toneladas de óleo equivalente.

A Agência Internacional de Energia (IEA, 2002) analisou as tendências de consumo de petróleo no mundo e indicou que este será diferente em cada região do planeta. Segundo o estudo, o crescimento dos países em desenvolvimento da Ásia (China e Índia) fará com que o consumo em 2020 supere o consumo da União Européia, como mostrado na Figura 2, onde se compara a previsão de consumo de petróleo em diversas regiões.

A tendência é de que a demanda por petróleo para os transportes em 2020 chegue a 77% da previsão de 27 milhões de barris diários de consumo, devido ao aumento da quantidade de veículos nos países em desenvolvimento. Nos próximos 20 anos é previsto que a taxa média de crescimento anual de 3,9% para estes países, valor que é mais que o dobro da taxa dos países desenvolvidos (EIA, 1999). Neste sentido, nas próximas décadas, os países em desenvolvimento serão os principais consumidores de derivados de petróleo no mundo.

**Figura 2 – Uso de energia no transporte por região 1980, 1996 e 2020 (em milhões de barris/dia).**




Fonte: EIA, 1999.

Os veículos rodoviários neste cenário irão manter o domínio sobre o consumo total de energia, com uma participação superior a 70%. Estima-se que a taxa de crescimento do uso de energia pelos veículos rodoviários será na média de 2,4% ao ano, entre 1996 e 2020. Nos países industrializados, entretanto, o uso de energia para o modo rodoviário deverá crescer mais lentamente, devido à reduzida taxa de crescimento da população e da frota de veículos, decorrente do elevado estágio de motorização já alcançado. Observa-se que os países de elevada renda *per capita*, têm também elevada taxa de motorização. Alguns países, entretanto, mesmo sem apresentarem significativa alteração no Produto Interno Bruto, conseguiram aumentos substanciais no índice de habitante/autoveículo, como o México, Espanha e a Coréia do Sul. Verifica-se que os números convergem e se estabilizam nas economias mais desenvolvidas em torno de dois habitantes/veículo. A mobilidade que o automóvel proporciona é um atrativo para todos, apesar das conseqüências sobre a qualidade de vida nas cidades e o consumo energético de fontes não renováveis.

No Brasil, o setor de transporte é responsável por 48,5% do consumo petróleo (MME, 2002). Ainda que no transporte rodoviário predominem o diesel e a gasolina, destaca-se o uso do álcool como substituto da gasolina, o que faz com que o País detenha a matriz energética de transportes mais renovável do mundo.

Em pouco mais de 100 anos as indústrias, automotiva e a de petróleo, impulsionadas pelo crescimento econômico principalmente dos países industrializados, detêm hoje grande parte do poder econômico mundial, sendo responsáveis por contribuições significativas ao Produto Interno Bruto dos países produtores. Anualmente, cerca de 60 milhões de veículos de diferentes categorias, em que predominam os automóveis, são agregados à frota rodoviária mundial, que superará a marca de um bilhão de veículos ainda nessa década.

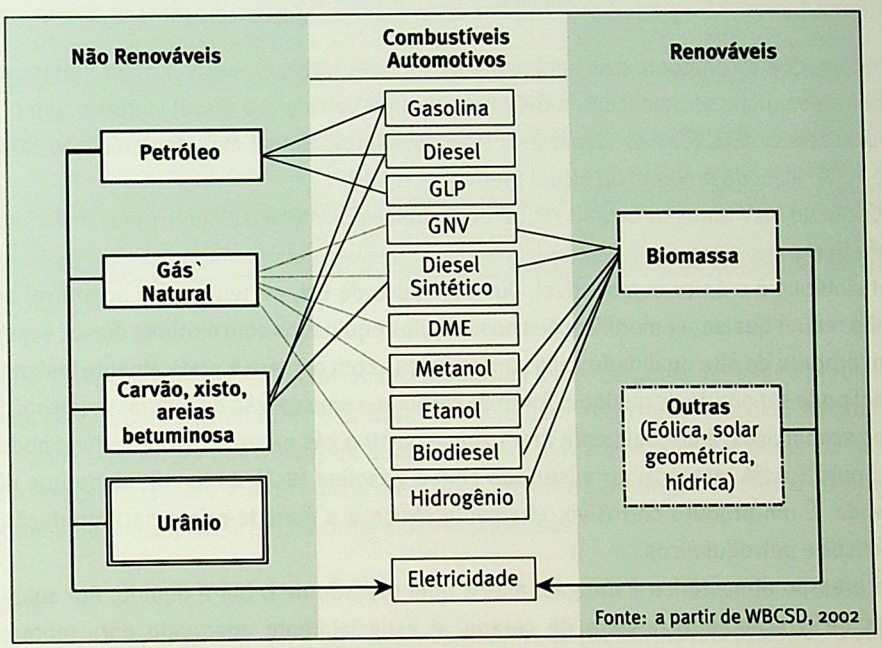
Um dos maiores desafios do transporte nesse novo século será a obtenção de novos sistemas de propulsão, que possibilitem eliminar ou reduzir o uso de petróleo, ou de novos combustíveis para os MCIs, para reduzir a dependência de seus derivados. Existem algumas alternativas para o setor rodoviário, no entanto, para se alterar os atuais sistemas será necessário aplicar recursos significativos, para desenvolver uma extensa bateria de testes, de curta e longa duração, tendo em vista as garantias que são fornecidas pelos fabricantes aos usuários e proprietários dos veículos. Nesse sentido, tem se procurado encontrar soluções que atendam tanto as nossas necessidades de mobilidade e qualidade de vida quanto as das gerações futuras.

## 2a. Combustíveis alternativos

As opções de combustíveis alternativos que serão apresentadas a seguir incluem líquidos e gases, derivados de fontes primárias renováveis ou não. Muitos deles já são produzidos e comercializados, ainda que não utilizados como combustíveis automotivos. Alguns, principalmente, quando misturados com os combustíveis tradicionais poderão ser utilizados nos MCIs convencionais sem exigir alterações. No entanto, a maioria requer mudanças nos sistemas de alimentação, de injeção de combustível e em seus controles, bem como pode ser necessário compatibilizar os materiais de construção.

Como é possível observar na Figura 3, alguns desses combustíveis podem ser obtidos a partir de uma ou mais fonte, renovável ou não, sendo predominante o uso de petróleo e gás natural, entre outros fatores devido a questões econômicas associadas aos baixos preços desses insumos.

**Figura 3 – Fontes de obtenção de combustíveis automotivos[1].**




### a) Gás Natural

O gás natural (GN) pode ser usado diretamente ou pode ser a matéria-prima para a produção de outros combustíveis para os motores. A Figura 4 apresenta uma síntese das possibilidades de produção de combustíveis a partir do gás natural.

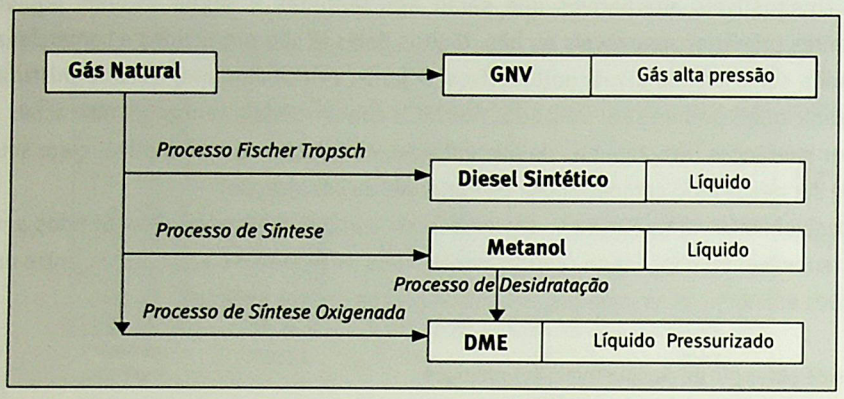
---

1 Entenda-se biomassa como sendo matéria orgânica de origem:

• Vegetal que pode ser obtida em intervalos relativamente curtos de tempo, mediante a prática da agricultura. A partir dela pode-se obter: (a) o etanol (álcool etílico), derivado da cana-de-açúcar, da beterraba e de materiais amiláceos como a mandioca, a batata, o arroz e o milho; e (b) o biodiesel, produto derivado de óleos vegetais virgens, extraídos de oleaginosas, tais como a palma, soja, mamona, entre outros.

• Residual, derivada do reprocessamento comercial, industrial e/ou doméstico, inclusive do esgoto ou do lixo municipal e dos rejeitos florestais e agrícolas, que possa ser sistematicamente coletada e processada para a produção de: (a) biogás, produto da biodigestão anaeróbica para produzir metano ($CH_4$) ou (b) biodiesel, resultado da transesterificação de óleos e gorduras residuais das atividades humanas, sejam eles derivados de produtos vegetais ou animais.

**Figura 4 – Combustíveis obtidos a partir de gás natural.**




A partir dele, que é composto principalmente de metano ($CH_4$), é possível obter vários combustíveis diferentes, dentre os quais se destacam: o GNV (Gás Natural Veicular); o diesel sintético, um dos produtos obtidos via o processo GTL (*Gas to Liquids*); o DME (*Di-Methyl Ether*) cuja denominação química é éter dimetílico ($C_2H_6O$); além do metanol ou álcool metílico ($CH_3OH$).

Com exceção do GNV todos os demais requerem unidades de processamento para conversão do gás em outros combustíveis.

O diesel sintético é o único combustível, dos derivados de GN, perfeitamente adaptável aos motores diesel, que não requer quaisquer modificações nos veículos equipados com motores diesel, seja puro ou em mistura. É um produto de alta qualidade, cuja contaminação com enxofre é praticamente insignificante.

O metanol pode ser obtido de qualquer fonte de carbono, como carvão ou biomassa (álcool de madeira) e, por motivos econômicos, é normalmente produzido a partir o gás natural. O combustível pode ser usado nos motores, puro (100% metanol) ou misturado com a gasolina (85% metanol), ainda que não existam veículos à venda. É um produto corrosivo, altamente tóxico e a matéria-prima para produção de outros produtos químicos e petroquímicos.

O DME a pressão atmosférica é um gás, mas a uma pressão de 6 bar é líquido. Por suas excelentes características de ignição (alto número de cetano) é especialmente adequado para motores do ciclo diesel. No entanto, requer sistemas de injeção de alta pressão, o que estabelece um desafio tecnológico significativo, para garantir a segurança contra fogo e explosão. Dentre todas as opções de combustíveis alternativos derivados do GN, o DME é o que se encontra menos desenvolvido, inclusive em termos tecnológicos, considerando-se as necessidades de adequação aos motores.

**b) Biodiesel**

O uso de óleos vegetais em motores de combustão interna remonta do final do século XIX. Quando Rudolf Diesel projetou seu primeiro motor, testou-o com petróleo, álcool e com óleo vegetal (ALTIN R. et al., 2001). As experiências realizadas na época já demonstravam que o desempenho do óleo cru (petróleo filtrado) nesses motores era bastante superior ao dos óleos vegetais *in-natura*, devido ao seu melhor desempenho mecânico e sua maior eficiência. As diferenças decorriam principalmente devido ao excesso de resíduos de carbono e de outros resíduos que a combustão dos óleos vegetais depositava sobre as partes internas dos motores. O termo biodiesel tem sido aplicado de maneira genérica a qualquer mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos. Ou seja, o óleo vegetal sofre um processamento químico, uma reação de transesterificação com um álcool de cadeia curta, para se transformar em biodiesel.

Razões de natureza econômica levaram ao completo abandono das pesquisas voltadas para o uso dos

óleos vegetais como combustíveis (IVIG, 2002). Só em situações de emergência ou de anormalidade é que se procurou reavaliar a possibilidade de uso dos óleos vegetais como combustíveis. No entanto, recentemente devido aos aumentos do preço do petróleo, as preocupações com o declínio da produção de óleo fóssil e com os problemas ambientais locais e globais provocados pela intensa queima de seus derivados, é que se renovou o enfoque sobre o uso dos óleos vegetais, especialmente para o transporte rodoviário. O biodiesel vem se consolidando como combustível alternativo nos Estados Unidos, na Ásia, e, principalmente, na União Européia, conforme sumarizado na Tabela 2. Para se ter uma idéia do avanço do biodiesel, o plano de ação da Comissão Européia estabeleceu como metas, que a participação do biodiesel deverá responder por 2% em 2005 e por 5,75% do diesel consumido em seus países-membros em 2010.

**Tabela 2 – Consumo de biodiesel na União Européia – 1998 e 2000.**

| PAÍS | CONSUMO DE BIODIESEL (t/ano) | |
|---|---|---|
| | 1998 | 2000 (até outubro) |
| Alemanha | 72.000 | 315.000 |
| França | 70.000 | 50.000 |
| Bélgica | 15.000 | - |
| Itália | - | 40.000 |
| Grã-Bretanha | 1.000 | - |
| Áustria | 17.000 | 15.000 |
| Suécia | 8.000 | 7.000 |
| República Tcheca | 12.000 | - |
| TOTAL | 195.000 | 427.000 |

Fonte: www.biodiesel.com

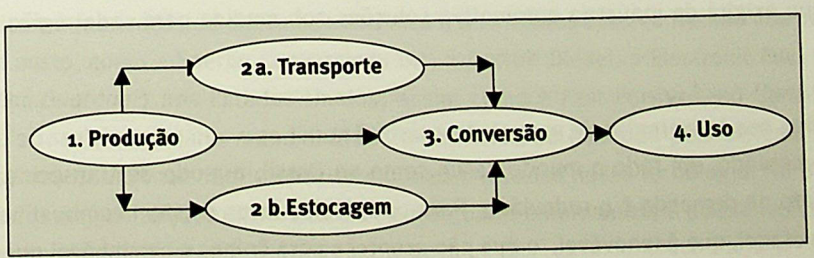
Inúmeros são os benefícios do biodiesel destacando-se o fato de poder ser usado puro ou em misturas com o diesel de petróleo nos motores das frotas em uso sem exigir modificações. Ademais, não requer alterações na infra-estrutura dos postos de abastecimento, ainda que promova impactos na logística e na distribuição dos combustíveis. A principal desvantagem inerente à produção do biodiesel em grande escala é a necessidade de solos aráveis para a cultura das oleaginosas.

**c) Hidrogênio**

A atual produção mundial de $H_2$ é cerca de 500 bilhões $Nm^3$/ano (BERGAMASCHI, 2003), o qual é usado não para fins energéticos, mas sim como matéria-prima para a indústria química e petroquímica. As refinarias de petróleo e a indústria química são responsáveis pela maior parte da produção de $H_2$ e a sua comercialização está restrita a pequenos volumes como especialidade para a indústria química.

No atual estágio de desenvolvimento da "Economia do Hidrogênio" ainda não se tem perfeitamente delineado como serão estruturados os sistemas logísticos de produção, transporte e distribuição do $H_2$, conforme as etapas representadas na Figura 5.

**Figura 5 – Esquema para produção e aplicação do $H_2$.**



Embora para a maioria dessas etapas já existam tecnologias disponíveis, desenvolvidas e demonstradas, com claras vantagens ambientais sobre as demais tecnologias existentes, o hidrogênio ainda não está sendo usado como um combustível em grande escala, exceto nos programas espaciais. O novo sistema energético deve ser visto como um sistema estruturado e integrado de energia. As tecnologias para o uso precisam ser compatíveis e viáveis com as de produção, de armazenamento, de transporte e de distribuição do hidrogênio. Considerar o uso de uma tecnologia fora de um contexto do sistema integrado de energia de hidrogênio freqüentemente cria um quadro incompleto e distorcido. A Tabela 3 apresenta uma síntese da evolução tecnológica estimada para cada um dos segmentos da indústria do hidrogênio.

**Tabela 3 – Previsão da evolução de segmentos da indústria.**

| Segmento | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 |
|---|---|---|---|---|---|
| Produção | Reforma de GN e biomassa | Gaseificação do carvão<br>Eletrólise via fontes renováveis e nuclear | | Biocatálise<br>Quebra fotolítica da água | |
| Fornecimento | Tubovias, ferrovia, caminhões feixe e barcaças | Facilidades distribuídas | | Sistemas centralizados integrados em rede | |
| Tecnologias de estocagem | Tanques pressurizados: (gás e líquido) | Hidretos (Estado sólido) | Tecnologias maduras (Estado sólido: estruturas de carbono e de vidro) | | |
| Tecnologias de conversão em energia | Combustão | Célula combustível<br>Combustão avançada | | Tecnologias maduras para utilização em grande escala | |
| Uso | Refinarias, naves espaciais, fontes portáteis | Frotas de ônibus; frotas oficiais; centrais de geração de energia distribuída | Frotas comerciais; Introdução no mercado de automóveis | | Sistemas de utilidades |

A atratividade dos futuros combustíveis automotivos deve variar conforme o segmento de mercado ao qual se destina devendo contemplar a categoria dos veículos, o tipo de serviço que desempenhará, bem como o local de uso. De tal forma, que sua implantação poderá ocorrer em nichos de mercado específicos, voltados para o uso em frotas dedicadas, ou seja, aquelas que apresentam características operacionais compatíveis com a disponibilidade do combustível, no âmbito local e regional. A possibilidade de uso de determinada tecnologia ou combustível estará associada ao tipo e à utilização dos veículos. É o caso, por exemplo, dos veículos para o transporte público urbano que apresentam características operacionais diferentes dos usados no transporte interurbano e em frotas cativas. Outro aspecto que precisa ficar claro é que as soluções aplicáveis aos países desenvolvidos e aos em desenvolvimento poderão ser diferentes, o que exigirá da indústria automotiva soluções sob medida para cada região, apesar da sua globalização.

### 2.b) Modificações nas tecnologias de propulsão existentes

Conforme já comentado, em todo o mundo assim como no Brasil, o modo de transporte que apresenta maior crescimento na demanda é o rodoviário. Para os veículos leves existem combustíveis alternativos, como o GNV e o etanol, que é renovável, o que não acontece para ônibus e caminhões, que são equipados

com motores diesel. Assim sendo, o enfoque a seguir se limitará a avaliação das alternativas energéticas tecnologicamente viáveis para os veículos rodoviários para o transporte coletivo de passageiros e o de cargas.

Algumas opções têm sido desenvolvidas pela indústria automotiva para otimizar o uso das tecnologias já dominadas técnica e comercialmente, mediante a inserção de dispositivos eletrônicos nos motores diesel, modificação de tecnologia do motor para otimizar o uso de combustível alternativo, ou ainda, uma combinação de duas tecnologias, conforme comentado a seguir.

A Tabela 4 apresenta uma síntese das principais tecnologias veiculares disponíveis, ou ainda em desenvolvimento, associadas aos combustíveis que lhes são compatíveis, segmentados em renováveis e não-renováveis.

**Tabela 4 – Síntese dos combustíveis alternativos por tecnologia veicular.**

| | Combustível | Tecnologia do Motor | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Combustão Interna | | Célula Combustível | | |
| | | Centelha | Compressão | Direta | Reformador | Elétrico |
| Não Renovável | Gasolina | | | | | |
| | Diesel | | | | | |
| | Gás liquefeito de petróleo | | | | | |
| | Gás natural | | | | | |
| | Diesel sintético GTL | | | | | |
| | Éter dimetílico (DME) | | | | | |
| Renovável | Metanol | | | | | |
| | Etanol | | | | | |
| | Biodiesel | | | | | |
| | Hidrogênio | | | | | |
| | Eletricidade | | | | | |

Fonte:WBCSD (2004).

**A1) Veículos de combustível misto (*dual-fuel*)** • Motores *dual-fuel* foram desenvolvidos com a finalidade de substituir parcialmente o óleo diesel por gás natural (GNV) em veículos equipados com motores diesel. O conceito da tecnologia diesel-gás tem sua base na utilização do motor original do ciclo diesel e na queima combinada do gás natural com o óleo diesel. Efetua-se uma adaptação do motor original sem modificações estruturais, mediante a instalação de um *kit* eletrônico (MACHADO et al., 2004). O óleo é apenas uma injeção-piloto, que é responsável pelo início do processo de combustão do gás previamente misturado ao ar. O óleo é pulverizado em uma atmosfera de elevada temperatura e pressão, inflamando a mistura ar + GNV, no interior do cilindro do motor (MACHADO et al., 2004a). Ou seja, o motor apresenta características de um motor diesel (ignição por compressão) até a injeção-piloto e as de um Otto (ignição por centelha) após a injeção (RIBEIRO, 2001).

Essa tecnologia foi objeto de pesquisa no Brasil na década de 1980, no Centro de Pesquisas da Petrobras – CENPES e em outras montadoras, e atualmente o interesse renasce. Em todo o mundo várias empresas se dedicam à fabricação de sistemas eletrônicos, de motores e/ou conversão dos motores diesel para combustível misto, como a Energy Conversions Inc, a Detroit Diesel, a Electronic Fuel Control (EFC) e a Caterpillar (*Cat Dual-fuel*) nos Estados Unidos; assim como a Fast Forward, no Canadá. Segundo (MACHADO et al. 2004a), no cenário mundial atual, a demanda do mercado pelo sistema é baixa, com reduzido interesse dos tradicionais fabricantes de motores e veículos nessa tecnologia. No Brasil existem, no momento, estudos em instituições universitárias e em algumas empresas para o desenvolvimento de *kits* diesel-gás, porém ainda sem resultados práticos expressivos.

A idéia central é introduzir pequenas modificações nos motores diesel para permitir o uso do gás, aproveitar o elevado rendimento do motor original, aumentar a flexibilidade para o abastecimento e a revenda do veículo, assim como reduzir de forma significativa às emissões de material particulado. Porém, existem algumas desvantagens com a tecnologia, que exige o desenvolvimento de um *kit* de conversão específico para cada família de motores, o custo da conversão é elevado e as emissões obtidas não atendem a limites de emissões mais restritivos, que são plenamente atingidos pelos motores Otto dedicados a gás.

O custo de uma conversão de um motor diesel em *dual fuel* nos dias de hoje no Brasil, usando-se *kits* importados e incluindo-se o custo dos cilindros de GNV, seria em torno de R$ 40.000,00 (US$ 13.300,00), valor esse que poderá ser próximo ao do próprio veículo a ser convertido. Conforme apontado (MACHADO et al. 2004a), a tecnologia é apropriada para motores usados, como os fabricados no Brasil até 2004 que atendem aos padrões de emissão estabelecidos até a Fase IV do PROCONVE. A conversão de motores que atendem a padrões mais restritivos, como os que estão sendo fabricados no Brasil a partir de 2005 para atender as novas etapas do PROCONVE, tem custos bem mais elevados, o que pode inviabilizar comercialmente o uso futuro da tecnologia.

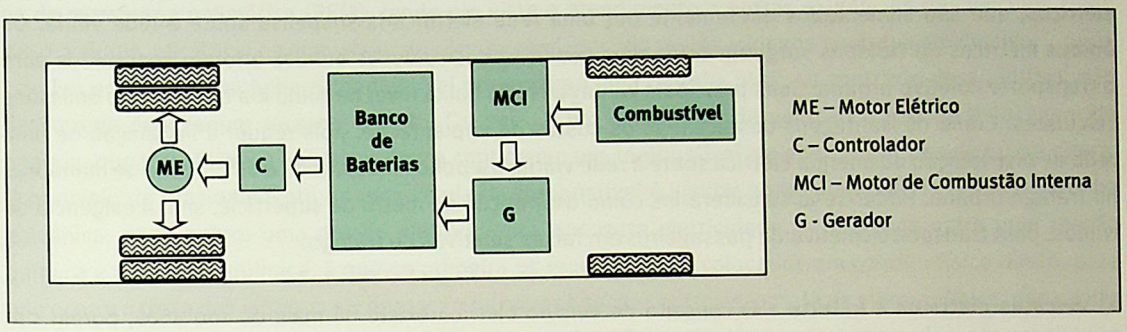
**A2) Veículos dedicados ao gás natural** • Os veículos dedicados a GNV, ou seja, que foram projetados para utilizar exclusivamente o GNV como combustível, usam motores Otto, pois é neste ciclo que se pode otimizar as vantagens competitivas do gás em relação aos combustíveis tradicionais. A economia média para um ônibus no tráfego urbano de gás para um motor Otto é cerca de 1,70 km/m³, enquanto um diesel convertido em *dual-fuel* pode obter 3,18 km/m³ de gás e mais 7,89 km/litro de óleo diesel (MACHADO et al., 2004a). Uma das desvantagens dos veículos que usam este tipo de motor é a total dependência da rede de distribuição de GN para abastecer o veículo, o que limita a sua autonomia às regiões que disponham de facilidades para o seu abastecimento. No entanto, a tecnologia se encontra bem desenvolvida, sendo os motores fabricados e comercializados em diversos países do mundo, inclusive no Brasil, usados em ônibus urbanos. O custo dos motores Otto dedicados a gás atualmente é cerca de 50% mais caro que um similar a diesel, sendo a diferença entorno de US$20 mil (MACHADO et al., 2004a). Essa diferença decorre, principalmente, da economia de escala atingida na produção dos motores diesel.

**A3) Veículos híbridos** • O termo veículo híbrido é geralmente aplicado aos veículos que utilizam mais do que uma fonte de energia para seu movimento. Existem muitas configurações possíveis para os híbridos elétricos (*Hybrid Electric Vehicles* – HEVs). Nesses veículos, motores elétricos são utilizados para fornecer, parcial (configuração em paralelo), ou totalmente (configuração em série), a energia para movimentar o veículo (BRADLEY, 2000). No caso dos veículos híbridos de configuração em série, um motor de combustão interna convencional acoplado a um gerador fornece energia elétrica a um banco de baterias e/ou ao motor elétrico, responsável pela propulsão do veículo.

Essas tecnologias podem ser aplicadas tanto em veículos leves quanto pesados, utilizar combustíveis tradicionais (gasolina, diesel) ou alternativos (etanol, gás natural, biodiesel e outros), bem como usar outros sistemas de propulsão como as pilhas a combustível, em substituição ao MCI. Grandes montadoras como a Honda, a Toyota e a Ford já comercializam automóveis e camionetas equipados com essa tecnologia.

A Figura 6 ilustra a configuração básica de um veículo híbrido-elétrico, que emprega baterias e motores de combustão interna, em série. Nessa configuração um gerador irá carregar continuamente as baterias e alimentar o motor elétrico, propulsor final do veículo.

**Figura 6 – Configuração híbridoelétrica em série.**




Dentre as principais vantagens dos veículos híbridos incluem-se: (a) Pode-se obter significativa redução das emissões de poluentes locais, bem como a de dióxido de carbono ($CO_2$); (b) Comparado a ônibus equipados com motores tradicionais a diesel, o conjunto híbrido elétrico apresenta economia de combustível, que varia com a velocidade média de circulação do veículo; (c) O nível de ruído é baixo, comparável ao de um trólebus (inferior a 74 db); (d) Eliminação do câmbio e transmissão automática, o que evita as trocas de marcha, o que traz um conforto adicional para o motorista e os passageiros; (e) Maior durabilidade do motor, por trabalhar com rotação constante; (f) O veículo é equivalente a um trólebus, sem exigir a instalação de rede de energia elétrica, a qual é gerada a bordo.

Por outro lado, os híbridos também apresentam desvantagens, destacando-se:

**Custos:** Nos países da União Européia e da América do Norte, os preços de um ônibus diesel tradicional, tipo padrão Euro II, variam de US$175 mil a US$350 mil. Os preços dos híbridos similares são mais elevados, com diferenças que oscilam desde US$75 mil até mais de US$150.000. No entanto, existe uma forte tendência de redução de preços em função de ganhos que poderão advir da economia de escala com a ampliação do mercado. Além disso, tendo em vista a eletrônica embarcada para controle da propulsão, os custos de manutenção são superiores aos dos veículos tradicionais devido às diferenças e complexidades desse novo sistema. Em 2004, os ônibus híbridos, fabricados no Brasil, custavam cerca de 30% a 40% a mais do que um ônibus tradicional, com atributos similares (ELETRA, 2004).

**Limitações de trajeto:** O desempenho de veículos híbridos pode ficar comprometido em trajetos com rampas muito extensas ou íngremes, visto que essas condições operacionais exigem do sistema mais energia do que a disponível a bordo (RIBEIRO, 2001).

**Baterias:** O uso de baterias conduz à questão da sua durabilidade e a dificuldade em se dar a elas um destino ou disposição final seguro, já que em sua composição existem metais pesados que contaminam o meio ambiente, principalmente o solo e as águas (RIBEIRO, 2001).

Em termos de economia de combustível, testes comparativos do desempenho de ônibus híbridos com os convencionais a diesel, realizados pelo Programa de Engenharia de Transportes da Coppe (DAGOSTO, M.; RIBEIRO, S.; SAVIGNON, P., 2002) e pelo departamento de transportes urbanos da cidade de Nova Iorque (NYCT, 2002), indicaram que a redução média do consumo de combustível que pode ser obtida com o uso dos ônibus híbridos varia de 20% a 40%, conforme as condições do tráfego em que o veículo circule.

## SISTEMAS DE PROPULSÃO ALTERNATIVOS

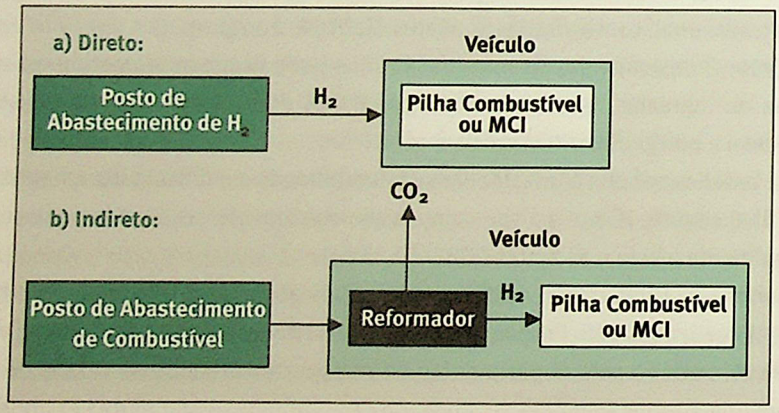
Descrevem-se a seguir as principais características dos sistemas de propulsão alternativos aos MCIs, em que se destacam os ônibus elétricos, os veículos elétricos a bateria e a pilha combustível.

**1) Ônibus elétricos** • Os primeiros concorrentes dos MCIs no transporte rodoviário foram os veículos elétricos, que são alimentados diretamente por uma rede eletrificada suspensa sobre a rede viária. Os ônibus elétricos ou trólebus surgiram como uma evolução dos ruidosos bondes e foram concebidos para o transporte coletivo urbano. Suas principais vantagens são baixo nível de ruído e a ausência de emissões veiculares. Como desvantagens destacam-se os custos de implantação, pois requer a instalação de uma rede de distribuição de energia elétrica sobre a rede viária, e a pouca mobilidade e dificuldade de manobras no tráfego urbano. Poder-se-ia considerá-los como uma opção de metrô de superfície, sem a exigência de trilhos, para transporte coletivo de passageiros em faixas seletivas de tráfego.

**2) Veículos elétricos a bateria** • O conceito de veículo elétrico existe há mais de 100 anos, porém sua evolução tem sido bastante lenta. Seus maiores atrativos são o baixo nível de ruído e o fato de ser um veículo sem emissões locais (*Zero Emission Vehicle* – ZEV). Seu maior problema é a estocagem da energia a bordo, que exige baterias volumosas e pesadas que requerem um tempo excessivo para seu re-carregamento e limitam a autonomia do veículo entre cargas. Nos Estados Unidos, desde o início da década de 1990, é possível adquirir veículos elétricos, como automóveis, minivans e até caminhonetes tipo *pick-up*, com 160 km de autonomia entre cargas. A tecnologia é recomendada para locais com problemas graves de poluição atmosférica e a sua inserção no mercado tem sido limitada pela capacidade, o custo, o tempo de vida e a necessidade de reciclagem das baterias. No entanto, atualmente a sua produção está sendo reduzida pelos fabricantes, que acreditam que os veículos híbridos e os a pilha combustível apresentam um futuro mais promissor. Uma variante desses sistemas e que têm obtido melhor desempenho comercial são os veículos híbridos já descritos no tópico anterior.

**3) Veículos a pilha combustível** • Esta tecnologia usa o hidrogênio ($H_2$) como combustível, sendo considerada a solução mais promissora para os transportes no longo prazo. Existem duas opções para usá-lo como combustível veicular, que são ilustradas na Figura 7.

**Figura 7 – Formas de suprimento de $H_2$ aos veículos a pilha combustível.**




Na primeira alternativa (a), o $H_2$ precisa ser estocado no veículo para uso direto. Na outra (b), o gás é gerado a bordo mediante a instalação de um sistema de reforma. A reforma é um processo de conversão química de produtos orgânicos hidrogenados, que podem ser combustíveis renováveis ou não, a qual utiliza um reformador compacto que gera o $H_2$ a bordo, evitando o armazenamento do gás no veículo. As células de combustível podem ser diferenciadas pelo tipo de eletrólito usado, o que por sua vez, determina a temperatura de operação da célula. Atualmente, várias tecnologias estão em desenvolvimento, os tipos de

célula mais adequados para aplicação nos transportes são os que operam a baixa temperatura, em especial as de membrana polimérica (PEM), tendo em vista o atendimento a outras exigências dos veículos como peso, volume, eficiência na conversão do combustível, partida rápida e longos períodos em desuso.

Em princípio, uma pilha a combustível opera como uma bateria. Mas, ao contrário dessa última, não descarrega nem requer recarregamento. Ou seja, é um dispositivo de geração e não de estocagem de energia, que transforma a energia química contida em um combustível em energia elétrica de forma direta. O princípio de funcionamento de uma célula de combustível é similar ao de uma bateria ou de uma pilha galvânica, onde ocorre uma reação eletroquímica que gera eletricidade. A diferença entre uma reação química e uma eletroquímica, é que na primeira os reagentes são colocados em contato físico direto, para que ocorra a troca dos elétrons e a formação de novas ligações entre os íons. Já na eletroquímica, não ocorre contato dos reagentes, os íons são trocados via um eletrólito e os elétrons transportados por um circuito externo. Para obter potências elevadas é usual associar-se várias células de combustível em série e a esse conjunto denomina-se pilha a combustível (*fuel cell stack)*.

O custo das atuais membranas do tipo PEM excede US$3.000/kW (pequena escala de produção) enquanto o dos motores de combustão interna é cerca de US$35/kW (ANL, 2003). Estima-se que mesmo em grande escala de produção, o custo das pilhas tipo PEM atingiria US$100/kW. Reduzir o custo à metade para torná-las competitivas é um objetivo difícil, tendo em vista o custo das membranas, dos catalisadores de metal precioso (tipicamente platina ou suas ligas), das capas para difusão do gás, e dos pratos bipolares que somados representam 70% do custo total do sistema. Outros desafios significativos para as PEMs estão relacionados a sua funcionalidade e durabilidade. É preciso desenvolver novas membranas que resistam a temperaturas superiores a 1.000 C, para permitir aumentar a eficiência do sistema de arrefecimento, a tolerância a impurezas e melhorar a eficiência global do sistema. Já a durabilidade é um aspecto de importância capital para aplicação veicular. Grosso modo, são requeridas 5.000 h de vida operacional das células para que um veículo tenha vida útil equivalente a 250 mil km, considerando-se a uma velocidade média de 50 km/h. No entanto, a taxa de degradação dessas membranas, em condições operacionais cíclicas, pode ser muito elevada. Os mecanismos de sua degradação ainda não são totalmente conhecidos, principalmente em aplicações como essa, pois a maioria dos testes é feita em máquinas estacionárias, rodando continuamente por longos períodos (ANL, 2003).

O uso do $H_2$ como combustível veicular está diretamente associado às formas de distribuição e as de abastecimento do combustível, que ainda não estão delineadas. Enquanto esse delineamento não está definido, os fabricantes de veículos apostam em diferentes soluções para o suprimento do combustível. Diferentemente das aplicações em instalações estacionárias, o uso de hidrogênio em transportes apresenta desafios adicionais, tendo em vista a sua baixa densidade energética, as necessidades de autonomia do veículo e as limitações de espaço nos veículos.

A GM *Corporation* e o Grupo BMW formaram uma parceria, em 2003, para desenvolver sistemas de abastecimento de $H_2$ líquido ($H_2L$), pois consideram que essa forma de estocagem de $H_2$ a bordo é a mais atrativa tanto para a distribuição de combustível quanto para a autonomia veicular. A primeira instalação pública para abastecimento com $H_2L$ foi implantada no Aeroporto de Munich, na Alemanha, para abastecer automóveis. A instalação dispõe também de um sistema de regaseificação de hidrogênio para suprimento do combustível gasoso a dois ônibus articulados da frota do aeroporto. Até o final de 2003, existiam cerca de 70 postos de abastecimento de $H_2$ instalados em todo o mundo, a maioria construída para demonstração. A metade desses postos se concentra nos Estados Unidos (22) e na Alemanha (14), sendo que cerca de 70% deles dispõe de $H_2$ comprimido, 10% oferece somente líquido e 20% pode fornecer o $H_2$ tanto o líquido quanto o gás.

## 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitos esforços estão sendo aplicados pela indústria automotiva no sentido de reduzir o consumo energético dos veículos equipados com motores de combustão interna, para que esses continuem a dominar o mercado.

Dentre as alternativas tecnológicas mais promissoras no curto e médio prazos, destaca-se os sistemas híbridos, os quais poderão ser usados em veículos leves e pesados, equipados com MCIs e abastecidos com combustíveis alternativos. A principal barreira enfrentada por eles é o custo do veículo.

Quanto aos combustíveis alternativos, para o Brasil, o biodiesel apresenta perspectivas favoráveis, tendo em vista não somente o potencial de recursos naturais existentes, mas também o fato de sua queima promover a redução das emissões de substâncias tóxicas e das emissões de $CO_2$, o principal responsável pelo aquecimento global, bem como, por ser ele um combustível, renovável cuja produção promove a geração de empregos.

Existem muitas incertezas quanto à evolução das tecnologias e desses combustíveis no futuro e as alternativas foram apresentadas sem pretender fazer predições ou julgamentos de valor quanto ao que irá ou não se desenvolver no mercado automotivo. É provável que todas as soluções apontadas, e muitas outras que ainda poderão surgir, participem do mercado, mesmo por que podemos estar no início de uma nova era, mais restritiva em termos energéticos e ambientais, que exigirá múltiplas soluções. Encontrar as que mais contribuirão para manter a sustentabilidade do transporte rodoviário e o desenvolvimento econômico e social das sociedades, requer a análise integrada de questões multifacetadas, em ambientes e situações distintas. Tal fato poderá conduzir a soluções regionalizadas e sob medida, compatíveis com os requisitos e os recursos disponíveis em de cada uma delas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


ALTIN R. *et al. The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel Engines*, Energy Conversion and Management, 42, 529:538, 2001.

ANFAVEA. *Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira*, 2004. In: http://www.anfavea.com.br.

BRADLEY M.J. *Hybrid-Electric Drive Heavy-Duty Vehicle Testing Project – Final Emissions Report.* Agreement Nº: NAVC1098-PG009837, USA,2000.

BERGAMASCHI, V. S. *Produção do Hidrogênio a partir da reforma do etanol*, 10. Encontro IPEN sobre Célula Combustível, Procel/IPEN-SP, Brasil, 2003

CUNHA PINTO, R. R. FACHETTI, A. M. PERIN, C. *Caracterização do Biodiesel para Uso Automotivo*, CENPES, Petróleo Brasileiro SA, 2001.

DAGOSTO, M.; RIBEIRO, S.; SAVIGNON, P. *The Use of Hybrid Buses in Brazil – Performance and Fuel Economy Analysis*, 2002.

HORTA NOGUEIRA, L.A. *Produção e processamento de petróleo e gás natural no Brasil: perspectivas e sustentabilidade nos próximos 20 anos*. Agência Nacional de Petróleo, Rio de Janeiro, Brasil, 2002.

IEA. World Energy Outlook. International Energy Agency, 2000.

IEA. Key World Energy Statistics from the IEA. Paris: International Energy Agency, 2002.

IVIG. *Geração de energia a partir de resíduos do lixo e de óleo vegetais. Rio de Janeiro:* COPPE/UFRJ, 2002.

MAA, F., HANNA, M. A. *Biodiesel production: a review*, Bioresource Technology 70, 1999.

MACHADO, G.B.; MELO, T.C.C.; LASTRES, L.F.M. *Panorama da Utilização do Gás Natural Veicular em Veículos Pesados no Brasil*. 4ºLACGEC – Congreso Latino Americano y Del Caribe de Gas y Electricidad, Trabajo 26, 2004.

_____ Utilização do Gás Natural em Veículos Pesados no Brasil: Experiência, Cenário Atual e Barreiras que ainda persistem. Rio Oil & Gas Expo and Conference. Rio de Janeiro, 2004a.

MARTINELLI, L.C. *Máquinas térmicas I - Motores de combustão interna*. Rio Grande do Sul: Inijuí, 2003.

MME. Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel- Biodiesel: O Novo Combustível do Brasil, In: www.mme.gov.br, 2004.

_____ Balanço Energético Nacional, 2003. In: www.mme.gov.br, 2004.

NYTC. *Transit Bus Evaluation Project: New York City Transit Diesel Hybrid-Electric Buses: Final Results*. DOE/ NREL, U. S. Department of Energy. Office of Scientific and Technical Information, 2002.

PORTAL BIODIESEL. In: http://www.biodiesel.com, 2004.

POULTON, M. L. *Fuel Efficient Car Technology*. Computational Mechanics Publications, Ashurst Lodge, Ashurst, Southampton, 1997.

RIBEIRO, S. K.; REAL, M.V. *Novos Combustíveis*, Rio de Janeiro: Editora E-Papers, 2006.

REAL, M.V. Metodologia e critérios para análise de alternativas energéticas para o transporte rodoviário no Brasil com foco na sustentabilidade, Tese de Doutorado. rio de Janeiro: COPPE/ UFRJ, 2005.

RIBEIRO, S. K.; REAL, M.V.; DAGOSTO, M. Transporte e Mudanças Climáticas. Rio de Janeiro: Editora Mauad. COPPE/UFRJ, 2000.

_____ Estudo das Vantagens Ambientais do Gás Natural Veicular: O Caso do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2001.

_____ Barreiras na Implantação de Alternativas Energéticas para o Transporte Rodoviário no Brasil, Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ,2002.

RIFKIN, J. A Economia do Hidrogênio. São Paulo: M.Books do Brasil Editora Ltda, 2003.

USDOE. *A National Vision of America's Transition to a Hydrogen Economy to 2030 and Beyond*; National Hydrogen Vision Meeting, Washington DC, EUA, 2001.

USDOE. *A National Vision of America's Transition to a Hydrogen Economy to 2030 and Beyond*. National Hydrogen Vision Meeting Washington, DC, 2002a.

USEIA. *International Energy Outlook*. Energy Information Administration. Paper DOE/EIA – 0484(2002), March 2002.

WBCSD. *Fuels for Road Transport*. Workstream 3. London: Frost & Sullivan, 2002.

# 6

# TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO URBANO, SOB A PERSPECTIVA DO ESTATUTO DA CIDADE

*Laura Lucia Vieira Ceneviva*
*Coordenadora do Grupo Executivo da Prefeitura do Município de São Paulo para Melhoramentos Cicloviários – Pró-Ciclista*

Este texto tratará das características da relação transporte e desenvolvimento urbano, em especial naquilo que se refere ao novo parâmetro da gestão urbana no Brasil, que é o Estatuto das Cidades.[1] O transporte influencia o desenvolvimento das cidades, tanto sua estrutura física quanto sua economia, mas também é por elas influenciado, em uma mútua dependência. Se, por um lado, a disponibilização de meios de transporte favorece o desenvolvimento das atividades em determinado local da cidade, por outro lado, o desenvolvimento das atividades cria a demanda pela implantação dos serviços de transporte. Eles afetam o desenvolvimento urbano em função da circulação que proporcionam, dependendo estas das características físicas e das funções exercidas pelas vias.

O Estatuto da Cidade oferece instrumentos legais mais adequados às realidades contemporâneas das cidades brasileiras, permitindo que os planos diretores avancem de meras hipóteses de um desejo de cidade, para uma proposta de gerenciamento concreto dela. A determinação constitucional de que todas as cidades maiores que 20 mil habitantes devem elaborar seus planos diretores exige a reflexão sobre as relações transporte-desenvolvimento urbano, pois transitar e transportar são ações vitais que afetam as funções sociais da cidade, também determinadas na Constituição Federal.

## 1. INTRODUÇÃO

A urbanização das populações tem sido tendência dominante no mundo desde o começo do século XX, em especial após a Segunda Guerra Mundial. No Brasil, o censo demográfico de 1970 evidenciou o momento em que a maior parte da população brasileira passou a viver nas cidades:

1 O Estatuto da Cidade é o nome pelo qual é designada a Lei federal 10.257, de 10 de julho de 2001, que regulamentou os artigos 182 e 183 da Constituição Federal.

**Evolução da população urbana e rural do Brasil de 1940 a 2000.**

| Ano do Censo Demográfico | População urbana | | População rural | |
|---|---|---|---|---|
| | Números absolutos | Percentual | Números absolutos | Percentual |
| 1940 | 12.880.182 | 31,24% | 28.356.133 | 68,76% |
| 1950 | 18.782.891 | 36,16% | 33.161.506 | 63,84% |
| 1960 | 31.303.034 | 44,67% | 38.767.423 | 55,33% |
| 1970 | 52.097.260 | 55,94% | 41.037.586 | 44,06% |
| 1980 | 80.437.327 | 67,59% | 38.573.725 | 32,41% |
| 1991 | 110.990.990 | 75,59% | 35.834.485 | 24,41% |
| 2000 | 137.953.959 | 81,24% | 31.845.211 | 18,76% |

Fonte: IBGE – Dados Históricos dos Censos Demográficos.

Hoje, do total da população urbana, cerca de um terço vive nas cidades maiores que 500 mil habitantes, ou seja, vive em apenas 31 cidades:

**Número de municípios e taxa de crescimento. Brasil – 1991/2000.**

| Portes populacionais | Número de municípios | | Taxa de crescimento (%) |
|---|---|---|---|
| | 1991 | 2000 | |
| Total | 4.491 | 5.561 | 23,8 |
| Até 5.000 | 740 | 1.382 | 86,8 |
| 5.001 a 10.000 | 1.055 | 1.308 | 24,0 |
| 10.001 a 20.000 | 1.299 | 1.384 | 6,5 |
| 20.001 a 50.000 | 926 | 963 | 4,0 |
| 50.001 a 100.000 | 284 | 299 | 5,3 |
| 100.001 a 500.000 | 162 | 194 | 19,8 |
| Mais de 500.000 | 25 | 31 | 24,0 |

Fonte: Censos Demográficos IBGE 1991 e 2000.

Estes dados apontam a importância das cidades para a vida dos brasileiros, pois é nelas que a grande maioria da população vive. As atividades nelas desenvolvidas, por sua vez, precisam dos canais de circulação de pessoas e bens para que possam ocorrer, em particular nas cidades maiores, pois sua dimensão acarreta complexidade que as torna muito mais dependentes das condições de circulação.

A produção da cidade ocorre a partir da transformação de um espaço rural em um espaço urbano. E o espaço urbano se constitui, fundamentalmente, a partir do momento em que são criadas as vias de circulação, ou seja, quando se separam os espaços privados — os lotes e quadras — dos espaços públicos, as ruas e praças. O processo fundamental de criação da cidade é, portanto, um processo ligado à criação de uma estrutura física característica do ato de circular, que é o sistema viário urbano.

Por outro lado, o transporte implica áreas destinadas não apenas ao deslocamento, como também ao estacionamento dos veículos. As áreas das ruas atendem ambas as situações e as áreas privadas estão mais ligadas ao estacionamento, pois correspondem à origem ou ao destino das pessoas e bens. Nas últimas décadas, com o crescimento do transporte individual, as ruas começaram a ser insuficientes para o estacionamento dos veículos e as áreas privadas começaram, cada vez mais, a incorporar dentro de si a área de estacionamento, com implicações expressivas no custo das edificações, pois estacionar um número expressivo de veículos implica em incorporar áreas de circulação que proporcionem acesso ao estacionamento.

A produção da cidade brasileira pode ocorrer tanto pela ação governamental — seja em conjuntos habitacionais, seja pela criação de novas cidades, das quais Brasília é o maior exemplo — quanto pela ação

dos agentes privados,[2] os loteadores, construtores e corretores de imóveis. Os loteadores são os grandes produtores iniciais das cidades, no processo de transformação da terra rural em terra urbana. Esta atividade basal influencia decisivamente a circulação futura e, assim fazendo, condiciona o transporte urbano, bem como seu desempenho ambiental e de segurança.

Uma vez criada a cidade, a forma com que continuam a ser produzidos os espaços privados também afeta o transporte urbano. O adensamento e a verticalização das edificações, por exemplo, afetam-no drasticamente, pois implicam em uma intensificação da circulação de bens ou de pessoas. A situação oposta, de desadensamento ou de esvaziamento de atividades de uma certa área, gera ociosidade nos serviços de transportes. Ambas as situações afetam o mercado imobiliário e seus preços, alterando o processo de desenvolvimento urbano local.

A relação entre transporte e cidade é dependente do modo inicial com que se configurou o parcelamento do solo, o desenho da trama urbana. Também pode ser dependente das edificações que forem sendo produzidas, em função de sua densidade, seu gabarito e dos usos que nelas se instalarem. Isto porque o desenho geométrico das ruas, praças, quadras e lotes, determina o desenho das relações de propriedade e, por causa delas, estrutura as relações econômicas e sociais que se desenvolverão na região considerada. Mudar este desenho implica mexer numa teia sem fim de relações. Daí, por exemplo, o alto custo, a complexidade e o tempo tomado pelas desapropriações, consideradas estas como um dos modos de transformação do espaço urbano.

As relações de interdependência entre transporte e desenvolvimento urbano decorrem, essencialmente, das distâncias geradas entre um ponto e outro da cidade, da largura e da forma das ruas, das atividades que se localizam ao longo das ruas, ou da preponderância de um ou outro tipo de atividade nas regiões da cidade, bem como depende dos custos que essas condições acarretam no mercado imobiliário, inclusive para efeito de desapropriação. Ou seja: o desenvolvimento urbano, ao produzir o sistema viário, oferece a infra-estrutura física na qual serão desenvolvidas as atividades do transporte na cidade, em especial do transporte público. Por isso, condiciona-o, limitando ou expandindo-o.

## 2. TRANSPORTE E O PARCELAMENTO DO SOLO

O Código de Trânsito Brasileiro,[3] em seu art. 6o, estabelece a classificação das vias abertas à circulação, urbanas ou rurais. Elas podem ser de trânsito rápido, arteriais, coletoras ou locais, dependendo da função que exerçam na circulação da cidade. A função, por sua vez, é determinante para a organização territorial dos municípios, pois as atividades que irão se instalar junto às vias, serão dependentes delas.

O estabelecimento dos usos admitidos para cada tipo de zona urbana – o zoneamento – está conectado à capacidade de operação das vias de circulação existentes nessa zona, entre outras variáveis. Por outro lado, os usos instalados interferem diretamente no tipo de circulação da via. Há uma mútua dependência entre o tipo da via (tanto suas características físicas, quanto suas características funcionais) e os usos

---

2 Existem situações, menos freqüentes, em que agentes privados implantam assentamentos que correspondem a cidades. A perenidade das atividades nelas desenvolvidas faz com que, com o passar do tempo, elas se transformem em distritos, ou mesmo em municípios, como é o exemplo de Sinop, no Mato Grosso. Caso a atividade econômica inicial termine, e outras atividades não tenham substituído a original, a cidade se esvazia, até se tornar uma cidade fantasma, como é o caso, por exemplo, de Serra do Navio e Pedra Branca, no Amapá.

3 O Código de Trânsito Brasileiro corresponde à Lei federal nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que estabelece: "Art. 6o. As vias abertas à circulação, de acordo com sua utilização, classificam-se em:
I – vias urbanas: a) via de trânsito rápido; b) via arterial; c) via coletora; d) via local;
II – vias rurais: a) rodovias; b) estradas."

instalados nos lotes que lhe são lindeiros, afetando o desenvolvimento urbano ocorrente em uma cidade ou região. O carregamento das vias – o número de veículos por unidade de tempo e sentido de direção – e a função que cada uma exerce para a totalidade do município (proporcionando ligações locais, inter-regionais ou intermunicipais) influem decisivamente no tipo de tráfego que por elas circula, ou seja, influem nos tipos de veículos, na velocidade média deles, nos tipos de percurso, nos embarques e desembarques, nas cargas e descargas, nos tempos de permanência etc.. Por outro lado, estas mesmas características são dependentes dos usos lindeiros às vias, pois as atividades instaladas nos lotes as condicionam.

O processo de produção das cidades brasileiras, através de parcelamentos do solo legais e ilegais, acaba implicando na diferenciação de ruas oficiais e não-oficiais. As ruas não-oficiais são reconhecidas como existentes, porque de fato o são, mas precisam passar por um processo de regularização do parcelamento do solo e de regularização fundiária, para poderem ser oficializadas. A legislação urbanística regulamenta os acessos para os lotes considerando sempre as vias oficiais, que não correm o risco de ser modificadas ou subtraídas ao controle da administração municipal, exceto nos termos das regras legais. Com isso, toda a circulação é afetada, desde a possibilidade ou impossibilidade de pavimentação da via, até a operação do sistema de transporte coletivo, pois tudo depende de ser a via bem de domínio público inequívoco, isto é, via oficial.

A implantação de condomínios[4] também tem implicações sobre as formas de organização do transporte e da circulação, as quais ocorrem interna ou externamente a ele. Condomínios têm uma expressão espacial e outra legal, devendo o desenvolvimento urbano considerar ambas, relativamente à circulação que importam. O condomínio é uma convenção que estabelece o compartilhamento da propriedade entre os condôminos, convenção esta registrada no cartório de registro de imóveis competente. Fisicamente, o condomínio corresponde a unidades autônomas e áreas comuns. No caso de um condomínio que inclua ruas, elas devem ser mantidas pelos condôminos, que inclusive pagam imposto predial e territorial urbano por elas. Todavia, caso o condomínio se extinga física- e legalmente, a gleba original será recomposta. Mas, caso se pretenda que a extinção do condomínio não implique na volta ao estado original da gleba, ou seja, que as edificações se mantenham como estão, então as vias deverão ter sido previstas de tal modo que possam ser transferidas ao domínio público. Já o tamanho do condomínio pode constituir um enclave em um território, impedindo o trânsito de pessoas e bens. Esta situação é comum à beira-mar, quando o livre acesso às praias é bloqueado pelo efeito barreira dos condomínios, ou, no interior, quando é necessário dar uma longa volta ao redor de condomínios para fazer o atravessamento de algumas regiões.

Outra questão ligada ao parcelamento do solo e transporte é a incidência de acidentes decorrente de má visibilidade, ou más conexões e atravessamentos. O desenho da malha urbana é o do parcelamento do solo e, às vezes, mesmo com intervenções físicas ou operacionais, o desenho das vias não proporciona visibilidade adequada, favorecendo a ocorrência de acidentes, os quais implicam baixo desempenho do tráfego e na eficiência dos transportes naquele ponto. Além disso, a abertura de avenidas com padrão rodoviário, que induzem as altas velocidades, acaba acarretando situações de insegurança para os pedestres, ou criam inadequações para a ocupação de lotes. Por essa razão, freqüentemente, a visão rodoviária perde razão de ser, com a instalação de lombadas ou semáforos impeditivos do desenvolvimento de velocidades altas.

---

4 O condomínio pode ser de dois tipos: um, previsto pelo Código Civil, onde um bem (imóvel ou não) é possuído por mais de uma pessoa, todos possuem o bem na sua inteireza. No outro tipo de condomínio, instituído pela Lei federal 4.591, de 16 de dezembro de 1964, só para imóveis, os condôminos são proprietários de unidades autônomas e frações ideais das áreas comuns.

## 3. TRANSPORTE, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

As categorias do uso do solo refletem as atividades desenvolvidas na cidade, as quais devem ser suportadas pelos padrões de ocupação previstos para os lotes onde se instalam. Assim, os tipos de atividades são classificados segundo sua similaridade e seu potencial de geração de conflitos (por ruídos, vibrações, geração de tráfego, padrões de funcionamento, quantidade de pessoas, processos produtivos, consumo de recursos naturais, geração de odores etc.) e são associados ao padrão de ocupação do lote pela edificação (recuos de frente, fundos e laterais, altura máxima, taxa de ocupação do lote,[5] coeficiente de aproveitamento[6] etc.). De um modo geral, a legislação urbanística impõe incentivos ou restrições segundo, por exemplo, as condições de embarque e desembarque, ou de carga e descarga, ou até no número admitido de funcionários por turno,[7] pois estas são características que afetam não apenas as condições de entradas e saídas do lote, mas toda a sua vizinhança.

Aceder, estacionar e partir são atividades que demandam enorme cuidado no gerenciamento das cidades, pois têm o poder de viabilizar ou inviabilizar uma atividade econômica. A legislação urbanística trata dos acessos de pedestres, deficientes físicos e de veículos (de passageiros e de carga) aos lotes, bem como cuida da demanda de estacionamento que eles geram. Com o aumento expressivo do uso do automóvel particular, também subiu a necessidade de áreas para estacionamento, criando uma sobrecarga das vias públicas e de intervenções que o proporcionem.

Além disso, a capacidade que um certo uso, instalado em determinadas condições de ocupação do solo, tem de gerar viagens, cria o chamado pólo gerador de tráfego, que demanda regras específicas adicionais. Ele tem sido definido pelo número de vagas de estacionamento de que dispõe, ou pelo tamanho da área construída, a qual implica uma certa lotação de pessoas. Gera uma sobrecarga de tráfego, a qual demanda gerenciamento específico, bem como gera a necessidade de o empreendedor prover a infra-estrutura adicional para suportar o funcionamento do empreendimento. É um dos impactos de vizinhança mais comuns. Usualmente, aos pólos geradores de tráfego são exigidas vagas de estacionamento adicionais, de modo a que o empreendedor privado assuma os custos de estacionamento decorrentes da instalação do empreendimento. Considerando os problemas ambientais de qualidade do ar, tanto a poluição local, quanto o aquecimento global, uma reversão do conceito de pólo gerador de tráfego poderia ser considerada estratégia para a qualificação urbanística: poder-se-ia exigir que os pólos geradores de tráfego não dispusessem de estacionamento, que só pudessem ser instalados nos locais onde a oferta de transporte público fosse suficiente para atender a demanda...

O desenvolvimento urbano é muito afetado pelas possibilidades e restrições impostas pela presença ou ausência de transporte coletivo, tanto nas vias quanto nos terminais e estações. No caso do transporte sobre pneus, o número de ônibus na via implica restrições de acesso aos lotes, pois há conflito de velocidade e questões de segurança entre ônibus e carros, em especial no caso mais comum, que é o de circulação na faixa da direita. Além disso, volume grande de ônibus em uma via acarreta muitas conseqüências ambientais negativas, como ruído, contaminação do ar, fuligem, vibração etc., embora a relação emissão de poluentes por passageiro seja mais favorável ao transporte coletivo do que ao transporte individual. No caso do transporte sobre trilhos, o principal impacto negativo para o desenvolvimento urbano é a obstrução, o

---

5 A taxa de ocupação do lote é a relação entre a área de projeção horizontal da edificação e a área do lote (artigo 2º, inciso XL, da Lei municipal 13.885, do Município de São Paulo, de 25 de agosto de 2004).

6 O coeficiente de aproveitamento é a relação entre a área construída computável de uma edificação e a área do lote ou gleba (artigo 2º, inciso XVII, da Lei municipal 13.885, do Município de São Paulo, de 25 de agosto de 2004).

7 O número de funcionários é restrito, no caso da instalação de usos residenciais e não-residenciais e da construção de edificações no Município de São Paulo, segundo os termos previstos no artigo 174, da Lei municipal 13.885, de 25 de agosto de 2004, a qual dispõe sobre parcelamento, uso e ocupação do solo (Nova Lei do Zoneamento).

efeito barreira que eles podem causar na cidade, pois o sistema sobre trilhos não admite travessias, exceto em trechos excepcionais. É o caso do trem. O metrô, por outro lado, é, na sua maior parte, subterrâneo. Os principais impactos negativos que ele gera para o uso e a ocupação dos lotes em sua vizinhança são a vibração e o ruído, fazendo com que, por exemplo, deva ser bastante cuidadosa a implantação de teatros ou auditórios sobre os trechos mais superficiais.

Por fim, é de se anotar que a mesma atratividade que qualquer sistema de transporte coletivo proporciona para lotes comerciais, ela exerce em termos de segurança pública, pois atrai maior quantidade de malfeitores.

## 4. TRANSPORTE NO ESTATUTO DA CIDADE

O Estatuto da Cidade, Lei federal 10.257, de 10 de julho de 2001, regulamentou os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, que dizem:

CAPÍTULO II • DA POLÍTICA URBANA

**Art. 182.** A política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes.

§ 1º – O plano-diretor, aprovado pela Câmara Municipal, obrigatório para cidades com mais de 20 mil habitantes, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana.

§ 2º – A propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano-diretor.

§ 3º – As desapropriações de imóveis urbanos serão feitas com prévia e justa indenização em dinheiro.

§ 4º – É facultado ao Poder Público municipal, mediante lei específica para área incluída no plano-diretor, exigir, nos termos da lei federal, do proprietário do solo urbano não edificado, subutilizado ou não utilizado, que promova seu adequado aproveitamento, sob pena, sucessivamente, de:

I – parcelamento ou edificação compulsórios;

II – imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana progressivo no tempo;

III – desapropriação com pagamento mediante títulos da dívida pública de emissão previamente aprovada pelo Senado Federal, com prazo de resgate de até 10 anos, em parcelas anuais, iguais e sucessivas, assegurados o valor real da indenização e os juros legais.

**Art. 183.** Aquele que possuir como sua área urbana de até 250m², por cinco anos, ininterruptamente e sem oposição, utilizando-a para sua moradia ou de sua família, adquirir-lhe-á o domínio, desde que não seja proprietário de outro imóvel urbano ou rural.

§ 1º – O título de domínio e a concessão de uso serão conferidos ao homem ou à mulher, ou a ambos, independentemente do estado civil.

§ 2º – Esse direito não será reconhecido ao mesmo possuidor mais de uma vez.

§ 3º – Os imóveis públicos não serão adquiridos por usucapião.

O Estatuto da Cidade consolidou a integração entre desenvolvimento urbano e propriedade imobiliária urbana, iniciada pela Lei federal 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei Lehman, sobre o parcelamento do solo urbano. Ao fazê-lo, deu nova condição de gerenciamento à administração pública, em particular aos governos municipais – a quem compete a política de desenvolvimento urbano – e abriu novas possibilidades para os agentes imobiliários. Reiterou instrumentos como as servidões administrativas ou os planos, programas e projetos setoriais, mas expandiu-os para o direito de preempção ou a transferência do direito de construir.

O transporte surge, no Estatuto da Cidade, como um dos elementos constitutivos do direito a cidades sustentáveis,[8] juntamente com a moradia, o saneamento ambiental, a infra-estrutura urbana, os serviços públicos, o trabalho e o lazer, tanto para as presentes quanto para as futuras gerações. Neste contexto, ele integra as condições de funcionamento das cidades, propiciadoras do desenvolvimento adequado de suas atividades. É interessante notar que o direito ao transporte é aqui entendido com a limitação da sustentabilidade, ou seja, a geração presente não pode beneficiar-se de um sistema de transporte que cause efeitos negativos para a geração futura. Aqui está subentendido o uso dos recursos naturais ar e solo, pois transporte afeta-os diretamente, e é por isso que as opções de uma geração podem afetar as gerações subseqüentes, pois podem comprometer o solo e o ar que serão utilizados no futuro.

Outra diretriz da política urbana é a oferta de transporte adequado aos interesses e necessidades da população e às características locais.[9] Sendo o Brasil um país tão diversificado, seja pelas condições naturais de seu território, como no porte e tipo das cidades, o Estatuto da Cidade não define o significado de um transporte público adequado, mas aponta características que implicam no dimensionamento do atendimento, ao referir interesses e necessidades da população. Assim, a exploração privada do serviço de transporte público, embora regida pelas leis de caráter comercial e econômico, deve estar submetida a esta diretriz explicitamente exposta pelo Estatuto da Cidade, da adequação da oferta.

A justa distribuição dos ônus e dos benefícios da urbanização[10] é diretriz para a política urbana que influencia o equacionamento das formas de prestação dos serviços de transporte nas cidades. A construção do espaço urbano significa a transformação de um espaço natural em um espaço antrópico, o qual gera impactos ambientais expressivos, mas também gera os benefícios que fizeram a cidade se tornar o grande abrigo da população brasileira.

Objetivando equalizar no território brasileiro os modos com que as cidades se estruturam, deve a União lançar diretrizes para o desenvolvimento urbano, aqui incluído o transporte,[11] a habitação e o saneamento básico. As diretrizes para o transporte público deverão ser dadas pela futura lei federal da mobilidade urbana, cujo anteprojeto de lei teve sua primeira discussão pública nacional em 2006,[12] e voltou para a reelaboração pelo Executivo federal, a partir dos subsídios colhidos. Para as questões habitacionais, uma série de normas têm sido discutidas, em especial no âmbito do Conselho de Cidades, mas não há, até o momento, um anteprojeto de lei específico, que estabeleça as diretrizes para a habitação, embora a lei federal de parcelamento do solo esteja sendo revista, através do Projeto de Lei 3.057/2000, denominado Lei de Responsabilidade Territorial Urbana, que disciplina a regularização do solo urbano, em tramitação no Congresso Nacional. As diretrizes para o saneamento, por muito tempo discutidas, foram estabelecidas recentemente através da Lei federal 11.445, de 05 de janeiro de 2007.

O Estatuto da Cidade lista, ainda, os instrumentos[13] que servirão aos seus objetivos. São instrumentos adequados ao ordenamento territorial e ao planejamento econômico e social da União, dos Estados, Regiões Metropolitanas, Aglomerações Urbanas ou Microrregiões, e dos Municípios, bem como instrumentos jurídicos, tributários, financeiros e políticos específicos, além dos estudos prévios de impacto ambiental e de vizinhança.

A demanda por transporte público e a geração de tráfego são objeto de prescrição específica, no caso dos impactos de vizinhança. Isto porque a instalação de empreendimentos ou atividades nas cidades pode gerar conseqüências positivas e negativas que não são necessariamente contidas no âmbito do empreendimento.

---

8 Artigo 2º, inciso I, do Estatuto da Cidade (Lei federal 10.257, de 10 de julho de 2001).

9 Artigo 2º, inciso V, do Estatuto da Cidade (lei federal 10.257, de 10 de julho de 2001).

10 Artigo 2º, inciso IX, do Estatuto da Cidade.

11 Artigo 3º, inciso IV, do Estatuto da Cidade.

12 O teor do Ante-Projeto de Lei da Mobilidade Urbana está disponível em http://www.cidades.gov.br/media/APLMobUrbo60706cm.pdf (acessado em 22 de março de 2007).

13 Artigo 4º do Estatuto da Cidade.

Assim, são necessários estudos prévios que apontem estes impactos, de modo a permitir a sua visualização e o seu balanceamento, atendendo ao preceito da justa distribuição dos benefícios e ônus da urbanização.

Desde a promulgação da nova Constituição Brasileira, em 1988, as cidades com população superior a 20 mil habitantes devem elaborar planos-diretores, capazes de explicitar a função social da propriedade urbana, em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos. Entre as inovações do Estatuto da Cidade, há a obrigatoriedade de ser elaborado plano de transporte urbano integrado,[14] compatível com o plano-diretor ou nele inserido, em toda cidade com população superior a 500 mil habitantes. Isso implica uma reflexão necessária do setor de transportes para as 31 cidades do Brasil desse porte, e uma tomada de posição relativamente ao adequado atendimento das necessidades de circulação de bens e pessoas.

## 5. O PLANO DE TRANSPORTE URBANO INTEGRADO

As questões que surgem para a formulação de um plano de transporte urbano integrado são muito variadas. Transporte, nas cidades, implica a regulação da circulação de bens e de pessoas, tanto intra como intermunicipal, implica tráfego, implica concessões de serviços de transporte e tarifas, implica estratégias de consumo de combustíveis (já que na maioria dos municípios do Brasil, a circulação de pessoas é feita por ônibus, do mesmo modo com que a circulação de bens é feita por caminhões). A distribuição das atividades no território dos municípios, que irá gerar a circulação, é matéria própria do plano-diretor que deverá ter rebatimento dentro do plano de transportes, pois a localização das atividades gera necessidades de circulação, do mesmo modo que os modos de circular induzem a localização das atividades. A estruturação do sistema viário, também matéria própria do plano-diretor, tem rebatimento direto na circulação, devendo ser tratadas em ambos os planos de modo coerente.

O conteúdo básico de um plano de transporte integrado demanda conhecimento sobre o território (cartografia adequada), registro da frota circulante, morbidade e mortalidade relacionada a transporte e tráfego (inclusive os decorrentes da qualidade do ar), anseios de viagem (as origens e os destinos de viagem), tanto dos passageiros quanto das cargas, cultura local etc..

O grau de generalidade das diretrizes do Estatuto da Cidade é necessário em função das diversidades entre os municípios brasileiros: a norma federal deve poder ser aplicada em qualquer ponto do território nacional, desde pequenas cidades na Amazônia, até São Paulo. O Conselho das Cidades, vinculado ao Ministério das Cidades, dotado de poder consultivo e deliberativo, é quem tem a competência[15] para estudar e propor as diretrizes para a formulação e implementação da Política Nacional de Desenvolvimento Urbano, bem como acompanhar e avaliar a sua execução.

Por essa razão, objetivando favorecer a elaboração de planos de transporte urbano, de modo a serem implementadas as diretrizes do Estatuto da Cidade, o Conselho das Cidades exarou a Resolução Concidades nº 34, em 01 de julho de 2005, explicitando os princípios e diretrizes gerais que deveriam conter os planos de transporte urbano integrado[16], os quais se recomendou, deverão ter o nome de Plano Diretor de Transporte e da Mobilidade:

---

14 Artigo 41, parágrafo 2º, do Estatuto da Cidade.

15 A Medida Provisória 2.220, de 04 de setembro de 2001, em seu artigo 10º, criou o Conselho Nacional de Desenvolvimento Urbano. Posteriormente, esse Conselho foi transformado no Conselho das Cidades, vinculado ao Ministério das Cidades, através da Lei federal 10.683, de 28 de maio de 2003.

16 Artigo 8º da Resolução Concidades nº 34, de 01 de julho de 2005.

"I. garantir a diversidade das modalidades de transporte, respeitando as características das cidades, priorizando o transporte coletivo, que é estruturante, sobre o individual, os modos não-motorizados e valorizando o pedestre;

II. garantir que a gestão da Mobilidade Urbana ocorra de modo integrado com o Plano Diretor Municipal;

III. respeitar às especificidades locais e regionais;

IV. garantir o controle da expansão urbana, a universalização do acesso à cidade, a melhoria da qualidade ambiental, e o controle dos impactos no sistema de mobilidade gerados pela ordenação do uso do solo."

Evidentemente, tais diretrizes devem estar articuladas com aquelas hoje incluídas no Anteprojeto de Lei Federal da Mobilidade Urbana[17], o qual pretende estabelecer as diretrizes e os parâmetros que nortearão a gestão do transporte urbano. Este momento de discussão de tais regras é voltado para a participação de todos os segmentos da sociedade para levarem seus anseios e necessidades, bem como para serem homogeneizadas as normas em todos os âmbitos.

## 6. OS ESTUDOS DE IMPACTO DE VIZINHANÇA E AMBIENTAL

### O antecedente do Município de São Paulo

Para apresentar as questões relativas aos estudos de impacto de vizinhança e de impacto ambiental, será usado o exemplo do Município de São Paulo, pois ele tem longa tradição de legislação urbanística, bem como promove o licenciamento ambiental desde 2003, servindo-se, para isso, de estudos de impacto de vizinhança, estudos de viabilidade ambiental e estudos de impacto ambiental (respectivamente EIV, EVA e EIA).

O estudo de impacto de vizinhança surgiu na Lei Orgânica do Município de São Paulo, de 04 de abril de 1990, elaborada dentro do processo de redemocratização do Brasil. Diz o artigo 159:

**Art. 159** – Os projetos de implantação de obras ou equipamentos, de iniciativa pública ou privada, que tenham, nos termos da lei, significativa repercussão ambiental ou na infra-estrutura urbana, deverão vir acompanhados de relatório de impacto de vizinhança.

§ 1º – Cópia do relatório de impacto de vizinhança será fornecida gratuitamente quando solicitada aos moradores da área afetada e suas associações.

§ 2º – Fica assegurada pelo órgão público competente a realização de audiência pública, antes da decisão final sobre o projeto, sempre que requerida, na forma da lei, pelos moradores e associações mencionadas no parágrafo anterior.

Antes da instituição desta norma, aplicavam-se as normas de direito urbanístico e, eventualmente, as normas de direito ambiental, estas sob controle da administração estadual. Mas, dentro do ambiente urbano de um município como São Paulo, com quase 900 km² de área urbana, a legislação ambiental estadual não garantia aos habitantes um processo de licenciamento que contemplasse os corriqueiros problemas ambientais urbanos. Surgiu, então, o estudo de impacto de vizinhança na Lei Orgânica, como forma clara de respeito ao cidadão, que deveria ter acesso às informações do projeto. Além disso, o grande avanço foi no sentido de imputar aos particulares envolvidos no projeto gerador de impacto (fossem eles os

17 O teor do Anteprojeto de Lei da Mobilidade Urbana está disponível em http://www.cidades.gov.br/media/APLMobUrbo60706cm.pdf (acessado em 22 de março de 2007).

empreendedores ou os adquirentes) a obrigação de financiar a adequação da infra-estrutura urbana que o empreendimento geraria. Com esta norma, foi dado um passo no rumo da justa distribuição dos benefícios e ônus decorrentes do processo de urbanização.[18]

O estudo de impacto de vizinhança foi, a seguir, incorporado pela legislação ambiental, caracterizando o grau mais baixo de impacto ambiental urbano submetido ao licenciamento ambiental.[19] Tais estudos são apreciados não apenas pela Divisão de Licenciamento Ambiental da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente, mas também pelo Conselho Municipal do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – CADES, através de uma Câmara Técnica de Relatório de Impacto de Vizinhança.

Os empreendimentos submetidos ao estudo de impacto de vizinhança são definidos a partir da área que ocupam, ou seja, os empreendimentos de grande porte, independentemente do tipo de uso que se instale, devem ser submetidos a análise de impacto de vizinhança. Os limites adotados são as áreas iguais ou superiores a: para uso industrial, 20.000m², para uso institucional, 40.000m², para serviços/comércio, 60.000m², para uso residencial, 80.000m².

O estudo do impacto de vizinhança teve seu conteúdo também regulamentado. Ele deve conter dados necessários à análise da adequação do empreendimento às condições do local e do entorno, dados necessários à análise das condições viárias da região e dados necessários à análise de condições ambientais específicas do local e de seu entorno. Os dois primeiros instruem a conformação física e funcional do empreendimento e de seu entorno, enquanto que o último informa a produção e nível de ruído, a produção e volume de partículas em suspensão e de fumaça, o destino final do material resultante do movimento de terra, o destino final do entulho da obra e a existência de recobrimento vegetal de grande parte no terreno, entre outros.

Durante 2006, foi feita uma grande discussão no CADES para dar nova forma ao licenciamento de impacto de vizinhança, redundando em uma minuta de decreto,[20] a qual foi encaminhada ao prefeito. Entre os inúmeros aspectos de sua composição, destaca-se o fato de que todo pólo gerador de tráfego, assim considerado nos termos da legislação setorial de transportes, também seria considerado um gerador de impacto de vizinhança. No entanto, esta minuta ainda está sendo debatida pelas diversas secretarias envolvidas.

Já os estudos de viabilidade ambiental e de impacto ambiental, dependem de prévia avaliação do Departamento de Controle de Qualidade Ambiental, tendo sido regulamentados pela Resolução CADES 61, de 05 de outubro de 2001. Entre as atividades ligadas ao setor de transportes, esta Resolução já aponta os casos que necessariamente passarão pela análise de EIA-RIMA: terminais rodoviários interurbanos de cargas ou passageiros, com área de terreno igual ou superior a 10.000m², sistemas de transporte coletivo urbano sobre trilhos ou pneus, projetos viários com extensão igual ou superior a 1.000m e a proposição de operações urbanas. Os empreendimentos necessariamente submetidos a EVA são: garagens subterrâneas sob áreas consideradas bens de uso comum, garagem de frota de ônibus ou caminhões, com área de terreno

---

18 A justa distribuição dos benefícios e dos ônus do processo de urbanização foi, posteriormente, incorporada no Estatuto da Cidade, artigo 2º, inciso IX.

19 Dentro da experiência do Município de São Paulo, a criação, em 1993, da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente trouxe algumas inovações, entre as quais o poder deliberativo do Conselho Municipal do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – CADES, não apenas sobre estudos de impacto ambiental, mas também sobre os impactos de vizinhança. A lei aprovada sofreu vetos do então Prefeito Paulo Maluf, e estas inovações foram suprimidas. Ocorre que a Câmara Municipal derrubou os vetos, recompondo o projeto inicialmente aprovado, recuperando o poder deliberativo do CADES e inserindo a análise de impacto de vizinhança na legislação ambiental. Em função desta imposição legal, pôs-se a questão de como promover a análise dos impactos de vizinhança, pois não havia norma específica para isto. Foi promulgado, então, o decreto regulamentador do impacto de vizinhança, que vigora até hoje (Decreto 34.713, de 30 de novembro de 1994, modificado pelos Decretos 36.613, de 06 de dezembro de 1996 e 47.442, de 05 de julho de 2007).

20 A minuta de decreto encontra-se disponível pela Internet em http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/ meio_ambiente/cades/resolucoes/0113.

igual ou superior a 10.000m², heliportos e movimentos de terra isolados, em área de intervenção igual ou superior a 2 ha e volume igual ou superior a 20.000m². Mas, tanto a Secretaria do Verde e do Meio Ambiente, quanto o CADES, podem exigir que um empreendimento não listado na Resolução 61, sejam submetidos a licenciamento ambiental.

### O impacto de vizinhança no Estatuto da Cidade

A edição do Estatuto da Cidade incorporou o estudo de impacto de vizinhança, mas diferenciou-o do estudo de impacto ambiental,[21] afirmando que o EIV não substitui o EIA requerido nos termos da legislação ambiental. Sua aplicação está condicionada à existência de lei municipal, que definirá quais empreendimentos ou atividades, privados ou públicos, estarão sujeitos a EIV, o qual é pré-requisito para a emissão das licenças de construir e de funcionar.

O conteúdo mínimo de um EIV também está definido na lei, que exige a análise do adensamento populacional, dos equipamentos urbanos e comunitários, do uso e ocupação do solo, da valorização imobiliária, da geração de tráfego e demanda por transporte público, da ventilação e iluminação, e da paisagem urbana e patrimônio natural e cultural.

A incorporação do estudo de impacto de vizinhança como instrumento do Estatuto da Cidade foi estratégica para oferecer à população de um município a oportunidade de analisar e discutir um empreendimento que a impactará. A inserção deste instrumento na legislação urbanística de aprovação de empreendimentos e atividades pode ser assimilada por qualquer município, o que não aconteceria se o instrumento permanecesse como integrante da legislação ambiental. Isto porque, para se servir da legislação ambiental, um município deve estar inserido no Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA, o que significa dispor de uma secretaria de meio ambiente tecnicamente constituída, e de um conselho municipal de meio ambiente organizado. De outro modo, todos os municípios brasileiros têm setores que licenciam a construção de edificações, processo este que poderá incluir o estudo de impacto de vizinhança.

Ademais disto, é pressuposto dos EIV a publicidade e o acesso público às informações de projeto e de impacto, à semelhança do que ocorre nos EIA. Por estas razões, o EIV é um instrumento que poderá auxiliar os municípios não apenas no aperfeiçoamento dos projetos que nele são construídos, mas também poderá auxiliar a população a minimizar eventuais deseconomias criadas por tais empreendimentos.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relação transporte-desenvolvimento urbano é de mútua influência e dependência. Não há como uma cidade expandir, minguar ou se modificar sem que isso afete o transporte, do mesmo modo que a falta ou a oferta de transporte favorece ou obstrui transformações na cidade. Essa relação provoca conseqüências ambientais expressivas, seja no consumo de recursos naturais, seja na produção de poluentes locais e globais. O Estatuto da Cidade, na medida em que criou novos instrumentos ou organizou os instrumentos disponíveis para o gerenciamento urbano, associados à explicitação das diretrizes que qualificam a função social da cidade, criou condições mais claras para a atuação dos diversos agentes públicos ou privados, setoriais ou não. Por outro lado, a elaboração dos planos de transporte urbano integrado, obrigatórios para cidades com população superior a 500 mil habitantes, consistirá excelente oportunidade não apenas para articular as diversas políticas de transporte, mas também para a construção do conhecimento coletivo acerca deste assunto em cada município.

---

21 O artigo 38 do Estatuto da Cidade diz: "A elaboração do EIV não substitui a elaboração e a aprovação de estudo prévio de impacto ambiental (EIA), requeridas nos termos da legislação ambiental.

# 7

# TRANSPORTE, EMISSÕES DE POLUENTES E SAÚDE PÚBLICA: TRÊS ESTUDOS DE CASO

*Flávio Cotrim Pinheiro et al.*
*Carolina Burle Schmidt Dubeux & Emílio Lèbre La Rovere*
*Ministério do Meio Ambiente*

Este capítulo apresenta três estudos de casos muito importantes para verificar os impactos de medidas de controle de emissões e de projetos e tecnologia de transporte no Brasil. O primeiro, de autoria do Ministério do Meio Ambiente, avaliou o impacto do PROCONVE – Programa de Controle das Emissões Veiculares na poluição atmosférica da Região Metropolitana de São Paulo; o segundo estimou, também para a Região Metropolitana de São Paulo, os impactos de várias medidas de transporte na poluição atmosférica; o terceiro foi elaborado por dois pesquisadores da Centro Clima da COPPE/UFRJ, estimando os impactos na emissão de $CO_2$ do uso crescente dos carros *flex-fuel* no Brasil.

## IMPACTOS DO PROCONVE NA RMSP[1]

### Metodologia

O PROCONVE, criado em 1986, teve seus impactos avaliados pela primeira vez em trabalho coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente e realizado pelo Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente – LIMA, da COPPE/UFRJ (MMA, 2006). O estudo foi realizado para a Região Metropolitana de São Paulo.

As emissões reais ocorridas na RMSP (influenciadas pelo PROCONVE) foram comparadas às emissões que aconteceriam sem este programa. No caso, foram imaginados dois cenários "sem PROCONVE". O primeiro, chamado "pessimista", assume que não haveria muito desenvolvimento tecnológico nos motores e em equipamentos de controle de emissão (os veículos não seriam equipados com conversores catalíticos). O segundo, "otimista", assume que os sistemas de injeção eletrônica teriam sido implantados de qualquer forma, reduzindo as emissões médias por veículo no período.

[1] Síntese do estudo "Avaliação do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores", Ministério do Meio Ambiente (MMA) (2006), preparada por Eduardo A. Vasconcellos. As figuras e gráficos foram adaptados para uso neste caderno técnico.

Para os cálculos, foram utilizados os fatores de emissão emitidos anualmente pela Cetesb, bem como os parâmetros de distâncias anuais rodadas por veículo-modelo e de deterioração nas emissões, em função da idade do veículo. Para a estimativa da frota rodante, utilizaram-se os dados da Cetesb, ajustados por curvas de sucateamento de veículos com a idade e de tendências de vendas no mercado interno.

## Resultados

As Figuras 1 a 3 mostram a estimativa de emissões de três tipos de poluentes, para o cenário com e sem PROCONVE (otimista e pessimista).

**Figura 1 – Emissões de CO com e sem PROCONVE, 2002-2010.**

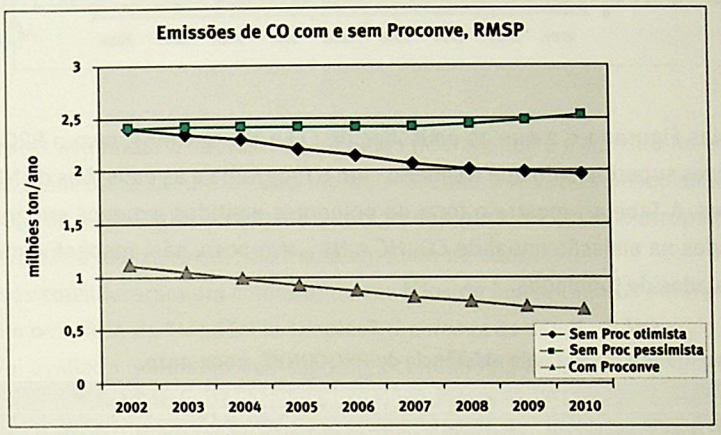



**Figura 2 – Emissões de HC com e sem PROCONVE, 2002-2010.**

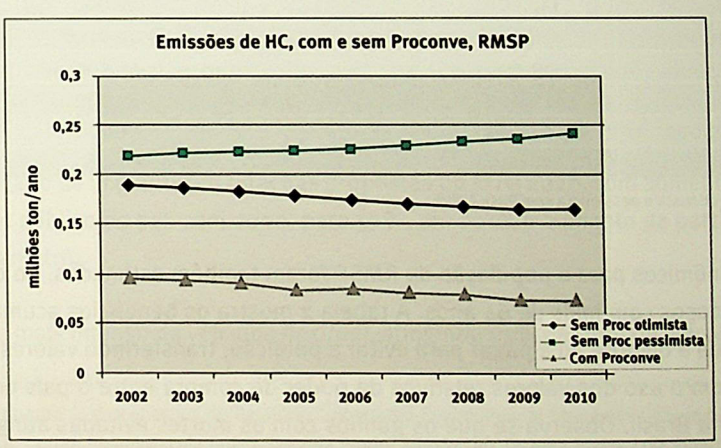
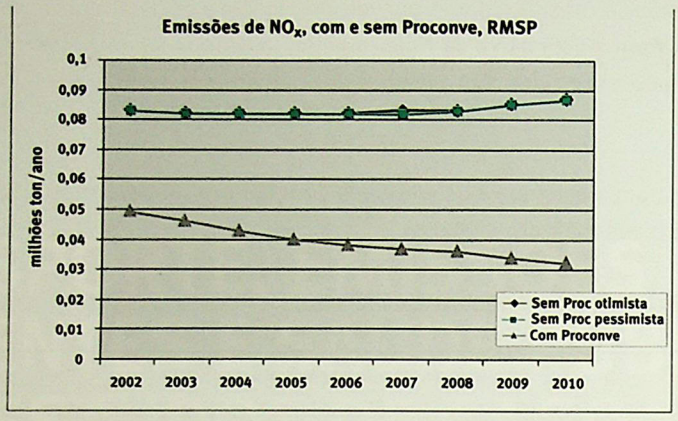


**Figura 3 – Emissões de $NO_x$ com e sem PROCONVE, 2002-2010.**




Observa-se pelas Figuras 1 e 2 que as emissões de CO e HC na RMSP, sem o PROCONVE, seriam, em 2010, entre 2 a 3 vezes superiores do que o cenário com o Programa e as emissões de $NO_x$ (Figura 3) seriam três vezes superiores. A Tabela 1 mostra o total de poluentes emitidos a menos em 2010. Observa-se que as reduções estimadas na emissão anual de CO, HC e $NO_x$, em 2010, são, respectivamente, de 1,5 milhão, 131 mil e 55 mil toneladas de toneladas.

**Tabela 1 – Poluentes emitidos a menos pela existência do PROCONVE, 2002-2010.**

| Ano | Redução de emissões (ton)[1] | | |
|---|---|---|---|
| | CO | HC | $NO_x$ |
| 2002 | 1.295.000 | 108.500 | 34.000 |
| 2003 | 1.335.000 | 111.500 | 36.000 |
| 2004 | 1.375.000 | 113.000 | 39.000 |
| 2005 | 1.395.000 | 118.500 | 42.000 |
| 2006 | 1.410.000 | 116.500 | 44.000 |
| 2007 | 1.435.000 | 119.000 | 45.500 |
| 2008 | 1.460.000 | 122.000 | 47.000 |
| 2009 | 1.515.000 | 127.000 | 51.000 |
| 2010 | 1.560.000 | 131.000 | 55.000 |

Obs. 1. Média dos cenários otimista e pessimista sem PROCONVE

Os ganhos econômicos para a população da RMSP foram também estimados, no caso de crianças até 2 anos de idade e idosos com mais de 64 anos. A tabela 2 mostra os benefícios acumulados até o ano de 1999. Foi considerada a disposição a pagar para evitar a poluição, transferindo valores internacionais para o caso brasileiro, com o uso dos valores relativos de poder de compra entre o país de origem dos dados (no caso, os EUA) e o Brasil. Observa-se que os ganhos com as mortes evitadas atingem U$ 2,8 bilhões, ao passo que os ganhos com a redução das despesas médicas atingem U$ 29 milhões. Os maiores ganhos são obtidos com a redução dos eventos médicos provocados pelo monóxido de carbono (CO), seguidos pela redução das mortes ligadas ao $NO_2$.

**Tabela 2 – Estimativa de benefícios do PROCONVE para a saúde em São Paulo, para crianças (0-2 anos) e idosos (mais de 64 anos).**

| Poluente | Benefícios (U$ milhões até 1999) | | |
|---|---|---|---|
| | Morbidade[1] | Mortalidade | Total |
| $NO_2$ | | 819,68 | 819,68 |
| $MP_{10}$ | 11,84 | 460,64 | 472,48 |
| $SO_2$ | 6,95 | -333,64 | -326,69 |
| CO | 10,01 | 1.906,06 | 1.916,07 |
| Total | 28,8 | 2.852,74 | 2.881,54 |

## IMPACTO DE MEDIDAS DE TRANSPORTE NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO[2]

### Contexto

Duas análises recentes avaliaram o impacto de medidas de transporte e trânsito na emissão de poluentes na RMSP. Ambas fizeram parte de um estudo maior, realizado por vários pesquisadores e especialistas, denominado "Projeto de Estratégias Ambientais Integradas para a Região Metropolitana de São Paulo", apresentado em seminário realizado em São Paulo em julho de 2004.[3]

As duas análises consideraram um conjunto de cenários de investimentos em transporte e tecnologia, comparando-os com o cenário de "tendência simples" (*business as usual* – BAU).

Na primeira, foi avaliado o impacto dos seguintes cenários na emissão de poluentes na RMSP nos seguintes cenários:

a) BAU: cenário *business as usual*, em que são consideradas apenas as mudanças trazidas pelos projetos em andamento e pelas mudanças econômicas e sociais ocorridas sem interferência pública.

b) EFGR: cenário de redução gradual dos fatores de emissão dos veículos, seguindo o PROCONVE; assumindo que a emissão média dos veículos leves na RMSP até 2020 seguirá as mesmas tendências verificadas no período 1997-2002.

c) TPITU: cenário de implantação total das propostas do PITU 2020, com aumento da participação do transporte público de 51%, em 2000, para 57%, em 2010, e aumento da participação relativa dos trens e do metrô.

d) TFlex: uso mais intenso de veículos *flex-fuel*, atingindo 95% da frota de veículos leves em 2020.

---

2 Síntese feita por Eduardo A. Vasconcellos do Relatório "Integrated Environmental Strategies (IES) in São Paulo, Brazil", trabalho elaborado por Flávio Cotrim Pinheiro, Luiz Tadeu Siqueira Prado, Alfésio Luís Ferreira Braga, Luiz Alberto Amador Pereira, Simone ElKhouri Miraglia, Paulo Hilário Nascimento Saldiva, György Miklós Böhm, Maria de Fátima Andrade, Odon Roman Sanchez-Ccoylio, Regina Maura de Miranda, Ramon Arigoni Ortiz e Ronaldo Serôa da Motta, em colaboração entre a CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental e a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, para apresentação no Seminário "Estratégias Ambientais Integradas".

3 Evento denominado "Gestão da Qualidade do Ar: Benefícios para a Saúde Pública e para as Mudanças Climáticas", realizado pela Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente de São Paulo, Banco Mundial e a United States Environmental Protection Agency – USEPA (agência ambiental do governo norte-americano). O Programa Estratégias Ambientais Integradas, da USEPA, promoveu estudos sobre problemas de qualidade do ar tanto em nível local, quanto global, em cidades latino-americanas. No caso de São Paulo, ele foi resultado de uma parceria com a Cetesb, Faculdade de Medicina e o Instituto de Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, do Ministério de Economia e Planejamento.

**e)** TDHB: uso mais intenso de ônibus híbridos diesel-eletricidade, atingindo 90% da frota de ônibus em 2020.

**f)** TNGB: uso mais intenso de ônibus a gás, atingindo 100% da frota em 2020.

**g)** TIMP: implementação da inspeção veicular.

**h)** TBDT: maior uso de caminhões pesados mais eficientes, atingindo 100% da frota em 2020.

A segunda análise avaliou o impacto de medidas de transporte e trânsito na morbidade e na mortalidade das pessoas na RMSP, utilizando a maioria dos cenários do primeiro estudo exceto os impactos do maior uso de carros *flex-fuel* e de ônibus híbridos. Por outro lado, incluiu um novo cenário (PBCIC), que se refere à combinação dos cenários TPITU, TIMP, TBDT e INGC.

### Metodologia e resultados

No primeiro estudo, foram estimadas as emissões de gases do efeito estufa – $CO_2$ (dióxido de carbono), $CH_4$ (metano) e $N_2O$ (óxido nitroso), bem como de poluente locais primários – CO (monóxido de carbono), $NO_2$ (óxidos de nitrogênio), $SO_2$ (dióxido de enxofre), $MP_{10}$ (material particulado) e os NMVOC (compostos orgânicos voláteis do tipo não-metano). As emissões dos vários cenários foram comparadas às emissões do cenário EFRG (redução gradual das emissões dos veículos) e os resultados estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3 – Redução de emissões com propostas de transporte e tecnologia, RMSP, 2020.**

| Poluentes | Ganho de emissões (%) do cenário apontado em relação ao cenário EFGR | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | PITU | *Flex-fuel* | Ônibus híbrido | Ônibus a gás | Inspeção veicular | Caminhões melhores |
| Efeito estufa | -1,4 | 0 | -0,3 | -0,2 | -0,7 | 0 |
| CO | -54,5 | -24 | -5,4 | -18,7 | -578,8 | -42,3 |
| $NO_x$ | -4,4 | -0,7 | -4 | -11,7 | 10,3 | -7,2 |
| $SO_2$ | -0,9 | -4,2 | -0,1 | -0,5 | -0,3 | -18,1 |
| NMVOC | -19,3 | -7,9 | -0,8 | -2,8 | -57,2 | -2,5 |
| MP | -1 | -1,3 | -0,2 | -0,9 | -1,7 | -17 |

Fonte: Pinheiro et al. (2004); tabulação nova feita especialmente para este documento.

Observa-se que o PITU levaria a uma grande redução do CO e dos NMVOCs. O uso dos veículos leves *flex-fuel* (100% da frota) teria impacto alto apenas na redução das emissões de CO. O uso dos ônibus híbridos (90% da frota) causaria baixos impactos gerais. Já o uso do ônibus a gás (100% da frota) causaria grandes reduções nas emissões de CO e $NO_x$. A implementação da inspeção veicular causaria uma enorme queda nas emissões de CO e uma grande queda nas emissões dos NMVOCs. O uso de caminhões mais eficientes levaria a uma grande redução nas emissões de CO, $SO_2$ e MP.

Quando se lê a tabela por poluente, observa-se que as emissões de gases do efeito estufa não são afetadas significativamente por nenhum dos cenários, o que mostra que para atingir este objetivo outras medidas precisariam ser adotadas. As emissões de CO são reduzidas pela maioria das propostas, sendo reduções extremamente altas no caso da inspeção veicular. As emissões de óxidos de nitrogênio só são reduzidas significativamente pelo uso de ônibus a gás e de caminhões mais eficientes. As emissões de $SO_2$ só são reduzidas significativamente pelo uso de caminhões melhores. As emissões dos NMVOC só ocorrem de forma significativa pela implantação dos projetos do PITU e pela inspeção veicular. As emissões de MP só se reduzem significativamente com o uso de caminhões mais eficientes.

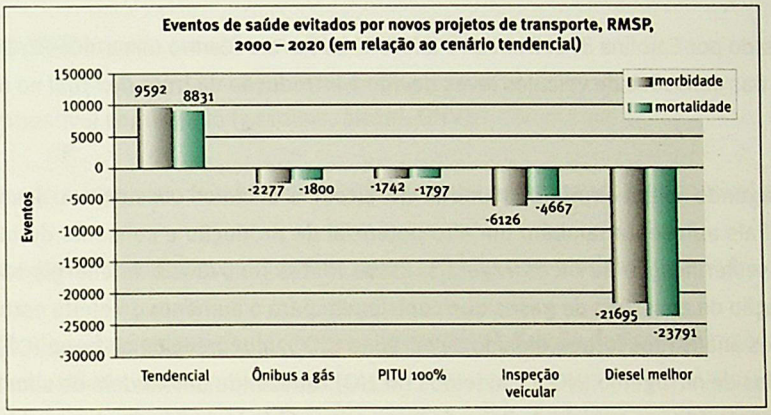
No segundo estudo foi analisado o impacto das medidas na morbidade e mortalidade dos habitantes da

região. O primeiro passo foi estimar a alteração na concentração de poluentes para cada cenário e para cada período. O segundo passo foi utilizar curvas de dosagem-impacto (que relacionam a concentração de poluentes no ar com seus efeitos para a saúde) para estimar os impactos na saúde das pessoas de cada cenário.

O ano-base para as comparações foi 2000. Foram estimados impactos na mortalidade e na morbidade. Os dados de mortalidade foram obtidos em órgãos municipais e no SEADE. Os dados de morbidade foram obtidos no Ministério da Saúde (DATA-SUS). Os impactos na mortalidade e na morbidade foram estimados por eventos ocorridos no cenário BAU e os eventos que ocorreriam em cada cenário alternativo, daí derivando a estimativa de diferença na quantidade de eventos. Os eventos foram separados por tipo (p. ex., internações hospitalares por problemas respiratórios, cardíacos etc.) e associados a cada tipo de poluente considerado (material particulado $MP_{10}$, óxidos de enxofre – $SO_2$ e monóxido de carbono – CO).

Observa-se na Figura 4 que enquanto o cenário tendencial aumenta a ocorrência de eventos de morbidade e mortalidade no período, os demais cenários reduzem esta ocorrência. O cenário que mais contribui para esta redução é o diesel de melhor qualidade (redução de 21 a 23 mil eventos), seguido pela implementação da inspeção veicular.

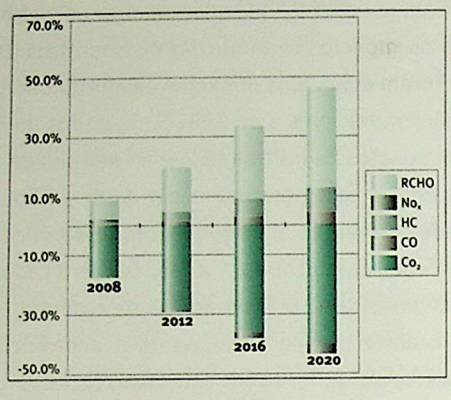
**Figura 4 – Impactos dos vários cenários de transporte, em relação ao cenário tendencial, nos eventos de morbidade e mortalidade por poluição, RMSP, 2020.**




A quantificação econômica dos benefícios foi realizada atribuindo valores econômicos aos eventos evitados de morbidade e mortalidade. Estes valores econômicos foram baseados na "disposição a pagar" (DP) pelos indivíduos para evitar estes eventos, o que representa implicitamente o valor que as pessoas atribuem aos problemas de saúde associados à poluição. O estudo analisou valores de DP pesquisados na Europa e nos EUA e os adaptou às condições brasileiras, utilizando fatores que refletem o poder de compra dos brasileiros, a sua expectativa de vida e os gastos em saúde púbica, em relação aos dados dos norte-americanos e europeus. Por exemplo, a DP média dos norte-americanos em relação à mortalidade foi estimada pela EPA norte-americana em US$ 6 milhões, gerando uma DP média brasileira de US$ 557 mil (9,4%).

Observa-se na Figura 5 que, quando comparados ao cenário BAU, o cenário de maior benefício é o TBDT (maior uso de caminhões mais eficientes), de valor US$ 15 bilhões, e, em segundo lugar, o cenário TIMP (implantação de inspeção veicular), de valor US$ 8 bilhões. O menor benefício é obtido com o cenário TNGB isolado (uso de ônibus a gás).

**Figura 5 – Impactos dos vários cenários de transporte nos custos de mortalidade por poluição, RMSP, 2020.**




Referência básica: Pinheiro et al. (2004) "Integrated environmental strategies (IES) in São Paulo, Brazil". Trabalho apresentado no *workshop* "Public Health and climate change benefits on air quality management", em São Paulo, em Julho de 2004.

## EMISSÕES DE VEÍCULOS LEVES NO BRASIL COM O AUMENTO DA FROTA *FLEX-FUEL*[4]

O estudo elaborado por Carolina B. S. Dubeux e Emilio L. La Rovere (Centro Clima/COPPE/UFRJ) analisou a mudança no perfil das emissões de veículos leves devido à introdução da frota *flex-fuel* no mercado brasileiro.

### Apresentação

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de álcool e o maior consumidor deste combustível em transportes. O País apresenta também um alto potencial de produção e consumo de biodiesel produzido através da transesterificação de óleos vegetais. Essas fontes renováveis de energia são uma importante opção de mitigação de emissões de gases que contribuem para o aumento do efeito estufa.

Os poluentes analisados foram: dióxido de carbono ($CO_2$), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos totais (HC), óxidos de nitrogênio ($NO_x$) e aldeídos (RCHO). Utilizando um modelo de simulação de emissões veiculares, foi construído um cenário de linha de base para a Cidade de São Paulo considerando a frota *flex-fuel* e um cenário contrafactual, no qual não haveria a penetração desta frota. Apesar da gasolina utilizada no Brasil já conter uma grande adição de álcool, a introdução da tecnologia *flex-fuel*, com conseqüente aumento do consumo de álcool puro, resulta em mudanças significativas nos níveis de emissão de alguns poluentes.

### Metodologia

#### Cenários

Foram construídos dois cenários de emissão para o período 2008-2020. O cenário de linha de base projeta a tendência natural que se observa no mercado de veículos leves aonde a frota *flex-fuel* vem dominando as vendas de veículos novos. Esta frota utiliza tanto álcool hidratado puro quanto gasohol (uma mistura de gasolina e álcool anidro na proporção de 78% em volume para o primeiro e 22% para o segundo). Devido à dinâmica dos preços de etanol, estima-se que a frota *flex* utilize etanol em 60% da distância média anual que

4 Estudo elaborado por Carolina Burle Schmidt Dubeux (carolina@ppe.ufrj.br) e Emílio Lèbre La Rovere (emilio@ppe.ufrj.br), respectivamente pesquisadora e coordenador executivo do Centro de Estudos Integrados sobre o Meio Ambiente e Mudanças Climáticas – Centro Clima do Programa de Pós-graduação em Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

percorre (CCAP, 2006). O outro cenário é contrafactual, ou seja, simula emissões de poluentes que ocorreriam caso o mercado não tivesse lançado os veículos *flex-fluel*. A frota movida a gás natural veicular participa dos dois cenários. Entretanto, as hipóteses de consumo deste combustível são iguais em ambos assumindo-se que a frota *flex* não se utiliza deste combustível em proporção diferente do que se utiliza a frota não *flex*.

Para a construção dos cenários de emissão foi utilizado um modelo desenvolvido por Mendes (2004) para um horizonte até 2010, expandido para 2020. O modelo original, e conseqüentemente a presente expansão, foi elaborado com base na metodologia utilizada pela CETESB que, por sua vez, é uma adaptação da metodologia empregada pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA).

Essa metodologia adota uma abordagem *bottom-up*, estimando o total de emissões a partir de fatores de emissão médios para cada ano-modelo de veículo, aos quais são aplicados fatores de deterioração, multiplicados pela frota de cada ano-modelo em um determinado ano e pela quilometragem média percorrida anualmente por cada ano-modelo. Assim, podem-se estimar as emissões de origem veicular **E** de um poluente **p** em um ano **t** através da seguinte fórmula:

$$E_{p,t} = \sum_{c,i} (F_{c,i,t} \times K_{c,i,t} \times (FE_{c.i.p} \times FD_{c,i,p}))$$

Onde,

E = emissões de origem veicular de um poluente **p** em um ano **t**;

i = parcela da frota fabricada em cada ano ("ano-modelo");

c = tipo de combustível empregado (gasolina, álcool, GNV);

F = número de veículos ano-modelo **i** em circulação no ano **t** empregando combustível **c**;

K = distância média percorrida em quilômetros pelos veículos ano-modelo **i** no ano **t**;

FE = fator médio de emissão dos veículos novos ano-modelo **i**, função das configurações dos veículos e tipo de combustível **c** para o poluente **p**;

FD = fator de deterioração das emissões de um veículo ano-modelo **i** no ano **t** para o poluente **p**.

**Parâmetros utilizados nos cálculos dos cenários de linha de base e alternativo**

**a)** Frota considerada

O tamanho da frota (número de veículos) do Município de São Paulo utilizada para este estudo é do DETRAN-SP, obtida nos Cenários de Emissão de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo (SVMA, 2006). A discriminação por ano-modelo, combustível e tipo de veículo utilizado fez uso da estrutura da frota brasileira no ano em questão.[5] A frota municipal serve como base para a projeção da frota nos anos subseqüentes, a partir de dados adicionais de vendas de veículos no mercado interno e de curvas de sucateamento que definem fluxos de entradas e saídas de veículos circulantes na frota local a cada ano. A frota utilizada variou entre 829 mil veículos pré-89 até 4,6 milhões de veículos em 2003 (SVMA, 2006). As projeções baseadas em taxas de evolução das vendas de veículos (3,8% a.a) geraram uma estimativa de frota de 5,7 milhões de veículos em 2020.

---

5 Há no Município de São Paulo a prática de rodízio de veículos o que, em tese, interfere na estrutura da frota, posto que muitos veículos antigos são adquiridos para circular apenas uma vez por semana. Entretanto, para se identificar tal estrutura há ainda que se realizar uma pesquisa de campo. A exclusão desses veículos no modelo resulta em uma análise conservadora.

**b)** Distribuição por combustível:

No que se refere ao Cenário de Linha de Base, considerou-se que a venda de novos veículos *flex-fluel* alcançaria 90% a partir de 2007 e assim se manteria até o final do período,[6] e que esta frota usaria álcool na proporção de 60% da quilometragem percorrida, conforme anteriormente mencionado. A participação da gasolina nos veículos *flex-fluel* foi obtida do Relatório CCAP/COPPE (2006) considerando um período de entressafra da cana-de-açúcar de quatro meses por ano, o que eleva os preços do álcool, tornando a gasolina atraente. Do total das vendas, 10% seriam de carros a gasool já a partir de 2007 e do total dos veículos novos, haveria um crescimento de veículos a GNV de 4,5% a 6,5% ao longo dos anos de cenário. Considerando que os carros *flex-fluel* utilizarão gasool em 40% da quilometragem percorrida e que os carros a GNV sempre rodarão a GNV (uma simplificação tendo em vista ser muito pequena a participação da gasolina e do álcool neste caso) as quantidades de cada combustível foram reajustadas conforme os dados de venda da frota. No que diz respeito ao cenário contrafactual, simulou-se uma frota em que os veículos seriam a gasool, álcool puro e gás natural, ou seja, a tendência anterior à introdução da tecnologia *flex* no mercado em 2003, seria mantida.

No cenário de linha de base, a participação relativa da gasolina no total do percurso anual da frota de São Paulo diminuiu para cerca de 42,8% em 2020, ao passo que a participação do álcool cresceu para 50,8% (o restante corresponde ao uso do GNV). No cenário contrafactual a gasolina atinge uma participação de 91,3% da distância percorrida em 2020, cabendo 2,2% ao álcool e 6,5% ao GNV.

**c)** Quilometragem percorrida:

Para estimar a quilometragem percorrida, foram utilizados valores de quilometragem anual média da frota, estimados pela CETESB para seus inventários, para veículos à gasolina e a álcool. Para os veículos a GNV os valores foram dobrados.[7] Esses valores são em função da idade da frota. Observe-se que a estimativa considera que os veículos mais novos percorrem maiores distâncias por unidade de tempo (22.000 km por ano) do que os mais antigos (9.500 km por ano) tendo em vista o fato de que veículos mais novos normalmente pertencem aos usuários com um maior poder aquisitivo e que conseqüentemente podem arcar com o percurso de maiores distâncias por unidade de tempo que usuários de menor poder aquisitivo.

**d)** Fatores de emissão e quilometragem percorrida:

No que se refere aos fatores de emissão de $CO_2$, poluente global, da frota a gasool e *flex-fluel*, foram utilizados os fatores de emissão do Inventário Brasileiro (metodologia *bottom-up*) e de CETESB (2006), sendo que o fator de emissão do álcool foi considerado zero por ser este um combustível de fonte renovável cujas emissões de GEE com impacto no clima são muito pequenas no caso brasileiro. No período pré-1989 empregou-se a média aritmética dos valores entre 1980 e 1989 do Inventário Brasileiro, para 1990-1994 os próprios valores do Inventário e para 95-2005 os valores de CETESB (2006). Para a frota a GNV, período pré-1989 a 1997, na falta de outros dados medidos para a frota nas condições nacionais, foram utilizados os valores de um estudo organizado pela International Association for Natural Gas Vehicles, classificados no estudo como sendo da "Categoria 1", por se tratarem de fatores gerados em testes de automóveis sem sistemas avançados de controle de emissão (IANGV, 2000, apud Mendes, 2004). Para veículos ano-modelo pós 1997 foram utilizados os valores de um estudo realizado recentemente pela CETESB em veículos PROCONVE III que avaliou 21 configurações de veículos movidos a gasool convertidos para GNV (CETESB,

---

6 De acordo com ANFAVEA (2006), o percentual de veículos *flex-fuel* alcançou 80% até agosto do presente ano.

7 Os valores adotados para a frota a gás são bastante conservadores tendo em vista que grande parte da frota a gás pertence a táxis. De acordo com a Associação das Empresas de Táxi de Frota do Município de São Paulo (ADETAX, 2006), os táxis de frota percorrem, em média, 20.000 km/mês. No entanto, não foram identificados estudos detalhados a respeito.

2006). No que diz respeito aos poluentes locais avaliados, os fatores médios de emissão da frota a gasolina e a álcool para cada ano-modelo no período pré-1989 a 2005 adotados neste estudo estão baseados nos fatores utilizados pela CETESB em seus inventários.[8]

Para a frota a GNV, utilizaram-se as mesmas fontes de dados dos fatores de emissão de $CO_2$. Tanto no caso de poluente global quanto local, os fatores de emissão de veículos a gasool, a álcool, *flex-fluel* e GNV adotados para o período 2005 a 2010 correspondem aos valores da CETESB para 2005. Para o período de 2011 a 2015 estimou-se que haverá uma redução de 10% em relação ao período anterior e para o período entre 2016 a 2020 haverá outra redução de 10% em relação ao período anterior.

**e)** Fatores de deterioração:

O fator de deterioração expressa a variação das emissões de um dado poluente em função do uso do veículo. Os fatores de deterioração para CO, HC e $NO_x$ foram estimados segundo metodologia da AP-42 da EPA norte-americana, na qual a CETESB também se baseia para a realização de seus inventários de emissão (Szwarcfiter, 2004). Segundo Szwarcfiter 2004 (p. 206), "os fatores de deterioração dos veículos em uso possivelmente são bastante maiores do que os fatores estimados em testes". De acordo com a autora, Corvalán e Vargas (2003) realizaram um estudo em Santiago, no Chile, e concluíram que os fatores de deterioração propostos pela EPA (AP-42)[9] e pela União Européia – UE (COPERT) são substancialmente inferiores aos verificados em uma amostra de mais de 2.000 veículos da frota em circulação.

O presente modelo, portanto, aplica aos fatores de deterioração obtidos em Szwarcfiter (2004) para veículos de geração similar às fases correspondentes ao PROCONVE, com ajustes apresentados na AP-42 para deterioração dos sistemas de controle de emissões, de modo a tornar os resultados mais realistas. Esses fatores de deterioração ajustados se baseiam em uma ampla pesquisa empírica realizada pela EPA nas principais cidades norte-americanas nas décadas de 1980 e 1990. Expressam o impacto na deterioração das emissões devido ao mau funcionamento dos sistemas de controle de emissões e levam em consideração as gerações de automóveis por ano-modelo, assim como taxas de ocorrência, resultando nos parâmetros para o cálculo dos fatores de deterioração, por poluente.

Entretanto, estes fatores de emissão são estimados apenas até 2010 e foram utilizados até 2020, horizonte de cenários do presente estudo dada a carência de outros estudos sobre o tema, o que certamente introduz mais incerteza ao modelo. Urge o desenvolvimento de tais estudos que permitam estimar os fatores de deterioração específicos para a frota brasileira. Mais ainda, no caso de fatores de deterioração para RCHO, estes foram considerados iguais à unidade tendo em vista não terem sido obtidos fatores ajustados à frota brasileira. Estes procedimentos resultam em valores de emissão conservadores.

## Resultados

A introdução da frota *flex-fluel* no mercado a partir de 2003, considerando as premissas de atratividade do preço do álcool adotadas no presente artigo, irá promover uma grande alteração no perfil das emissões tanto de $CO_2$, quanto dos poluentes locais, no horizonte dos cenários. Mesmo considerando que a atual participação do álcool na gasolina teoricamente já reduz significativamente as emissões de $CO_2$, o aumento

---

8 O fator médio de emissão dos veículos a gasolina e álcool para os anos-modelo anteriores a 1985 é a média dos valores obtidos em ensaios realizados no Laboratório de Emissões Veiculares da CETESB, ponderada conforme participação de cada modelo nas vendas. Os ensaios foram realizados simulando as seguintes condições: velocidade média em tráfego urbano 31.5km/h, temperatura ambiente de 20° a 30°C e umidade relativa do ar de 40% a 60% ciclo padrão FTP-75. Para os modelos produzidos a partir de 1986 os fatores médios de emissão da frota, fornecidos pela CETESB, são calculados a partir da média ponderada dos fatores de emissão de cada configuração (medidos pela própria CETESB no processo de homologação para as LCVM conforme Resolução CONAMA 15/86) pelas suas vendas no mercado interno.

9 AP-42: Compilation of air Pollutant Emission Factors – Mobil Sources – EPA (2000).

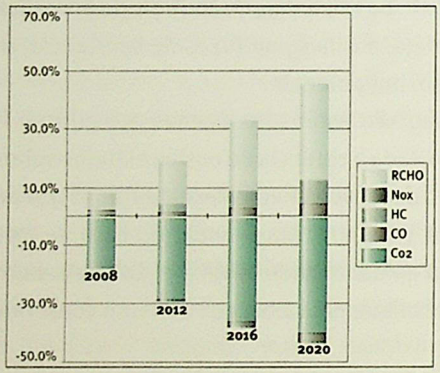
do consumo do álcool promovido pela frota *flex-fluel* resulta em grande redução de emissões deste gás de efeito estufa direto. Ocorre também um apequena redução de $NO_x$. No que se refere a CO, a tendência é de um pequeno aumento como também ocorre com HC. O grande aumento das emissões seria de RCHO. Os valores em termos absolutos estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4 – Emissões nos Cenários BAU (com *flex-fluel*) e Contrafactual (sem *flex-fluel*).**

| Parâmetro | | 2008 | 2012 | 2016 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Toneladas | | | |
| $CO_2$ | com *flex* | 9.841.462 | 9.125.063 | 8.368.859 | 7.739.646 |
| | sem *flex* | 11.825.605 | 12.632.802 | 12.845.817 | 12.653.370 |
| CO | com *flex* | 747.884 | 660.858 | 585.283 | 516.687 |
| | sem *flex* | 744.626 | 651.795 | 569.203 | 495.374 |
| HC | com *flex* | 89.688 | 94.168 | 99.615 | 102.326 |
| | sem *flex* | 88.736 | 91.381 | 94.270 | 95.005 |
| NOx | com *flex* | 57.139 | 58.243 | 59.446 | 58.998 |
| | sem *flex* | 56.941 | 58.452 | 60.655 | 60.860 |
| RCHO | com *flex* | 919 | 751 | 626 | 533 |
| | sem *flex* | 864 | 656 | 506 | 402 |

Observa-se que o aumento mais significativo no que se refere aos poluentes locais analisados e ao RCHO, como previsível, dado que este poluente é característico de veículos a álcool. As variações relativas ao longo dos anos estão na Figura 5.

**Figura 5 – Evolução das emissões de poluentes pela frota de veículos leves.**




Ressalte-se que o aumento de uso de combustíveis originários da biomassa deveria representar um aumento das emissões de $NO_x$, o que não se verifica na simulação em questão. Este resultado se deve ao fato de que o fator de emissão dos veículos *flex-fluel* quando rodando à gasolina são suficientemente baixos para compensar o aumento das emissões quando estes veículos estão fazendo uso de álcool, comparativamente às emissões de $NO_x$ dos veículos somente à gasool.

## Conclusão

A interpretação dos resultados deste exercício deve considerar a existência de importantes limitações do modelo. A principal se refere à hipótese de demanda por álcool aqui tratada de forma totalmente *ad hoc*. Esta questão merece investigação mais adequada e deveria ser objeto de estudos detalhados.

Adicionalmente, o consumo de GNV pela frota não foi avaliada na profundidade merecida e, portanto, deve introduzir uma leve distorção nas estimativas gerais.

Outra questão bastante relevante é a falta de fatores de deterioração de frota confiáveis para CO, HC e $NO_x$. No caso de RCHO a ausência de valores é absoluta e a solução adotada no modelo leva a um resultado conservador, no qual as emissões ficam subestimadas. Esta questão deveria ser objeto de estudos por parte das instituições que teriam esta atribuição no País de modo que se possa melhorar a qualidade das estimativas das emissões da frota brasileira.

No que se refere aos resultados obtidos, a comparação dos dois cenários demonstra que o abatimento das emissões de $CO_2$ resultante do consumo de etanol pela frota *flex-fluel* é bastante expressivo, alcançando um decréscimo de 38,8 % em 2020. Entretanto, o aumento nas emissões de aldeído sofre um aumento considerável de 32,5% no mesmo ano acima dos níveis que seriam observados caso não houvesse o advento da frota *flex*. Com relação aos outros poluentes analisados haveria um aumento de emissões de 4,3% de CO e de 7,7% de HC, enquanto as emissões de $NO_x$ sofreriam um decréscimo de 3,1%.

Estes resultados merecem ser avaliados sob o ponto de vista da qualidade do ar das cidades onde as concentrações atmosféricas de CO, HC e RCHO são relevantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


Ministério do Meio Ambiente – MMA (2006). Avaliação do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores.

PINHEIRO, Flávio Cotrim et al. Integrated Environmental Strategies (IES) In: São Paulo: Final Report, 2004 (Texto apresentado no Seminário Estratégias Ambientais Integradas.)

DUBEUX, Carolina B. S. & LA ROVERE, Emilio L. Emissões da Frota de Veículos Leves no Brasil: Conseqüências Ambientais do Aumento do Uso do Álcool, 2007


### Referências Bibliográficas no Texto de Dubeux & La Rovere


ANFAVEA (2006). Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2005.

CETESB (1999). Inventário de Emissão Veicular – metodologia de cálculo.

CETESB (2006). Relatório da Qualidade do Ar no Estado de São Paulo.

COPPE/CCAP (2006). Greenhouse Gas Mitigation in Brazil: Scenarios and Opportunities through 2025 (www.ccap.org)

MENDES, Francisco Eduardo. Avaliação de Programas de Controle de Poluição Atmosférica por Veículos Leves no Brasil – Tese de Doutorado. PPE/COPPE/UFRJ, 2004.

SVMA (2006). Cenários de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente.

SWARCFITER, Lila. Opções para o Aprimoramento do Controle de Emissões de Poluentes Atmosféricos por Veículos no Brasil: Uma avaliação do Potencial de Programas de Inspeção e Manutenção e de Renovação Acelerada da Frota. Tese de Doutorado. PPE/COPPE/UFRJ, 2004.

# 8

# LEGISLAÇÃO E LICENCIAMENTO AMBIENTAL E O SETOR DE TRANSPORTES

*Áurea Morato*
*Analista de planejamento de transporte do Metrô de São Paulo*
*Laura Lucia Vieira Ceneviva*
*Coordenadora do Grupo Executivo da Prefeitura do Município de São Paulo para Melhoramentos Cicloviários – Pró-Ciclista*

## 1. BREVE HISTÓRICO DO SETOR DE MEIO AMBIENTE NO BRASIL

Aquilo que, hoje em dia, conhecemos como setor de meio ambiente, originou-se com as discussões e deliberações havidas na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, em 1972, que culminou com a assinatura da Declaração de Estocolmo. Ela introduziu na agenda política internacional, pela primeira vez, a dimensão ambiental como condicionadora e limitadora do modelo tradicional de crescimento econômico e do uso dos recursos naturais, pois o benefício econômico de alguns não poderia ser obtido através da exportação de danos ambientais para outros. "A Conferência contou com ativa contribuição brasileira no sentido de introduzir a temática do desenvolvimento no contexto mais amplo das questões do meio ambiente" (Ministério das Relações Exteriores do Brasil – MRE, sem data[1]). A partir desse encontro, a Organização das Nações Unidas – ONU viria a acrescentar o tema do meio ambiente às demais questões prioritárias por ela discutidas.

A Conferência de Estocolmo de 1972, provocou resultados imediatos no Brasil. Um ano após, em 30 de outubro de 1973, foi promulgado o Decreto federal 73.030, que criou, no âmbito do Ministério do Interior, a Secretaria Especial do Meio Ambiente – SEMA. A ela competia a promoção de normas e padrões relativos à preservação do meio ambiente, o monitoramento e a fiscalização, formar técnicos e especialistas em meio

[1] Ministério das Relações Exteriores do Brasil – "Meio Ambiente, Rio-92 – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – in: http://www.mre.gov.br/cdbrasil/itamaraty/web/port/relext/mre/agintern/meioamb/apresent.htm, acessado em dezembro de 2006.

ambiente, colaborar com organismos financeiros objetivando a recuperação de áreas degradadas, manter a Relação de Agentes Poluidores e Substâncias Nocivas, cooperar na preservação das espécies ameaçadas de extinção e na manutenção dos estoques de material genético etc.

É de se destacar que, em 04 de outubro de 1973, através da Lei estadual 3.163, foi criado na Bahia, o Conselho Estadual de Proteção Ambiental – CEPRAM (atual Conselho Estadual de Meio Ambiente), o que o torna o mais antigo conselho ambiental do País. Uma outra menção de antiguidade deve ser feita à Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB, que foi criada pelo governo do Estado de São Paulo em 1968, com o objetivo de controlar a poluição ambiental, em especial a poluição das águas e do ar, cujo combate já se havia iniciado no começo dos anos 60.

As atividades realizadas e os debates havidos nos anos posteriores à criação da SEMA subsidiaram a preparação do projeto de lei, que, submetido ao processo legislativo no Congresso Nacional, deu origem ao estabelecimento da Política Nacional do Meio Ambiente, promulgada pela lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, até hoje vigente, a qual criou o Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA e o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.

Quatro anos depois, em 15 de março de 1985, mediante o Decreto 91.145, foi criado o Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, que incorporou a SEMA e o CONAMA. Esse Ministério transformou-se novamente, em 22 de outubro de 1987, com a criação do Ministério da Habitação, Urbanismo e Meio Ambiente – MHU, através do Decreto 95.075. Nova modificação surgiu com a Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, que criou o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, vinculado ao Ministério do Interior. Sucederam-se transformações que foram aproximando ou afastando as questões de meio ambiente às de desenvolvimento urbano, até que, em 15 de março de 1990, a Medida Provisória 150 (convertida em 12 de abril de 1990 na Lei nº 8.028), criou a Secretaria do Meio Ambiente da Presidência da República – SEMAM/PR, como órgão de assistência direta e imediata ao presidente da República. O Ministério do Meio Ambiente – MMA surgiu, enfim, em 19 de novembro de 1992, através da Lei nº 8.490, de 19 de novembro, que desvinculou a SEMA da Presidência da República, elevando-a à categoria ministerial. Só após a criação do Ibama, e principalmente após a criação do MMA, é que o sistema de gestão ambiental nacional se estabilizou e foi construindo seu aparato organizacional para fazer frente aos desafios ambientais existentes.

Pouco antes da criação do MMA, em junho de 1992, o Brasil sediou a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro, conhecida também como Cúpula da Terra, Eco-92 ou Rio-92. Nela, ao contrário de Estocolmo, "a cooperação prevaleceu sobre o conflito" (MRE, sem data). Neste sentido, "ao abrir novos caminhos para o diálogo multilateral, colocando os interesses globais como sua principal preocupação", o significado da Cúpula da Terra realizada no Rio de Janeiro "foi muito além dos compromissos anteriormente assumidos" (MRE, sem data).

De todo modo, as transformações ocorridas mantiveram o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA como órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA. Nessa condição, o Conama, em função de seu poder normativo, tem aprovado uma série de resoluções disciplinadoras da matéria ambiental brasileira.

Entre elas destaca-se a Resolução Conama 001, de 23 de janeiro de 1986, que estabelece a definição de impacto ambiental e de atividades consideradas modificadoras do meio ambiente. Estabelece, também, que empreendimentos geradores de impacto ambiental estão submetidos a licenciamento ambiental, realizado com o subsídio de Estudos de Impacto Ambiental – EIAs e respectivos Relatórios de Impacto no Meio Ambiente – RIMAs, previamente à aprovação de projetos. Essa Resolução foi modificada por muitas outras, mas até hoje seus conceitos norteiam a gestão ambiental do Brasil.

## 2. A BASE CONSTITUCIONAL DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA

A Constituição Federal do Brasil, em seu artigo 225, determina que "todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações". Com isso, ela inseriu o princípio da sustentabilidade nas atividades da sociedade brasileira, pois uma geração não pode auferir benefícios causando prejuízos para as próximas gerações. Esse princípio combate as ações predatórias em qualquer tipo de atividade, combate as hipóteses de apropriação de valor mediante a degradação do ambiente. Meio ambiente, ainda segundo a determinação constitucional, é dever de todos, seja o poder público, seja a coletividade. Ou seja, é dever de todos, indistintamente.

No entanto, a própria Constituição aponta quais são os deveres do poder público, entre os quais se destaca "exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade",[2] além de "controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente".[3] Com isso, fica claro que o poder público tem um poder-dever de controlar as atividades potencialmente degradadoras do meio ambiente, como forma de garantir sua sustentabilidade. Observa-se que a publicidade é requisito fundamental para a avaliação do impacto ambiental, o que se explica pelo fato de que freqüentemente os empreendimentos de um setor exportavam suas deseconomias para outros setores ou para o próprio ambiente. Tendo oportunidade de ter acesso ao teor de um projeto e de discuti-lo, a sociedade pode interferir em sua conceituação, de modo a evitar tal exportação de deseconomias, ou prejuízos que deveriam ser suportados pelo empreendedor.

A competência para gerir e normatizar questões de meio ambiente é comum entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, nos termos do artigo 23 da Constituição Federal. Essa determinação implica em que, excluídas as competências específicas[4] de cada instância governamental, o gerenciamento do meio ambiente deve ser implementado por todos os governos, respeitada a gradação de crescente especificidade que parte da União e chega ao Município.

No caso dos licenciamentos ambientais, a competência para normatizá-los foi atribuída ao Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA.[5] Visando o exercício harmônico das competências federais, estaduais e municipais, o Conama promulgou a Resolução 237, de 19 de dezembro de 1997, a qual estabelece os critérios para subordinação de determinadas matérias a esta ou aquela esfera de governo. Esta resolução determina, também, que o licenciamento ambiental sempre será feito em apenas um nível de competência de governo, ou seja, será ou só federal, ou só estadual ou só municipal.

No caso de dano, impõe a Constituição que "as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados".[6] A necessidade de reparo do dano ambiental ficou tão consolidada na Constituição Federal, que, por exemplo, há um parágrafo específico para tratar da recomposição do ambiente degradado pela atividade de mineração (§ 2º do artigo 225: "aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei").

---

2 Constituição Federal, artigo 225, § 1º, inciso IV.

3 Constituição Federal, artigo 225, § 1º, inciso V.

4 As competências específicas ou compartilhadas da União, Estados, Distrito Federal e Municípios estão definidas nos artigos 21, 22, 23, 24, 25, 30 e 32 da Constituição Federal.

5 Lei federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, artigo 8º, inciso I.

6 Constituição Federal, artigo 225, § 3º.

## 3. TRANSPORTES E MEIO AMBIENTE

O setor de transportes também está inserido na Constituição Federal, e é importante ter claro em que medida a competência federal se expressa. Seu artigo 21 estabelece que são competência da União para explorar, diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão "a navegação aérea, aeroespacial e a infra-estrutura aeroportuária", "os serviços de transporte ferroviário e aquaviário entre portos brasileiros e fronteiras nacionais, ou que transponham os limites de Estado ou Território", "os serviços de transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros" e "os portos marítimos, fluviais e lacustres".[7] Pode-se dizer, assim, que compete à União a regulamentação geral de transportes, destacando-se o aeroviário em modo amplo e os hidroviário, ferroviário e rodoviário, quando interestadual ou internacional. Do ponto de vista da competência para legislar, a União a tem privativamente para o regime dos portos, navegação lacustre, fluvial, marítima, aérea e aeroespacial; e para trânsito e transporte.[8] Como se vê, toda a estrutura de circulação no território nacional está pautada na competência federal, mas não exclui o exercício de outras competências. Por esta razão, circular em qualquer lugar do Brasil obedece as mesmas regras fundamentais, variáveis apenas aquelas relativas às condições locais e regionais.

Por outro lado, a percepção dos impactos gerados pelas atividades do setor de transportes no meio ambiente está sedimentada. Assim, por exemplo, a Lei Federal nº 10.233, de 05 de junho de 2001, que cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, dispõe sobre a ordenação dos transportes aquaviário e terrestre, reorganizando o gerenciamento do Sistema Federal de Viação e regulando a prestação de serviços de transporte, além de criar a Agência Nacional de Transportes Terrestres (que inclui o transporte rodoviário e ferroviário), a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes tem como um de seus princípios gerais compatibilizar os transportes com a preservação do meio ambiente, reduzindo os níveis de poluição sonora e de contaminação atmosférica, do solo e dos recursos hídricos, bem como promover a conservação de energia, por meio da redução do consumo de combustíveis automotivos.

O Código de Trânsito Brasileiro,[9] que regulamenta o trânsito de qualquer natureza nas vias terrestres do território nacional, abertas à circulação, também tem como prioridade em suas ações à defesa da vida, nela incluída a preservação da saúde e do meio ambiente.[10]

O Anteprojeto de Lei da Mobilidade Urbana,[11] que dá diretrizes aos municípios para os transportes urbanos, foi aprovado pelo Conselho das Cidades em 30 de agosto de 2006, mas ainda não foi enviado ao Congresso Nacional, também aponta a preservação ambiental como uma de suas diretrizes.

Como se vê, o princípio da sustentabilidade, que faz com que cada atividade humana seja conduzida de forma a poder ser perpetuada ou conduzida no futuro sem gerar mais ônus que os benefícios que previamente gerou, vem sendo absorvida pelos órgãos do setor de transportes, não apenas em função da determinação constitucional, mas principalmente pela percepção de que o processo decisório, empresarial ou governamental, que exclui a variável ambiental está fadado a minguar pela sua própria falta de percepção acerca da finitude dos recursos e das potencialidades de seus rejeitos.

---

7 Constituição Federal, artigo 21, inciso XII, alíneas c, d, e, e f.

8 Constituição Federal, artigo 22, inciso XII, alíneas c, d, e, e f.

9 O Código de Trânsito Brasileiro foi promulgado pela Lei Federal nº 9.503, de 23 de setembro de 1997.

10 Código de Trânsito Brasileiro, artigo 1º, § 5º.

11 O teor do Anteprojeto de Lei da Mobilidade Urbana está disponível em http://www.cidades.gov.br/index.php?option=content&task=view&id=2315&Itemid=0.

## 4. A POLÍTICA NACIONAL DE MEIO AMBIENTE

A Política Nacional do Meio Ambiente foi promulgada pela Lei Federal 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo as principais definições e estruturas que regem a matéria ambiental. Ela considera meio ambiente como sendo o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas,[12] sendo a degradação ambiental definida como a alteração adversa das características do meio ambiente.[13] A poluição é a degradação ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudicam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, criam condições adversas às atividades sociais e econômicas, afetam desfavoravelmente a biota e as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente, ou lançam matéria ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos. Recursos ambientais são a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora.[14]

Há questões ambientais dispersas em muitas outras normas legais, sendo de se destacar a Política Nacional de Recursos Hídricos, Política Nacional para os Recursos do Mar, a Política Nacional de Saneamento etc., mas todas elas se agregam aos pressupostos da Política Nacional de Meio Ambiente.

A estrutura de gerenciamento ambiental no Brasil compõe o Sistema Nacional de Meio Ambiente NAMA, que é pautada na existência de um órgão superior, um órgão consultivo e deliberativo, um ) central, um órgão executor, órgãos seccionais e órgãos locais. O órgão superior é o Conselho de rno, que tem a função de assessorar a Presidência da República na formulação de diretrizes de ação namental. O órgão consultivo e deliberativo é o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, que assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo, diretrizes de políticas governamentais para o ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões atíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida. É por azão que as Resoluções do Conama, exemplificada por aquela que criou o Programa de Controle da ção do Ar por Veículos Automotores – Proconve, têm a força de lei. Além disso, é no Conama que a dade civil participa diretamente das decisões governamentais, correspondendo, por isso, à estrutura l onde ocorre a participação social. O órgão central é, hoje em dia, o Ministério do Meio Ambiente, sendo o órgão executor o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. É importante lembrar que o IBAMA foi recentemente subdivido, tendo sido criado o Instituto Chico Mendes,[15] voltado para o gerenciamento das unidades de conservação e para as políticas relativas ao uso sustentável dos recursos naturais renováveis. Os órgãos seccionais e locais são aqueles estaduais e municipais, voltados para a realização de programas e projetos ambientais, além do controle e da fiscalização ambiental.

A administração ambiental se utiliza dos instrumentos definidos pela Lei Federal nº 6.938, que têm ação preventiva e corretiva. Dentre eles destaca-se o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, o zoneamento ambiental, a avaliação de impactos ambientais, o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, os incentivos à produção e instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologia, voltados para a melhoria da qualidade ambiental, a criação de espaços territoriais especialmente protegidos, o sistema nacional de informações sobre o meio ambiente e as penalidades disciplinares ou compensatórias pelo não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental.

---

12 Lei federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, artigo 3º, inciso I.

13 Lei federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, artigo 3º, inciso II.

14 Os recursos ambientais sofreram modificação dada pela Lei nº 7.804, de 18/07/1989, que incluiu a expressão fauna e flora.

15 O Instituto Chico Mendes foi criado pela subdivisão do Ibama, através da Medida Provisória 366, de 26 de abril de 2007.

## 5. O LICENCIAMENTO AMBIENTAL

Dentro do sistema constitucional brasileiro, no qual se reconhece o direito de propriedade, a implantação de qualquer intervenção do meio físico é admitida, pois o proprietário tem o direito de usufruir de sua propriedade como quiser, observado o arcabouço legal vigente. Esse querer tem a limitação da função social da propriedade, em especial da propriedade imobiliária, que impõe ao proprietário restrições no exercício de seu direito, pois ele, não só é proprietário por um período de tempo determinado, mas, principalmente, porque o exercício do seu direito não pode ofender o direito de outros. No caso dos impactos ambientais, a implantação de um empreendimento, que é direito do proprietário da terra, deve ser conduzida sem gerar para os outros proprietários e para a sociedade em geral externalidades negativas. Daí, as necessidades de mitigação e de compensação dos impactos ambientais. Observa-se que, a imposição de não gerar absolutamente nenhum impacto, só pode ocorrer com a desapropriação do imóvel, situação esta que gerará impactos de outra ordem no orçamento público, atingindo também toda a sociedade. O processo de licenciamento ambiental é oportunidade de constituir o balanceamento de todas estas questões.

As atividades geradoras de impactos ambientais, em sentido amplo (processos industriais, mineração, corredor de transportes etc.), estão sujeitas a licenciamento ambiental, o qual foi definido como sendo o "procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, a instalação, a ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso".[16] O licenciamento ambiental, em cada instância de governo, pode ter gradações, segundo o porte, o potencial gerador e a intensidade do impacto gerado, sendo os maiores impactos sempre submetidos ao Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental, EIA-RIMA, variando as denominações dos demais instrumento de análise e avaliação segundo o estado ou município.

O licenciamento ambiental, promovido pelos órgãos integrantes do Sisnama, tem sua estrutura procedimental definida pela Resolução Conama 237. Ele se inicia com a definição pelo órgão ambiental competente, com a participação do empreendedor, dos documentos, projetos e estudos ambientais necessários ao início do processo de licenciamento correspondente à licença a ser requerida. Isto é muito importante, pois o interessado empreendedor tem a oportunidade de dizer como o seu empreendimento impactará o meio ambiente, o que lhe proporciona a oportunidade de antemão, preparar soluções de projeto para minimizá-los. Em geral, o empreendedor apresenta um plano de trabalho como roteiro para elaboração do estudo de impacto ambiental, que é analisado e complementado pelo licenciador, de modo a compor o termo de referência para o EIA-RIMA. Este tipo de procedimento é concordante com a diretriz constitucional de que todos somos responsáveis pela preservação de nosso ambiente, e deste modo o empreendedor explicita sua responsabilidade.

O protocolamento do pedido de licença ambiental deve receber publicidade, sendo seguido de uma análise dos documentos juntados, a qual poderá ensejar, se for o caso, uma única solicitação de complementações e esclarecimentos. Após, deverá ser realizada audiência pública, uma ou várias, de acordo com a legislação pertinente, audiência esta que dará margem a nova análise e nova solicitação de esclarecimentos e complementações, os quais poderão ser reiterados, caso considerados insuficientes. Seguir-se-á, então, a emissão de parecer técnico-jurídico que subsidiará o deferimento ou indeferimento da licença.

---

[16] Resolução CONAMA 237, de 19 de dezembro de 1997, artigo 1º, inciso I.

Embora o licenciamento ambiental deva ser promovido em uma única instância governamental, as outras instâncias devem ser consultadas. Nesta circunstância destaca-se o caso particular dos licenciamentos estaduais e federais, onde os municípios devem emitir certidão declarando que o local e o tipo de empreendimento ou atividade estão em conformidade com a legislação de uso e ocupação do solo. Além disso, as licenças ambientais não desobrigam as autorizações dos órgãos competentes para as supressões de vegetação e para a outorga do uso das águas. Ademais destes, e mais comumente, são órgãos intervenientes nos processos de licenciamento aqueles de defesa do patrimônio histórico, os comitês de bacia hidrográfica, os de política indigenista, reforma agrária e de terras.

São emitidas licenças ambientais para cada uma das fases de um empreendimento. Assim, é emitida uma Licença Prévia após a aprovação do projeto e do EIA-RIMA, a qual autoriza sua localização e concepção, atesta a viabilidade ambiental e estabelece os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de implementação do empreendimento. A seguir, deve ser expedida a Licença de Instalação, que autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes. Uma vez implantado o empreendimento de acordo com o projeto aprovado, e verificada sua condição de funcionamento, é emitida uma Licença de Operação. Normalmente, as licenças são emitidas em sucessão, mas pode haver casos em que elas são emitidas isoladamente. No caso da licença de operação, elas são renováveis em prazos que variam segundo as atividades exercidas e o desempenho ambiental que o empreendedor obteve. Assim, a renovação da licença implicará em prazos ampliados, reduzidos ou mantidos. As alterações no padrão ambiental dos empreendimentos podem ser, então, melhor controladas, em benefício de toda a sociedade.

## 6. LICENCIAMENTO AMBIENTAL E O SETOR DE TRANSPORTES

Há muitos tipos de projetos ligados ao setor de transportes que são submetidos a licenciamento ambiental, até mesmo pela ampla gama de atividades que este setor engloba. A Resolução Conama 237 prevê que necessariamente serão licenciados os seguintes empreendimentos:

- rodovias, ferrovias, hidrovias, metropolitanos.
- outras obras e serviços associados às vias acima referidas: canais para drenagem, retificação de curso de água, abertura de barras, embocaduras e canais, outras obras-de-arte, dragagem e derrocamentos em corpos d'água, tratamento e destinação de resíduos sólidos urbanos, pesquisa mineral com guia de utilização, lavra a céu aberto, inclusive de aluvião, com ou sem beneficiamento, etc.
- recuperação de áreas contaminadas ou degradadas.
- transporte de cargas perigosas.
- transporte por dutos.
- marinas, portos e aeroportos.
- terminais de minério, petróleo e derivados e produtos químicos.
- depósitos de produtos químicos e produtos perigosos.

Estas prescrições ganham especificidade ao alcançar o licenciamento ambiental estadual e municipal. Para exemplificar, menciona-se o caso do Estado de São Paulo, onde, além daqueles empreendimentos acima apontados, são exigidos licenciamentos para aeroportos (exceto os privados ou os helipontos) e corredores de transportes. No caso do Município de São Paulo, são submetidos a licenciamento ambiental os terminais rodoviários interurbanos de cargas ou passageiros, com área de terreno igual ou superior a

10.000 m², os sistemas de transporte coletivo urbano sobre trilhos ou pneus, as garagens subterrâneas sob áreas consideradas bens de uso comum, as garagens de frota de ônibus ou caminhões, com área de terreno igual ou superior a 10.000 m² e os heliportos.[17]

Em função das complexidades encontradas, ou de determinados momentos históricos, os procedimentos para a emissão de licenças vão sendo alterados. Por isso a manifestação prévia, indicando se o empreendimento está ou não submetido a licenciamento ambiental, é fundamental.

## 7. AS MITIGAÇÕES E COMPENSAÇÕES AMBIENTAIS

A implantação de qualquer obra implica, necessariamente, em impacto ambiental. Uma parte desses impactos é superada pelo simples exercício de boa engenharia, como, por exemplo, a manutenção da limpeza do canteiro de obras e a adequada destinação de seus resíduos, que evitam a poluição do solo e das águas, no mínimo. No entanto, há intervenções que, pela sua complexidade ou intensidade do impacto, devem tê-lo mitigado ou compensado. Em um esforço de definição, podemos dizer que a mitigação é a ação de redução do dano provocado pela obra, reorganizando o ambiente similarmente ao que estava antes da implantação. Já a compensação ambiental ocorre quando o impacto é de tal ordem, que é impossível voltar sequer similarmente à condição original; daí ser o impacto compensado por outras medidas ambientais que o contrabalancem, ou que corrijam as distorções que impôs.

A discussão técnica relativa à quantificação dos impactos para que seja possível estimar compensações, é antiga e sem fim, pois há muitos elementos subjetivos, ou que ainda não estão cientificamente definidos, de modo que seja possível estabelecer metodologias de cálculo genéricas e pouco conflituosas. Hoje em dia, é vigente a Resolução Conama 371, de 05 de abril de 2006, que regulamenta a compensação ambiental decorrente dos impactos causados pela implantação de empreendimentos de significativo impacto ambiental, assim considerados pelo órgão competente. Ela regulamentou o artigo 36 da Lei federal 9.985, de 18 de julho de 2000 (que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação), o qual determina que os empreendedores cujos empreendimentos sejam submetidos à análise de EIA-RIMA, devam apoiar a implantação e manutenção de unidade de conservação do grupo de proteção integral, num valor mínimo de 0,5% do valor do empreendimento. Há ação direta de inconstitucionalidade[18] em julgamento no Supremo Tribunal Federal, ainda não decidida, que questiona a constitucionalidade do referido artigo 36.

O setor de transportes contribui com expressiva participação para a geração de recursos decorrentes de compensação ambiental. O Ibama apontava,[19] no começo de 2006, que transportes, excetuado aeroportos e portos, ocupava o segundo lugar nas compensações, junto com o setor elétrico, atrás, apenas, da mineração e dragagem.

Ocorre que, por força do Decreto federal 4.340, de 22 de agosto de 2002, que regulamentou a criação de unidades de conservação, foi determinada a criação de câmaras de compensação ambiental nos órgãos ambientais. Tais câmaras são responsáveis pela análise e formulação de proposta de aplicação dos recursos da compensação ambiental, pautadas na priorização já estabelecida por esse decreto, que se inicia com a regularização fundiária das unidades de conservação.

Deste modo, a preservação da biodiversidade, garantida pelas unidades de proteção integral, é uma estratégia para a manutenção da qualidade do solo e das águas, pois não há como manter a primeira sem manter as segundas.

---

17 Resolução Cades 61, de 05 de outubro de 2001.

18 Ação Direta de Inconstitucionalidade 3378/DF, proposta pela Confederação Nacional da Indústria.

19 In http://www.abema.org.br/uploads/downloads/54_IBAMA%20-%20Apres%20ABEMA% 20v2.ppt#749,5,Slide 5, acessado em 08 de junho de 2007.

## 8. GESTÃO AMBIENTAL PARTICIPATIVA

No Brasil, a gestão ambiental foi participativa desde seu início, a começar pelo poder normativo que o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA teve e exerceu ao longo de sua existência, agregado ao processo de licenciamento ambiental de empreendimentos impactantes, apenas, após a ampla divulgação e o amplo debate. O contexto em que a implantação da gestão ambiental se deu, a partir do estabelecimento da Política Nacional de Meio Ambiente, em 1981, foi o do processo de redemocratização do Brasil, pautado pela participação cidadã, e que tem como marco temporal 1988, ano da promulgação da nova Constituição Federal pela Assembléia Nacional Constituinte.

Tais transformações ocorreram em um contexto econômico mundial também pautado pela transformação imposta por crises de petróleo e pela globalização, onde a concorrência no mercado acirrou-se marcadamente. As empresas transformaram seus modos gerenciais, passando primeiro por processos denominados de terceirizações e depois por reengenharia de suas estruturas administrativas. A internacionalização da economia, com processos produtivos complementares ocorrendo em vários pontos do planeta, colaborou para revelar, entre outras coisas, predações ambientais que traziam prejuízos à sociedade como um todo, e que se expressaram economicamente nos mercados, pois se trata de diferencial que aumenta a competitividade de cada empresa. O ressurgimento dos valores da ética e transparência nas ações empresariais, o cunhamento do conceito de responsabilidade social das empresas, que angaria valores internos e externos a elas, tanto na produção quanto no produto, reforçaram a potencialidade da participação como modo de aumento de desempenho.

Mais recentemente, reiterou-se a participação como norma da administração pública brasileira, com a edição do Estatuto da Cidade – Lei federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, que regulamentou os artigos relativos à política urbana da Constituição Federal, definindo as funções sociais da cidade, sob a diretriz da sustentabilidade.[20] A incorporação da integralidade do território municipal como objeto do Plano Diretor,[21] e não apenas de suas áreas urbanas, é outra determinação que certamente trará modificações na relação entre o ambiente urbano e o rural, com reflexos para a garantia da qualidade ambiental das cidades.

No caso dos serviços de transporte, em especial o transporte urbano, a implantação do modelo da participação implicará, necessariamente, na adoção de estratégias de negociação a serem efetuadas entre o poder público responsável pelo serviço de transporte, as empresas operadoras dos serviços e os demais agentes, usuários e beneficiários dos serviços oferecidos, envolvidos nos programas de gestão, de acordo com os objetivos de cada plano de transporte proposto.

Sendo transportes um setor de fundamental importância como elemento estruturador do espaço urbano que garante as condições de produção, circulação e consumo, a necessidade de envolvimento de todos os segmentos sociais é ainda maior, a fim de contemplar interesses diferenciados e promover o acesso de amplas parcelas da população aos serviços.

Por outro lado, a implementação de políticas e projetos, que postulam a sustentabilidade, tem na garantia e na manutenção da participação das comunidades, em todas as fases, planejamento, implantação e operação dos serviços de transporte, um de seus maiores desafios, justamente por abarcar interesses diferenciados, trazendo os inerentes conflitos dessas relações. O processo de licenciamento ambiental fortalece a participação, demandando a divulgação do projeto a ser licenciado, a realização de estudos de impacto ambiental de caráter multidisclinar, a realização de audiências públicas etc., como modo de formalizar a participação, dentro do objetivo de evitar ou minimizar a externalização de deseconomias.

---

20 Estatuto da Cidade , artigos 1º e 2º, inciso I.

21 Estatuto da Cidade , artigos 40, § 2º.

Apoiado nos instrumentos legais em vigor e promovendo uma visão holística do futuro das cidades, um programa de gestão participativa procura estabelecer uma rede de atuação que leve em conta o potencial socioambiental da região. Deve contemplar a inserção do empreendimento e adotar práticas de atuação participativa, que incorporem a sociedade afetada, população residente, empresas, entidades públicas e privadas. O que se propõe, no entanto, é que esse processo de discussão se inicie na fase de concepção dos planos, sem prejuízo, é claro, dos estudos técnicos, trazendo a sociedade em seus diversos segmentos representativos a participar e a se comprometer com as propostas neles contidas, em um processo que é também interativo. Este tipo de gestão objetiva garantir legitimidade aos planos e projetos, com o objetivo de formular propostas e diretrizes de planejamento regional coladas à realidade e, ao mesmo tempo, de comprometer os diversos segmentos sociais com as futuras transformações urbanas inerentes ao empreendimento. A legitimidade garantirá não apenas o atendimento das necessidades da população para a qual o empreendimento se destina, mas também garantirá a sua conservação e operação.

A fim de compor um quadro de avaliação, os contatos e reuniões que concretizarem processos participativos devem ser ainda priorizados entre os setores estrategicamente atuantes, porém não participantes ativos do processo de concepção. Assim, o empreendedor, principal agente do processo, é o responsável por esse processo traduzindo os potenciais parceiros no formato interativo.

A identificação das partes interessadas deve levar em conta o momento atual, em que as políticas e normas vigentes concorrem para formações de projetos implantados segundo um padrão dominante. Assim, as externalidades geradas por esse modelo no passado recente (no caso do setor de transporte, por exemplo, ênfase no transporte rodoviário) devem ser consideradas para a identificação dos potenciais parceiros ou opositores. Não há como responsabilizar um agente direto por esses efeitos (ainda no exemplo do setor de transportes, falta de racionalização das redes, poluição, congestionamento) porém, há de se iniciar um processo de reversão dos impactos socioambientais sob a forma de "projetos em rede" envolvendo diversos segmentos da sociedade. Esse modelo de atuação reconhece nos novos planos e programas uma preocupação com as futuras externalidades causadas pelos projetos em andamento, de forma a minimizar seus efeitos socioambientais, os potencializando de forma positiva desde a fase de planejamento, envolvendo já nesse momento os segmentos sociais interessados.

A gestão ambiental participativa proporciona oportunidades de construir adesões à transformação em curso, apesar dos problemas ambientais que eventualmente crie, bem como oferece as condições para que estas externalidades negativas possam ser identificadas e minimizadas. Além disso, se a gestão ambiental ganha contornos de interatividade com as comunidades envolvidas na implantação do empreendimento, a participação acarreta legitimidade e eficiência, uma vez que as necessidades da população são explicitadas, qualificando os subsídios para a elaboração dos projetos. Essa explicitação de necessidades favorece a racionalidade na elaboração do projeto, do empreendimento e de sua operação, e também favorece a utilização dos recursos e o incremento da produtividade (prevenção e previsão de acidentes, controle de desperdícios, tempo e custos.

A participação e a interação com as comunidades constroem transparência no processo decisório, favorecendo a justa distribuição dos efeitos positivos e negativos decorrentes da implantação do empreendimento, minimizando conflitos. Por fim, a gestão ambiental participativa explicita a abrangência das intervenções e dos interesses atingidos, fazendo com que o empreendimento possa ser visualizado na sua globalidade e não apenas nos pequenos focos de atenção particular.

## 9. TRANSPORTES NA AGENDA 21 BRASILEIRA

Na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em junho de 1992, também conhecida como Eco-92, além da assinatura da Convenção-Quadro das Nações Unidas para a Mudança Climática e Convenção do Clima e da Convenção da Diversidade Biológica, ambas de grande repercussão, foi assinado o documento conhecido como Agenda 21, talvez o documento de maior impacto popular naquele primeiro momento. A Agenda 21 surgiu como uma proposta de reflexão e de ação para ser implementada ao longo do século XXI por todas as sociedades, entidades governamentais ou não, objetivando buscar transformações em nosso atual padrão de produção e consumo, associando o desenvolvimento econômico ao equilíbrio ambiental à justiça social.

A Agenda 21 propugna um processo participativo para a reflexão e percepção dos problemas ambientais e de suas soluções, sendo um instrumento altamente mobilizador de gestão ambiental. Por meio dele, são identificados os atores relevantes para a construção dos ambientes, os momentos e prazos relacionados aos problemas e soluções, as parcerias, mas mais de que isto, influi para que as pessoas envolvidas compreendam as questões ambientais dentro de uma visão sistêmica e integrada, onde o social não se dissocia do ambiental. O foco da Agenda 21 é o processo social, em sentido amplo, o que significa que os pressupostos adotados não podem ser tomados como definitivos. Nele, os dissensos vão sendo explicitados e os consensos vão sendo construídos. A Agenda 21 está pautada em processos de participação em sentido amplo, e é documento de referência para orientar ações que procurem minimizar conflitos, como forma de potencializar investimentos.

A Agenda 21 Global, assinada durante a Eco-92, é um documento que está dividido em 4 seções: Dimensões Sociais e Econômicas, Conservação e Gerenciamento dos Recursos para o Desenvolvimento, Fortalecimento dos Principais Grupos Sociais e Meios de Implementação. Ela serviu de base para a definição da Agenda 21 Brasileira, que foi o resultado de um amplo processo de diálogo e discussão com cerca de seis mil propostas, da qual participaram cerca de 40 mil pessoas em todos os Estados do País, no período de 1997 a 2002. A Agenda 21 Brasileira[22] é um produto elaborado participativamente e divide-se em dois cadernos, um denominado "Ações Prioritárias" e outro denominado "Resultado da Consulta Nacional". Estão identificados 21 objetivos, que correspondem às Ações Prioritárias, esmiuçadas sob a forma de ações e recomendações.

O setor de transportes está contemplado em três ações prioritárias da Agenda 21 Brasileira. A primeira ação prioritária é a retomada do planejamento estratégico, infra-estrutura e integração regional, na qual é considerado menor o avanço institucional e o quadro regulatório no setor de transporte de carga e urbano, relativamente aos setores de energia e comunicação. Sanar estas circunstâncias, bem como as disparidades regionais e construir a visão e gestão sistêmica são algumas das ações. Destacam-se, ainda, a priorizaração do aumento da eficiência e da conservação de energia; a promoção da intermodalidade no transporte; o planejamento integrado do transporte interestadual e urbano; a incorporação e a dimensão ambiental nos processos de elaboração de planos e projetos, em especial nos macroeixos de integração e desenvolvimento, não só como restrições, mas também como oportunidades de investimentos; e a elaboração de um plano diretor nacional de transportes de passageiros a longa distância, para a viabilidade de programas e projetos de criação e desenvolvimento dos transportes ferroviário e marítimo de passageiros, bem como programas destinados à segurança rodoviária e à redução de acidentes. A segunda ação prioritária, é a inclusão social e a distribuição de renda, visando melhorar a qualidade de vida e a justiça social nas regiões metropolitanas, entre outros motivos, pela democratização do acesso aos

---

[22] A Agenda 21 Brasileira encontra-se disponível: Ações Prioritárias em http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=18&idConteudo=915, e o Resultado da Consulta Nacional em http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=18&idConteudo=914.

serviços públicos de qualidade, e pelo investimento em infra-estrutura social, especialmente transporte de massa, habitação, infra-estrutura, saúde e educação. Por fim, a terceira ação prioritária que se destaca é a própria implantação do transporte de massa e da mobilidade sustentável. Ela corresponde a um conjunto de 12 ações mencionadas a seguir:

**a)** Promover a implantação de redes de transportes integrados de massa nas grandes aglomerações, especialmente metrôs e trens rápidos, articulados a outros meios complementares, com a adoção do cartão eletrônico. Tais projetos devem ser concebidos preventivamente nas cidades e regiões metropolitanas em formação ou em franca expansão.

**b)** Promover a descentralização das cidades, incentivando a instalação de empresas fora dos centros urbanos mais adensados. A descentralização deverá ser executada simultaneamente com a melhoria das opções de transportes.

**c)** As empresas devem estudar a possibilidade de instituir o escalonamento nos horários de trabalho, assim como a opção de oferecer transporte a seus funcionários. Instituir, na medida do possível, o trabalho em casa, o que já é plenamente possível em uma variedade de atividades econômicas.

**d)** Conceber os instrumentos e as agências político-institucionais adequadas, nas esferas municipal, estadual e federal, capazes de garantir recursos públicos e privados, materiais e financeiros, para viabilizar investimentos em transportes de massa.

**e)** Criar programas consistentes de otimização dos sistemas integrados de transportes urbanos, principalmente nas regiões metropolitanas, a fim de priorizar projetos que incluam sistemas estruturadores (trens, metrôs e o hidroviário, onde possível), que façam uso de energia limpa, como eixos de integração intermodal.

**f)** Evitar a concentração dos recursos no provimento de infra-estrutura voltada preferencialmente para o transporte individual, que provoca engarrafamentos, sobrecarrega o sistema viário e marginaliza a periferia excluída, agravando seus problemas habitacionais.

**g)** Incentivar a produção e o uso de veículos movidos por energia com menor potencial poluidor, especialmente aqueles a serem utilizados nos sistemas de transporte coletivo;

**h)** Incentivar o uso de combustíveis como álcool e gás, menos poluentes que gasolina e diesel.

**i)** Implementar sistemas de gestão de trânsito para minimizar os congestionamentos e os respectivos efeitos de desperdício de energia e aumento da poluição.

**j)** Envolver no planejamento da mobilidade sustentável, os transportes de carga, para racionalização do trânsito nas cidades e nas estradas próximas.

**k)** Aplicar rigorosamente o princípio da prevenção contra a violência no trânsito, criar intensa mobilização em torno do Código de Trânsito, recentemente aprovado pelo Congresso Nacional, mas sujeito às mais diversas pressões e retrocessos.

l) Monitorar as estatísticas oficiais e os índices de mortes e acidentes nas estradas e nas ruas, como forma de mobilizar os cidadãos contra a violência no trânsito, que tantas perdas e danos vêm infligindo à vida humana, à economia do País e ao Sistema Único de Saúde, obrigado a arcar com os custos crescentes na área de traumatologia.

Como se vê, a discussão da Agenda 21 Brasileira apontou ações prioritárias que compõem a pauta de melhorias que demanda internamente o setor de transportes.

## 10. OS CRIMES AMBIENTAIS

A penalização do dano ambiental ocorreu com a promulgação da lei de crimes ambientais, a Lei federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, a qual tipifica os crimes contra a fauna, a flora, o ordenamento urbano e o patrimônio cultural; pela ação da poluição; por produção, manipulação ou armazenamento indevido de substâncias tóxicas, perigosas ou nocivas; por atividade minerária não autorizada; por execução de obra sem licença ou em desacordo com o projeto aprovado; por disseminar doença ou praga, comercializar ou utilizar motosserra sem licença, além de crime contra a administração ambiental.

O transporte aparece em muitos casos da lei de crimes ambientais, pois é criminoso aquele que transporta espécimes da fauna ou da flora silvestre ou nativa sem a devida permissão. Transportar balões,[23] madeira, lenha ou carvão,[24] produtos tóxicos, nocivos ou perigosos,[25] sem permissão, ou em desconformidade com a permissão, constituem crime também, de mesmo modo que o armazenamento, a importação ou a exportação não autorizados.

Outras atividades características do setor de transporte também aparecem em decorrência das demais normas, que são as decorrentes de obras civis, ou da poluição do ar etc. Destaca-se de modo específico, o transporte de produtos perigosos, que já tinha normas antes da edição da lei de crimes, mas que, por sua promulgação, se tornou dependente de maior regulamentação.

A Lei nº 9.605 define, também, a infração administrativa ambiental como toda ação ou omissão que viole as regras jurídicas de uso, gozo, promoção, proteção e recuperação do meio ambiente. Portanto, desde o começo já ficaram diferenciadas as sanções de natureza criminal e de natureza administrativa.

O que ocorre, na prática, é que a penalização, mediante processo judicial criminal, toma muitos anos, tempo este absolutamente incompatível com a necessidade de reparação do dano ambiental ou, no mínimo, de interrupção da geração de dano. Vai daí que o instrumento que se pode dizer mais utilizado para reprimi-lo tem sido o Termo de Ajustamento de Conduta – TAC, previsto na lei da ação civil pública,[26] que cobra as responsabilidades por danos morais e patrimoniais causados ao meio ambiente, à ordem urbanística, a qualquer direito difuso ou coletivo, entre outros. O TAC pode ser produzido por qualquer órgão público legitimado, de modo a corrigir distorção criada por ação danosa, decorrente de descumprimento legal. Ele acaba sendo instrumento de acompanhamento do problema mais imediato, e de controle mais direto, em especial se comparado aos morosos processos judiciais.

Por seu impacto ambiental, relativo ao desflorestamento, e sua vinculação ao mercado da construção civil, é de se mencionar, ainda, o transporte de madeiras, principalmente da região norte do Brasil, para os

---

23 Lei federal 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, artigo 42.

24 Lei federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, artigo 46, parágrafo único.

25 Lei federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, artigo 56.

26 Lei federal nº 7.347, de 24 de julho de 1985, que disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico, e dá outras providências.

centros consumidores do sudeste. Os transportadores devem portar o documento denominado Autorização para Transporte de Produto Florestal – ATPF, expedido pelo Ibama, o qual é comprovante da legalidade da madeira transportada.

## 11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor de transportes é um dos setores que mais impacta a qualidade do ar, tanto em escala local, quanto em escala global. Além disso, implica em ocupação de grandes extensões de terra, seja para as vias, seja para terminais, garagens e suas operações, utilizando produtos muito poluentes. Ele é, assim, um setor da economia que tem alto potencial de impacto no meio ambiente, de mesmo modo que os setores que lhe são associados, o da indústria automotiva e o da indústria de combustíveis. A inserção de variáveis ambientais em todos estes âmbitos da atividade econômica brasileira é essencial para a contínua melhoria do desempenho do setor, com ampla repercussão sobre a saúde da população. Por outro lado, o padrão decisório característico da sustentabilidade, que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades, isto é, não exaurindo recursos não renováveis, não gerando resíduos, não comprometendo o equilíbrio ecológico dos biomas e reciclando o existente, é um raciocínio dotado de valor econômico que precisa ser expandido na sociedade, nas empresas e nos governos. A gestão ambiental como um todo, e o licenciamento ambiental e a gestão participativa em particular, são elementos estratégicos para a distribuição mais equânime dos benefícios e dos ônus do desenvolvimento e para por em marcha o processo de transformação cultural que a sustentabilidade enseja.

# 9

# PROGRAMA ECONOMIZAR: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DO PAÍS

*Frederico A. V. Marinho*
*Gerente de Suporte ao CONPET/PETROBRAS*

*Guilherme Wilson da Conceição*
*Coordenador de Meio Ambiente da FETRANSPOR*

O objetivo deste artigo é apresentar a importância das ações implementadas pelo Programa ECONOMIZAR com finalidade de melhorar a eficiência energética do setor de transporte rodoviário no Brasil.

Na introdução consideramos pontos relevantes associados à compreensão das fragilidades relacionadas ao consumo intensivo de óleo diesel no País. São pontos importantes para que o leitor compreenda a dimensão dos objetivos do Programa ECONOMIZAR. Em seguida, apresentamos o detalhamento das principais linhas de ação do Programa bem como alguns dos resultados nacionais e regionais, além das barreiras e dificuldades existentes para a ampliação e extensão das atividades deste programa no País.

## INTRODUÇÃO

O setor de transporte é hoje uma das atividades humanas mais dependentes dos combustíveis de origem fóssil. A expectativa de grandes mudanças desta realidade nas próximas duas décadas é um tanto quanto irrealizável. Grandes avanços tecnológicos têm sido obtidos e sinalizam para uma progressiva substituição

dos combustíveis derivados do petróleo e do gás natural. Certo, também, é que o petróleo não deverá ser o combustível do futuro, nem mesmo o gás natural, porém sua utilização maciça ainda estará fortemente vinculada ao desenvolvimento da economia mundial nas próximas décadas deste século, mesmo que a um custo sem precedentes para o meio ambiente global. O efeito estufa vem se intensificando a cada ano devido ao aumento do consumo de combustíveis fósseis. A qualidade do ar nos grandes centros urbanos tem sido degradada a níveis impróprios, sendo o setor de transportes indicado como o principal responsável por esta externalidade (automóveis, motos, vans, ônibus e caminhões etc). As conseqüências da dependência econômica e tecnológica e dos efeitos adversos do uso de combustíveis fósseis, em especial os derivados de petróleo, são problemas reais de nossa sociedade moderna industrializada e não deveriam ser relegados a segundo plano. Não vislumbramos, para as próximas décadas, cenários de abundante disponibilidade de derivados de petróleo nos níveis de oferta e utilização atuais.

A eficiência energética pode ser, talvez, o primeiro passo para a minimização das externalidades geradas pelo consumo intensivo de derivados de petróleo no mundo. Reduzir o desperdício, usar de forma racional e prover a queima completa dos energéticos consumidos pode amenizar consideravelmente alguns dos problemas citados.

Iniciado em 1991, por decreto presidencial, o CONPET – Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural vem criando programas e projetos nacionais visando à educação, conscientização, racionalização e gestão adequada do uso de combustíveis derivados do petróleo. Para o setor de transporte, o CONPET iniciou, em 1996, o Programa ECONOMIZAR, projeto destinado ao transporte de carga e de passageiros de todo o País com foco na redução do consumo de óleo diesel. A iniciativa tem sido extremamente bem-sucedida e alguns resultados serão apresentados na parte final deste trabalho.

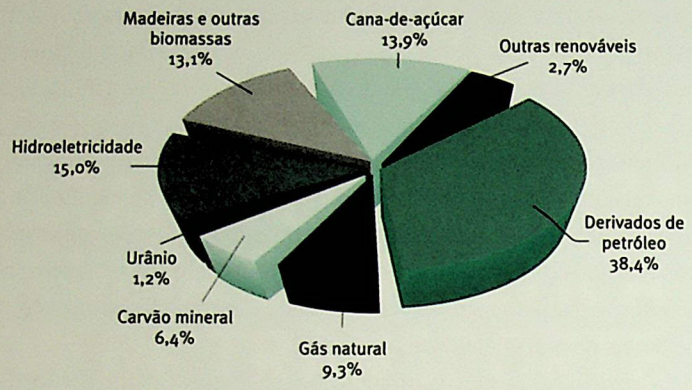
Outras iniciativas têm demonstrado a preocupação do País com a eficiência energética de diversos setores da economia, tais como o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), o PROCEL e, recentemente, a Lei nº 10.295, de outubro de 2001, que propõe índices mínimos de eficiência energética e máximos de consumo específico de energia para equipamentos e máquinas comercializados no País.

No setor de transporte são muitos os benefícios a alcançar com projetos e programas continuados que visem à eficiência energética na sua operação. Pode ser utópico pensar em uma revolucionária inovação tecnológica do uso da energia no setor de transporte nos próximos anos, porém, podemos afirmar que o uso racional e adequado dos combustíveis de origem fóssil conforme proposto pelo Programa ECONOMIZAR, pode ser um diferencial entre empresas que querem ser competitivas. O custo do óleo diesel é cada vez mais pesado na planilha de custos do operador, sendo a eficiência energética uma forma concreta para reduzi-los e, também, para mitigar alguns dos problemas ambientais, sejam eles de caráter local (poluição atmosférica), regional (chuva ácida) e global (efeito estufa).

## O CONSUMO DE ENERGIA E O SETOR DE TRANSPORTES

O Brasil, que é reconhecido por possuir uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo – a maior parte da sua energia elétrica vem da geração hidrelétrica –, lançou o maior programa de energia renovável do mundo, o PROALCOOL e, nestes últimos anos vem implementando o Programa Brasileiro de Produção e Uso do Biodiesel. De toda a matriz energética nacional os hidrocarbonetos (petróleo, seus derivados e gás natural) participam com 47,7% (BEN/MME, 2005), o que pode ser considerada baixo quando comparado com outros Países. A biomassa e a hidroeletricidade são as principais fontes de energia renovável no Brasil. Segundo estudos da Agência Internacional de Energia, a parcela de energia renovável da matriz energética brasileira pode ser considerada como sendo três vezes superior à média mundial.

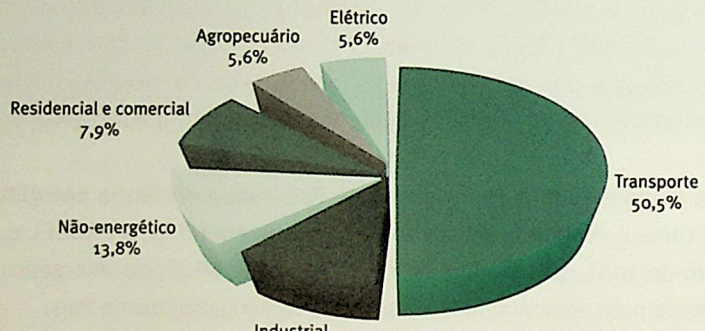
**Matriz Energética Nacional.**




Fonte: BEN/MME, 2005.

De toda a energia fornecida pelo petróleo e seus derivados, o setor de transportes responde por 50,5% do consumo total (BEN/MME, 2005). O gráfico abaixo ilustra esta participação.

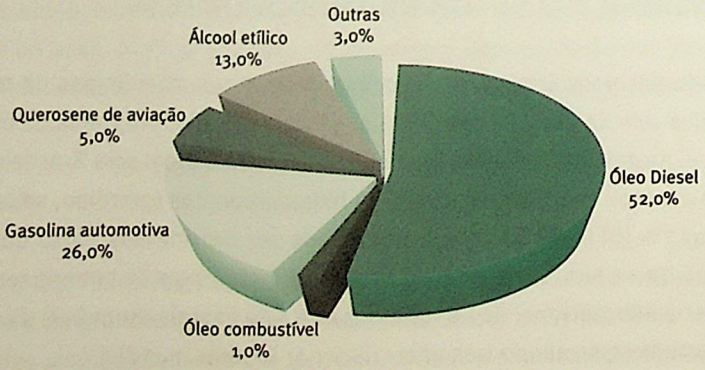
**Consumo de derivados de petróleo por setor da economia (%).**




Fonte: BEN/MME, 2005.

Sendo o setor de transporte o mais intensivo no consumo de derivados de petróleo, pode-se observar na figura abaixo a diferenciação dos tipos de combustíveis utilizados. O óleo diesel, em unidades de energia, é atualmente o combustível mais consumido no País, aproximadamente 52% de toda a energia total disponibilizada nos transportes (BEN/MME, 2005). O óleo diesel é consumido basicamente pelo transporte de carga (setor que consome a maior parte do óleo diesel ofertada no País) e pelo setor de transporte público de passageiros.

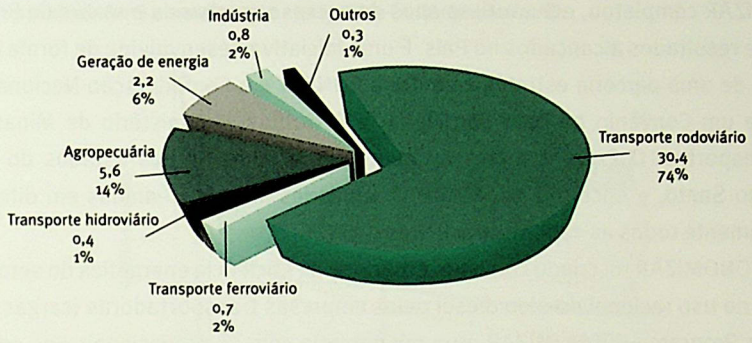
**Consumo de combustível no setor de transporte (%).**




Fonte: BEN/MME, 2005.

De todo o óleo diesel consumido no Brasil, aproximadamente 41 bilhões de litros por ano, 77% é consumido pelo setor de transporte (31,5 bilhões de litros) (BEN/MME, 2005). Deste total 97% é consumido pelo transporte rodoviário (BEN/MME, 2005). A figura abaixo ilustra essa participação demonstrando a relevância do setor de transporte rodoviário, apresentado como sendo o setor que mais consome óleo diesel no País, motivo que justificou a criação do Programa ECONOMIZAR, focado na eficiência e racionalização do uso do óleo diesel no setor de transporte rodoviário.

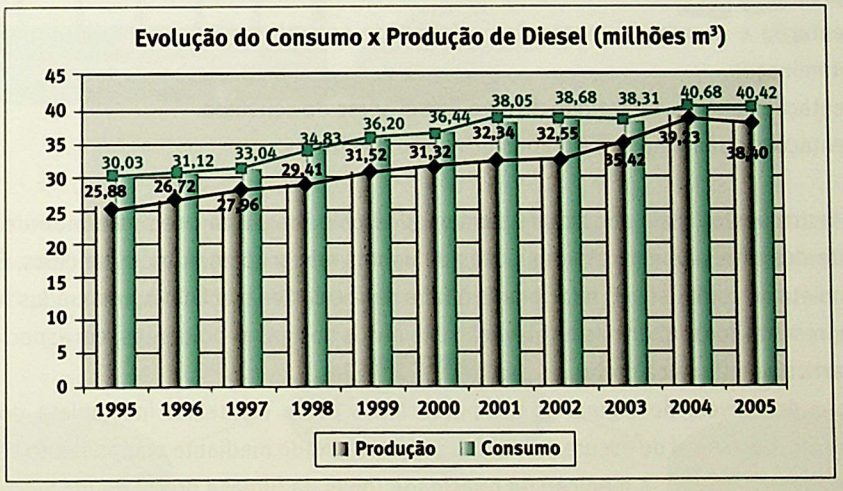
**Consumo de diesel no Brasil (em milhões de litros e em %).**




Fonte: BEN/MME, 2005

Outra motivação para a implantação do Programa é o consistente déficit do País deste combustível. Outro fato importante é a persistente taxa de crescimento do consumo do derivado pelo setor rodoviário, que nos últimos 25 anos se mantém em 6% (FILHO, 2006). A figura abaixo ilustra o déficit existente entre a capacidade de produção de óleo diesel no Brasil e o consumo deste energético nos últimos anos.

**Consumo e produção anual de diesel no Brasil.**




O Brasil importou em 2004 cerca de 1,5 bilhão de litros de óleo diesel. Devido à alta demanda pelo produto, o País importa petróleo leve, que é misturado ao petróleo nacional (em grande parte pesado), para aumentar a produção do óleo diesel (CONPET, 2006).

Segundo previsões e dados mundiais, a tendência é de que o setor de transporte se torne cada vez mais dependente de derivados de petróleo. Atualmente, a energia consumida no setor de transporte responde por aproximadamente 50% da demanda mundial de petróleo e, em 2020, poderá chegar a 77% (RIBEIRO, 2001).

Como demonstrado, o setor de transporte rodoviário, por ser o maior consumidor de derivados de petróleo, em especial o óleo diesel, foi escolhido para o direcionamento dos esforços do Programa ECONOMIZAR, focado nas empresas de transporte de carga e de passageiros. Uma avaliação dos seus resultados nos últimos 10 anos e seus principais desafios e oportunidades para sua ampliação serão examinados a seguir.

## O PROGRAMA ECONOMIZAR

O Projeto ECONOMIZAR completou, em 2006, 10 anos de sucesso, ganhando o status de Programa, devido à sua abrangência e resultados alcançados no País. É uma iniciativa desenvolvida de forma descentralizada e dinâmica através de uma parceria estratégica entre o CONPET e a Confederação Nacional do Transporte (CNT), por meio de um Convênio no qual participam a Petrobrás, o Ministério de Minas e Energia e o Ministério dos Transportes. O Programa cresceu muito, especialmente nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito Santo, e encerrou 2006 com 50 unidades móveis, sediadas em diferentes cidades, abrangendo praticamente todas as capitais brasileiras (CONPET, 2007).

O Programa ECONOMIZAR foi criado como um programa de eficiência energética do setor de transporte, focado na gestão e no uso racional do óleo diesel pelas empresas transportadoras (cargas e passageiros). A equipe técnica do Programa ECONOMIZAR atua em parceria com os profissionais das empresas nos seguintes pontos:

- Métodos e sistemática do uso racional de óleo diesel pelos transportadores.
- constante monitoramento e controle do estado de conservação dos veículos, através da medição de opacidade nos escapamentos.
- Orientação profissional aos motoristas e mecânicos.
- acompanhamento e avaliação da qualidade do óleo diesel recebido das distribuidoras pelas empresas.
- Orientação e acompanhamento das práticas de armazenamento do produto, para evitar a sua contaminação.
- Orientações quanto à filtragem do óleo diesel antes do consumo.
- Orientações quanto ao correto abastecimento das frotas.

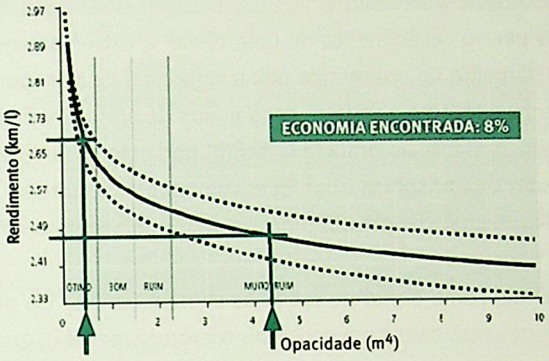
Um dos instrumentos mais eficazes implementados pelo Programa no combate ao desperdício foi o monitoramento dos níveis de emissão dos gases poluentes no escapamento dos veículos. É sabido que a queima incompleta do combustível, relacionada à falta de condições mecânicas adequadas nos motores do ciclo diesel, apresenta conseqüências na elevação dos níveis dos gases poluentes, em especial as emissões de material particulado (fumaça preta).

A elevação dos níveis de alguns gases poluentes, devido à queima incompleta do combustível, apresenta relação com o nível de escurecimento da fumaça medido mediante equipamento conhecido como opacímetro (mede opacidade). A medição da opacidade (nível da fumaça preta) de um veículo diesel pode servir como um indicador do estado de conservação e manutenção do veículo. Normalmente, o veículo com nível de emissão de fumaça preta (opacidade) superior àquele estabelecido pela legislação ambiental brasileira, e pelos fabricantes, apresentará maior consumo de combustível.

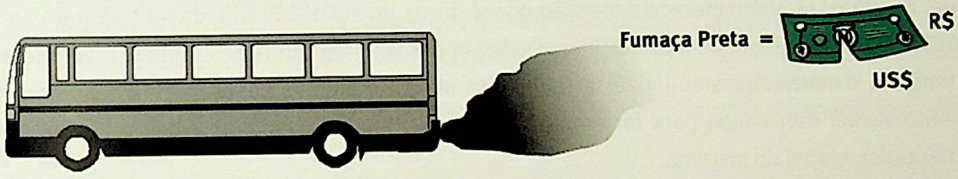
O CONPET realizou em 2005, com uma equipe de engenheiros e estatísticos, um estudo com o objetivo de identificar a correlação entre opacidade e rendimento mecânico de veículos de ciclo diesel (CONPET, 2006). A investigação foi realizada em 800 ônibus (urbanos e interurbanos) de 12 empresas do Rio de Janeiro e 14 empresas de São Paulo. O gráfico seguinte ilustra parte dos resultados desta investigação, onde uma

simulação de melhoria do estado de conservação de um ônibus urbano (chassi 1721 – injeção mecânica) pôde demostrar um ganho de eficiência energética de 8%. Na simulação tem-se a redução da opacidade de um veículo de 4,4 $m^{-1}$ (unidade padrão de opacidade) para 0,7 $m^{-1}$. Essa redução, do nível de fumaça, permitiu a elevação média do rendimento energético do veículo de 2,47 km/l para 2,68 km/l. Os resultados apresentados por este estudo fortalecem ainda mais as ações e atividades do Programa ECONOMIZAR no País, uma vez que vêm ao encontro da necessidade de mensuração dos ganhos e melhorias de eficiência energética das frotas de transporte de cargas e de passageiros no País.

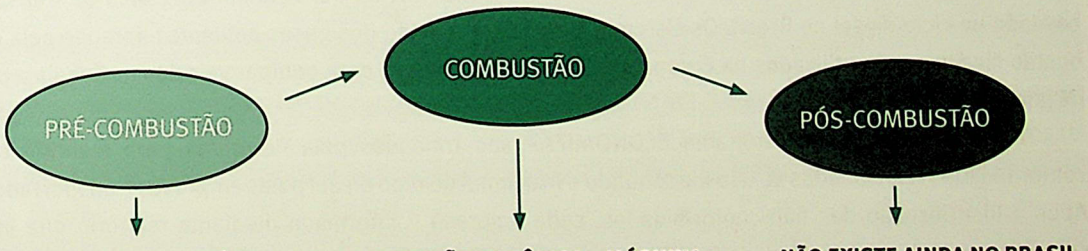
**Correlação entre opacidade ($m^{-1}$) e rendimento energético (autonomia-km/l).**




A queima incompleta do combustível implica em perda de torque, potência, e rendimento térmico do ciclo termodinâmico e, conseqüentemente, em elevação do consumo de diesel, além na elevação da emissão de poluentes, principalmente de material particulado, considerado um dos mais prejudiciais à saúde pública. A figura abaixo ilustra a principal idéia vinculada ao Programa ECONOMIZAR atualmente.




A atuação no controle dos níveis de emissão de gases poluentes pode ser dividida em três níveis independentes: pré-combustão, combustão e pós-combustão. No diagrama abaixo ilustramos esses níveis e as linhas de ação do Programa ECONOMIZAR a eles vinculadas:




**QUALIDADE DO COMBUSTÍVEL**
- **Tecnologia de produção do combustível**
- **Condições de Armazenamento**
- **Filtragem do Combustível**
- **Abastecimento Veicular**

**CONDIÇÃO MECÂNICA – MÁQUINA**
- **Regulagem**
- **Estado de Manutenção**

**CONDIÇÃO DE OPERAÇÃO – HOMEM**
- **Direção Defensiva**
- **Direção Econômica**

**NÃO EXISTE AINDA NO BRASIL**

O Programa ECONOMIZAR atua diretamente nas condições de armazenamento, filtragem do combustível, abastecimento veicular, regulagem e estado de manutenção dos veículos.

O Programa foi idealizado como um projeto de eficiência energética para o setor de transporte, de maneira que todos os processos relacionados à pré-combustão do energético (diesel) e, também, os processos ligados diretamente à combustão se tornaram o foco central dos esforços e atividades propostas. O controle adequado do recebimento do diesel pelas empresas de transporte pode garantir, com boa margem de segurança, o fim do recebimento e utilização de diesel fraudado ou contaminado. Ensaios e avaliações destes carregamentos, checagem dos lacres e comparação dos valores observados com as especificações técnicas contidas na nota fiscal da compra podem ser suficientes para garantir o recebimento adequado e o uso correto de um energético de boa qualidade.

Além de uma boa rotina para o recebimento de óleo diesel é extremamente necessário sistematizar os procedimentos de armazenamento do energético pelas empresas de transporte. Praticamente todas as empresas fazem abastecimento interno e possuem seus meios de armazenamento para grandes volumes de óleo diesel. A contaminação, inerente ao armazenamento, pode significar grandes perdas, aumentar os custos operacionais do operador de transporte e danificar seriamente os motores. O diesel contaminado por água e outras substâncias (impurezas) sempre influenciará de forma negativa no funcionamento adequado dos motores.

A água pode ser considerada como o pior de todos os contaminantes. Ela permite o desenvolvimento de colônias de bactérias e fungos que passam a consumir o próprio diesel degradando-o em borra, a qual pode acumular-se nos filtros causando perdas diretas ao operador. A água também significa problemas de corrosão nos tanques e sistemas de admissão e combustão dos motores elevando os custos com manutenção dos veículos. Para cuidar da contaminação do diesel por água, existem alguns procedimentos que precisam fazer parte da sistemática de gestão de uma empresa, e é exatamente neste ponto que o ECONOMIZAR atua, orientando e conscientizando os responsáveis pela área técnica das empresas de transporte.

A filtragem do diesel também merece a atenção dos técnicos do ECONOMIZAR, da mesma forma que o modo como os funcionários abastecem os veículos. Ocorrem perdas de combustível quando o abastecedor do veículo completa o nível de combustível até o limite máximo. Nestes casos parte do combustível pode sofrer refluxo e ser derramada para fora do tanque, uma forma de desperdício que contribui para a ineficiência energética global do sistema.

Devido à falta de estrutura do Programa, não tem sido possível a atuação direta sobre as condições de operação dos veículos. Normalmente, as condições de operação dos equipamentos são tão, ou às vezes mais, importantes do que o estado de conservação e manutenção dos veículos. Um profissional que conduz um ônibus ou um caminhão sem se pautar em princípios da direção econômica e defensiva pode imprimir um consumo desnecessário na operação do veículo.

A etapa de pós-combustão ainda não vem sendo desenvolvida por nenhum programa de transporte baseado no ciclo diesel no Brasil. Os sistemas de pós-combustão dos gases poluentes gerados pela combustão já vêm sendo utilizados na Europa e EUA e estão previstos para equipar veículos nacionais a partir de janeiro de 2009.

Todos os técnicos do Programa ECONOMIZAR são treinados pela Petrobras para identificar não conformidades relacionadas ao uso inadequado e irracional do óleo diesel pelas empresas transportadoras. Após a identificação das não-conformidades, cada empresa é informada mediante relatório que indica soluções para as não-conformidades. Por se tratar de desperdício de recursos financeiros, o apoio dos transportadores vem se mostrando cada vez mais favorável, uma vez que o empresário de transporte passa a poupar recursos com insumos energéticos, além de estar contribuindo para redução dos níveis de gases poluentes para a atmosfera.

Cada técnico-operador do Programa realiza suas atividades por intermédio de uma unidade móvel ambiental equipada com minilaboratório capaz de realizar avaliações da qualidade do óleo diesel, além de equipamento digital computadorizado capaz de avaliar o nível dos gases de escapamento dos veículos (opacidade).

A adesão e participação das empresas de transporte ao Programa ECONOMIZAR se dá por meio dos sindicatos patronais do setor, que podem firmar convênios de cooperação técnica com o CONPET e a CNT para a implementação do programa em suas empresas associadas. A tabela abaixo lista as principais entidades associadas ao PROGRAMA ECONOMIZAR no País (CONPET, 2007).

**Cidades-bases atendidas pelo Programa ECONOMIZAR no Brasil.**

| | Cidade | Federação/Sindicato | Tipo | Unidade Móvel |
|---|---|---|---|---|
| RS | Porto Alegre | FETRANSUL | Carga | 01 |
| SC | Concórdia | FETRANCESC | Carga | 01 |
| SC | Itajaí | FETRANCESC | Carga | 01 |
| SC | Florianópolis | SETPESC | Passageiro | 01 |
| PR | Curitiba | FEPASC | Passageiro | 02 |
| PR | Curitiba | SETCEPAR | Carga | 01 |
| PR | Cascavel | SINTROPAR | Carga | 01 |
| PR | Maringá | SETCAMAR | Carga | 01 |
| SP | São Paulo | FETCESP | Carga | 01 |
| SP | São Paulo | SETPESP | Passageiro | 01 |
| SP | Campinas | SINDICAMP | Carga | 01 |
| SP | São Bernardo do Campo | SETRANS/ABC | Carga | 01 |
| SP | São José do Rio Preto | SETCARP | Carga | 01 |
| RJ | Rio de Janeiro | FETRANSPOR / RIO ÔNIBUS | Passageiro | 01 |
| RJ | Rio de Janeiro | FETRANSPOR / SINTERJ | Passageiro | 01 |
| RJ | Rio de Janeiro | FETRANSPOR / SINFRERJ | Passageiro | 01 |
| RJ | Duque de Caxias | FETRANSPOR / SETRANSDUC | Passageiro | 01 |
| RJ | Nova Iguaçu | FETRANSPOR / SETRANSPANI | Passageiro | 02 |
| RJ | Barra Mansa | FETRANSPOR / SINDIPASS | Passageiro | 01 |
| RJ | Petrópolis | FETRANSPOR / SETRANSPETRO | Passageiro | 01 |
| RJ | Niterói | FETRANSPOR / SETRERJ | Passageiro | 01 |
| RJ | Barra Mansa | SULCARJ | Carga | 01 |
| MG | Belo Horizonte | FETRAM | Passageiro | 02 |
| MG | Belo Horizonte | FETCEMG | Carga | 01 |
| ES | Vitória | FETRANSPORTES | Passageiro | 05 |
| BA | Salvador | FETRABASE | Misto | 01 |
| BA | Feira de Santana | FETRABASE | Misto | 01 |
| CE | Fortaleza | CEPIMAR | Misto | 02 |
| PI | Teresina | CEPIMAR | Misto | 01 |
| MA | São Luís | CEPIMAR | Misto | 01 |
| SE | Aracaju | FETRABASE | Misto | 01 |
| PE | Recife | FETRACAN | Carga | 01 |
| AM | Manaus | FETRANORTE | Passageiro | 01 |
| PA | Pará | SETRANSBEL | Passageiro | 02 |
| MT | Cuiabá | STU | Passageiro | 01 |
| DF | Brasília | FENATAC | Carga | 01 |
| MS | Campo Grande | ASSETUR | Passageiro | 01 |
| RN | Natal | FETRONOR | Passageiro | 01 |
| PB | João Pessoa | FETRONOR | Passageiro | 01 |
| PE | Recife | FETRONOR | Passageiro | 01 |
| AL | Maceió | FETRONOR | Passageiro | 01 |

Fonte: CONPET, 2007.

A implementação das ações do Programa ECONOMIZAR, mediante seus técnicos operadores, em cada uma das cidades apresentadas, resultou na consolidação de resultados em economia de combustível e na não emissão de milhares de toneladas de gases poluentes, os quais vêm sendo contabilizados, a saber: material particulado e gás carbônico ($CO_2$).

| Resultados consolidados – 2006 | |
|---|---|
| Estados da federação participantes | 22 |
| Entidades envolvidas no projeto | 34 |
| Unidades móveis | 50 |
| Empresas participantes do projeto | 1.670 |
| Frota participante | 111.000 |
| Diesel consumido pela frota (litros por ano) | 4,94 bilhões |
| Diesel total economizado (litros por ano) | 260 milhões |
| CO2 não emitido para a atmosfera (toneladas por ano) | 689.000 |
| Particulados não emitidos para atmosfera (toneladas por ano) | 16.900 |

Fonte: CONPET, 2007.

O Programa ECONOMIZAR, formulado como um programa de eficiência energética, passou a ser conhecido também como um programa de gestão ambiental das empresas de transporte de cargas e de passageiros. A redução dos níveis de emissão de gases poluentes, em especial o material particulado, principalmente nos grandes centros urbanos do País, tem projetado muito a imagem do Programa perante a sociedade brasileira.

A poluição atmosférica pode ser classificada de acordo com seus impactos geográficos. A poluição atmosférica local é aquela provocada diretamente sobre a área na qual foi produzida, como, por exemplo, a poluição causada pela emissão dos gases de escapamento sobre a população da cidade onde os veículos trafegam. A poluição atmosférica regional é aquela que não respeita as fronteiras entre cidades, estados e até mesmo Países. Um exemplo desta poluição é o fenômeno da chuva ácida, resultante da reação de poluentes com o vapor d'água nos níveis superiores da atmosfera. A poluição atmosférica global atinge o planeta como um todo, sendo o efeito estufa o principal exemplo de nossa atualidade e com enorme potencial de dano ao nosso Planeta, e uma grande ameaça à nossa sobrevivência.

A gestão e a racionalização do uso de derivados de petróleo pode ser um caminho mais eficiente, mais barato e mais viável para a amenização dos efeitos da poluição atmosférica no curto prazo. Iniciativas como estas não solucionam o problema, entretanto podem representar um primeiro passo importante antes da chegada de novas tecnologias e de novos energéticos capazes de reduzirem os danos e as ameaças, garantindo a manutenção e o desenvolvimento equilibrado dos ecossistemas.

## O PROJETO ECONOMIZAR NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

O Estado do Rio de Janeiro tem sido o Estado mais atuante na implementação e operação do Programa ECONOMIZAR. Idealizado inicialmente entre a equipe técnica da Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro (FETRANSPOR), na época coordenada pelo Dr. Armando Hinds de Medeiros, e pela equipe do CONPET, o Programa alcançou o País por intermédio da Confederação Nacional dos Transportes, todavia sem perder de vista a atuação no Estado do Rio de Janeiro.

O ECONOMIZAR iniciou suas atividades em 1997 através do Sindicato das Empresas de Transporte de Passageiros de Nova Iguaçu (SETRANSPANI). Outros sete sindicatos de transporte de passageiros do Estado, todos filiados à FETRANSPOR, também aderiram ao Projeto. A tabela a seguir mostra os números

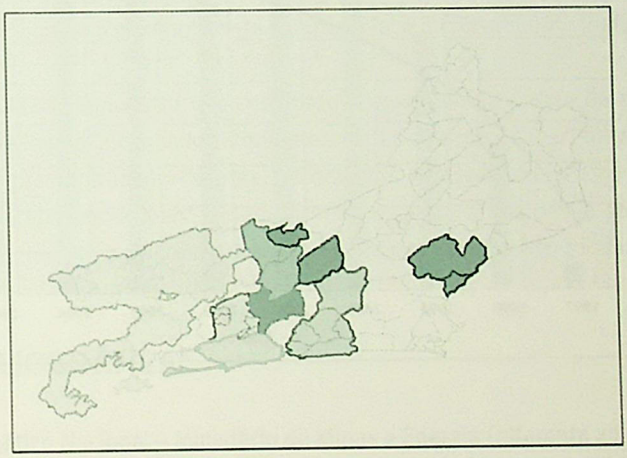
associados à frota de todas as empresas e as atendidas pelo PROGRAMA ECONOMIZAR (FETRANSPOR, 2007).

| Abrangência do Programa ECONOMIZAR no Estado do Rio de Janeiro | |
|---|---|
| Empresas participantes | 155 |
| Sindicatos filiados à FETRANSPOR | 10 |
| Sindicatos atendidospelo ECONOMIZAR | 8 |
| Frota filiada à FETRANSPOR | 18.300 |
| Frota atendida pelo ECONOMIZAR | 17.500 |
| Número de unidades móveis ambientais | 9 |
| Número de técnicos operadores | 9 |
| Municípios atendidos | 40 |

Fonte: FETRANSPOR, 2007.

A área de atuação do Programa, que pode ser vista na figura abaixo, atende mais de 93% dos veículos (ônibus) de transporte público urbano e interurbano de passageiros do Estado do Rio de Janeiro.

**Área de atuação do Programa ECONOMIZAR no Estado do Rio de Janeiro.**



**Resultados do Programa ECONOMIZAR no Estado do Rio de Janeiro.**

| PERÍODO CONSIDERADO | 1997 – 2006 |
|---|---|
| Total de avaliaçõesrealizadas | 150.000 |
| Litros de diesel economizados | 250.000.000 |
| Toneladas de particulados não emitidos | 15.000 |
| Toneladas de $CO_2$ não emitidos | 690.000 |

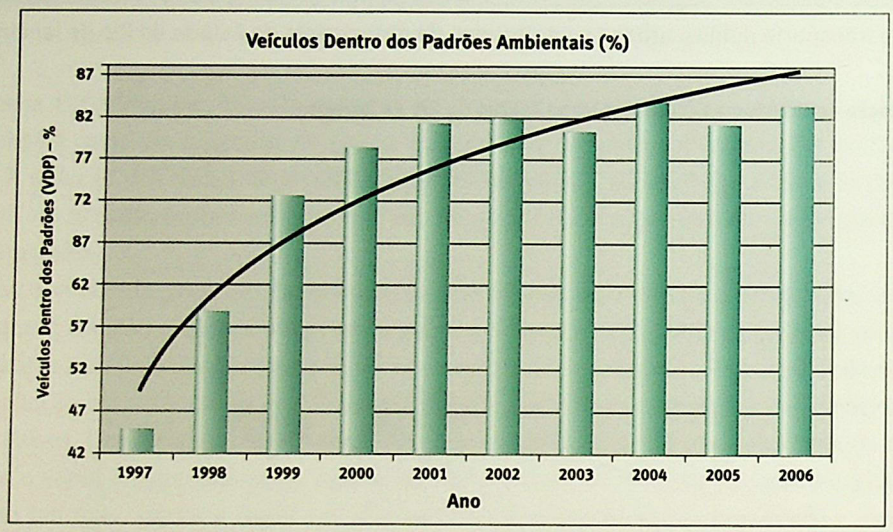
Fonte: FETRANSPOR, 2007.

Os números apresentados são extremamente significativos. A economia de óleo diesel obtida pelas empresas de transporte no período analisado poderia significar a renovação de 1.500 ônibus novos. A quantidade de particulados não-emitidos significa para a saúde pública um benefício de alta relevância, uma vez que a qualidade do ar tem sido melhorada consideravelmente na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (pelo menos no que diz respeito às emissões por ônibus do setor de transporte de passageiros). A quantidade de gás carbônico evitado poderia significar créditos da ordem de 14 milhões de reais via Mecanismo de Desenvolvimento Limpo previsto pelo Protocolo de Kyoto (FETRANSPOR, 2007).

A não emissão de material particulado pode ser mensurada em termos de custos com saúde pública e mortalidade evitados. Muitos pesquisadores vêm apresentando indicadores para a valoração econômica dos efeitos adversos da poluição atmosférica sobre a saúde humana. Utilizando uma das referências recentes – custo de R$ 19.000 por tonelada de material particulado emitido (VASCONCELLOS, 2006) – pode-se dizer que o Programa ECONOMIZAR tenha evitado custos com a saúde pública no Estado do Rio de Janeiro da ordem de R$ 59 milhões, apenas no ano de 2006.

O gráfico abaixo mostra a evolução do desempenho ambiental das frotas participantes em todo o Estado. Os ganhos com eficiência energética no Município do Rio de Janeiro são superiores a 11%, desde o início das atividades do Programa ECONOMIZAR em suas frotas. Atualmente, 83% dos veículos atendidos pelo ECONOMIZAR no Estado estão em bom estado de manutenção o que os coloca dentro dos limites estabelecidos pela legislação ambiental brasileira (FETRANSPOR, 2007).

**Evolução do desempenho ambiental das frotas de ônibus – Rio de Janeiro**




Fonte: FETRANSPOR, 2007.

## DESAFIOS E LIMITAÇÕES ATUAIS

Por demanda do próprio setor de transporte, novas unidades móveis do Programa estão sendo requisitadas. Contudo, o principal entrave de crescimento tem sido o custo operacional destas unidades, relatado pelos presidentes das principais Federações atuantes. Sendo assim, o CONPET vem procurando, através da Comunicação Institucional da Petrobras, conseguir patrocínio para as unidades móveis ambientais que, em troca, circulariam nessas cidades com a marca Petrobras como a principal apoiadora de um projeto que tem objetivo ambiental importante.

Outra barreira apresentada pelas entidades executoras do ECONOMIZAR é a fragilidade dos opacímetros. Esses equipamentos aparentemente foram desenvolvidos para operar em postos fixos, em salas protegidas, e não em campo, onde ficam excessivamente expostos a condições adversas. Sua utilização em trabalhos de campo, deve ser sempre planejada para evitar que suas fragilidades comprometam o seu desempenho operacional.

Provavelmente, o desafio mais significativo para o Programa revela-se na porcentagem de veículos diesel hoje atendidos em todos os estados da Federação. A frota de 111 mil veículos atendidos significa menos de

8% de toda a frota de veículos diesel nacional. Apesar dos resultados do ECONOMIZAR serem extremamente significativos, ainda são pouco expressivos quanto ao potencial de eficiência energética passível de ser alcançado nas frotas de ônibus e caminhões não-filiadas. Sabe-se que a maior parte dos veículos diesel é de caminhões, que apresentam operação bastante descentralizada, o que dificulta o monitoramento, a gestão e o acompanhamento de seus desempenhos energéticos. Grande parte dos caminhões nacionais é utilizada por profissionais autônomos, sendo que o ECONOMIZAR atua através de empresas regulares, filiadas a entidades patronais. Faz- se necessário um plano abrangente, capaz de atender uma parcela maior da frota de veículos diesel no País, papel este que vem sendo desenvolvido pela equipe do CONPET em articulação com os diferentes segmentos do setor de transportes do País.

## CONCLUSÕES

Programas de eficiência energética que atuem na gestão do uso de combustíveis, na combustão e pré-combustão dos mesmos, no setor de transporte, podem promover reduções consideráveis do consumo de energia pelas empresas associadas a esta atividade. Gerenciar, monitorar e controlar os níveis de emissões de poluentes por veículos de transporte pode significar reduções consideráveis tanto dos níveis da poluição local quanto dos custos com óleo diesel, uma vez que a emissão de fumaça negra em veículos do ciclo diesel sempre está associada à queima incompleta de combustível e à conseqüente ineficiência energética do processo em questão.

O Programa ECONOMIZAR demonstra que resultados e ganhos, da ordem de até 11% em eficiência energética, são possíveis de serem alcançados mediante a sistematização, conscientização e racionalização do uso de diesel pelas empresas transportadoras. Os desafios apresentados a este programa vêm sendo enfrentados. O CONPET permanece empenhado por firmar novas parcerias com o setor de transporte, em uma perspectiva de fortalecimento e de crescimento do ECONOMIZAR em todo o País.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


BEN/MME. Balanço Energético Nacional – Ministério de Minas e Energia (referente ao ano de 2004), 2005.

CONPET. Correlação entre Opacidade e Rendimento Energético em Motores do Ciclo Diesel. Rio de Janeiro, 2006.

CONPET. Relatório de Atividades do CONPET (referente ao ano de 2006), 2007.

FETRANSPOR. Relatório de Atividades da FETRANSPOR (referente ao ano de 2006). Rio de Janeiro, 2007.

FILHO, A . DANTAS. Substituição de Diesel por Gás Natural em Ônibus do Transporte Público Urbano, 2006.

Tese de Mestrado – Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia, USP. São Paulo.

VASCONCELLOS, Eduardo A. Transporte e Meio Ambiente – dados e informações para análise de impactos, Movimento/Hewllet Foundation, São Paulo, 2006.

RIBEIRO, S. K. Transporte Sustentável. 1ª edição. Rio de Janeiro, 2001.

# 10

# A SUSTENTABILIDADE DA EXPANSÃO DA CULTURA CANAVIEIRA

*Suani Teixeira Coelho*
*Patrícia M. Guardabassi*
*Beatriz A. Lora*
*Mª Beatriz C. A. Monteiro*
*Regiane Gorren*
*Centro Nacional de Referência em Biomassa – CENBIO /Universidade de São Paulo*

## 1. INTRODUÇÃO

O etanol é a base do Programa do Álcool Brasileiro e do Programa do Biodiesel (considerando que o mesmo seja produzido a partir de etanol), que atualmente são os grandes atores da política brasileira de combustíveis sustentáveis.

O etanol é utilizado como combustível no Brasil desde meados da década de 1970, quando foi instituído pelo governo federal, por meio da Lei nº 76.593, o Programa Nacional do Álcool – Proalcool. Desde então o investimento em pesquisa e desenvolvimento tem elevado continuamente as produtividades agrícola e industrial.

Devido ao melhoramento genético e ao crescimento na variedade de espécies de cana-de-açúcar a produtividade agrícola média no Brasil, que era de 65 t/ha em 1998 (MOREIRA; GOLDENBERG, 1999), atingiu valores de cerca de 100 t/ha em 2003; a quantidade de açúcar na cana aumentou de 9,5% em 1977 para 14% em 2003 (PROCANA, 2005).

O desenvolvimento de tecnologias, a melhoria dos processos, o gerenciamento e o controle da fabricação de açúcar e álcool elevaram os rendimentos de extração do açúcar da cana de 88% em 1977 para 95-98% em 2003 e ganhos de 17% no rendimento da fermentação, chegando algumas destilarias a rendimentos de fermentação de 92% (PROCANA, 2005).

Grandes são as vantagens da produção e utilização da cana-de-açúcar para fins combustíveis, tais como a relação *output/input* de energia (renovável/fóssil) de 10:1 (MACEDO, 2000), que resulta em redução nas emissões de $CO_2$, eliminação dos aditivos à base de chumbo, redução das emissões de $SO_x$ e particulados, uso de fertilizantes menos agressivos e em menor quantidade quando comparadas a outras culturas, utilização praticamente integral dos resíduos de processamento, cogeração de energia elétrica limpa, geração de empregos diretos e indiretos, entre outras.

O setor sucroalcooleiro brasileiro conta, atualmente, com 379 unidades para produção de álcool e açúcar, responsáveis pela moagem de 432 milhões de toneladas de cana-de-açúcar; 30,25 milhões de toneladas de açúcar; e 17,4 bilhões de litros de álcool, destaca Nastari (2006).

Segundo a União da Agroindústria Canavieira de São Paulo – UNICA (2006) o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar; seu cultivo espalha-se pelo Centro-Sul e pelo Norte-Nordeste do País, ocupando 2,4% da área agricultável do solo brasileiro, aproximadamente 5,5 milhões de hectares.

Na Região Centro-Sul a cultura canavieira representa cerca de 85% da produção nacional, compreendendo os estados de São Paulo, Paraná, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo. Na Região Nordeste os estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Sergipe, Rio Grande do Norte e Bahia são responsáveis pelos 15% restantes da produção de cana-de-açúcar.

De acordo com a Usinas e Destilarias do Oeste Paulista – UDOP (2006), a expansão do setor sucroalcooleiro nos estados de Mato Grosso do Sul, Paraná, Goiás e o Triângulo Mineiro tende à substituição das culturas de grãos (café, milho e soja), a citricultura e áreas de pastagem (pecuária), devendo 21 novas usinas serem instaladas na região nos próximos cinco anos.

Nastari (2006), em levantamento da Datagro, informa que existem cerca de 136 novos projetos de usinas de açúcar e álcool em andamento no País, em diferentes fases de implementação, até 2014. Destes, 116 estão localizados na região Centro-Sul, sendo que 41 situam-se no Estado de São Paulo, mais especificamente nas Regiões Administrativas Araçatuba, São José do Rio Preto e Presidente Prudente, consideradas áreas de expansão canavieira. A região de Ribeirão Preto é considerada o principal pólo sucroalcooleiro do mundo, produzindo mais de 35% do álcool do País, com área de cultivo bastante consolidada e, sendo assim, apresenta expansão reduzida devido à saturação agrícola da região por cana-de-açúcar.

Resultados obtidos no Projeto CANASAT[1] através do mapeamento via satélite, realizado nas safras de 2005/2006 e 2006/2007, mostram que houve aumento na área canavieira da Região Centro-Sul de cerca de 9,66%, conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1 – Área de cana total na Região Centro-Sul - Safras 2005/06 e 2006/07.**

| Estado | Área Total Cana (em ha) | |
|---|---|---|
| | Safra 2005/2006 | Safra 2006/2007 |
| Goiás | 215.950 | 250.666 |
| Minas Gerais | 297.420 | 368.497 |
| Mato Grosso | 204.481 | 214.344 |
| Mato Grosso do Sul | 159.776 | 182.060 |
| Paraná | 378.596 | 438.858 |
| São Paulo | 3.364.695 | 3.661.164 |
| Total | 4.620.918 | 5.115.590 |

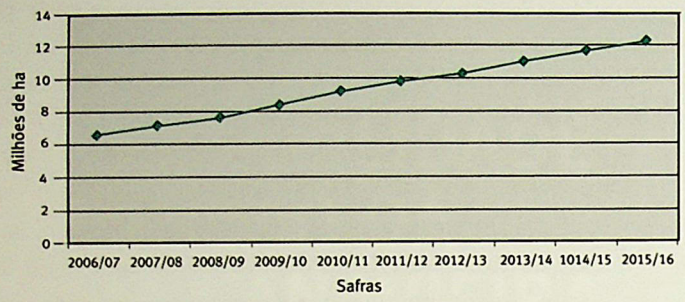
O mais provável, segundo o cenário atual, é a concretização da expansão da área canavieira no Brasil, devido à grande avidez do mercado interno, para a frota de veículos tipo *flex-fuel* e bicombustíveis, para a adição à gasolina e para a produção do biodiesel.

Segundo a UDOP (2007) a indústria automobilística projeta frota de 15 milhões de veículos *flex-fuel* em 2013. Hoje, há 2,74 milhões de automóveis com essa tecnologia e 1,3 milhão de automóveis a álcool. Pelos dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA, a frota total brasileira vai crescer 34%, para 29 milhões de veículos, enquanto o número de carros flex aumentará 450%. Além disso, há também grande interesse pelo etanol brasileiro no mercado externo. Uma prova disso é a

[1] Mapeamento via satélite da cultura da cana-de-açúcar na Região Centro-Sul do País: INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais), CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada), CTC (Centro de Tecnologia Canavieira), UNICA (União da Agroindústria Canavieira de São Paulo), 2003-2006.

vinda do presidente norte-americano ao Brasil no mês de março de 2007 motivada, principalmente, pelas possibilidades de negociação sobre o etanol com o governo brasileiro.

**Gráfico 1 – Estimativa de crescimento da área plantada no Brasil com cana para indústria no período de 2006/2007 a 2015/2016.**




Torquato (2006) destaca que o crescimento da área de cana-de-açúcar para indústria no Brasil, em especial no Estado de São Paulo, tem avançado sobre áreas de pastagem que ficaram mais eficientes e, assim, utilizam menos terras para o mesmo tamanho de rebanho, desocupando mais áreas úteis. A cana também avança sobre algumas áreas outrora ocupadas por laranjais que, em alguns casos, ficaram menos rentáveis, bem como sobre o milho e a soja.

No entanto, a expansão canavieira não prevê nem pretende o abastecimento mundial com o etanol brasileiro, pois não se pode expandir a essa cultura nas áreas de Cerrado e sobre a Amazônia. Os dados referentes à demanda mundial são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 – Uso da terra para produção de etanol.**

| | Produção de etanol | | Área agrícola |
|---|---|---|---|
| | (bilhões de litros/ano) | (milhões de barris/dia) | (milhões de ha) |
| Produção atual no Brasil | 16 | 0,28 | 2,5 |
| Produção atual nos EUA | 18 | 0,32 | 5 |
| Para substituir 10% do consumo de petróleo | 746 | 13 | 123 |
| Para substituir 10% do consumo de gasolina | 189 | 33 | 31 |
| Área agriculturável mundial | ---- | ---- | ~ 1.000 |

Diante do apresentado acima, surgiu a preocupação de se realizar um estudo a respeito da expansão da cultura canavieira, bem como sua influência sobre a substituição de outras culturas, pastagens ou áreas de mata. Assim, o Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO) em parceria com a Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo (SMA-SP), em 2006, realizou um estudo sobre a expansão do cultivo de cana-de-açúcar nas 11 Regiões Administrativas maiores produtoras do Estado de São Paulo, conforme apresentado em um breve relato a seguir.

## 2. ANÁLISE GEORREFERENCIADA DA EXPANSÃO CANAVIEIRA NO ESTADO DE SÃO PAULO.

O estudo sobre a expansão do cultivo de cana-de-açúcar nas Regiões Administrativas do Estado de São Paulo teve como objetivo identificar as áreas de expansão da cana e as possíveis culturas as quais esta está substituindo.

As Regiões Administrativas do Estado de São Paulo são 15 das quais 11 foram consideradas no estudo, sendo as grandes produtoras de cana-de-açúcar no Estado: Araçatuba, Barretos, Bauru, Campinas, Central, Franca, Marília, Presidente Prudente, Ribeirão Preto, São José do Rio Preto e Sorocaba.

A partir dos dados obtidos no levantamento estatístico da colheita da cana-de-açúcar e das principais culturas de cada Região Administrativa, foram gerados mapas temáticos da expansão da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, assim como mapas de retração das culturas suprimidas pelo cultivo da cana.

### 1.1 Metodologia de trabalho

Para elaboração do estudo realizou-se, a partir da listagem dos municípios de cada Região Administrativa selecionada, a extração de dados referentes às propriedades com áreas de colheita de cana-de-açúcar acima de 150 ha, declaradas nos requerimentos para autorização de queima anual de canaviais de usinas de açúcar e álcool do Estado para o Sistema Integrado de Gestão Ambiental (SIGAM) da Secretaria de Estado de Meio Ambiente de São Paulo (SMA-SP), disponíveis para as safras de 2003 a 2006.

Todas as usinas de açúcar e álcool do Estado devem declarar anualmente dados georreferenciados das áreas de cultivo de cana-de-açúcar, devido à Lei nº 11.241 de 19 de setembro de 2002 que dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo.

Paralelamente a análise dos dados de cana-de-açúcar realizou-se o levantamento das principais culturas agrícolas desenvolvidas em cada município listado para todas as 11 Regiões Administrativas estudadas e, a partir dos dados do Instituto de Economia Agrícola (IEA), foram extraídos os dados disponíveis para as culturas de milho, eucalipto, laranja, número de bovinos e de pastagens para o período de 2003 a 2005.

Assim, com as informações das principais culturas foram selecionados os dados disponíveis para as mesmas no período de 2003 a 2005 para verificação da retração destas culturas em correlação à expansão da cana no Estado.

## 3. RESULTADOS

A partir da análise dos dados obtidos pode-se observar a clara expansão da cultura da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, considerando as 11 Regiões Administrativas produtoras, que totalizou um crescimento de 9,5% para o período de 2003 a 2004; 7,67% de 2004 para 2005; 6,9% de 2005 para 2006; e finalmente, 26,04% ao longo de todo o período. Concomitantemente houve diminuição da área de milho na maioria das regiões estudadas. A pastagem manteve-se, em geral, estável acompanhada de um pequeno aumento do número de cabeças de gado. Já o número de pés de laranja e a área plantada com eucalipto aumentaram na maioria das regiões em que há ocorrência desses cultivos, mais fortemente nas regiões de Ribeirão Preto e Sorocaba. Os dados numéricos isolados são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3 – Evolução da cultura de cana-de-açúcar e demais produtos agrícolas (2003 a 2005).**

| | Cana (ha) | Gado (cabeças) | Milho (ha) | Pastagem (ha) | Laranja (pés) | Eucalipto (ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Araçatuba | 8,64% | 1,08% | -19,06% | -2,34% | - | - |
| Barretos | 33,51% | -4,73% | -17,28% | -2,41% | -9,79% | - |
| Bauru | 10,31% | 5,54% | -24,71% | 0,65% | 28,53% | 0,11% |
| Central | 14,29% | 3,73% | -12,74% | -4,22% | -3,23% | - |
| Campinas | 9,05% | 4,06% | -4,46% | 1,98% | 2,9% | 11,38% |
| Franca | 20,63% | 9,85% | -11,88% | 0,87% | - | - |
| Marília | 28,88% | 5,12% | 2,29% | -4,59% | - | 5,6% |
| Presidente Prudente | 32,07% | 27,16% | - | 1,99% | - | - |
| Ribeirão Preto | 9,72% | 12,81% | - | 2,67% | 3,6% | 298,69% |
| São José Rio Preto | 27,75% | 1,75% | -9,81% | -5,2% | - | - |
| Sorocaba | 13,93% | -1,83% | 13,96% | 0,25% | 20,83 | 33,79% |

Verifica-se que as áreas de milho estão cedendo lugar às áreas de cana-de-açúcar, que está havendo uma intensificação na criação de gado, ou seja, que o modo de criação tende ao estabulamento dos animais, diminuindo a necessidade de pasto. Essa tendência pode ser verificada mediante o cálculo do índice de número de cabeças de gado por hectare presente em cada município.

No entanto, como se trabalhou com bases numéricas espacializadas de dados por município não é possível afirmar estas substituições de cultura. Para isso é necessário um estudo mais aprofundado baseado em imagens de satélite de alta resolução e levantamentos de campo com entrevistas com produtores para comprovar-se a substituição e o exato local de ocorrência.

Em relação às áreas de expansão de cana é necessário notar seu expressivo aumento nas regiões de Presidente Prudente, São José do Rio Preto, Barretos e Marília que tiveram, cada uma, mais de 40% de aumento no período de 2003 a 2006. Estas são áreas que antes não eram tradicionais na cultura da cana, ao contrário das áreas ao norte do Estado, como Ribeirão Preto e Campinas, que apresentaram os menores índices de expansão, como 10,97% e 9,42%, respectivamente.

**Tabela 4 – Evolução percentual das áreas de cana nas Regiões Administrativas do Estado de São Paulo selecionadas.**

| Regiões administrativas | Evolução 2003-2004 | Evolução 2004-2005 | Evolução 2005-2006 | Evolução 2003-2006 |
|---|---|---|---|---|
| Campinas | 8,40% | 0,66% | 0,28% | 9,42% |
| Ribeirão Preto | 0,07% | 9,71% | 1,08% | 10,97% |
| Bauru | 7,06% | 3,25% | 4,00% | 14,97% |
| Araçatuba | 13,29% | -4,65% | 8,69% | 17,42% |
| Central | 6,21% | 8,27% | 4,70% | 20,40% |
| Sorocaba | 10,11% | 3,82% | 5,65% | 20,78% |
| Franca | 6,20% | 14,44% | 3,76% | 26,10% |
| Marília | 20,41% | 8,44% | 10,50% | 44,29% |
| Barretos | 18,34% | 15,13% | 9,20% | 48,78% |
| São José do Rio Preto | 13,99% | 13,77% | 20,25% | 55,95% |
| Presidente Prudente | 17,10% | 14,99% | 19,99% | 61,57% |

Fonte: CENBIO, 2006.

Foi possível, portanto, mediante o estudo realizado, aferir os locais da expansão no Estado e quantificá-la comparando-se o aumento da área de cana e a diminuição das áreas de cultivo identificadas.

## 4. CONCLUSÕES

Atualmente o Brasil possui um cenário muito promissor para toda indústria canavieira, pois, não é somente líder na produção de açúcar e etanol, mas também é o País que reúne as melhores condições para a expansão da indústria da cana-de-açúcar.

Torquato (2006) destaca que o crescimento da área de cana para indústria tem superado as fronteiras das regiões e dos estados mais tradicionais no plantio da matéria-prima, ocupando, principalmente, áreas antigas de pastagem. São os casos da região da zona da mata no Nordeste brasileiro, distribuída nos estados da Paraíba, de Pernambuco e de Alagoas, e nas regiões de Piracicaba e de Ribeirão Preto no Estado de São Paulo.

Segundo Tenório (2006), nos últimos tempos verifica-se razoável migração de empreendimentos

sucroalcooleiros do Nordeste rumo ao Centro-Sul, devido às distinções ambientais desta região relacionadas à produtividade.

Nestas regiões não tradicionais o cultivo esbarra em problemas de adaptação dos cultivares quanto ao clima e doenças, hoje não presentes nas tradicionais áreas de cultivo, sendo de fundamental importância estudos para as novas regiões.

Além disso, a expansão da agroindústria tem causado euforia, porém é pouco explicitado que a estrutura de produção da indústria sucroalcooleira necessita de controle. Os aspectos principais dessa estrutura concentram-se em três pontos: concentração fundiária; o uso da força de trabalho e impactos ambientais.

É sabido que os empreendimentos sucroalcooleiros são tradicionalmente concentradores da renda gerada pelo agronegócio, dada a integração vertical das usinas o que implica em exclusão e redução do número de fornecedores/produtores agrícolas, o que perpetua a apropriação concentrada da renda do agronegócio.

A força de trabalho concentra-se na ocupação temporária na lavoura e no pagamento dos trabalhadores por produção, em muitos casos, com o não cumprimento das leis trabalhistas. Além disso, as condições de trabalho também são precárias com más condições de alojamento e falta de uso de equipamentos de proteção individual.

Por fim os impactos ambientais constituem-se em uma dimensão mais delicada e complexa. É necessário, por exemplo, impedir que nas áreas de expansão sejam despejadas grandes quantidades de vinhaça no solo, evitando a contaminação do lençol freático, seguindo a legislação, como é o caso do Estado de São Paulo.

Também está ocorrendo a eliminação da queima prévia da cana no Estado de São Paulo mediante a Lei Estadual nº 11.241/2002, a qual dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar a partir da eliminação do uso do fogo como método despalhador e facilitador do corte da cana-de-açúcar, exemplo que deve ser seguido em todas as áreas de cultivo de cana-de-açúcar no País. Atualmente as usinas paulistas estão operando com 30% de eliminação da queima prévia da cana-de-açúcar. Necessita-se também atenção ao porcentual de reserva legal de mata nativa nas propriedades.

Finalmente, a substituição de culturas pela monocultura canavieira em outros estados gera deslocamento espacial que pode levar a desmatamentos de áreas nativas e diminuição da produção de alimentos. A grande preocupação com a expansão não sustentável das lavouras de cana é que o deslocamento de culturas de alimentos, tais como a soja, o milho e até a pecuária, sejam "empurradas" sobre áreas de cerrado e sobre a Floresta Amazônica. Há, portanto, necessidade de controles adequados.

No entanto existem também várias vantagens ambientais ao comparar-se o cultivo da cana para uso como combustível em relação aos derivados fósseis, tais como: utilização de um combustível renovável, a mitigação da emissão de carbono por combustíveis fósseis, o balanço carbono nulo (considerando o ciclo completo), a substituição do chumbo como aditivo, as menores emissões de material particulado e óxidos de enxofre e a menor toxicidade dos acetaldeídos frente aos formaldeídos.

A necessidade de adequação das usinas às leis e normas abre precedentes para modernização global das usinas, uma vez que os resíduos da colheita anteriormente queimados na despalha serão inseridos no processo industrial de cogeração para obtenção dos produtos álcool combustível a açúcar, bem como discussões e reorganização do setor frente as externalidades positivas e negativas da questão.

Por fim, sabemos que a expansão desordenada e não sustentável do cultivo da cana para a produção de álcool combustível no Brasil, certamente trará danos ambientais, sociais e econômicos significativos, sendo pouco provável que a comunidade internacional aprove a compra de combustível produzido de maneira ambientalmente não adequada. No entanto, se a expansão for baseada em minimização dos impactos, um programa de ampliação massiva da produção de álcool de cana é positivo e viável para o Estado de São

Paulo e para o Brasil, atentando sempre para o fato de que a produção nacional não será suficiente para a demanda mundial, apenas para parte dela.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


MOREIRA, J. R. & J. GOLDENBERG. The Alcohol Program. Energy Policy 27, p. 229-245. 1999.

MACEDO, I. C. Emissões de Gases de Efeito Estufa e Emissões Evitadas na Produção e Utilização de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool no Brasil: 1990-1994. Centro de Tecnologia Copersucar – CTC. Piracicaba -SP/ Brasil, 2000.

NASTARI, P. M. A expansão anunciada: A expansão industrial no setor sucroalcooleiro. São Paulo: Revista Opiniões, out, 2006.

PROCANA. Álcool e açúcar derrubam o preço da terra. Disponível em http://www.jornalcana.com.br/conteudo/noticia.asp?area=Mercado%26Cotacoes&secao=Cana-Clipping&ID_Materia=11027. 2005.

TENORIO, J. E. C. Centro-Sul ou Norte-Nordeste? Qual rumo a seguir? Revista Opiniões, São Paulo, out. 2006.

TORQUATO, S. A. Cana-de-açúcar para Indústria: O Quanto Vai Precisar Crescer, em Instituto de Economia Agrícola – IEA, disponível em http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=7448, acesso em 23/01/2007.

Sites consultados:
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em http://www.ibge.gov.br, acesso em 11/02/2007.

UDOP – Usinas e Destilarias do Oeste Paulista em http://www.udop.com.br, acesso em 17/12/2006.

UNICA – União da Agroindústria Canavieira de São Paulo em http://www.unica.com.br, acesso em 07/12/2006.

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change em http://unfccc.intl, acesso em 22/12/2006.

SMA-SIGAM – Sistema Integrado de Gestão Ambiental em http://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/ acesso em 22/12/2006.

IEA – Instituto de Economia Agrícola em http://www.iea.sp.gov.br acesso em 10/09/2006.

# EQUIPE TÉCNICA

## PREPARAÇÃO DESTE CADERNO TÉCNICO

**Coordenação Geral:**

Marcos Pimentel Bicalho

Eduardo Alcântara Vasconcellos

**Coordenação Técnica:**

Laura Lucia Vieira Ceneviva

## MEMBROS DA COMISSÃO DE TRANSPORTE E MEIO AMBIENTE DA ANTP

Alexandra R. R. Domingues (ARTESP)

Áurea Morato (Metrô/São Paulo)

Ayrton Camargo e Silva (CPTM)

Eduardo Alcântara Vasconcellos (ANTP)

José Heitor do Amaral Gurgel (CPTM)

Laura Lucia Vieira Ceneviva (SVMA/São Paulo)

Luiz Antonio Cortez Ferreira (Metrô/São Paulo)

Guilherme Wilson da Conceição (FETRANSPOR)

Olímpio de Melo Álvares Jr. (CETESB)

## FICHA TÉCNICA

Apoio ▸▸ Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES)

Projeto gráfico ▸▸ Ampersand Comunicação Gráfica

Revisão ▸▸ Elisa Sankuevitz/Maria Zilma Barbosa

Impressão ▸▸ Imprinta (julho de 2007)

BNDES
O BANCO DO DESENVOLVIMENTO

# ANTP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS

**Comitê Executivo**
Rogério Belda – presidente
César Cavalcanti de Oliveira (UFPE) – vice-presidente
Cláudio de Senna Frederico – vice-presidente
José Antonio Fernandes Martins (Fabus) – vice-presidente
Jurandir Fernando Ribeiro Fernandes – vice-presidente
Otávio Vieira da Cunha Filho (NTU) – vice-presidente
Ricardo Mendanha Ladeira (BHTRANS / Belo Horizonte) – vice-presidente

**Conselho Diretor**
Antonio Lorenzi – (Carris Portoalegrense)
Antonio Samarone de Santana (SMTT/Aracaju)
Dílson de Moura Peixoto Filho (EMTU/Recife)
Elequicina Maria dos Santos (STTU/Natal)
Elmir Germani (TTC)
Frederico Vitor M. Bussinger (SMT/São Paulo)
Gerson Luis Bittencourt (EMDEC/Campinas)
Ivã de França Villela (SMTT/Maceió)
João Carlos Piccoli (ATP/Porto Alegre)
João Luiz da Silva Dias (CBTU)
José Jorge Fagali (Metrô/São Paulo)
Joubert Fortes Flores (Opportrans)
Lelis Marcos Teixeira (Rioônibus)
Luis Cesário A. da Silveira (ABIFER)
Marilita Gnecco de Camargo Braga (ANPET)
Oswaldo Lima Neto (SEPLAMA/Olinda)
Paulo Assis Benites (Trends)
Paulo Afonso Schmidt (URBS/Curitiba)
Tsuyoshi Miyamoto (IMTU/Manaus)

**Conselho Diretor/Suplentes**
Antonio Luiz Mourão Santana (Oficina Consultores)
Denise de Moura Cadete Guazzinelli (NUTES)
Emiliano Stanislau Affonso (AEAMESP)
João Carlos Vieira de Souza (SP Urbanus)
José Ignácio Sequeira de Almeida (EMTU/São Paulo)
Noemir Zanatta (SOCICAM)
Rômulo Dante Orrico (COPPE/UFRJ)

**Conselho Fiscal**
João Antonio Setti Braga (NTU)
Maurício Eduardo Cadaval (ITRANS)
Roberto Scheliga (PolitécnicaUSP)

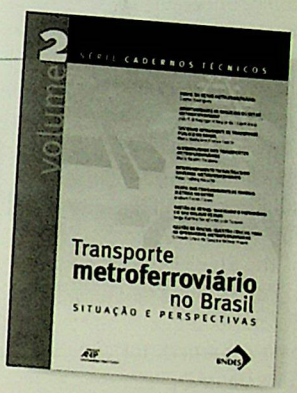
**ANTP / São Paulo**
Alameda Santos nº 1.000, 7º andar – 01418-100 – São Paulo, SP
Tel. (11) 3371.2299 – Fax (11) 3253.8095
E-mail: antpsp@antp.org.br – Site: www.antp.org.br

**Equipe ANTP**
Marcos Pimentel Bicalho – superintendente
Valeska Peres Pinto – coordenadora técnica
Nazareno Stanislau Affonso – escritório em Brasília
Eduardo Alcântara Vasconcellos – assessor técnico
Cássia Maria Guimarães Rollo – administração/finanças
Valéria Aguiar – eventos

# CONHEÇA OS OUTROS CADERNOS TÉCNICOS EDITADOS PELA ANTP COM APOIO DO BNDES

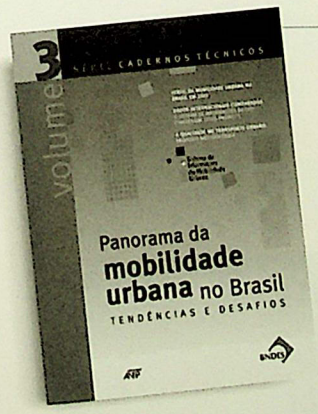
**Volume 1 • Bilhetegem Automática e Gestão nos Transportes Públicos**

Publicado em 2003, após a realização de um Seminário sobre o mesmo tema, o Caderno mostra o estado da arte do setor de bilhetagem eletrônica, considerada pela ANTP como um importante instrumento de ação pública e não apenas como uma ferramenta da operação privada. Os textos contidos no Caderno descrevem o panorama nacional, discutem o impacto da nova tecnologia na melhoria e nos custos dos sistemas de transporte coletivo, no emprego e na gestão pública, apontam as tendências da evolução tecnológica e relatam algumas experiências implementadas em cidades brasileiras




**Volume 2 • Transporte Metroferroviário no Brasil**

Coordenado pela Comissão Metroferroviária da ANTP, este Caderno apresenta o perfil dos serviços de transportes urbanos de passageiros sobre trilhos no Brasil. Os textos destacam os sistemas integrados, as oportunidades de novos projetos no setor, as perspectivas mundiais de desenvolvimento tecnológico e as condições de acessibilidade para as pessoas portadoras de deficiência. Do ponto de vista da gestão das empresas operadoras, outros textos abordam o perfil de consumo de energia, a gestão dos ativos das empresas e a gestão dos riscos.

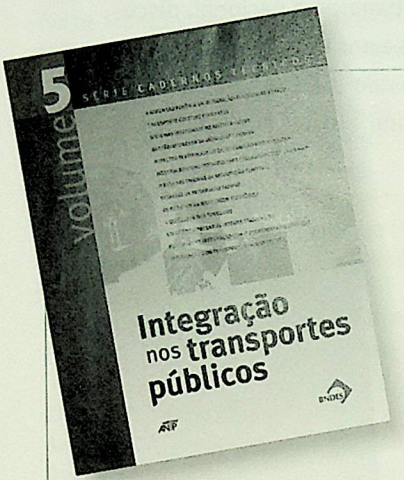



**Volume 3 • Panorama da Mobilidade Urbana no Brasil**

O terceiro Caderno mostra o perfil da mobilidade urbana no Brasil em 2003, com base na análise dos dados do Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da ANTP. De forma sintética são apresentados os principais dados e indicadores de mobilidade, custo e produtividade nas cidades brasileiras com mais de 60 mil habitantes. O Caderno ainda apresenta alguns indicadores internacionais sistematizados pela União Internacional de Transportes Públicos (UITP) e uma proposta de desenvolvimento de um Índice de Desenvolvimento do Transporte Urbano (IDT).

### Volume 4 • Acessibilidade nos transportes

O Caderno de número 4 foi produzido pelo Grupo de Trabalho da Acessibilidade da ANTP e traz um amplo balanço dos avanços e dos desafios que o setor vem enfrentando na construção de cidades acessíveis para todos. Em seus 17 artigos, são abordadas desde a evolução da luta dos movimentos sociais pela equiparação de oportunidades e remoção das barreiras, até um breve balanço das condições reais de uso dos diversos modos de transporte público por pessoas com dificuldades de locomoção. Também são comentados temas como: criação de espaços institucionais de gestão, desenho urbano, financiamento, construção de indicadores, entre outros.




### Volume 5 • Integração nos Transportes Públicos

Os artigos apresentados neste Caderno reafirmam o princípio da integração como um atributo essencial na construção de redes de transporte coletivo urbano. Os textos foram distribuídos em quatro capítulos que tratam, respectivamente, de conceitos gerais (dimensão política, conceito de rede e experiência latino-americana com sistemas estruturadores), dos aspectos institucionais (gestão integrada, gestão metropolitana e premissas para financiamento pelo BNDES), da política tarifária (integração temporal e desafios para a integração) e da integração física e operacional (bilhetagem eletrônica, terminais, iniciativa empresarial e integração com o transporte hidroviário e com o não motorizado).

Para maiores informações acesse o site da ANTP,
**www.antp.org.br** ou entre em contato com
Luciana (11) 3371-2290 ou luciana@antp.org.br