



**COPPE/UFRJ**

**BENEFÍCIOS AMBIENTAIS EM DECORRÊNCIA DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE  
TRANSPORTE RÁPIDO E DE ALTA CAPACIDADE DE ÔNIBUS – O CASO DO  
TRANSMILÊNIO**

Renata Almeida Motta

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientadora: Suzana Kahn Ribeiro

Rio de Janeiro  
Janeiro de 2009


BENEFÍCIOS AMBIENTAIS EM DECORRÊNCIA DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS  
DE TRANSPORTE RÁPIDO E DE ALTA CAPACIDADE DE ÔNIBUS – O CASO DO  
TRANSMILÊNIO

Renata Almeida Motta

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO  
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM  
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Aprovada por:

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Suzana Kahn Ribeiro, D. Sc.

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Márcia Valle Real, D. Sc.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Marcio Peixoto de Sequeira Santos, Ph. D.

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Adrianna Andrade de Abreu, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL  
JANEIRO DE 2009

Motta, Renata Almeida

Benefícios Ambientais em Decorrência da Implantação de Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus - O Caso do Transmilênio/ Renata Almeida Motta. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.

IX, 143 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadora: Suzana Kahn Ribeiro

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2009.

Referências Bibliográficas: p. 130 -143.

1. BRT. 2. Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus. 3. Emissões de CO<sub>2</sub>. 4. Planejamento de Transportes. 5. Efeito Estufa. 6. Transporte Rodoviário. I. Ribeiro, Suzana Kahn. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

*"O homem que remove uma montanha começa carregando as pedras pequenas."  
(William Harrison Faulkner)*

## AGRADECIMENTOS

Ao corpo docente do Programa de Engenharia de Transportes da COPPE/UFRJ pelo excelente curso de Mestrado e pela colaboração, orientação e transmissão de ensinamentos necessários para a realização deste trabalho.

Em particular, à Professora Suzana Kahn Ribeiro, pelo seu grande exemplo como cientista, por seu apoio e dedicação ao longo do curso e principalmente pela firme orientação da Dissertação e participação na banca examinadora.

Aos professores Marcio Peixoto, Márcia Real e Adrianna Abreu, pela análise do trabalho e participação da banca examinadora.

Ao meu pai, que me sempre me apoiou e me orientou durante meus estudos de engenharia ambiental e também na dissertação de mestrado. À minha querida mãe que sempre acreditou e rezou por mim. Obrigada a ambos por tornar possível financeiramente minha viagem à Colômbia tão importante para o desenvolvimento desta Dissertação.

Ao meu querido irmão, uma das pessoas que mais admiro no mundo, por sempre estar ao meu lado em qualquer circunstância.

Ao meu companheiro, André, por todo seu apoio e compreensão.

Ao meu colega de mestrado Roberto e sua família, que me receberam e apoiaram em Bogotá. Ao Transmilênio, à *Secretaría Distrital de Ambiente*, à *Operadora Express Del Futuro*, e especialmente aos seguintes profissionais destas entidades: Daysi Rodriguez, Vladimir Castro, Wilson Torres, Orlando Velandia Sepúlveda e Jesus Miguel Sepúlveda.

Aos consultores brasileiros, conhecedores do Transmilênio, Nei Simas e ao Eraldo Constanski, que me cederam informações valiosas sobre o sistema.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo suporte financeiro durante o período de desenvolvimento desta dissertação.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

BENEFÍCIOS AMBIENTAIS EM DECORRÊNCIA DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE RÁPIDO E DE ALTA CAPACIDADE DE ÔNIBUS - O CASO DO TRANSMILÊNIO

Renata Almeida Motta

Janeiro/2009

Orientadora: Suzana Kahn Ribeiro

Programa: Engenharia de Transportes

Este estudo apresenta e analisa os principais Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus existentes, verificando suas vantagens e desvantagens em relação ao tráfego compartilhado entre ônibus e outros veículos existentes. O objetivo principal desta Dissertação é mostrar o potencial do impacto dos Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus para a mitigação das emissões atmosféricas, apontando para a relevância do tema do aquecimento global. Dados de redução de emissões atmosféricas dos principais sistemas existentes e um procedimento para estimar as reduções de gases do efeito estufa constam no trabalho. A análise destes sistemas mostra que os mesmos proporcionam uma redução significativa das emissões de poluentes locais e dos gases responsáveis pelo aquecimento global. O Sistema Transmilênio, de Bogotá, é apresentado como estudo de caso.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

ENVIROMENTAL BENEFITS IN CONSEQUENCE OF THE IMPLEMENTATION OF BUS  
RAPID TRANSIT SYSTEMS - THE CASE OF TRANSMILENIO

Renata Almeida Motta

January/2009

Advisor: Suzana Kahn Ribeiro

Department: Transport Engineering

This study presents and analyzes the main Bus Rapid Transit Systems existing, verifying its advantages and disadvantages in relation to traffic shared between buses and other vehicles available. The main goal of this Thesis is to show the potential impact of Bus Rapid Transit Systems on the mitigation of atmospheric emissions, pointing to the relevance of the issue of global warming. Data reduction of atmospheric emissions of the main existing systems and a procedure estimating the reductions of greenhouse effect gases are shown at this work. The analysis of these systems shows that they provide a significant reduction in emissions of local pollutants and gases responsible for global warming. Transmilenio's BRT system of Bogota is presented as a study case.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICATIVA .....	4
1.3. OBJETIVOS .....	6
1.4. METODOLOGIA DA PESQUISA.....	6
1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	7
<b>CAPÍTULO 2. PROBLEMAS AMBIENTAIS DO TRANSPORTE URBANO RODOVIÁRIO E DE PASSAGEIROS .....</b>	<b>9</b>
2.1. <i>CARACTERIZAÇÃO DOS PROBLEMAS AMBIENTAIS RELACIONADOS AO TRANSPORTE URBANO .....</i>	<i>9</i>
2.1.1. Poluição Local e Regional .....	10
2.1.2. Aquecimento Global .....	14
a) Efeito Estufa .....	14
b) Conseqüências do Aquecimento Global.....	19
2.1.3. Outros Impactos .....	24
a) Poluição Sonora.....	24
b) Intrusão Visual .....	25
c) Resíduos do Setor de Transportes.....	26
d) Perdas Humanas em Acidentes.....	26
2.2. <i>PRINCIPAIS CAUSAS DOS PROBLEMAS AMBIENTAIS RELACIONADOS AO TRANSPORTE URBANO .....</i>	<i>27</i>
2.2.1. Influência da Urbanização e da Taxa de Motorização no Transporte Urbano.....	27
2.2.2. Emissões de Poluentes .....	34
<b>CAPÍTULO 3. CARACTERIZAÇÃO E BENEFÍCIOS DE SISTEMAS DE TRANSPORTE DE ALTA CAPACIDADE DE ÔNIBUS.....</b>	<b>41</b>
3.1. Considerações Iniciais.....	41
3.2. Caracterização de Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus .....	42
3.2.1. Caracterização Física .....	44
3.2.2. Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS).....	49
3.2.3. O BRT e o Desenvolvimento Urbano .....	55



3.3. Aplicação de Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus.....	58
3.3.1. Sistemas de BRT no Brasil.....	58
3.3.2. Sistemas de BRT no Mundo.....	62
3.4. Redução de Emissões Atmosféricas Decorrentes da Implantação de Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus.....	67
3.4.1. Dados Gerais.....	67
3.4.2. Metodologia para Avaliação da Redução de Emissões de CO <sub>2eq</sub> em Sistemas de BRT.....	68
3.4.2.1. Considerações Iniciais.....	68
3.4.2.2. Apresentação da Metodologia.....	72
3.4.2.3. Determinação das Emissões na Linha Base.....	73
3.4.2.4. Emissões do Projeto.....	80
3.4.2.5. Fugas.....	81
3.4.2.6. Análise de Sensibilidade.....	85
3.4.2.7. Metodologia de Monitoramento de Projetos de BRT.....	86
<b>CAPÍTULO 4. ESTUDO DE CASO: TRANSMILÊNIO.....</b>	<b>87</b>
4.1. Características do Transporte Urbano de Bogotá antes do Transmilênio.....	87
4.2. Uma Nova Visão de Bogotá.....	90
4.3. Características do Sistema Transmilênio e Benefícios Gerados.....	92
4.4. Benefícios Ambientais Locais.....	106
4.4.1. Gestão Ambiental do Transmilênio.....	106
4.4.2. Redução de Poluentes Locais.....	113
4.5. Benefícios Ambientais Globais – Redução de GEE.....	118
4.5.1. Emissões na Linha Base.....	118
4.5.2. Emissões do Projeto.....	119
4.5.3. Fuga Total de Emissões.....	120
4.5.4. Potencial Total de Redução de Emissões.....	120
4.6. Considerações Finais do Estudo de Caso.....	123
<b>CAPÍTULO 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>127</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>130</b>

# **CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO**

Este capítulo contém uma breve descrição do problema, assim como a justificativa do estudo, os objetivos que são pretendidos e a metodologia utilizada. Ainda neste capítulo é apresentada a estrutura da dissertação.

## **1.1. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

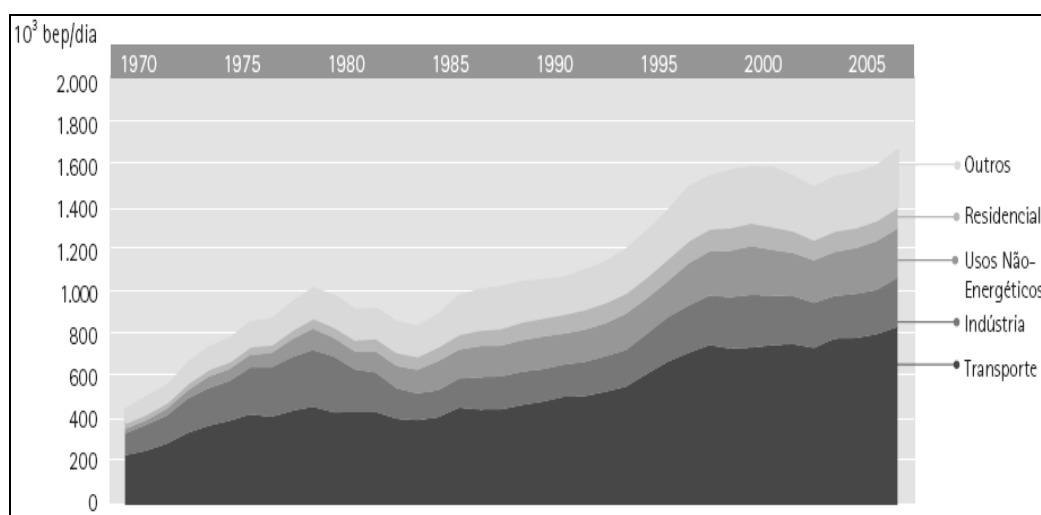
Nos grandes centros urbanos o modo de transporte predominante é o rodoviário, com participação significativa do automóvel particular. Considerando-se o número de veículos (automóveis, ônibus e caminhões) registrados no mundo no período de 1995 a 2006, constata-se uma participação de 72% de automóveis (DAVIS, 2008).

Além disso, é o modo que mais rapidamente se expande em todo o mundo, incluindo o Brasil. Em 2007, de acordo com dados da Organização Internacional dos Fabricantes de Automóveis (OICA, 2007), a produção mundial alcançou a marca de 73 milhões de unidades, cerca de 5% mais do que o total produzido em 2006. No Brasil, segundo informações da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2008), a produção de veículos teve um crescimento de 8% em 2008, em relação a 2007, caracterizando este ano como o melhor ano da indústria automobilística nacional.

Para agravar a situação, a demanda por transporte coletivo nas cidades brasileiras caiu nos últimos anos devido principalmente à expansão da mobilidade fortemente apoiada no transporte individual, sobretudo nos automóveis e motocicletas. Estima-se que a queda no uso do transporte público nas duas últimas décadas situa-se nas grandes cidades brasileiras entre 20 e 30%, gerando impactos ambientais e aumento no consumo de energia. Calcula-se uma perda total no transporte público no período de 1992 a 2003 de 16,6 bilhões de passageiros, representando uma perda por dia útil de cerca de 4,6 milhões de passageiros (ANTP e BNDES, 2006).

Outra questão relevante é a eficiência energética relativa a estes modos de transporte. De acordo com a Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP, 2008), em uma situação teórica, um automóvel consome 3,2 vezes mais energia por passageiro transportado do que um ônibus.

No Brasil, o setor de transportes consome mais da metade do que o país utiliza de petróleo e o óleo diesel é o principal energético deste setor. Segundo o Balanço Energético Nacional (MME, 2008), no ano de 2007 o setor de transportes foi responsável por 27% do consumo final energético utilizando 50,5% da totalidade dos derivados de petróleo consumidos no país (Figura 1.1), sendo que deste total, o setor rodoviário utilizou 46%.



**Figura 1.1:** Consumo Final de Derivados de Petróleo (MME, 2008)

Além da questão energética, o automóvel particular está fortemente associado à poluição atmosférica com destaque para dois problemas básicos: a poluição local e o aquecimento global causado pelo aumento de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera.

Os meios de transporte como automóveis, ônibus e caminhões são responsáveis por parte importante da poluição atmosférica, principalmente nos aglomerados urbanos, onde existe uma alta concentração de veículos em circulação.

As emissões automotivas causam impactos na saúde incluindo doenças respiratórias, cardiovasculares e câncer, além de impactos econômicos como produtividade reduzida e custos no sistema de saúde. Junto a isto, a poluição do ar causada pela combustão de combustíveis fósseis causa também a chuva ácida através do dióxido de enxofre e dos óxidos de nitrogênio, gerando impactos no meio ambiente como destruição de vegetações,

corrosão de materiais usados nas construções, represas e turbinas hidrelétricas, entre outros prejuízos para o meio ambiente.

A emissão de poluentes locais ocorre devido à composição dos combustíveis (por exemplo, o teor de enxofre) e à sua queima incompleta em motores. A emissão desses poluentes pelos veículos representa parte importante das emissões totais em grandes centros urbanos, sendo que, muitas vezes, são os maiores responsáveis pela poluição atmosférica. Na Região Metropolitana de São Paulo, por exemplo, as emissões de origem veicular são responsáveis por quase 100% das emissões de CO, HC e NO<sub>x</sub> (CETESB, 2008).

Com relação ao aquecimento global, esse fenômeno climático de larga extensão vem acontecendo nos últimos 150 anos, sendo ocasionado pelo incremento de GEE na atmosfera decorrentes de atividade humanas que lançam para o espaço uma grande quantidade de gases [CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), CH<sub>4</sub> (metano), N<sub>2</sub>O (óxido nitroso), O<sub>3</sub> (ozônio), halocarbonos – clorofluorcarbonetos (CFCs) e hidrofluorcarbonos (HFCs)] (IPCC, 2007<sub>a</sub>).

O setor de transportes é um dos maiores responsáveis (considerando-se apenas o consumo final energético, ou seja, excetuando-se a geração de energia) pela produção de GEE em consequência do consumo de combustíveis fósseis e com o agravante de ter a demanda por tais combustíveis aumentada a cada ano.

Em 2003, 99,6% das emissões mundiais de CO<sub>2</sub> devido à queima de combustíveis para o consumo final energético, foram devidas à queima de combustíveis fósseis. Neste mesmo ano o setor de transportes foi o principal setor a contribuir com este consumo (35,5% do consumo dos combustíveis fósseis) além de apresentar um crescimento de consumo de 171% no período de 1973 a 2004 (IEA, 2006).

Em 2004, o setor de transportes produziu 3,3 gigatoneladas de emissões de CO<sub>2</sub> (23% da energia mundial relacionada com emissões de CO<sub>2</sub>), sendo que sua taxa de crescimento se configura como a maior entre os setores de uso final. O transporte rodoviário atualmente conta com 74% do total de emissões de CO<sub>2</sub> do setor de transportes (IPCC, 2007<sub>a</sub>).

As mudanças climáticas que resultam das emissões de GEE situam-se entre as mais importantes questões correntes neste século, seja pela natureza global, seja pela complexidade que a questão enseja.

Diante dos problemas descritos acima e considerando as vantagens do transporte coletivo em relação ao particular, investimentos no transporte público são plenamente justificáveis para a melhoria ambiental, incluindo a implantação de sistemas de transporte rápido e de alta capacidade de ônibus. Esses sistemas de transporte coletivo favorecem uma diminuição do transporte individual, possibilitando a melhora do tráfego nas cidades e diminuindo os congestionamentos, resultando em menores emissões de poluentes.

## **1.2. JUSTIFICATIVA**

Como visto anteriormente, o transporte rodoviário é uma das grandes fontes poluidoras e também de alto gasto energético. Esta modalidade tem crescido muito nos países em desenvolvimento, por conta do aumento populacional e também pelo aumento das riquezas geradas e distribuídas. Conseqüentemente, maior renda resulta no aumento da motorização (SCHAFER e VICTOR, 1997 apud D'AGOSTO e BALASSIANO, 2001).

Considerando as vantagens do transporte coletivo em relação ao particular no tocante ao consumo de combustível, energia, taxa de emissão de poluentes e espaço viário por passageiro transportado, investimentos no transporte público são plenamente justificáveis para a melhoria ambiental, incluindo a implantação de corredores exclusivos de ônibus.

A implantação de um sistema de transporte de alta capacidade em cidades com alta demanda por transporte pode reduzir significativamente os impactos ambientais negativos e outros problemas, entre os quais os seguintes: congestionamentos, conflitos entre circulação de pedestres e veículos, condições precárias de segurança da frota, acidentes, emissão de gases poluentes, doenças respiratórias, tempos de viagem elevados, consumo de combustível e deterioração do patrimônio arquitetônico (WRIGHT e HOOK, 2007; NBRTI, 2006; EMBARQ, 2006).

Devido ao intenso consumo energético e à intensidade das emissões de poluentes produzidas pela modalidade rodoviária, torna-se relevante a realização de estudos e o desenvolvimento de sistemas de transporte com um menor consumo de combustível por passageiro transportado, investindo em modalidades não poluentes, como a ciclovária, e tecnologias e sistemas menos poluentes, como metrô, veículos leves sobre trilhos, ônibus híbridos e, ainda a implantação de Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus.

Esses sistemas de ônibus apresentam uma opção de transporte de alta capacidade, que tendo o seu potencial de ocupação bem aproveitado, podem apresentar vantagens como melhor rendimento energético através da economia de combustível, além da atração dos usuários de veículos particulares para o transporte coletivo.

Uma das experiências recentes de Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus mais relevantes é a do Transmilênio. Com investimentos mais baixos do que a implantação de um transporte de alta capacidade sobre trilhos, o sistema de corredores exclusivos de ônibus de Bogotá, o Transmilênio, mudou o conceito de ônibus, deu nova identidade à cidade e aumentou a auto-estima dos seus habitantes. O Transmilênio priorizou o transporte coletivo como solução para o sistema de transportes. Em apenas um ano de implantação possibilitou um salto na qualidade de vida dos moradores da cidade e na competitividade no sistema de transporte, deixando para trás um modelo de transporte urbano degradado, desregulamentado, com as ruas transformadas em um verdadeiro caos.

Muitas cidades em diversos países, entre os quais o Brasil, a Colômbia, o México, os Estados Unidos, o Japão e a França, implantaram sistemas baseados em corredores exclusivos de ônibus e muitos outros estão planejando a implantação. Cidades de médio e grande porte vêm se estruturando através desses sistemas, buscando reduzir emissões de gases do efeito estufa e de poluentes locais, além de proporcionar melhorias na mobilidade urbana.

Mais de 70 desses sistemas estão operando ou estão sendo construídos, melhorando a mobilidade urbana em 23 países. O Banco Mundial reconheceu estes sistemas como a melhor prática sustentável no setor de transportes e reservou US\$ 750 milhões especificamente para esses projetos na América Latina (EMBARQ, 2006).

Todas essas informações justificam o presente estudo, o qual pretende mostrar a contribuição de Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus para a diminuição do consumo de combustíveis fósseis, reduzindo as emissões de CO<sub>2</sub> e de poluentes locais, de forma a mitigar o aquecimento global e melhorar a qualidade do ar nos centros urbanos.

### **1.3 OBJETIVOS**

A Dissertação tem como objetivos:

a) analisar os principais Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus para verificar suas vantagens e desvantagens em relação ao tráfego compartilhado entre ônibus e outros veículos existentes, principalmente no que concerne à redução das emissões de gases do efeito estufa e de poluentes locais.

b) apresentar um estudo de caso referente ao Sistema de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus de Bogotá (Colômbia) denominado Transmilênio, destacando a aplicação da Metodologia para Avaliação de Redução de Emissão de CO<sub>2</sub> em Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus.

### **1.4. METODOLOGIA DA PESQUISA**

Primeiramente, realizou-se um estudo exploratório por meio de pesquisa bibliográfica e documental, através da literatura nacional e estrangeira. Desse estudo bibliográfico e das consultas realizadas foram coletadas informações que forneceram subsídios para os demais capítulos.

Em seguida, foram realizados estudos mais detalhados de Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus, com ênfase no de Bogotá (Colômbia), denominado Transmilênio, o qual é tido como uma referência mundial e reconhecido pela Organização das Nações Unidas (ONU) na área ambiental. Uma viagem à Bogotá foi realizada pela autora desta Dissertação para permitir coletar os dados de emissões atmosféricas e de

consumo energético, antes e depois da implantação dos corredores de ônibus. Logo após, foi realizada uma análise dos dados, os quais foram comparados e estudados para avaliar sua importância do ponto de vista ambiental. Projeções dos dados ambientais para situações futuras também foram consideradas.

Em Bogotá, consultas e visitas foram realizadas a órgãos ligados ao transporte e ao meio ambiente e reuniões foram mantidas com alguns técnicos renomados para solicitação de informações técnicas. As principais visitas e contatos foram:

- Instalações do Transmilênio,
- Daysi Rodriguez (Responsável pelo Setor Ambiental do Transmilênio),
- Centro de Documentação do Transmilênio,
- Centro de Controle do Transmilênio,
- Vladimir Castro (Responsável pelo Centro de Controle do Transmilênio),
- *Operadora Express Del Futuro*,
- Wilson Torres (Gerente Ambiental da *Operadora Express Del Futuro*)
- Secretaria Distrital de Meio Ambiente de Bogotá,
- Orlando Velandia Sepúlveda (Diretor do *Controle Ambiental de Bogotá*),
- Rede de Monitoramento Ambiental de Bogotá,
- Jesus Miguel Sepúlveda (Coordenador da Rede de Monitoramento Ambiental de Bogotá)

## **1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

A Dissertação está estruturada em seis capítulos.

No Capítulo 1, de introdução, são apresentados o problema com comentários gerais, os objetivos, a metodologia e a justificativa da dissertação, bem como esta estrutura.

No Capítulo 2 é colocada a relação entre o setor de transportes e as emissões atmosféricas. Primeiramente são caracterizados os problemas ambientais relacionados ao transporte urbano, ressaltando-se os principais impactos no meio ambiente. Depois são analisadas as causas destes problemas.



No Capítulo 3 é feita uma caracterização dos sistemas de transporte rápido e de alta capacidade de ônibus e são discutidos os benefícios destes sistemas. Em seguida, são apresentados dados de redução de emissões atmosféricas conseqüentes da implantação destes sistemas e, logo após, uma metodologia para avaliação da redução de emissões de CO<sub>2</sub> em sistemas de BRT é apresentada.

No Capítulo 4, um estudo de caso do sistema Transmilênio (Colômbia - Bogotá) é conduzido, detalhando como era a situação do transporte urbano na cidade antes da implantação do sistema e a situação após a implantação, ressaltando os benefícios gerados.

Finalmente, as conclusões e as recomendações são apresentadas no Capítulo 5.

## CAPÍTULO 2. PROBLEMAS AMBIENTAIS DO TRANSPORTE URBANO RODOVIÁRIO E DE PASSAGEIROS

### 2.1. CARACTERIZAÇÃO DOS PROBLEMAS AMBIENTAIS RELACIONADOS AO TRANSPORTE URBANO

O setor de transporte é responsável pelo deslocamento de pessoas, mercadorias e bens, resultando em enormes benefícios para as economias. Mas o transporte também gera significativos efeitos secundários indesejáveis ou externalidades negativas, em especial nas zonas urbanas e sobre o meio ambiente devido às emissões atmosféricas.

A literatura técnica é muito profícua em discussões sobre as externalidades do transporte, uma vez que elas estão na base de muitas análises sobre eficiência e equidade na distribuição dos efeitos do transporte. A Tabela 2.1 resume algumas contribuições à discussão a respeito dos problemas causados ou externalidades negativas.

**Tabela 2.1:** Efeitos Ambientais e Externos do Transporte (IPEA e ANTP, 2003)

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		

A lista de externalidades negativas pode ser longa. Na maioria das análises e estudos relativos ao transporte urbano, algumas destas externalidades são destacadas, tanto pela visibilidade quanto pela natureza mais tangível: poluição atmosférica local e regional, agravamento do aquecimento global, congestionamentos, poluição, acidentes, intrusão visual e lixo; as quais serão apresentadas a seguir.

### **2.1.1. Poluição Local e Regional**

A poluição atmosférica, de uma forma geral, é prejudicial à saúde humana, reduz a produtividade econômica e leva à perda de conforto no meio urbano. Nesse contexto, o presente item possui o objetivo de caracterizar a poluição atmosférica, abordando seu conceito, seu processo, os poluentes atmosféricos e os seus efeitos.

Os efeitos da poluição do ar, de modo geral, podem se manifestar na saúde, no bem-estar da população, na vegetação e na fauna e sobre os materiais. Esses efeitos podem ser percebidos em níveis locais e regionais.

As cidades do mundo, particularmente as de maior porte, têm enfrentado problemas de crescente urbanização e motorização que resultam em congestionamentos e problemas de saúde gerados por altos índices de emissão de poluentes.

A poluição atmosférica é definida pela Lei nº 6.938/1981 (BRASIL, 1981), que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, como a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- afetem desfavoravelmente a biota;
- afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

O processo de poluição atmosférica pode ocorrer através da emissão de poluentes por fontes naturais (englobam fenômenos da Natureza tais como emissões provenientes de erupções vulcânicas bem como fogos florestais de origem natural) ou antropogênicas (resultantes de atividades humanas, tais como as indústrias ou o tráfego). Emitido o poluente na atmosfera, o processo da poluição atmosférica tem continuidade com a dispersão, por meio do transporte dos poluentes pelas massas de ar. Durante esse transporte, a combinação de dois ou mais poluentes pode provocar outras reações químicas.

Os principais poluentes locais que contribuem para a degradação da qualidade do ar devido à queima de combustível são: o monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos (HC), os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), os óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), o material particulado (MP) (partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis e partículas inaláveis finas) e os aldeídos.

Na Tabela 2.2, é apresentada uma síntese elaborada pela CETESB que possibilita identificar a relação entre as características e os efeitos dos principais poluentes atmosféricos.

**Tabela 2.2:** Características e Efeitos dos Principais Poluentes Atmosféricos (CETESB, 2008)

<b>Poluente</b>	<b>Características</b>	<b>Fontes Principais</b>	<b>Efeitos Gerais Sobre a Saúde</b>	<b>Efeitos Gerais ao Meio Ambiente</b>
Partículas Totais Suspensão (PTS)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 100 micra.	Processos industriais, veículos motorizados (exaustão), poeira de rua suspensa, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen, aerossol marinho e solo.	Quanto menor o tamanho da partícula maior o efeito à saúde. Causam efeitos significativos em pessoas com doença pulmonar, asma e bronquite.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Partículas Inaláveis (MP10) e Fumaça	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 10 micra.	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera).	Aumento de atendimentos hospitalares e mortes prematuras.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	Gás incolor com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforo. Pode ser transformado a SO <sub>3</sub> , que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis.	Processos que utilizam queima de óleo, combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel, polpa e papel.	Desconforto na respiração, doenças respiratórias, agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares já existentes. Pessoas com asma, doenças crônicas de coração e pulmão são mais sensíveis ao SO <sub>2</sub> .	Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e dano à vegetação: folhas e colheita.

<b>Poluente</b>	<b>Características</b>	<b>Fontes Principais</b>	<b>Efeitos Gerais Sobre a Saúde</b>	<b>Efeitos Gerais ao Meio Ambiente</b>
Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. Pode levar a formação de ácido nítrico, nitratos (o qual contribui para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos.	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás, incinerações.	Aumento de sensibilidade à asma e à bronquite. Reduz a resistência às infecções respiratórias.	Pode levar à formação de chuva ácida, danos à vegetação e à colheita.
Monóxido de Carbono (CO)	Incolor, inodoro e insípido.	Combustão incompleta em veículos automotores.	Altos níveis de CO estão associados a prejuízo dos reflexos, da capacidade de estimar intervalos de tempo e do aprendizado.	
Ozônio (O <sub>3</sub> )	Gás incolor e inodoro. É o principal componente da névoa fotoquímica.	Não é emitido diretamente à atmosfera. É produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis.		Danos às colheitas, à vegetação natural, plantações agrícolas; plantas ornamentais.

Dentre os efeitos dos poluentes atmosféricos, ressaltam-se os efeitos negativos à saúde humana, que vão desde o desconforto até a morte. Estudos têm mostrado que a poluição atmosférica causa irritação dos olhos e das vias respiratórias, redução da capacidade pulmonar, aumento da suscetibilidade a infecções virais e doenças cardiovasculares; redução do desempenho físico; dores de cabeça, alterações motoras e enzimáticas; agravamento de doenças crônicas do aparelho respiratório tais como, asma, bronquite, enfisema, pneumoconioses, danos ao sistema nervoso central; alterações genéticas; mortes fetais tardias; nascimento de crianças defeituosas e com câncer (SALDIVA; PEREIRA; BRAGA, 1995; FREITAS *et al.*, 2004; GOUVEIA e MAISONET, 2006).

De acordo com o estudo realizado em 2005 pelo Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da Faculdade de Medicina da USP (Universidade de São Paulo), o gasto na rede de saúde de SP com atendimento às vítimas da poluição chega a R\$ 3 bilhões por ano. A mesma pesquisa revelou que a exposição à poluição diminui a expectativa de vida dos paulistanos em 2 anos (CNT, 2007<sub>c</sub>).

Os impactos sociais e econômicos da exposição à poluição do ar são consideráveis. A Organização Mundial de Saúde (OMS) afirma que a poluição pode ser responsável por um número maior de mortes do que o trânsito, em decorrência de problemas respiratórios ou cardíacos desencadeados pela exposição contínua ao ar poluído. Estima-se que cerca de 800 mil óbitos por ano no planeta sejam atribuíveis à contaminação atmosférica (Figura 2.1), sendo esta considerada uma das mais importantes causas de morte no mundo (COHEN *et al.*, 2005; EZZATI *et al.*, 2002).



**Figura 2.1:** Crianças Expostas à Poluição Gerada pela Queima de Combustíveis Fósseis (ITDP, 2007)

A poluição atmosférica pode causar danos também através da reação de hidrocarbonetos com os gases NO e NO<sub>2</sub> presentes na atmosfera, resultando no *smog* fotoquímico, que é associado à neblina de poluição marrom que permeia muitas cidades, ocasionando a redução de visibilidade nas vias.

Além disso, a poluição do ar causada pela combustão de combustíveis fósseis causa também a chuva ácida, que é um efeito regional, resultado da lavagem da atmosfera pelas chuvas que arrastam os óxidos de enxofre e de nitrogênio nela presentes e outros elementos ácidos, alterando a acidez da água pela formação de ácido sulfuroso, sulfúrico, nitroso e nítrico causando impactos como: acidificação de solos e corpos d'água, danos a monumentos e edificações (dano ao patrimônio histórico e cultural), impactos sobre flora e fauna, etc. Estas chuvas dependem das condições de dispersão de poluentes (tempo de residência na atmosfera) (EPA, 2004 apud SZWARCFITER, 2004).

## **2.1.2. Aquecimento Global**

Nos últimos 150 anos, vem acontecendo um fenômeno climático de larga extensão chamado de aquecimento global; um fenômeno ocasionado pelo incremento de GEE na atmosfera. De acordo com o Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas (IPCC), estabelecido pelas Nações Unidas e pela Organização Meteorológica Mundial em 1988, o aquecimento observado durante os últimos 50 anos é devido, em grande parte, a ações antropogênicas (IPCC, 2007<sub>a</sub>).

Em 1996, o Segundo Relatório de Avaliação do IPCC (1996<sub>a</sub>) já apresentava evidências científicas de que atividades humanas estavam influenciando o clima. Em 2001, o IPCC (2001<sub>a</sub>) publicou o Terceiro Relatório de Avaliação confirmando estas evidências e, em fevereiro de 2007, publicou o Sumário para os Formuladores de Políticas (IPCC, 2007<sub>a</sub>), mostrando que há agora mais confiabilidade nas avaliações e projeções dos padrões de aquecimento global e de outras características de escala regional.

### ***a) Efeito Estufa***

O efeito estufa, fenômeno que permite manter uma temperatura terrestre favorável à existência biológica, é causado pelo acúmulo de gases e nuvens na atmosfera, que provoca o aquecimento da superfície do planeta pelo bloqueio de parte da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre. Portanto, o problema não está na existência dos gases de efeito estufa, mas no aumento das concentrações dos mesmos, aumentando assim a retenção de calor.

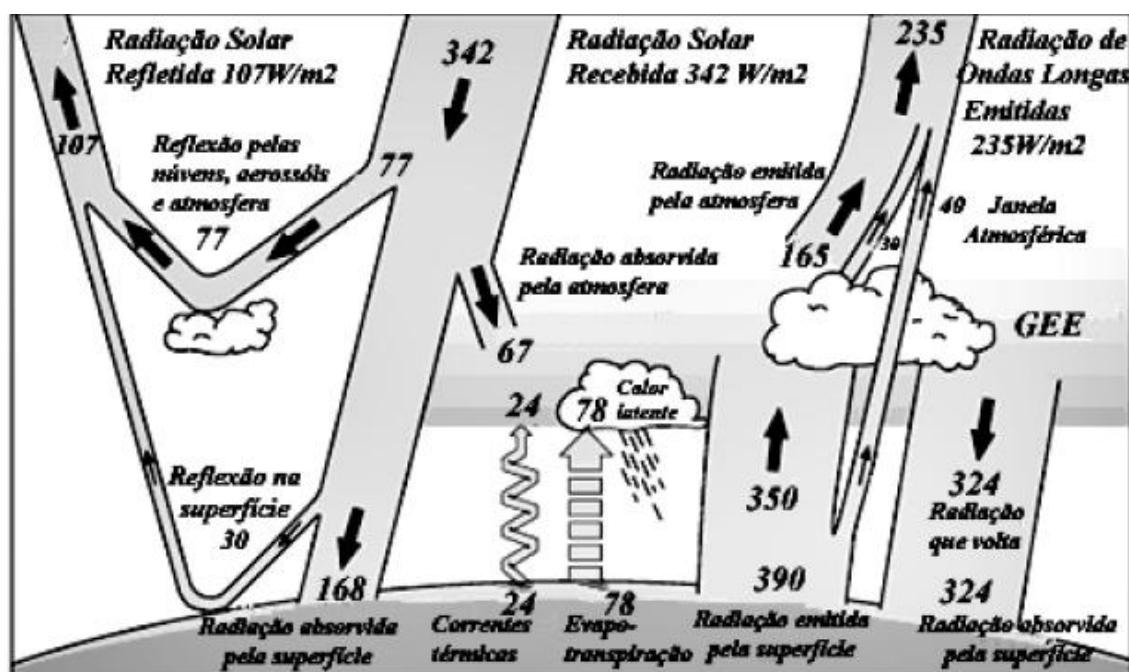
A atmosfera é o componente mais instável do sistema climático e o que sofre as mudanças mais repentinas. A composição da atmosfera, a qual tem mudado com a evolução do planeta, é de importância central para se entender o aquecimento global. A atmosfera terrestre seca é composta principalmente por 78,1% de nitrogênio (N<sub>2</sub>), 20,9% de oxigênio (O<sub>2</sub>), e 0,93% de argônio (Ar). Estes gases têm suas interações limitadas à radiação solar que chega ao planeta, não interagindo com as radiações infravermelhas que são emitidas pela Terra. Entretanto, há uma variedade de gases como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>),

metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e ozônio ( $\text{O}_3$ ), que mesmo em quantidades mínimas absorvem e emitem radiação infravermelha. Estes gases são chamados de gases de efeito estufa (GEE) e estão presentes na atmosfera seca no percentual de 0,1% em volume, sendo essenciais no balanço energético da Terra. Além disto, a atmosfera também contém vapor d'água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) que é também um gás de efeito estufa natural. Sua participação percentual em volume na atmosfera é variável, sendo 1% a participação típica. Os GEE absorvem a radiação infravermelha emitida pela Terra e emitem radiação infravermelha descendente e ascendente de forma a elevar a temperatura próxima da superfície da Terra (ABREU, 2007).

A principal fonte de energia que sustenta o sistema climático da Terra é a radiação que provém do Sol. Metade desta radiação está na porção visível de ondas curtas do espectro eletromagnético. A outra metade está, em sua maior parte, próxima à porção infravermelha e em menor parte próxima à porção ultravioleta do espectro. Cada metro quadrado da superfície esférica da atmosfera terrestre recebe anualmente, em média, 342 Watts de radiação solar. Desta radiação recebida, 31% são imediatamente refletidos de volta ao espaço pelas nuvens, pela própria atmosfera e pela superfície terrestre. A radiação restante ( $235 \text{ W/m}^2$ ) é parcialmente absorvida pela atmosfera e a sua maior parte ( $168 \text{ W/m}^2$ ) acaba por aquecer a superfície da Terra: o solo e os oceanos. A superfície da Terra retorna este calor para a atmosfera, em parte na forma de radiação infravermelha, e em parte na forma de calor sensível e na forma de vapor d'água que libera seu calor ao condensar-se nas camadas superiores da atmosfera. Esta troca de energia entre a superfície e a atmosfera mantém, nas presentes condições, uma temperatura global média, próxima à superfície terrestre de  $14^\circ\text{C}$  (IPCC, 2001<sub>b</sub> apud ABREU, 2007).



Para que o clima do planeta permaneça estável é preciso que haja um equilíbrio entre as radiações solares que chegam à Terra e as radiações que são emitidas pelo sistema climático. Desta forma, torna-se necessário que o sistema climático irradie em média  $235 \text{ W/m}^2$  de volta para o espaço. Detalhes a respeito deste balanço energético podem ser observados na Figura 2.2, que mostra no lado esquerdo do esquema a distribuição da radiação solar que chega à superfície da Terra, e no lado direito, a repartição da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre.



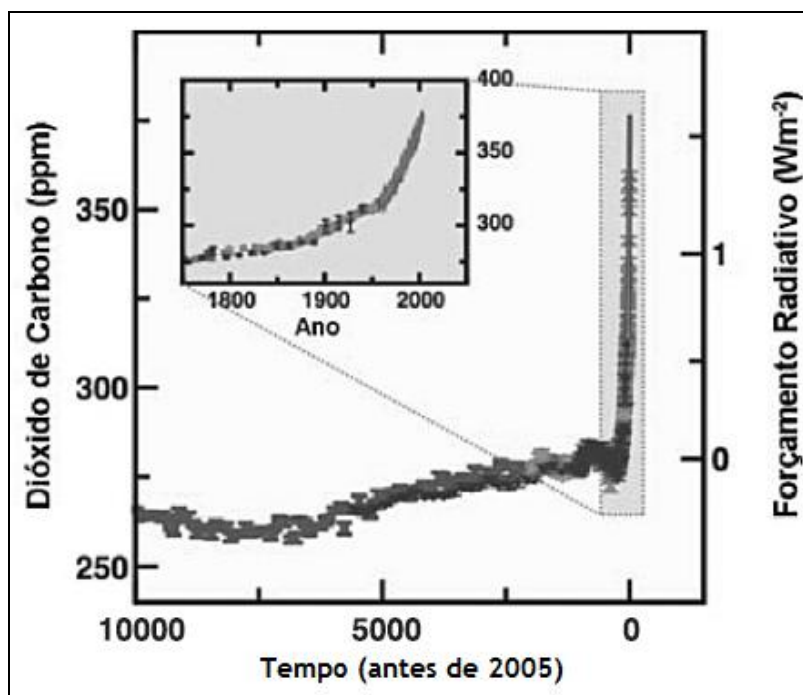
**Figura 2.2:** Balanço Energético Médio, Anual, Global da Terra (IPCC, 2001, apud ABREU, 2007)

Os GEE absorvem a radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra, pela atmosfera e pelas nuvens, com exceção de uma parte transparente do espectro chamada de “janela atmosférica”. Então, os GEE emitem radiação infravermelha em todas as direções inclusive para baixo em direção à superfície terrestre. Deste modo, os GEE acabam por reter calor na atmosfera. Este mecanismo é chamado de efeito estufa natural e tem como resultado líquido uma transferência ascendente de radiação infravermelha de níveis mais quentes próximos da superfície terrestre para níveis mais frios em elevadas altitudes. A radiação infravermelha é efetivamente emitida de volta ao espaço a partir de uma altitude com temperatura em torno de  $-19^\circ\text{C}$ , equilibrando a radiação que chega a Terra enquanto que a temperatura da superfície é mantida em níveis mais altos com média de  $14^\circ\text{C}$ . Esta emissão efetiva a  $-19^\circ\text{C}$  corresponde a altitudes de aproximadamente 5 km. Ressalta-se que é essencial para o efeito estufa que a temperatura da baixa atmosfera não seja constante (isotérmica), mas

que diminua com a altura. Portanto, o efeito estufa faz parte do balanço energético da Terra (ABREU, 2007).

As nuvens também representam um papel fundamental no balanço energético da Terra, e em particular no efeito estufa natural. As nuvens absorvem e emitem radiação infravermelha contribuindo para o aquecimento da superfície do planeta da mesma forma que os GEE. Por outro lado, a maior parte das nuvens se comporta como refletores da radiação solar tendendo a esfriar o sistema climático. O efeito líquido da cobertura de nuvens no clima presente é um leve resfriamento. Entretanto, este efeito é altamente variável dependendo da altura, do tipo e das propriedades óticas das nuvens (ABREU, 2007).

De acordo com o IPCC (2001<sub>b</sub>) o GEE de maior importância é o CO<sub>2</sub> com 60% de participação, seguido pelo CH<sub>4</sub> com 20%. As emissões anuais de CO<sub>2</sub> aumentaram cerca de 80% entre 1970 e 2004 (IPCC, 2007<sub>b</sub>). A quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera sofreu um aumento de mais de 30% desde o período pré-industrial e continua aumentando a uma taxa sem precedentes de 0,4% por ano, principalmente devido à queima de combustíveis fósseis e ao desmatamento. A concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera aumentou, de modo lento no início e depois aceleradamente, de 280 ppm no ano 1800 para 379 ppm em 2005, ecoando o desenvolvimento industrial mundial (Figura 2.3).



**Figura 2.3:** Mudanças na Concentração de CO<sub>2</sub> ao Longo do Tempo a Partir de Dados de Testemunho de Gelo e de Dados Modernos (IPCC, 2007<sub>b</sub>)

O aumento da concentração de GEE na atmosfera acentua a absorção e a emissão de radiação infravermelha. A opacidade da atmosfera aumenta e conseqüentemente aumenta a altitude a partir da qual a radiação emitida pela Terra é efetivamente enviada para o espaço. Uma vez que a temperatura é baixa em grandes altitudes, menos energia é emitida, provocando o aumento do efeito estufa (ABREU, 2007).

Várias evidências (IPCC, 2001<sub>a</sub>; IPCC, 2007<sub>a</sub>; UNFCCC, 2007<sub>a</sub>) confirmam que o recente e contínuo aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera é devido principalmente às emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub>, com maior importância para as emissões devidas à queima de combustíveis fósseis. A primeira evidência é que a concentração de O<sub>2</sub> atmosférico vem diminuindo numa taxa comparável à taxa das emissões por queima de combustível fóssil (esta queima consome O<sub>2</sub>). A segunda evidência é uma característica química na constituição dos combustíveis fósseis (isotopia) que acaba por marcar os átomos de carbono oriundos da queima destes combustíveis. Esta marca facilita a identificação dos átomos de carbono que estão presentes na atmosfera e que têm origem nos combustíveis fósseis. Uma terceira evidência é que o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> tem se mostrado maior no Hemisfério Norte onde a maior parte do combustível fóssil do planeta é queimada.

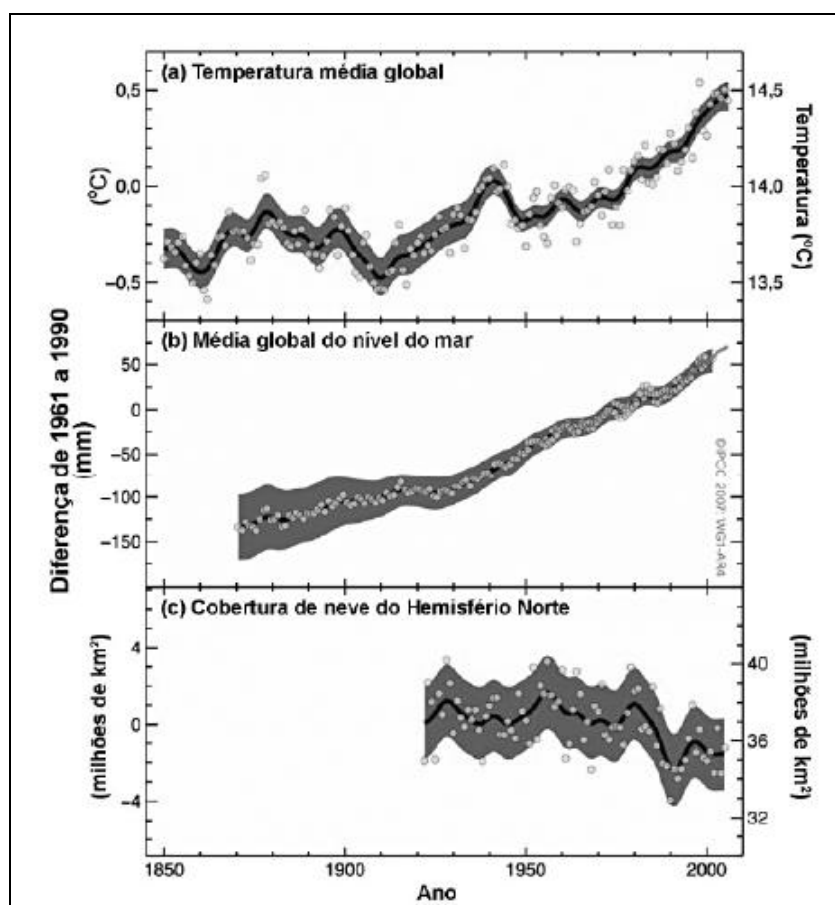
As projeções do IPCC (2007<sub>a</sub>) para o século 21 mostram que o aquecimento global vai continuar e acelerar. Acredita-se que o efeito geral das reações do sistema climático produzirá um aumento na faixa de 1,5 a 4,5°C na temperatura da superfície terrestre. A grande amplitude nesta faixa de variação de temperatura se deve ao fato de ser limitado o conhecimento a respeito das nuvens e de suas interações com a radiação infravermelha. Embora o nível de mudança pareça pequeno e insignificante, poucos graus de mudança na temperatura média podem representar uma grande mudança nas condições climáticas.

CASTELLS (2002) faz um ponto importante sobre o atual ritmo de progresso rumo a um futuro sustentável: "O consumo de recursos e degradação ambiental continua. No entanto, só estamos conscientes do processo pelo qual a nossa espécie está a cometer suicídio ambiental". Um futuro sustentável exige uma vasta gama de medidas, baseado em incentivos e desincentivos econômicos, veículos e combustíveis eficientes, gestão da demanda do tráfego, de uma efetiva escolha de modos de viagem, integração de transportes e ordenamento territorial (BANISTER, 1998).

## **b) Conseqüências do Aquecimento Global**

As mudanças climáticas que resultam das emissões de GEE situam-se entre as mais importantes questões correntes neste século, seja pela natureza global, seja pela complexidade que a questão enseja. Vive-se atualmente uma crise climática extremamente perigosa, uma emergência planetária. Mas embora isso seja motivo de alarme, é também de esperança e de oportunidades para obtenção de tecnologias mais limpas.

A resposta do sistema climático às atividades humanas é difícil de ser avaliada por causa dos componentes do sistema climático que uma vez combinados apresentam diferentes tempos de resposta às perturbações provocadas. Entretanto, a análise de um vasto conjunto de fenômenos observados constata um mundo mais aquecido e respondendo de forma direta através de mudanças significativas no clima, o que pode ser verificado na figura 2.4.



**Figura 2.4:** Mudanças na Temperatura, no Nível do Mar e na Cobertura de Neve do Hemisfério Norte (IPCC, 2007<sub>a</sub>)

Todas as mudanças são relativas às médias correspondentes para o período de 1961 a 1990. As curvas suavizadas representam valores médios decenais, enquanto que os círculos indicam valores anuais. As áreas sombreadas são os intervalos estimados com base em uma análise abrangente das incertezas conhecidas (a e b) e nas séries temporais (c).

Também foi constatado pelo IPCC (2001<sub>a</sub>; 2007<sub>a</sub>) que:

- Onze dos últimos doze anos (1995 a 2006) estão entre os 12 anos mais quentes do registro instrumental da temperatura da superfície global (desde 1850). A tendência linear de cem anos atualizada (1906 a 2005), de 0,74°C é, portanto, mais elevada do que a tendência correspondente para o período de 1901 a 2000 de 0,6°C. A tendência linear de aquecimento ao longo dos últimos 50 anos 0,13°C por década é quase o dobro da dos últimos 100 anos. O aumento total de temperatura de 1850-1899 a 2001-2005 é de 0,76 [0,57 a 0,95]°C;
- O teor médio de vapor d'água na atmosfera aumentou, desde pelo menos a década de 80, sobre a terra e o oceano bem como na alta troposfera. O aumento é bastante coerente com a quantidade extra de vapor d'água que o ar mais quente consegue carregar;
- Observações desde 1961 mostram que a temperatura média do oceano global aumentou em profundidades de até pelo menos 3.000 m e que o oceano tem absorvido mais de 80% do calor acrescentado ao sistema climático. Esse aquecimento faz com que a água do mar se expanda, o que contribui para a elevação do nível do mar;
- Um estudo recente da Nasa revelou que a Antártida está perdendo seu gelo terrestre ao ritmo de 31 bilhões de toneladas de água por ano (NASA, 2006). Imagens de satélites mostram que desde 1978 o Ártico perdeu de 2.7 [2.1 to 3.3]% por década, com perdas maiores no verão de 7.4 [5.0 to 9.8]% por década. As geleiras montanhosas e a cobertura de neve diminuíram, em média, nos dois hemisférios. Reduções generalizadas das geleiras e calotas de gelo contribuíram para a elevação do nível do mar;
- A média global do nível do mar subiu a uma taxa média de 1,8 [1,3 a 2,3] mm por ano no período de 1961 a 2003. A taxa foi mais acelerada ao longo do período de 1993 a 2003, cerca de 3,1 mm por ano. Estima-se que a elevação total do século XX seja de 0,17 [0,12 a 0,22] m.

- Tendências de longo prazo, de 1900 a 2005, foram observadas na quantidade de precipitação em vastas regiões. Um aumento significativo de precipitação foi observado na parte leste da América do Norte e da América do Sul, no norte da Europa, no norte da Ásia e na Ásia central. Observou-se que o clima ficou mais seco no Sahel<sup>1</sup>, no mediterrâneo, no sul da África e em partes do sul da Ásia;
- Mudanças na precipitação e evaporação sobre os oceanos são sugeridas pelo fato de se tornarem doces as águas das latitudes médias e altas e pelo aumento da salinidade das águas das latitudes baixas;
- Os ventos do oeste de latitude média se tornaram mais fortes em ambos os hemisférios desde a década de 60;
- Secas mais intensas e mais longas foram observadas sobre áreas mais amplas desde 1970, especialmente nos trópicos e subtropicais. O aumento do clima seco, juntamente com temperaturas mais elevadas e uma redução da precipitação, contribuíram para as mudanças na seca. As mudanças nas temperaturas da superfície do mar, nos padrões de vento e a redução da neve acumulada e da cobertura de neve também foram relacionadas com as secas;
- A frequência dos eventos de forte precipitação aumentou sobre a maior parte das áreas terrestres, de forma condizente com o aquecimento e os aumentos observados do vapor d'água atmosférico;
- Mudanças generalizadas nas temperaturas extremas foram observadas ao longo dos últimos 50 anos. Dias frios, noites frias e geadas se tornaram menos frequentes, enquanto que dias quentes, noites quentes e ondas de calor se tornaram mais frequentes;
- Há evidências, obtidas com base em observações, de um aumento da atividade intensa dos ciclones tropicais no Atlântico Norte desde cerca de 1970, correlacionado com os aumentos das temperaturas da superfície do mar nos trópicos. Diversos cientistas constataram em simulações que o aumento do aquecimento global provocaria o aparecimento de furacões no Atlântico Sul. Em março de 2004 ocorreu pela primeira vez um furacão (Catarina) no Atlântico Sul atingindo o Brasil;

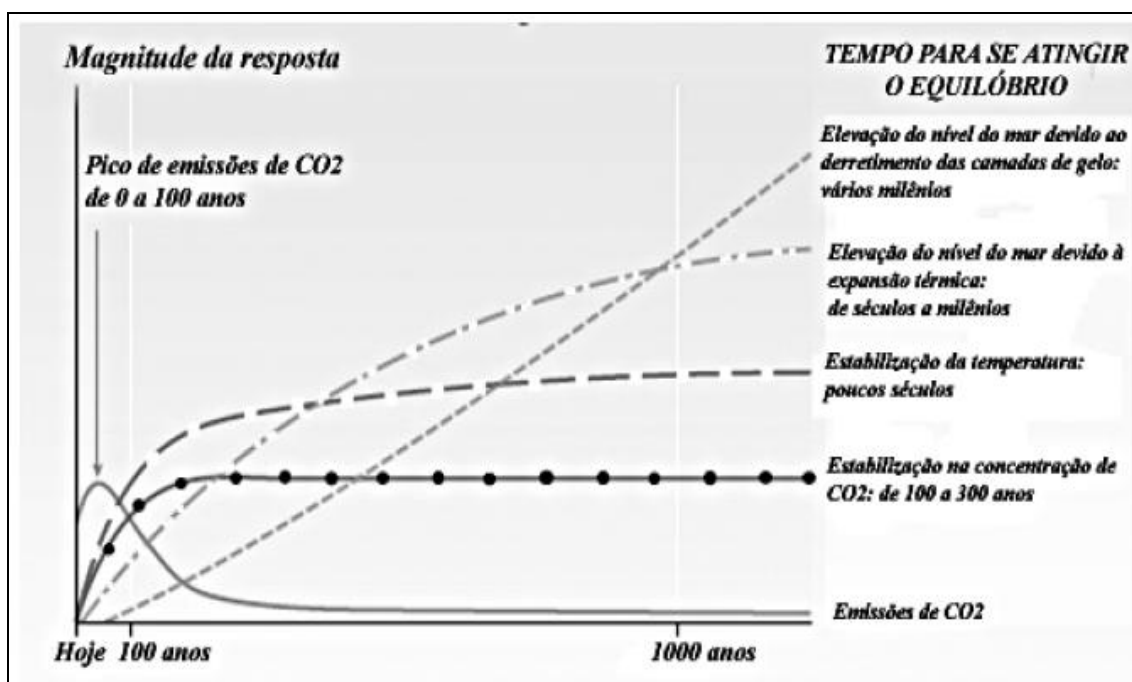
---

<sup>1</sup> Sahel é uma faixa que vai do Oceano Atlântico ao "chifre" da África.

- O aumento da temperatura global aumenta potencialmente as taxas de extinção de muitas espécies e habitats (até 30 por cento com 2°C de aumento na temperatura). Atualmente já se encontram afetados recifes de corais.

A Organização das Nações Unidas estima que 150.000 pessoas morram anualmente por causa de secas, inundações e outros fatores relacionados diretamente ao aquecimento global (WORLDWATCH INSTITUTE, 2005). Nos próximos 50 anos, 40% da população mundial deverá enfrentar uma grave falta de água potável (GORE, 2006). O relatório de STERN (2007) sobre mudança climática estima que atualmente os prejuízos econômicos no mundo atinjam a cifra monumental de 7 trilhões de dólares; um prejuízo dentre 5 a 20% do PIB mundial. Segundo o mesmo, com 1% do PIB em investimentos poder-se-ia chegar a um nível aceitável de emissão de gases, com grandes saltos tecnológicos.

Uma vez analisadas estas mudanças climáticas e comprovada a associação das mesmas com as emissões de GEE constata-se a necessidade de se controlar tais emissões de forma a se obter a estabilização ou até mesmo sua redução. Entretanto, a estabilização das emissões de CO<sub>2</sub> próxima aos níveis correntes não acarretará a estabilização da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera. A estabilização da concentração de CO<sub>2</sub> requer uma redução nas emissões globais líquidas de CO<sub>2</sub> a uma pequena fração do nível atual de emissões, dependendo do nível de concentração de emissões que se almejar. Uma vez alcançada a estabilização da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, prevê-se que a temperatura do ar na superfície terrestre irá continuar a subir alguns décimos de grau a cada século, por alguns séculos ou mais. Igualmente, projeta-se que o nível dos mares irá continuar a se elevar por muitos séculos (Figura 2.5) em função do transporte de calor nos oceanos ser lento assim como a resposta das camadas de gelo.



**Figura 2.5:** Projeção da Temperatura Global e do Nível dos Oceanos em Função da Estabilização das Emissões de CO<sub>2</sub> (IPCC, 2001<sub>a</sub> apud ABREU, 2007)

É inevitável um maior aquecimento do planeta. Porém, quanto mais elevado for, mais graves serão as conseqüências. Portanto, é crucial adotar todas as medidas possíveis para reverter o aumento das emissões. Isto significa mudar, o mais rápido possível, para uma economia energética global com menor teor de carbono, que evite liberar ainda mais carbono para a atmosfera.



Muitos impactos podem ser atrasados, reduzidos ou evitados através da mitigação por meio de esforços e investimentos ao longo das próximas décadas, permitindo assim oportunidades de alcançar níveis mais baixos de estabilização. No setor de transportes algumas medidas para mitigação são sugeridas pelo IPCC: veículos mais eficientes, veículos híbridos; baterias mais baratas, com maior capacidade e mais confiáveis; diesel mais limpo; biocombustíveis; transporte não motorizado (a pé ou por bicicleta); planejamento de infra-estrutura do transporte e uso do solo; economia de combustível obrigatória; padrões de CO<sub>2</sub> para o transporte rodoviário; maiores impostos na compra de um veículo; e restrições aos veículos particulares; entre outros (IPCC, 2007<sub>a</sub>).

### **2.1.3. Outros Impactos**

#### **a) Poluição Sonora**

Um outro tipo de poluição gerado pelo transporte urbano é a poluição sonora. A poluição sonora é hoje, depois da poluição do ar e da água, o problema ambiental que afeta o maior número de pessoas (WHO, 2003). A poluição sonora consiste na emissão de barulho, ruídos e sons em limites perturbadores da comodidade auditiva. De fato, a exposição prolongada a ruído, mesmo que não muito elevado, afeta a saúde e o bem-estar físico, mental e social.

O setor de transportes provoca impactos de poluição sonora devido ao tráfego, que pode ser considerado a maior causa de ruído das grandes cidades (MOTTA; RIBEIRO; PORTUGAL, 2007). São Paulo figura entre as dez cidades mais barulhentas do mundo, devido principalmente ao trânsito (SMA e CETESB, 1997).

A sensibilidade ao ruído é subjetiva e varia de acordo com a altura, continuidade e tempo de exposição, além do volume. A magnitude do som é expressa em decibéis (dB). A OECD estabelece o limite de 65dB como aceitável, e estima que mais de 100 milhões de pessoas estão expostas diariamente a mais do que isso, tendo o tráfego como fonte (TOLLEY e TURTON, 1995; WHITELEGG, 1993; WRI CETESB e PROCAM, 1999).

A velocidade de manifestação do dano depende, além do nível das emissões sonoras, de fatores como: o tempo de exposição, as condições gerais de saúde e a idade. Níveis elevados de ruído podem provocar surdez, aumentar a secreção de hormônios relacionados com o estresse, diminuir a concentração e desencadear doenças, como pressão alta, disfunções do aparelho digestivo, do sistema cardiovascular, do sistema neuroendócrino e insônia. Distúrbios psicológicos também podem ter origem no excesso de ruído, como a irritabilidade exagerada. Os grupos mais sensíveis ao ruído são as crianças em idade escolar, os idosos e os doentes (UNIVERSO AMBIENTAL, 2008; COELHO; VALADAS; GUEDES, 1996).

A poluição sonora ainda não é percebida por todos indivíduos como uma agressão. Porém o ruído é um poluente invisível que, contínua e lentamente, agride os indivíduos, causando-lhes danos tanto auditivo como em todo o organismo.

## **b) Intrusão Visual**

O setor de transportes produz, também, impacto de poluição visual devido à presença de veículos parados ou em movimento e pela própria infra-estrutura física do setor, que afeta a qualidade visual de diversas áreas. Não somente os veículos e vias causam esse tipo de poluição, mas todos os equipamentos necessários ao sistema de transportes: sinalização, defensas, meio-fio, abrigos, terminais, etc.

A intrusão visual é um dos impactos mais subjetivos e difíceis de medir. O impedimento de se ver, parcial ou total, a paisagem urbana, ou o ato de ver uma paisagem esteticamente desagradável, caracterizam a intrusão visual. Tal impacto, quando provocado pela presença da via e seus equipamentos, afeta negativamente as áreas lindeiras, desvalorizando-as (DNIT, 2005).

A elevada motorização nos centros urbanos provoca uma maior procura por vagas de estacionamento, com consumo elevado de espaço, reduzindo a qualidade da área pública e tornando desconfortável e até mesmo inseguro o deslocamento a pé. Aumentar o número de vias, alargar vias e, introduzir modificações diversas na circulação, de nada adiantará, para reduzir ou amenizar a intrusão visual, se o número de veículos continuar subindo gradativamente.

### **c) Resíduos do Setor de Transportes**

Ainda é predominante no panorama mundial a cultura do automóvel, refletindo mais de 100 anos de expansão da maior indústria do planeta de transporte automotivo. A cada ano 3.500.000 toneladas de lixo automotivo são geradas no mundo (IMAP, 2004).

O setor de transportes gera uma grande variedade de lixos sólidos e líquidos, como óleos lubrificantes, solventes industriais, óleos não aproveitáveis e pneus usados que devem ser reciclados ou dispostos de alguma maneira aprovada pelas leis municipais. Líquidos não aproveitáveis que não são adequadamente tratados podem por em risco o abastecimento de água, sendo perigosos para os moradores que vivem perto de depósitos de transporte e oficinas mecânicas.

### **d) Perdas Humanas em Acidentes**

Os acidentes de trânsito representam um sério problema a ser enfrentado pela sociedade na busca de qualidade de vida, despertando a atenção pelo elevado número de vítimas que produzem anualmente. A Organização Mundial de Saúde (OMS) e o Banco Mundial (OMS e BM, 2004) classificam os acidentes decorrentes do trânsito como um dos principais fatores de risco à vida e à saúde humana, dada a gravidade da situação.

No Brasil, com base em Dados do Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito (RENAEST) do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN<sub>a</sub>, 2009), todos os anos morrem, em média, mais de 20.000 pessoas devido à ocorrência de acidentes de trânsito. No período de 1997 a 2007, aproximadamente 224.471 pessoas morreram em decorrência de acidentes de trânsito e mais de 4 milhões ficaram feridas. A taxa brasileira em 2000 era de 6,80 mortes por 10 mil veículos enquanto esta mesma taxa para o Japão era de 1,32, Alemanha 1,46 e França 2,35 (DENATRAN e OECD apud IPEA, 2003).

Estima-se que a cada ano morram em todo o mundo 1,2 milhão de pessoas devido a acidentes em vias públicas e que mais de 50 milhões ficam feridas (OMS e BM, 2004). Se não forem tomadas ações preventivas, os traumatismos por veículos a motor passarão do nono para o terceiro lugar entre as 10 principais doenças ou traumatismos causadores de morte em 2020 (OMS e BM, 2004).

Os acidentes de trânsito constituem um grave problema social e econômico, de grande dimensão pelo número de vítimas fatais e de feridos que produzem anualmente, necessitando assim, serem percebidos corretamente pela população e tratados pelas administrações públicas. É necessário reduzir as ocorrências de acidentes de trânsito, assegurando condições seguras de circulação para todos os usuários.

## **2.2. PRINCIPAIS CAUSAS DOS PROBLEMAS AMBIENTAIS RELACIONADOS AO TRANSPORTE URBANO**

### **2.2.1. Influência da Urbanização e da Taxa de Motorização no Transporte Urbano**

O uso de energia para o transporte urbano é determinado por vários fatores, incluindo a localização residencial e de trabalho. Nas décadas recentes, houve um aumento na maioria das cidades da dependência de automóveis e houve paralelamente uma queda no uso do transporte público. Em alguns casos, o aumento da motorização é resultado de um plano deliberado de prever a prover. (THE ROYAL COMMISSION ON TRANSPORT AND ENVIRONMENT, 1994; GOODWIN, 1999 APUD IPCC, 2007). Os processos de planejamento e programação tiveram uma função fundamental nos países desenvolvidos durante a segunda metade do século XX. Em vários países em desenvolvimento, o processo de motorização e construção de rodovias foi menos organizado, mas geralmente seguindo o mesmo caminho de motorização, freqüentemente mais acelerada.

Os dados de densidade urbana são importantes para a explicação de padrões de transporte e uso de energia, principalmente sobre o uso de automóveis particulares. KENWORTHY e LAUBE (1999) afirmam que as altas densidades urbanas são associadas com níveis baixos de posse e uso de veículos e altos níveis de uso em trânsito. Essas densidades têm diminuído em quase todos os lugares. Ocorrem reduções maiores nas densidades da população conforme áreas urbanizadas aumentam, e assim, as populações de cidades centrais tendem a diminuir ou estagnam.

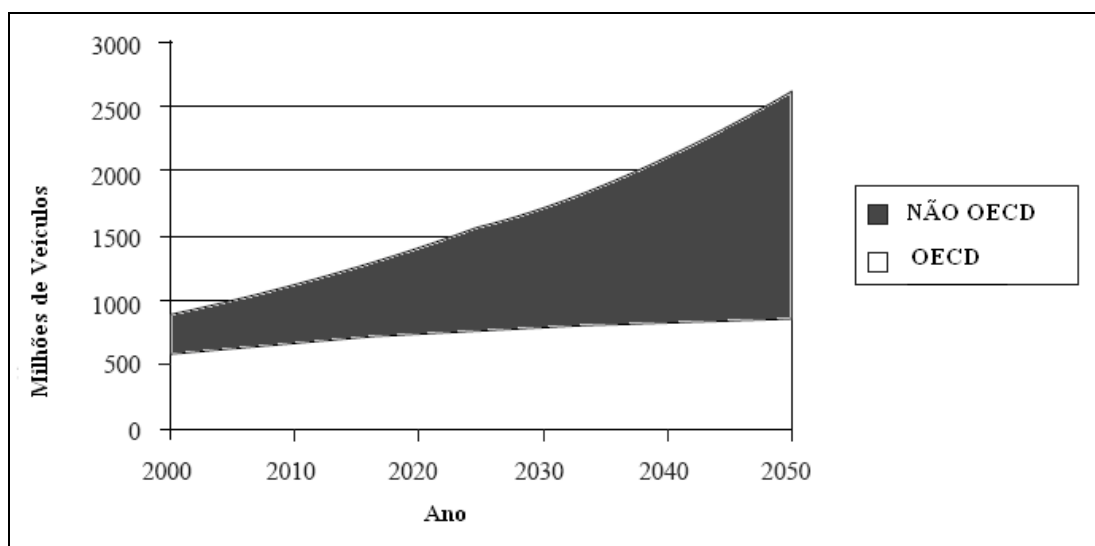
A forma de urbanização, especialmente em centros urbanos de alta densidade é a chave e fator consistentemente forte para ajudar a explicar o nível de uso de carros em uma cidade e o nível de uso no trânsito (KENWORTHY e LAUBE, 1999).

A IEA (2007) projeta que a população mundial irá crescer 1% por ano, em média, de 6,4 bilhões em 2005 para quase 8,2 bilhões em 2030. Por sua vez, o WORLD WATCH INSTITUTE (2005) afirma que metade da humanidade irá viver em cidades em 2008. No Brasil, em 34 anos, a população brasileira praticamente dobrou em relação aos 90 milhões de habitantes da década de 1970 e, somente entre 2000 e 2004, aumentou em 10 milhões de pessoas. O IBGE (2008) estima que em janeiro de 2004 a população brasileira ultrapassou os 180 milhões de habitantes e prevê 259,8 milhões de brasileiros em 2050.

O aumento da urbanização e a migração urbana sobrecarregam os sistemas de transporte coletivo e incentivam a utilização dos veículos particulares.

O excesso de automóveis em circulação é a principal causa de congestionamentos e da deterioração da qualidade do ar, afetando a saúde da população, sobretudo nas grandes cidades. É expressivo o crescimento da frota mundial de veículos, que de 53 milhões de unidades em 1950, passou para 547 milhões em 2000. Em 2006, a frota mundial já contava com 635 milhões de automóveis (DAVIS e DIEGEL, 2008).

A Figura 2.6 mostra a evolução esperada da posse de veículos particulares. Verifica-se que a maior parte deste crescimento terá lugar nos países em desenvolvimento. O número de veículos nos países em desenvolvimento irá superar o número de veículos da OECD em 2030. Fulton e Wright (2005) estimam que em 2050 serão 2,6 bilhões de veículos particulares no mundo,.



**Figura 2.6:** Posse de Veículos por Região (FULTON e WRIGHT, 2005)

Quanto ao Brasil, segundo dados do DENATRAN (2009<sub>b</sub>), observa-se que a frota de automóveis, em 1994, foi estimada em 16,5 milhões de automóveis e, em 2008, foi estimada em 32 milhões, ou seja, um crescimento de 194% num período de 15 anos.

A indústria automobilística nacional vem recebendo fortes incentivos governamentais, diretos e indiretos, entre eles vários de natureza fiscal. Desde 1992, a indústria automobilística brasileira entrou em uma fase de crescimento, com ênfase à produção de veículos econômicos, podendo ser financiados em até 36 meses, o que, num regime de estabilidade econômica, impulsionou as vendas. Isso proporcionou um grande incremento no número de pessoas que passaram a ter automóvel na classe C, onde se concentram os usuários do transporte público (NTU e SEDU/PR, 2002).

A IEA (2006<sub>b</sub>) afirma que a posse de automóveis por habitante no Brasil, cerca de 150 veículos por 1000 pessoas, é mais de três vezes superior à média da América Latina. A posse de automóveis no Brasil está projetada para aumentar para 335 veículos por 1000 pessoas em 2030, cerca de três quartos da posse de veículos na Europa atualmente.

Enquanto o uso do veículo privado tem atingido proporções alarmantes, o mesmo não se pode dizer da utilização do transporte público. Em várias partes do mundo, o uso do transporte público tem diminuído em um ritmo estável (WRIGHT, 2004). A Tabela 2.3 documenta a perda do transporte público em várias cidades do mundo. Em geral, o transporte público tem sofrido uma perda anual de 0,2% a 1,4% (WBCSD, 2001).

**Tabela 2.3:** Tendências do Transporte Público em Cidades Seleccionadas (WRIGHT, 2004)

CIDADE	ANO	% VIAGENS REALIZADAS POR TRANSPORTE PÚBLICO	ANO	% DE VIAGENS REALIZADAS POR TRANSPORTE PÚBLICO
Bangkok	1970	53	1990	39
Buenos Aires	1993	49	1999	33
Kuala Lumpur	1985	34	1997	19
Mexico City	1984	80	1994	72
Moscow	1990	87	1997	83
Sao Paulo	1977	46	1997	33
Seoul	1970	67	1992	61
Tokyo	1970	65	1990	48
Shanghai	1986	24	1995	15
Warsaw	1987	80	1998	53

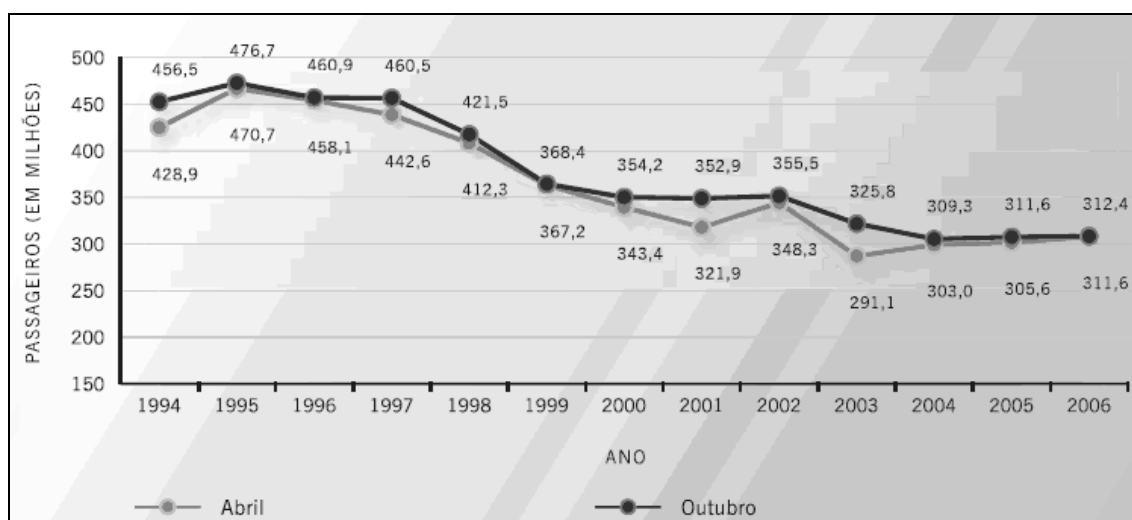
Segundo estudos de WRIGHT (2004), os passageiros de transportes públicos geralmente dão as seguintes razões para mudar para veículos particulares:

- Inconveniência em termos de localização das estações e frequência do serviço;
- A falha na logística de origens e destinos;
- O medo de assaltos nas estações e nos ônibus;
- A falta de segurança em termos de capacidade do motorista;
- A falta de prioridade para os ônibus;
- O serviço é muito lento em relação aos veículos particulares, especialmente quando os ônibus fazem paradas frequentes;
- O transporte público pode ser relativamente caro para algumas famílias;
- Baixa qualidade ou inexistência de infra-estrutura (por exemplo: a falta de abrigos, veículos sujos, etc);
- A falta de organização, mapas e informações tornam os sistemas de difícil utilização;
- O baixo prestígio dos serviços de transporte público.

Se o transporte público for lento, desconfortável, inseguro, precário e desprovido de prestígio, as pessoas vão evitá-lo ao máximo e almejar a compra de um veículo particular na primeira oportunidade. Da mesma forma, se a infra-estrutura para pedestres é de má qualidade e insegura, a motorização pode se tornar o modo de escolha mesmo para distâncias muito curtas, como tem ocorrido em algumas cidades da Ásia (HOOK, 2000). Portanto, o efeito do transporte público inadequado somado às difíceis condições para pedestres e ciclistas têm como resultado a migração para veículos motorizados privados.

No Brasil, além do crescimento do transporte individual, também ocorre uma insatisfação geral com a qualidade dos serviços de transporte público. Tarifas crescentes, oferta inadequada às necessidades dos usuários, insuficiente desenvolvimento tecnológico e inovativo e falta de investimentos para atender a elevada demanda de infra-estrutura são alguns dos problemas agravados por um ambiente institucional e um marco regulatório carentes de modernização. Tais fatores contribuem grandemente para a perda da demanda por transporte coletivo no país. (NTU, 2007<sub>a</sub>).

Desde 1997, a NTU vem publicando anuários onde podem ser encontrados gráficos de passageiros transportados por mês nas principais capitais brasileiras. A Figura 2.7, retirada do último anuário publicado em 2007 (NTU, 2007<sub>a</sub>), referente às cidades de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Recife, Porto Alegre, Fortaleza, Curitiba e Goiânia, mostra que a quantidade de passageiros transportados pelos ônibus urbanos apresentou queda significativa no período de 1995 a 2002. Em 2003, inicia-se uma tendência de recuperação que continua a prevalecer em 2006, apresentando um leve crescimento da demanda. De 1995 a 2006 a queda total da demanda foi de 35%.



**Figura 2.7:** Passageiros Transportados por Mês por Sistemas de Ônibus (NTU, 2007<sub>a</sub>)



Em relação à qualidade de serviço do transporte público no Brasil, conforme ZARATTINI (2003), em média, a viagem por ônibus demora 2,3 vezes mais do que a realizada por automóvel particular. A falta de flexibilidade do transporte público impõe freqüentemente ao usuário a necessidade de caminhar centenas de metros, ou mesmo quilômetros, e esperar por dezenas de minutos pela passagem do veículo. Este desconforto pode ser acompanhado de caminhadas por locais inapropriados, sob condições climáticas adversas e inseguras. Além disso, muitos deslocamentos necessitam de transbordo para serem completados, necessitando de mais paradas e esperas. Outro incômodo é o fato de que o passageiro muitas vezes faz a viagem a pé, sem ter lugar para sentar em conduções lotadas, comuns ao transporte público. Também não é permitido transportar cargas.

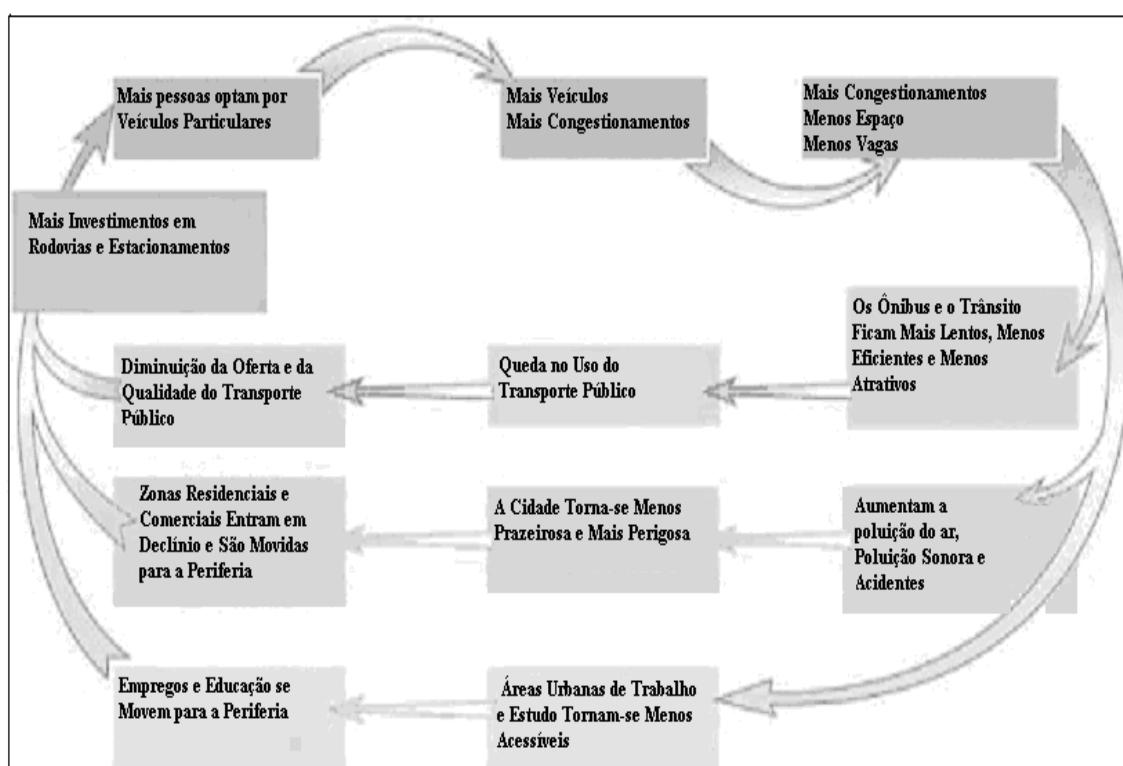
Já o transporte individual gera maior flexibilidade no tempo e no espaço, oferece deslocamento porta a porta, conforto, privacidade, agilidade, além de toda a carga social e simbólica associada a sucesso pessoal ou a prestígio. Além disso, pode ser até mesmo mais rápido e até mais barato do que usar os sistemas de transporte público coletivos.

O modelo de circulação urbana vigente vem se mostrando ineficaz e insustentável. Em várias cidades foram investidos vultosos recursos em infra-estrutura viária, sem os resultados esperados de alívio aos congestionamentos e de melhoria da acessibilidade urbana, uma vez que a melhoria do fluxo de veículos se verifica apenas no curto prazo, pois logo se reverte em maior uso do transporte individual, trazendo novos congestionamentos em um segundo momento. Assim sendo, os problemas de congestionamento não podem ser resolvidos pela construção de novas rodovias, pois elas encorajam mais carros a transitar, além de minar o transporte público, que, diferentemente, deveria ser fortalecido e modernizado (MOTTA; RIBEIRO; PORTUGAL, 2007).

Uma pesquisa realizada pelo Instituto de Desenvolvimento e Informação em Transportes (ITRANS, 2004) revelou que a mobilidade da população pobre nas grandes cidades brasileiras, medida pelo número médio de deslocamentos diários por pessoa, é muito baixa, indicando sérios problemas de acesso ao trabalho e às oportunidades de emprego, às atividades de lazer e aos equipamentos sociais básicos. As precárias condições de mobilidade se colocam como obstáculos à superação da pobreza e da exclusão social para cerca de 45% da população urbana brasileira que tem renda mensal familiar inferior a três salários mínimos. Dados do IPEA confirmam que mais de 37 milhões de brasileiros não podem utilizar o transporte público de forma regular, por absoluta impossibilidade de pagar a tarifa (NTU, 2007<sub>b</sub>).

As pessoas de menor renda são exatamente as que mais dependem do transporte coletivo para se locomover nas cidades, o que demonstra a necessidade de mudanças urgentes na estrutura do setor para baixar a tarifa e, ao mesmo tempo, trazer novamente essas pessoas para o sistema. MENCKHOFF (2001) afirma que o transporte público mal gerido empobrece os mais pobres, acentuando ainda mais as desigualdades sociais, quando o transporte individual é privilegiado em detrimento do transporte público.

A Figura 2.8 mostra como funciona o ciclo vicioso do declínio urbano, induzindo à conclusão de que modernizar o transporte público é uma política essencial para reverter tal ciclo.



**Figura 2.8:** O Círculo Vicioso de Declínio Urbano (Adaptação de UITP, 2003)

A melhoria da eficiência das redes de transporte público é fundamental para a redução dos custos operacionais e deve considerar a racionalização da oferta dos serviços, a priorização do transporte coletivo no sistema viário, a eliminação da concorrência predatória e a melhoria da gestão empresarial com a implantação de tecnologias de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS – *Intelligent Transportation Systems*), objetivando aperfeiçoar as informações operacionais e reduzir os custos gerenciais.

Em decorrência do apresentado, decorre o aumento do volume total das emissões de poluentes locais, regionais e responsáveis pelo aquecimento global, tanto pelas emissões de um número cada vez maior de veículos quanto pelo crescimento populacional. Verifica-se então, aumento do número de veículos circulando nas vias, ressaltando a importância deste acréscimo nos impactos ambientais gerados às cidades, pois, a poluição do ar nos centros urbanos e a quantidade de veículos em circulação são diretamente proporcionais.

## **2.2.2. Emissão de Poluentes**

Uma vez constatada a forte e crescente dependência do automóvel no transporte urbano pode-se observar a importância do mesmo na questão das emissões de poluentes atmosféricos.

Quanto aos poluentes locais e regionais, de um modo específico, as emissões originadas pelo uso de veículos automotores se dividem em:

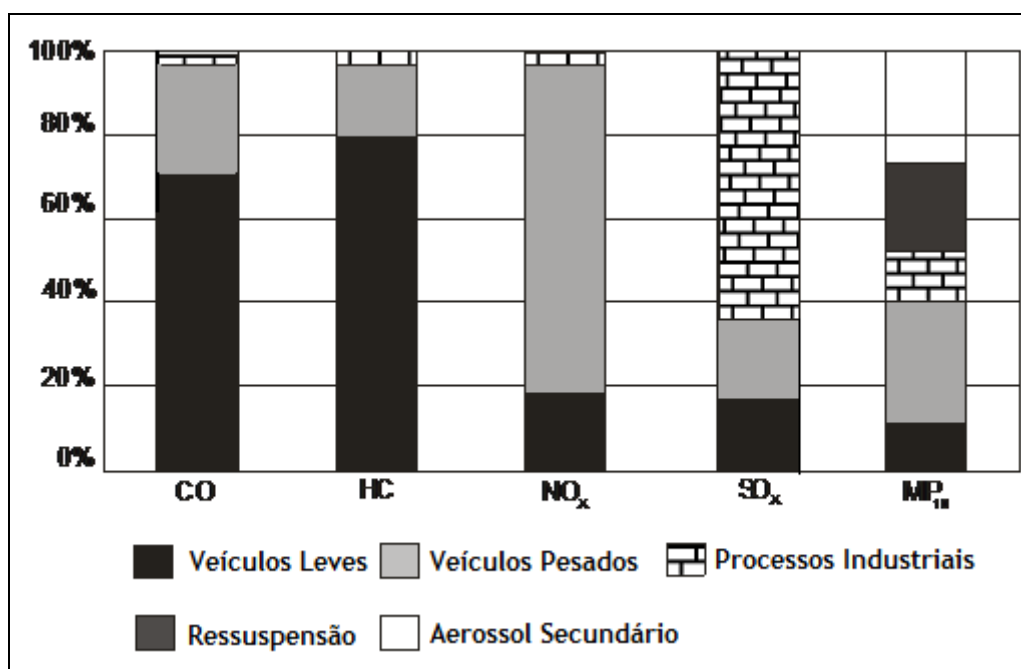
- emissões de gases (CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, HC) e partículas (MP) pelo escapamento do veículo, subprodutos da combustão lançados à atmosfera pelo tubo de escapamento;
- emissões evaporativas de combustível (HC), lançadas na atmosfera por meio de evaporação de hidrocarbonetos do combustível;
- emissões de gases do cárter do motor (CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>), subprodutos da combustão que passam pelos anéis de segmento do motor e por vapores do óleo lubrificante;
- emissões de partículas (MP) provenientes do desgaste de pneus, freios e embreagem; ressuspensão de partículas de poeira do solo e;
- emissões evaporativas de combustível (HC) nas operações de transferência de combustível, associadas ao armazenamento e abastecimento de combustível.

Uma vez que os automóveis são os mais utilizados no transporte rodoviário urbano, eles são também os que mais contribuem com as emissões de poluentes, principalmente com as de CO.

Nos Estados Unidos, em 2006, das 100,56 milhões de toneladas de monóxido de carbono (CO) emitidas o setor de transportes foi responsável por 78% das mesmas sendo 54% devidas aos veículos leves rodoviários. Quanto às emissões de óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), neste mesmo ano, do total de 18,23 milhões de toneladas 36% foram devidas aos veículos leves. Em relação ao material particulado, 44% das emissões MP-10 produzidas pelo setor de transportes em 2006 foram devidas aos veículos leves (Davis e Diegel, 2008).

Na Europa (EU-15), em 2000, 91% das emissões de CO relativas ao setor de transportes foram devidas aos veículos leves rodoviários enquanto apenas 0,4% destas emissões foram causadas por ônibus. Quanto ao NO<sub>x</sub>, neste mesmo ano, 55% das emissões foram devidas aos veículos leves e 7% pelos ônibus. Finalmente, em relação ao material particulado 52% das emissões foram causadas pelos veículos leves e 4% pelos ônibus (EEA, 2006)

Em relação ao Brasil, especificamente na Região Metropolitana de São Paulo estimativas da CETESB (2008) mostram que os veículos automotores são responsáveis por 97% das emissões de CO, 97% de HC, 96% NO<sub>x</sub>, 40% de MP10 e 32% de SO<sub>x</sub> (Figura 2.9).



**Figura 2.9:** Emissões Relativas de Poluentes por Tipo de Fontes na Região Metropolitana de São Paulo em 2007 (CETESB, 2008)

As emissões veiculares variam em função de diversos fatores os quais influenciam a quantidade e a composição das mesmas. Além das características do veículo - tipo do motor; estado de conservação; idade; regulagem e manutenção do motor - existem características que também afetam as emissões, tais como: a composição do combustível utilizado; a distribuição da frota circulante; o modo de operação do veículo; o tráfego nos centros urbanos; e as condições climáticas do local onde o veículo circula.

Com o uso contínuo, o desgaste de peças e componentes afeta as características de eficiência do motor, provocando índices mais elevados de emissão. De acordo com o Banco Mundial (FAIZ *et al.*, 1996 apud ABREU, 2002) a identificação de veículos com problemas de manutenção, seguida pelo adequado reparo através de um Programa de Inspeção e Manutenção pode levar a reduções de 30% a 50% nas emissões médias e de 3,5% a 19% no consumo de combustível.

De modo geral, quanto mais antiga a frota, mais poluentes são emitidos. Essa constatação fica mais evidente quando são analisados os fatores de emissão médios por faixa etária. A tabela 2.4 mostra os fatores de emissão da frota (g/km), por faixa etária, para o ano de 1994.

**Tabela 2.4:** Fatores de Emissão Médios por Faixa Etária para a Frota Total em 1994 (MCT, 2006)

Faixa Etária	CO	CH <sub>4</sub>	NO <sub>x</sub>
0-1	6,0	0,01	0,69
1-2	6,4	0,01	0,76
2-5	11	0,02	1,0
5-10	19	0,03	1,5
10-15	32	0,04	1,3
15+	67	0,08	1,2
total	22	0,03	1,1

O tipo de combustível utilizado define a qualidade da queima da mistura ar-combustível dentro do motor, influenciando na formação dos poluentes emitidos na localidade. A quantidade de enxofre contida no óleo diesel influencia diretamente a emissão de compostos de enxofre. Como estes são produtos corrosivos, interferem na durabilidade dos motores. Portanto, é fundamental para fabricantes e consumidores a redução do teor de enxofre.

O modo de operação como o desempenho, a velocidade, o comportamento e o estilo de dirigir de cada motorista, pode provocar sensíveis diferenças tanto no consumo de combustível quanto na emissão de poluentes. A Tabela 2.5 apresenta estas diferenças.

**Tabela 2.5:** Efeito da Operação do Motor nas Emissões de Escape, em Relação às Emissões em Marcha Lenta (PEIRCE *et al.*, 1998 apud ABREU, 2003 )

Poluentes	Emissões relativas com base na operação em marcha lenta		
	CO	HC	NO <sub>x</sub>
Marcha lenta	1	1	1
Aceleração	0,6	0,4	100
Velocidade Constante	0,6	0,3	66
Desaceleração	0,6	11,4	1

O excesso de carga no veículo também deve ser evitado. Sabe-se que uma sobrecarga aumenta o consumo de combustível, acarreta danos ao motor e, aumenta a emissão de fumaça preta (TACO, 2006).

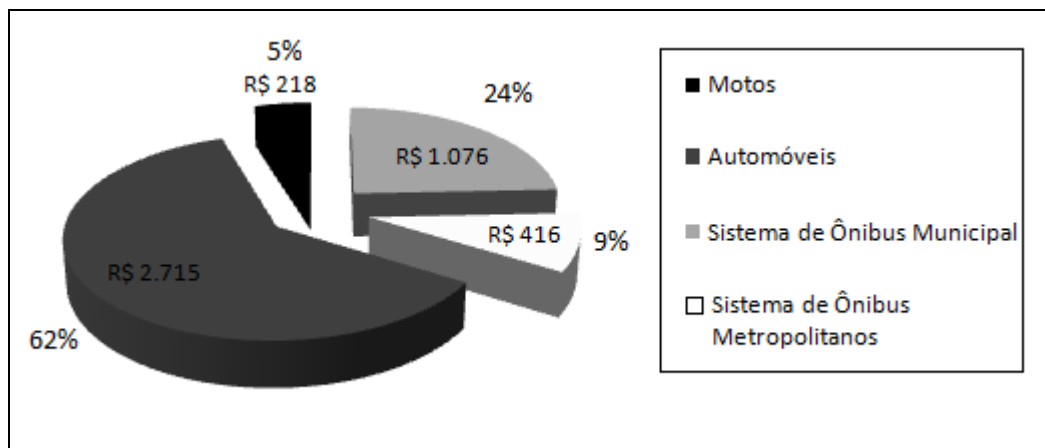
Já os congestionamentos de tráfego são críticos para a emissão de poluentes em geral, já que a condição mais favorável para a menor emissão de poluentes ocorre quando os veículos operam a velocidade constante (TACO, 2006).

Na Tabela 2.6 são apresentados valores de desperdícios provocados pelos congestionamentos em dez cidades brasileiras (Belo Horizonte, Brasília, Campinas, Curitiba, João Pessoa, Juiz de Fora, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, São Paulo), num comparativo entre ônibus e automóveis. Vale destacar, neste sentido, que os automóveis liberam quase 175 vezes mais monóxido de carbono que os ônibus, 37 vezes mais hidrocarbonetos e despendem 36 vezes mais em gastos com combustíveis (ANTP, 1999).

**Tabela 2.6:** Desperdícios Anuais em Dez Cidades Brasileiras Devido ao Congestionamento Severo (Vias com Capacidade Esgotada) (ANTP, 1999)

Tipo de desperdício/ excesso	Quantidade anual	
	Autos	Ônibus
Combustível	251 milhões litros	7 milhões litros
Monóxido de carbono	122 mil toneladas	0,7 mil tonelada
Hidrocarbonetos	11 mil toneladas	0,3 mil tonelada

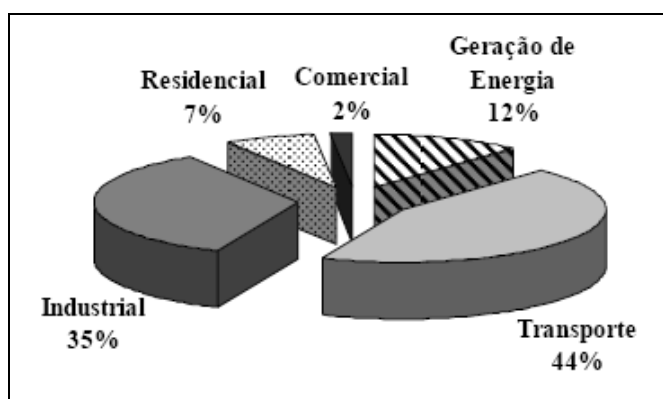
Na Figura 2.10 observa-se que a poluição produzida pelo transporte individual custa à sociedade o dobro do que aquela produzida pelo transporte público. O custo da poluição para a sociedade é de cerca de R\$ 4,2 bilhões, sendo o transporte individual responsável por 65% deste valor.



**Figura 2.10:** Custos de Poluição de 2003 em Milhões de Reais (ANTP, 2004)

Em relação às emissões de GEE, o setor de transporte é o setor que apresenta maior crescimento dessas emissões. De acordo com o IPCC (2007<sub>a</sub>), este aumento entre 1970 e 2004 no setor de transportes foi de 120%. Atualmente, o setor de transportes responde mundialmente por 23% das emissões de CO<sub>2</sub>.

No Brasil, em 1994, o setor de transportes já figurava em primeiro lugar, em relação aos outros setores da economia, ao se analisar a categoria das emissões devidas à queima de combustível. Como pode ser observado na Figura 2.11, neste mesmo ano de 1994, o setor de transportes apresentava uma participação de 44% (94,3 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>) (MCT, 2002 apud ABREU, 2007).



**Figura 2.11:** Participação das Fontes nas Emissões de CO<sub>2</sub> Devida à Queima de Combustíveis no Brasil em 1994 (MCT, 2002 apud ABREU, 2007)

O crescimento das emissões de CO<sub>2</sub> pelo setor de transportes, no período de 1990 a 1997, nas grandes regiões do mundo, foi maior que o crescimento das emissões produzidas pelos outros setores da economia. Na China e no restante da Ásia ocorreram taxas de crescimento anuais respectivas de 6% e 7% de emissões de CO<sub>2</sub> devido ao setor de transportes contra crescimentos anuais de 4% e 5% das emissões devido aos outros setores. Destacam-se também os países europeus da Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OECD) que apresentaram um crescimento anual de 2% de emissões de CO<sub>2</sub> devido ao transporte e uma redução anual em torno de 0,5% nas emissões de CO<sub>2</sub> devido aos outros setores da economia (SCHIPPER *et al.*, 2000 apud ABREU, 2007).

No setor de transportes o grande responsável pelas emissões de CO<sub>2</sub> é o modo rodoviário. Nos Estados Unidos em 2003, o modo rodoviário foi responsável por 80% das emissões de CO<sub>2</sub> do setor de transportes (1.482.623 Gg). (DAVIS E DIEGEL, 2006). Segundo a Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2007<sub>a</sub>), com base nos dados do Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa do Ministério da Ciência e Tecnologia, verifica-se, no Brasil, a participação de 88% (83,3 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>) do modo rodoviário nas emissões de CO<sub>2</sub> do setor de transportes em 1994 (Tabela 2.8).

**Tabela 2.8:** Participação dos Modos do Setor de Transportes nas Emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil em 1994 (CNT, 2007<sub>a</sub>)

Modal	CO2	Participação (%)
Rodoviário	83.302.000	88,31%
Aéreo	6.204.000	6,58%
Marítimo	3.558.000	3,77%
Ferrovário	1.260.000	1,34%
<b>Total</b>	<b>94.324.000</b>	<b>100,00%</b>



De acordo com a Associação Internacional de Transportes Públicos (UITP, 2003), os automóveis produzem três vezes mais CO<sub>2</sub> por passageiro do que o transporte público. Segundo a Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2007<sub>a</sub>), com base nos dados do Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa do Ministério da Ciência e Tecnologia, os ônibus têm uma participação de apenas 7% no total de CO<sub>2</sub> emitido em 1994 no Brasil, como mostra a Tabela 2.7.

**Tabela 2.7:** Produção de CO<sub>2</sub> por tipo de Veículo em 1994 (CNT, 2007<sub>a</sub>)

Veículo	CO <sub>2</sub>	Participação (%)
Caminhões	36.652.880	44,00%
Veículos leves	32.487.780	39,00%
Comerciais leves - Diesel	8.330.200	10,00%
Ônibus	5.831.140	7,00%
<b>Total</b>	<b>83.302.000</b>	<b>100,00%</b>

O *World Energy Outlook* (WEO, 2002) estima que a demanda primária de energia mundial e as emissões de carbono crescerão respectivamente 65% e 70% entre 1995 e 2020 e os combustíveis fósseis responderão por mais de 90% da demanda primária de energia em 2020. De acordo com um cenário futuro desenvolvido pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2004), com base no ano de 2002, o setor de transportes sozinho será responsável, até 2030, pelo aumento na demanda mundial por petróleo na ordem de 30 milhões de barris por dia. Responderá assim por 25% do aumento das emissões mundiais de CO<sub>2</sub>.

Segundo o Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD, 2004), as emissões do transporte rodoviário contribuíram com 1,5 gigatoneladas de emissões de carbono em 2000. Estas emissões poderão ser aumentadas para mais de 3 gigatoneladas em 2050, caso a frota mundial de veículos supere o número de 2 bilhões.

Em função desta grande participação do transporte, principalmente do modo rodoviário, nas emissões de CO<sub>2</sub> e das altas taxas de crescimento destas emissões no setor, há grande necessidade de políticas de mitigação de emissão de CO<sub>2</sub> específicas para o setor de transportes.

## CAPÍTULO 3. CARACTERIZAÇÃO E BENEFÍCIOS DO TRANSPORTE RÁPIDO E DE ALTA CAPACIDADE DE ÔNIBUS

### 3.1. Considerações Iniciais

O transporte público bem planejado é capaz de reduzir o número de veículos e aumentar a fluidez do trânsito. A implantação de um sistema de transporte de alta capacidade em cidades com alta demanda por viagens reduz significativamente os impactos negativos gerados pelo trânsito, entre os quais os seguintes: congestionamentos, conflitos entre circulação de pedestres e veículos, condições precárias de segurança da frota, acidentes, emissão de gases poluentes, doenças respiratórias, tempos de viagem elevados, consumo de combustível e deterioração do patrimônio arquitetônico.

A Figura 3.1 ilustra como um congestionamento pode ser evitado utilizando-se de um transporte de alta capacidade ao invés de veículos particulares. Segundo SCHIPPER (2001) um ônibus, se razoavelmente cheio, pode desalojar de 10 a 40 veículos. A economia de combustível e a redução de poluentes podem ser relativamente expressivas, e maiores ainda com os potenciais benefícios de um aprimoramento no combustível ou na tecnologia do ônibus.



**Figura 3.1:** Utilização Eficiente do Espaço Viário Através de Transporte de Alta Capacidade (WRIGHT e HOOK, 2007)

Assim sendo, diante dos problemas rodoviários urbanos apresentados no capítulo 2, veremos as vantagens da implementação de sistemas de transporte rápido e de alta capacidade de ônibus apresentados a seguir.

### **3.2. Caracterização de Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus**

Ultimamente, em todo o mundo tem-se utilizado para sistemas de transporte de alta capacidade o termo americano *Bus Rapid Transit* (BRT) e o termo colombiano *Transporte Rápido e Masivo por Autobus* (TRMA). Em português, esses termos corresponderiam ao termo Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus. Para evitar a criação de mais uma sigla (TRACO) e por ser BRT um termo mundialmente conhecido e utilizado, o mesmo foi adotado na dissertação para se referir a estes sistemas.

ZIMMERMAN e LEVINSON (2004) definem o BRT como um modo de alta capacidade de transporte flexível e de alto desempenho, que combina facilidades, equipamentos, serviços e tecnologias de ITS, em um sistema integrado com uma imagem de qualidade e identidade única.

Por sua vez, DARIDO (2007) afirma que BRT é um conjunto de alternativas para melhorar o desempenho e a relação benefício/custo de sistemas de transporte coletivo por ônibus. Um sistema rápido, confiável, conveniente, acessível e distinto de outros serviços de ônibus, sendo flexível, de alta capacidade, que combina uma variedade de elementos físicos, operacionais e sistemáticos em um sistema permanentemente integrado.

Os sistemas de BRT estão sendo cada vez mais reconhecidos como uma das soluções mais eficientes para prover serviços de transporte de alta qualidade em áreas urbanas a um custo efetivo<sup>2</sup>, tanto em cidades desenvolvidas ou em desenvolvimento.

---

<sup>2</sup> Custo-efetividade: Um índice de avaliação de um determinado projeto, usado para comparar alternativas. O fator "efetividade" não é quantificado em termos de dinheiro, mas em termos dos resultados esperados, sendo medido em relação ao resultado alcançado. O custo-efetividade consiste resumidamente, na adoção de estratégias capazes de alcançar o melhor resultado ao menor custo possível de ser assumido.

De modo geral, sistemas BRT devem conter alguns dos elementos listados a seguir (IEA, 2002<sub>a</sub>; FERREIRA, 2007):

- Vias segregadas com barreiras físicas e/ou eletrônicas de outras vias de tráfego, preferencialmente com faixa para ultrapassagem nas paradas;
- Estações de embarque/desembarque com pagamento antecipado e áreas de espera confortáveis;
- Ônibus com múltiplas portas e embarque/desembarque em nível;
- Ônibus de alta capacidade, confortáveis e, de preferência, de baixa emissão de poluentes;
- Serviços de ônibus diferenciados como expressos e paradores;
- Prioridade para ônibus nas intersecções tanto nos semáforos quanto na via;
- Sistema de alimentação ao longo das estações;
- Sistema integrado de bilhetagem possibilitando a integração com outros ônibus, metrô e trens;
- Desenho universal nas estações, tornando-as acessíveis às pessoas portadoras de deficiência física, pedestres, ciclistas e taxistas, providas também com bicicletários e paraciclos;
- Encorajamento para mudança no uso do solo, promovendo o adensamento ao longo e ao redor das estações de ônibus;
- Facilidades para estacionamentos nas estações distantes dos centros;
- Excelência no atendimento ao usuário, o que inclui: equipamentos urbanos limpos e confortáveis, bom sistema de informação e operadores bem treinados;
- Estratégia de marketing sofisticada que inclua a marca, o posicionamento e a propaganda;
- Regime moderno de contrato para operadores;
- Informação em tempo real dos ônibus nos terminais e pontos de ônibus;
- Uso de GPS (Sistema de Posicionamento Global) ou outras tecnologias de localização e controle central que permita a localização dos ônibus e a rápida reação a eventuais problemas.
- Alta confiabilidade em termos de tempos de espera e de viagem.

### 3.2.1. Caracterização Física

Um sistema de BRT pode se apresentar sob as seguintes situações típicas: faixa exclusiva para ônibus (junto à calçada, junto ao canteiro central ou no contra-fluxo), canaleta para ônibus ou via exclusiva para ônibus. De acordo com a ANTP, o processo de segregação do tráfego, utilizado no Brasil sob diferentes denominações (“faixas exclusivas”, “canaletas”, “corredores”, dentre outras), voltado à priorização do transporte coletivo, envolve ações de engenharia de tráfego que possibilitam que os ônibus circulem com maior fluidez, livres de congestionamentos e da disputa pelo espaço viário com o tráfego geral (LOPES; CARDOSO, JÚNIOR; 2001).

Busca-se com a segregação do tráfego decorrente do BRT fornecer benefícios significativos aos usuários que escolhem viajar de ônibus. De acordo com LOPES, CARDOSO, JÚNIOR (2001), o principal deles é a redução do tempo de viagem, resultante do aumento da velocidade média de percurso. Outra grande vantagem operacional do sistema é a redução da variabilidade do tempo de viagem. Assim sendo, diminui-se o nível de estresse e de preocupação dos passageiros com horários e com congestionamentos gerados pelo tráfego misto de veículos.

Faixas ou vias exclusivas para ônibus implicam em vantagens em termos de velocidade sobre os demais modos de tráfego. De acordo com WRIGHT e HOOK (2007) um ônibus convencional apresenta uma velocidade média de 15 quilômetros por hora comparados com 23 a 30 quilômetros por hora do BRT.

Plataformas do mesmo nível que os ônibus são essenciais para reduzir o tempo de embarque nos ônibus, permitindo também um acesso facilitado para pessoas com necessidades especiais, crianças, idosos e cadeirantes. Existem dois tipos de técnicas de embarque nessas plataformas: na primeira, existe uma pequena distância entre a plataforma e o veículo que varia geralmente entre 4 e 10 centímetros, dependendo da acuracidade do processo de alinhamento do veículo à plataforma. A segunda técnica é a utilização de uma ponte para embarque entre a plataforma e a porta do veículo. Ambas as técnicas possuem vantagens e desvantagens. A ponte gera confiança e segurança maior para os passageiros, já que não necessitam olhar para baixo para ver onde estão pisando. Segundo HOOK e WRIGHT (2007), cidades como Curitiba (Figura 3.2-A) e Guayaquil (Figura 3.2-B) possuem experiências de sucesso com pontes para embarques, as quais variam geralmente entre 40

e 50 centímetros de largura. Assim sendo, os veículos apenas precisam ser alinhados de 35 a 45 centímetros da plataforma, facilitando assim o processo de alinhamento do ônibus.



**Figura 3.2:** Pontes para Embarque em Plataformas Altas

Por outro lado, a tecnologia de ônibus de piso baixo pode ser utilizada em sistemas de BRT evitando a utilização de pontes para embarque e desembarque e da construção de estações e plataformas altas. Atualmente, os ônibus de piso baixo estão sendo muito utilizados na Europa, na América do Norte (Figura 3.3) e também em São Paulo.



**Figura 3.3:** Ônibus de Piso Baixo em Londres (HOOK e WRIGHT, 2007)

Os preços desta tecnologia têm se tornado cada vez mais acessíveis, inclusive nos países em desenvolvimento. Suas principais vantagens são relacionadas com a imagem física e com alguns aspectos operacionais dos veículos. Como desvantagens apresentam custos maiores de manutenção, menos assentos e dificuldades no embarque de crianças, idosos e pessoas com necessidades especiais, exceto quando existe plataforma para desembarque da mesma altura que o piso baixo referido. A Tabela 3.1 faz uma comparação entre veículos de piso alto e baixo.

**Tabela 3.1:** Comparação entre Veículos de Piso Alto (em Sistemas com Estações Contendo Plataformas Elevadas) e de Piso Baixo (Adaptação de HOOK e WRIGHT, 2007)

<b>Item</b>	<b>Veículo de Piso Alto</b>	<b>Veículo de Piso Baixo</b>
Custo do veículo	Menor custo	20% a 30% maior
Custo de manutenção	Reduzido devido à maior distância para impactos com a pista	10% a 20% mais alto devido à proximidade com as imperfeições da pista
Custo das estações	Aproximadamente 5% mais alto devido à plataforma ser elevada	Menor devido à plataforma ser mais baixa
Impacto visual	Maior impacto visual, pois a estação necessita ser mais alta (em torno de 70 cm)	Menor impacto, pois a estação é mais baixa
Conveniência para os usuários	Provê maior facilidade para o embarque	Somente provê facilidade para o embarque quando possui estações com plataformas. Do contrário, o embarque é mais difícil, pois mesmo com o piso baixo ainda fica um degrau
Facilidade para reboque	Facilidade devido à possibilidade de uso de um reboque convencional	Dificuldade devido à necessidade de um reboque especial
Possibilidade de embarque com o passageiro burlando o pagamento da tarifa	Mais difícil	Mais fácil
Vibrações	Suspensões mais altas podem reduzir impactos com a pista e vibrações	Mais suscetível às vibrações da pista, acarretando dificuldades para a leitura de livros pelos usuários
Assentos	Mais assentos	Possíveis impactos na altura e no número de assentos

É importante na escolha dos ônibus do sistema de BRT optar por tecnologias que resultem em níveis mais aceitáveis de ruído, evitando assim prejudicar a imagem do sistema. Os níveis de ruído são determinados por diversas variáveis, como:

- Tecnologia de propulsão e combustível utilizado;
- Tamanho do veículo em relação ao tamanho do motor;
- Tecnologias de escape e exaustão;
- Qualidade do pavimento de asfalto ou de concreto das pistas;
- Práticas de manutenção.

Torna-se importante lembrar que novas tecnologias com diferentes tipos de sistemas de propulsão e de combustíveis alternativos podem melhorar o desempenho dos ônibus. Os veículos podem incorporar inovações, tais como: combustíveis com baixa emissão de poluentes (diesel com baixo teor de enxofre ou gás natural veicular), bi-combustível, biocombustíveis, célula combustível<sup>3</sup>, entre outras. Uma estratégia baseada em combustíveis representa uma ótima oportunidade de benefícios ambientais.

Veículos híbridos que operem com motores elétricos e a combustão interna podem resultar em uma economia de combustível, sendo energeticamente mais eficientes, podendo ser dotados de freios regenerativos, minimizando perdas de energia.

---

<sup>3</sup> Uma célula combustível é uma célula electroquímica, basicamente uma bateria em que é consumido um combustível e é liberada energia. Os reagentes típicos são o hidrogênio e o oxigênio, sendo que o hidrogênio é fornecido do lado do ânodo e o oxigênio no lado do cátodo.

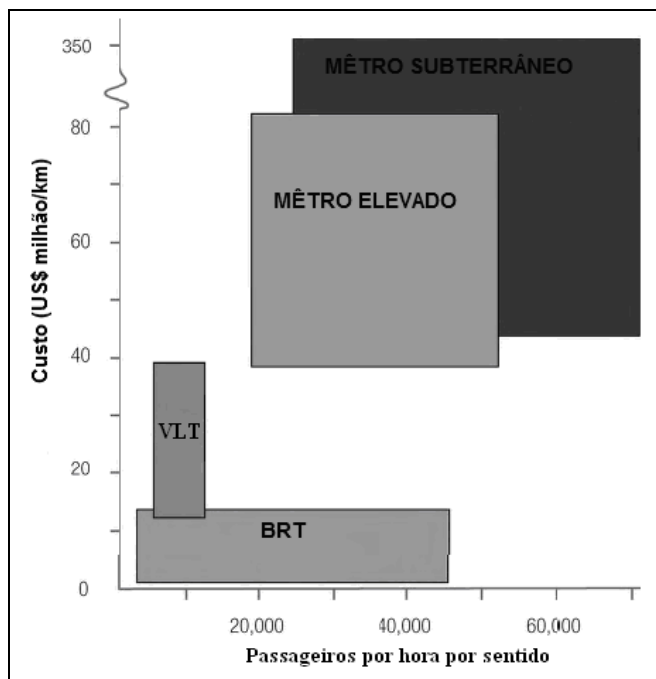


Sistemas elevados de BRT também são possíveis. Apesar do impacto de intrusão visual gerado, tal alternativa pode constituir uma solução para projetos com limitações geométricas e geológicas. Em Nagoya, a linha Yutorito possui 10 quilômetros de BRT elevado, servindo como um serviço chave para áreas residenciais e comerciais e com integração para os sistemas de metrô e de trem da cidade (Figura 3.4). As estações elevadas podem ser acessadas através de escadas e elevadores. Entretanto, com um custo de aproximadamente US\$ 22 milhões/km, a linha Yutorito de BRT é uma das mais caras em todo o mundo.



**Figura 3.4:** Sistema Elevado de BRT: Linha Yutorito em Nagoya (HOOK e WRIGHT, 2007)

O BRT pode transportar uma quantidade de pessoas igual ou até mesmo superior a de um sistema de transporte leve sobre trilhos. A maioria dos sistemas de BRT possui um custo de investimento (Figura 3.5) na faixa de US\$ 1 a 15 milhões/km, dependendo dos requerimentos de capacidade e complexidade do projeto. Em contraste, sistemas de trilhos e metrô subterrâneos podem custar de US\$ 15 milhões até US\$350 milhões/km (WRIGHT e HOOK, 2007).



**Figura 3.5:** Comparação de Custos e Capacidades de Diferentes Modos (Adaptação de WRIGHT e HOOK, 2007)

Por sua vez, HENSHER (2007) declara que em seis cidades dos Estados Unidos o custo de investimento por milha do sistema de transporte leve sobre trilhos comparado com o BRT foi 260% maior.

### 3.2.2. Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)

Segundo SAYEG e CHARLES (2005), o ITS é essencialmente uma união de desenvolvimentos na computação, informações tecnológicas e telecomunicações conjugadas com experiências no setor de transporte para o gerenciamento em tempo real de veículos e redes de transporte envolvendo o movimento de pessoas e de mercadorias.

Uma ampla variedade de tecnologias ITS pode ser integrada com sistemas BRT para a melhoria do desempenho do sistema no tocante ao tempo de viagem, confiabilidade, conveniência, eficiência operacional, proteção e segurança. As opções de ITS incluem a prioridade do veículo, as operações e a gerência de manutenção, as comunicações do operador, cobrança de passagens eletrônicas, informação em tempo real ao passageiro, e sistemas de proteção e segurança.

A tecnologia de ITS denominada bilhetagem eletrônica, na forma de *smart card*<sup>4</sup> ou na forma de bilhete, permite a adoção de preços variados de acordo com os diferentes nichos da demanda. É possível, por exemplo, calcular as tarifas de acordo com a distância do percurso, o dia de uso do sistema (final de semana, dia útil, férias), o tipo de viagem (integrada ou simples), entre outras opções. Também pode-se chegar a diferentes preços para os diversos tipos de usuário. As tarifas podem ser, por exemplo, menores para pessoas que usam o serviço diariamente do que para os turistas. Outra possibilidade é criar tarifas mais baixas para as classes sociais mais pobres. Uma das maiores vantagens da tecnologia é a criação de redes integradas de transporte, sem a necessidade de construção de grandes e dispendiosos terminais físicos. Com a automação, o usuário pode trocar de ônibus sem custos ou com tarifas reduzidas em qualquer ponto da rede.

Por outro lado, a cobrança ou validação da tarifa durante o embarque no ônibus pode prejudicar a eficiência do serviço, resultando em atrasos. Segundo estudos de WRIGHT e HOOK (2007), geralmente os passageiros levam de 2 a 4 segundos para pagar o motorista, e se o mesmo precisar devolver troco, este processo pode demorar ainda mais. O processo de verificação e a coleta da tarifa pré-embarque em terminais fechados podem reduzir o tempo de embarque de 3 segundos por passageiros para 0,3 segundos por passageiro.

Outra tecnologia de ITS que pode ser usada em sistemas de BRT é a informação para passageiros em tempo real, sendo uma opção que possibilita aumentar o nível do uso de transporte público através do aumento de confiança nos serviços e de segurança. Os ônibus podem usar GPS (sistema de localização e envio de dados via satélite) e odômetros para determinar suas posições durante uma viagem. A informação da posição é transmitida de volta para uma central de processamento através de comunicações sem fio como o GPRS (sistema que permite o envio de informações por telefones celulares instalados nos veículos

---

<sup>4</sup> *Smart card* é um cartão de plástico, semelhante a um cartão de crédito, com um microchip embutido na superfície. Esse microchip apresenta um circuito integrado capaz de processar e armazenar milhares de *bytes* de dados eletrônicos. As informações contidas no microchip podem ser verificadas e alteradas permitindo vendas e permissões de acesso.

e conectados a uma central). O sistema da central combina a localização atual do ônibus com a localização esperada e calcula o atraso do ônibus. O tempo que o ônibus estiver atrasado ou adiantado pode ser usado para atualizar as previsões de chegada nas paradas durante a rota e estas novas previsões podem ser mostradas em painéis de mensagens variáveis dentro dos próprios ônibus, nos pontos de paradas, além de poderem ser enviadas diretamente para os passageiros através do uso de SMS ou pela Internet, melhorando a comunicação com os usuários dos ônibus.

De acordo com uma pesquisa realizada em Haia, Países Baixos, sobre os efeitos da informação em tempo real para o usuário do transporte público, os locais que oferecem informações em tempo real proporcionam menor tempo de espera, pois o passageiro chega ao ponto próximo da hora de partir (DZIEKAN e VERMEULEN, 2006). Essa tecnologia reduz também o estresse da espera, permitindo um maior relaxamento e sensação de bem-estar ao usuário.

Outra tecnologia de ITS, a Prioridade Semafórica, pode ser utilizada em sistemas de BRT. As operações do transporte coletivo em vias com tratamento de prioridade semafórica, implantadas no Brasil e no exterior, mostram um desempenho superior ao das vias de tráfego misto, em termos de velocidade e conforto.

Segundo BAKER *et al.* (2004), experiências realizadas com a aplicação de prioridade semafórica na Inglaterra e na França resultaram em uma redução de 42% no tempo de viagem no sistema de BRT. Já em Toronto, devido à expansão de prioridade nos semáforos para 350 interseções sinalizadas (15% do total), houve uma redução média de 46% no tempo de viagem no sistema. Em Los Angeles, dois projetos demonstraram a eficiência da priorização semafórica no BRT *Metro Rapid*, resultando em uma redução de tempo de espera de 33% a 39% em interseções sinalizadas. Segundo SMITH *et al.* (2005), em Tacoma, Washington, houve uma redução de 40% no tempo de viagem em dois corredores.

A tecnologia de ITS denominada Sistema de Embarque de Precisão assiste os motoristas de veículos BRT para que eles posicionem corretamente os veículos na estação, pela indicação da latitude e da longitude. Existem dois métodos básicos de ITS para programar o embarque com precisão: magnético e óptico. Ambos requerem a instalação de marcações no pavimento (pinturas, magnetos), sensores localizados no veículo para a leitura das marcações e ligações com o sistema de direção do veículo. O sistema MAX de Las Vegas incorpora a tecnologia de precisão de embarque, conforme mostrado na Figura 3.6.



**Figura 3.6:** Tecnologia de Precisão de Embarque Óptica (WRIGHT e HOOK, 2007)

Pode-se esperar que veículos guiados usados em conjunção com estações que possuam plataformas da mesma altura que o nível dos veículos propicie embarques e desembarques similares aos de metrô e trens, de aproximadamente 2 a 3 segundos por pessoa por porta (25 a 35% de economia de tempo, quando comparado com o tempo de passageiros de ônibus convencionais) (ZIMMERMAN e LEVINSON, 2004).

Outra tecnologia de ITS que pode ser utilizada em BRTs baseia-se em sistemas de guias que orientam os veículos na via. Existem 2 tipos básicos de sistemas de guia de veículos que podem ser usados em sistemas de BRT: mecânica e eletrônica (óptica ou eletromagnética). Cada tipo requer investimento nos veículos e nas vias.

A guia mecânica foi originalmente desenvolvida pela Mercedes-Benz. Tal sistema pode ser implementado de modo flexível, ou seja, apenas em determinados locais tais como trechos estreitos, curvas perigosas, aproximações e paradas nas estações. Os veículos são guiados por uma conexão física da via, tal como roda de aço no veículo que seguem um trilho central ou rodas normais da parte dianteira do veículo que seguem uma calha ao lado das plataformas da estação (Figura 3.7).



**Figura 3.7:** Guia Mecânica Utilizada pelo BRT de Nagoya (HOOK e WRIGHT, 2007)

O segundo tipo básico de sistemas de guia de veículos, a eletrônica, utiliza tecnologias eletrônicas avançadas de ITS, que podem prover guias laterais e até mesmo longitudinais para o veículo. Esses sistemas são distintos de tecnologias de guias mecânicas e substituem a infra-estrutura física com acessíveis marcadores ópticos ou magnéticos. Existem dois tipos de guias eletrônicas atualmente em operação em sistemas de BRT:

(1) óptica, na qual uma câmera de vídeo ou sensores óticos especiais detectam a posição relativa de um veículo em contraposição com linhas pintadas no pavimento;

(2) eletromagnética, que envolve a colocação de marcadores elétricos ou magnéticos no pavimento, como fios eletromagnéticos de indução ou ímãs permanentes no pavimento. Os sensores no veículo analisam esses marcadores para definir o trajeto a ser seguido (ZIMMERMAN e LEVINSON, 2004; FTA, 2004).

Os sistemas de guias podem prover vantagens como uma operação mais segura dos veículos, velocidades maiores e menor largura da pista. O fato de não ser preciso pavimentar o centro da faixa resulta em uma economia no custo de infra-estrutura, além de reduzir o ruído operacional. A tabela 3.2 discute algumas das vantagens e desvantagens de sistemas de guias.

**Tabela 3.2:** Vantagens e Desvantagens de Sistemas de Guias (Adaptação de HOOK e WRIGHT, 2007)

<b>VANTAGENS</b>	<b>DESVANTAGENS</b>
Maiores velocidades (tempos reduzidos de viagem) podem ser atingidas com maior segurança	Aumenta, consideravelmente, os custos de construção das pistas exclusivas para ônibus
Permite a construção de pistas estreitas para os ônibus	Eleva o custo dos veículos
Contribui para uma imagem permanente das faixas exclusivas para os ônibus	Reduz a flexibilidade dos tipos de veículos que poderão ser utilizados
Permite a construção de pistas sem revestimento asfáltico ou de concreto na faixa central das mesmas	As vantagens de velocidade de ônibus guiados são significativas somente se as distâncias entre as estações

Percebe-se, portanto, considerando-se as informações sobre ITS apresentadas anteriormente, que a introdução dessas tecnologias tem contribuído para facilitar o controle e a fiscalização da frota circulante, garantindo melhores condições de conforto e segurança aos passageiros, além de benefícios técnicos, operacionais e econômicos aos operadores. Essas tecnologias têm permitido que o transporte público por ônibus se torne mais atrativo para um maior número de usuários, disponibilizando para o público melhores informações sobre horários, conexões e integração de transportes, entre outras.

Existe hoje a necessidade de que a gestão de transportes funcione de forma tecnologicamente mais avançada, havendo necessidade das informações serem coletadas *in loco* e imediatamente transferidas para centros operacionais de controle. O uso de ferramentas de ITS visa preencher essas necessidades de modo a fazer com que os sistemas de transportes operem com maior eficiência e com adequada informação aos usuários (MOTTA e RIBEIRO, 2008).

### **3.2.3. O BRT e o Desenvolvimento Urbano**

Observa-se que o BRT combina os benefícios do transporte leve sobre trilhos com a flexibilidade e eficiência do sistema de ônibus, sendo mais adaptável a mudanças nos padrões de viagens do que outros modos. Por conta disso, os sistemas de BRT são flexíveis, podendo ser construídos por etapas e modificados, tendo a possibilidade de implantação durante o prazo político de prefeitos e governadores. Por outro lado, o BRT tem como desvantagem o espaço ocupado na via, diferentemente do metrô (em túnel) que não gera impactos nas vias existentes e aumenta mais a capacidade de transporte da rede do que o sistema de BRT.

O BRT é também um condicionante do desenvolvimento urbano, podendo promover a reconstrução das principais avenidas que fazem parte da integração da cidade. Em diversas cidades as vias exclusivas passaram a constituir eixos estruturadores importantes das cidades, associadas às políticas de uso e ocupação do solo, contribuindo para o ordenamento do espaço urbano e para o aumento da qualidade de vida dos moradores.

Cabe salientar que um dos impactos comuns dos sistemas de BRT é a ocorrência de densificação ao redor das estações. Diante disso, centros comerciais são construídos junto dos corredores, especialmente perto dos terminais e das estações. Por outro lado, impactos negativos ocorrem com as desapropriações necessárias para a construção dos corredores, sendo necessário um programa para o reassentamento de famílias pobres, além de compensação pelos impactos causados nos serviços dos comerciantes locais.



Os sistemas de BRT podem também ajudar a aumentar a qualidade de espaços verdes de uma cidade. Portanto, durante sua implementação, devem ser feitos esforços para manter os espaços verdes existentes, ao invés de retirá-los, aproveitando a oportunidade para melhorá-los, embelezando a cidade. A Figura 3.8 mostra que dependendo da geometria do projeto de BRT, a área central do corredor pode ser mantida como um espaço verde.



**Figura 3.8:** BRT com Área Central Verde (HOOK e WRIGHT, 2007)

A existência e manutenção de áreas verdes em grandes centros urbanos são importantes e necessárias para amenizar os efeitos da poluição. A vegetação pode ajudar a reduzir a temperatura fora das estações em climas tropicais. Adicionalmente, a existência de áreas verdes ao longo do corredor pode diminuir a temperatura do efeito de ilhas de calor<sup>5</sup> nos centros de grandes cidades, pois, a vegetação altera os índices de reflexão do calor e favorece a manutenção da umidade relativa do ar.

Outra questão importante é a cor do pavimento das faixas utilizadas pelo sistema de BRT, que propicia uma grande melhora na imagem do sistema e reforça sua permanência. Cidades como Nagoya e Seul, ao implementarem pavimentos com cores diferenciadas, destacaram seus sistemas de BRT e causaram uma boa impressão visual, organizando seus sistemas viários.

---

<sup>5</sup> As ilhas de calor ocorrem principalmente devido a maior capacidade de absorção de calor das estruturas presentes nas zonas urbanas, como o asfalto, concreto e outros. Consistem em parcelas de ar com temperaturas mais elevadas que formam sobre os centros das grandes cidades.

Segundo a FTA (2004), resultados de pesquisas sugerem que o aumento de demanda associado ao BRT excede o aumento resultante de uma simples melhoria do nível de serviço. Aumentos de demanda no transporte de passageiros na casa de 5 a 25% são comuns. Ganhos significativamente mais elevados, tais como 85% na linha de Prata de Boston representam o potencial do BRT de aumentar a demanda e desestimular o uso de veículos particulares devido a um transporte eficiente e eficaz.

Deve-se dar a devida importância aos estudos de demanda e de logística para sistemas de BRT antes de implantá-los para que seja possível a definição do número adequado de faixas exclusivas, evitando assim a sobrecarga das mesmas devido à insuficiência de faixas ou à falta de uma faixa de ultrapassagem (Figura 3.9).



**Figura 3.9:** Sistema de BRT Sobrecarregado (HOOK e WRIGHT, 2007)

Muitos países, entre os quais o Brasil, a Colômbia, o México, os Estados Unidos, o Japão e a França, implantaram sistemas de BRT e muitos outros estão planejando a implantação. Cidades de médio e grande porte vêm se estruturando através desses sistemas, buscando reduzir emissões de gases do efeito estufa e de poluentes locais, além de proporcionar melhorias na mobilidade urbana.

### 3.3. Aplicação de Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus

#### 3.3.1. Sistemas de BRT no Brasil

Diversas aplicações de sistemas de BRT podem ser encontradas atualmente no Brasil, sendo que a primeira experiência brasileira com sistemas deste tipo ocorreu em Curitiba. No ano de 1974, Curitiba obteve grande sucesso com experiências de BRT em operações de ônibus direcionadas para o transporte de alta capacidade (MENCKHOFF, 2005).

O sistema de BRT (Figura 3.10) ajudou Curitiba a obter um ganho de 2,3% na taxa média anual do número de passageiros que utiliza o transporte público (RABINOVITCH E HOEHN apud FULTON e WRIGHT, 2005). KAREKEZI; JOHNSON; MAJORO (2003) declaram que em Curitiba as vias de ônibus exclusivas permitem que os ônibus mantenham uma velocidade média de 30 quilômetros por hora. Estima-se que 70% das viagens por dia em Curitiba são feitas através do transporte público por ônibus, que utiliza desde 1992 ônibus bi-articulados com capacidade para 270 pessoas.



Figura 3.10: BRT de Curitiba (FRIBERG, 2000)

Segundo FRIBERG (2000), Curitiba possui a segunda maior taxa de posse de veículos por pessoa no Brasil, e mesmo assim, a cidade prioriza o transporte público ao invés do transporte individual, possibilitando que muitos cidadãos deixem seus veículos em casa e se utilizem do transporte público para estudar ou trabalhar. Segundo o Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC apud FRIBERG, 2000), o BRT de Curitiba custou 3 milhões de dólares por quilômetro.

Além disso, o planejamento do sistema de transporte público de Curitiba tem como uma de suas prioridades o atendimento aos portadores de necessidades especiais. As estações-tubos, distribuídas entre as linhas expressas do sistema, dispõem rampas e/ou mini-elevadores para portadores de necessidades especiais.

Segundo SIMAS e CONSTANSKI (2007), em 1980, surgiram os primeiros corredores exclusivos para ônibus em São Paulo. Em 1986, corredores como o Santo Amaro, já possuíam uma via exclusiva central, com operação à direita. Em 1991, surgem corredores à esquerda em plataformas elevadas. Já em 2002, dá-se início à utilização de estações de plataforma baixa e os ônibus de piso baixo.

Atualmente, São Paulo conta com um Plano Integrado de Transportes para 2020, o PITU, que tem como objetivo estabelecer uma rede de transporte público buscando integrar diferentes modos nos terminais e construir novos caminhos. De acordo com o PITU, se nada for feito, a concentração de monóxido de carbono no centro da cidade poderá aumentar em 32% até 2020. Os resultados projetados pelo PITU com implantações de sistemas de BRT, entre outras medidas, são as reduções de tempo perdido pelos usuários do transporte público nos horários de pico (1,9 milhões de horas por ano), de 8% no consumo de combustíveis, de 35% de acidentes de trânsito, de 40% nas emissões de poluentes e da poluição sonora (STM, 2000).

A Foto 3.11 mostra o Corredor São Mateus – Jabaquara. Seu traçado interliga a parte sul do Município de São Paulo a quatro municípios da Sub-Região Sudeste (Diadema, São Bernardo do Campo, Santo André e Mauá), reingressando na cidade de São Paulo no bairro de São Mateus, Zona Leste da capital.



**Figura 3.11:** Corredor São Mateus - Jabaquara (FERREIRA, 2007)

A Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo (EMTU/SP), terceirizou, em novembro de 1992, a operação e manutenção da frota de 46 trólebus do corredor São Mateus - Jabaquara, os quais não estão mais em uso atualmente. Em 1994, esse Corredor Metropolitano apresentava uma média do número de passageiros transportados por dia de 260 mil pessoas e no ano seguinte saltou para cerca de 280 mil (FERREIRA, 2007). Em 21 de maio de 1997, a EMTU/SP promoveu uma primeira concessão no transporte público com a transferência da operação do Corredor Metropolitano São Mateus-Jabaquara à Concessionária METRA por 20 anos, além da responsabilidade pela manutenção e conservação da infra-estrutura e do sistema viário. O estabelecimento de prazo contratual mais longo permitiu maior aporte de recursos para o sistema com a aquisição de novos equipamentos (veículos articulados com ar-condicionado) e a recuperação e manutenção dos terminais e do pavimento rígido.

Segundo EMBARQ (2006) e os autores SIMAS e CONSTANSKI (2007), alguns corredores de Porto Alegre são considerados sistemas de BRT. De acordo com os dados fornecidos pela BRT POLICY CENTER (2007) até o ano 2000, caracterizam-se como BRT's, os corredores de Porto Alegre: Assis Brasil, Bento Gonçalves, Sertório, Protásio Alves e Farrapos. O corredor Assis Brasil transportava 28 mil passageiros por hora por direção pela manhã e 20,3 mil passageiros por hora por direção de tarde. Este corredor possuía até então, 48 ônibus articulados a diesel. Já o corredor Bento Gonçalves transportava 8,5 mil

passageiros por hora por direção pela manhã e 7,65 mil passageiros por hora por direção de tarde. Por sua vez, o corredor Farrapos possuía 4.2 quilômetros de extensão e uma frota de 378 ônibus. Transportava 25,6 mil passageiros por hora e direção pela manhã e 21,1 mil passageiros por hora por direção de tarde. Proporcionou uma redução de 29% no tempo de viagem de seus usuários. Já o corredor Protásio Alves, transportava 11,8 mil passageiros por hora por direção pela manhã e 10,6 passageiros por hora por direção de tarde. E finalmente, o corredor Sertório transportava aproximadamente 2 mil passageiros por hora por direção pela manhã e 1,4 mil passageiros por hora por direção de tarde.

O sistema de BRT de Belo Horizonte, até 2005, apresentava 20 quilômetros de extensão, 10 terminais de transferência, resultando em uma média de 314 ônibus por hora por direção. Algumas estações oferecem serviços de pagamento antecipado através da bilhetagem eletrônica (BRT POLICY CENTER, 2007).

A Figura 3.12 apresenta os sistemas de BRT em fase de projeto, em construção e atualmente em operação no Brasil. Segundo SIMAS e CONSTANSKI (2007), existem mais de 47 sistemas de BRT nas cidades brasileiras: 32 em operação, 2 em obras e 13 em projetos.



**Figura 3.12:** Sistemas de BRT no Brasil (Adaptação de SIMAS e CONSTANSKI, 2007)

### 3.3.2. Sistemas de BRT no Mundo

Além do Brasil, encontram-se em operação sistemas de BRT nos seguintes países: Equador, Colômbia, México, Porto Rico, Chile, França, Alemanha, Irlanda, Grã Bretanha, Japão, Taiwan, China, Indonésia, Nova Zelândia, Austrália, Estados Unidos. Diversos países que ainda não possuem sistemas operantes de BRT estão desenvolvendo-os: Guatemala, Panamá, El Salvador, Índia, Tanzânia, Nigéria, Senegal, entre outros.

Atualmente, a Colômbia apresenta um dos maiores sistemas de BRT do mundo: o Transmilênio de Bogotá. Este sistema transporta mais de 80 mil passageiros por hora. Seus veículos vão do início ao final da cidade em menos de uma hora, metade do tempo que os ônibus convencionais costumavam gastar (EMBARQ, 2006). Um estudo de caso avalia o Transmilênio no capítulo 4, portanto este capítulo não irá focá-lo, mas deve-se ressaltar que o Transmilênio é uma referência de sucesso internacional reconhecida pela ONU.

Segundo dados do Ministério de Transporte da Colômbia, outros projetos de BRT realizados na Colômbia são mostrados na Tabela 3.3.

**Tabela 3.3:** Projetos de BRT realizados na Colômbia (Adaptação de DARIDO, 2007)

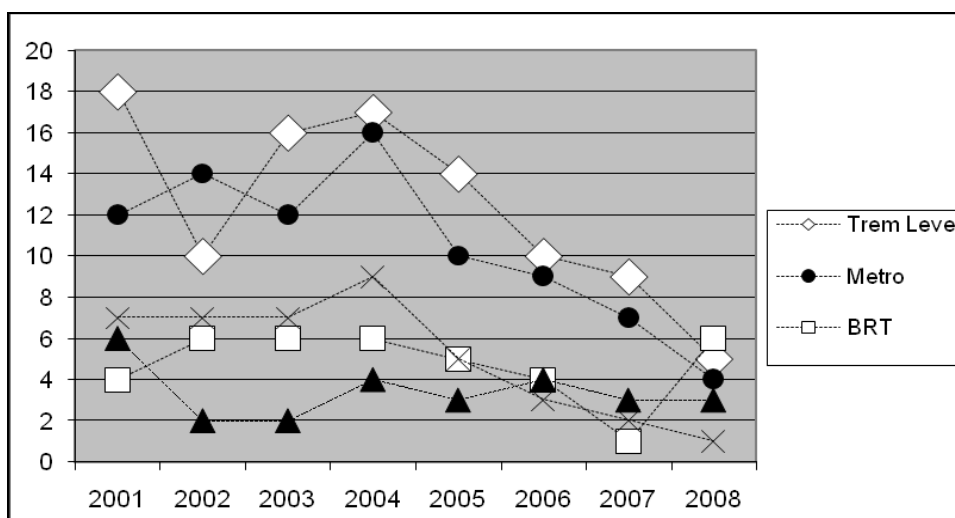
Cidades/ Áreas Metropolitanas	Dados Operacionais						
	Comprimento (Km)	Estações de Transferência	% do trânsito demanda	Setor com maior demanda	Pass/dia	Frota do BRT	Frota Atual
AMCO (Pereira - Dosquebradas)	16	2	46%	7,000	142,000	137	1,100
Cartagena	14.9	1	70%	11,200	334,000	373	1,900
Barranquilla	13.2	2	28%	10,300	300,000	294	4,300
Valle de Aburrá (Medellin)	13	1	30%	8,000	170,000	1,485	7,500
Bucaramanga	8.6	4	63%	10,000	600,000	302	1,900
Bogotá	84	7	25%	35,000	1,400,000	1,265	21,000
Soacha	5.9	2	75%	12,400	150,000	215	3,000
Call	49.5	8	92%	12,000	875,000	913	4,200

No México, a qualidade de vida dos habitantes também melhorou muito com o sistema de BRT denominado Metrobús, isso após situações críticas como os 225 dias em que os níveis aceitáveis de alguns poluentes foram excedidos. Uma redução de 33% no tempo de viagem de seus usuários foi proporcionada. Diante disso, estima-se que 17 milhões de horas foram economizadas, melhorando a qualidade de vida dos moradores (EMBARQ, 2006).

O sistema de BRT Metrobús é baseado em uma parceria público privada e foi implantando em sua primeira fase na Avenida Insurgentes com 19,6 dos 34 quilômetros planejados. A segunda fase implantará mais oito quilômetros. Este sistema de BRT transporta mais de 250 mil pessoas por dia em 97 ônibus articulados com capacidade para 160 pessoas. O sistema possui estações elevadas com facilidade de acesso para cadeirantes e pessoas com necessidades especiais, informação em tempo real, algumas estações com bicicletário, pagamento automatizado pré-embarque através de cartões eletrônicos, ônibus equipado com GPS e um centro de controle e telecomunicações para monitoramento do serviço. Com a implantação do Metrobús foi possível retirar 350 ônibus antigos de circulação da Avenida Insurgentes através de um programa de sucateamento dos ônibus muito antigos. O Metrobús reduziu a emissão de poluentes por passageiros devido à maior eficiência do transporte com ônibus novos e maiores, atraindo usuários de veículos particulares e de táxis, e também através do controle operacional da frota que busca manter os veículos cheios, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e ajudando a reduzir a emissão de poluentes por passageiro (UNFCCC, 2008).



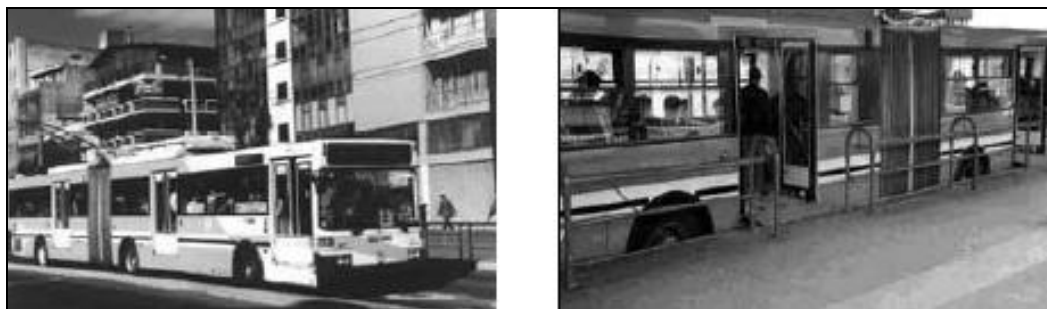
Já nos Estados Unidos, a difusão do BRT está vinculada ao Programa Nacional para a Redução de Congestionamentos (*National Strategy to Reduce Congestion on America Transportation Network*). Já são 12 cidades norte-americanas que operam e outras 100 que planejam sistemas de ônibus rápidos. Percebe-se, na Figura 3.13, que o número de projetos de BRT nos Estados Unidos cresceu de 2007 para 2008, superando o número de projetos dos outros modos.



**Figura 3.13:** Número de Projetos de 2001 a 2008 por Modos nos Estados Unidos (Adaptação de *UNITED STATES GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE*, 2007)

Ainda com relação a sistemas de BRT, em Pittsburgh houve uma redução de 50% no tempo de viagem e a demanda aumentou de 80 a 100%, sendo que 34% dos passageiros se locomoviam antes com seus carros. Em Los Angeles houve uma redução de 25% no tempo de viagem e a demanda aumentou de 27 a 41%. Em Miami a demanda aumentou 70%, sendo que 40% dos passageiros se locomoviam antes com seus carros. Em Honolulu houve uma redução de 25 a 45% no tempo de viagem. Adicionalmente, em Chicago houve uma redução de 25% no tempo de viagem e a demanda aumentou 17% (UITP, 2003; DARIDO, 2007).

No Equador, o sistema de BRT *El Trole* de Quito (Figura 3.14) iniciou-se em 1996 com ônibus elétricos em uma rota de 11 quilômetros exclusiva para ônibus. Esse sistema de Quito praticamente não produz emissão final de poluentes locais nem de gases do efeito estufa, pois sua energia é gerada por hidroelétricas. As portas dos ônibus utilizadas por este sistema são portas que se abrem e rampas que descem até a plataforma, permitindo embarques rápidos (BALACHANDRAN; LOKRE; ADHVARYU, 2005).



**Figura 3.14:** BRT de Quito

Em 2002, outro sistema de BRT chamado de Eco-via (Figura 3.15) foi introduzido em Quito devido ao sucesso do primeiro sistema, porém com motores a diesel. Esse BRT transporta 140 mil passageiros por dia através de 42 ônibus articulados com capacidade para 160 passageiros (HOOK e WRIGHT, 2007).



**Figura 3.15:** Quito Eco-via (HOOK e WRIGHT, 2007)

Dando seqüência à apresentação dos diversos sistemas de BRT segue na Tabela 3.4, mostrada a seguir, dados de importantes sistemas de BRT ao redor do mundo.

**Tabela 3.4:** Dados de Importantes Sistemas de BRT ao Redor do Mundo (Adaptação de HIDALGO; CUSTODIO; GRAFTIEAUX, 2007)

<b>Cidade</b>	<b>Informações Gerais</b>	<b>Oferta/Demanda/Sistema de Cobrança</b>
Curitiba	Sistema de BRT com 5 corredores (65 km de corredores exclusivos centrais), 139 estações, 26 terminais, 340 km de alimentadores, 185 km de serviços entre bairros, 250 km de serviços expressos, 340 rotas, 1.100 km de cobertura. Mais 22 km de corredores exclusivos em construção.	1.677 veículos a diesel, bi-articulados, articulados, convencionais, micro-ônibus e ônibus especiais; sistema eletrônico e automatizado de cobrança de tarifa; 1,2 milhões de passageiros por dia.
Quito – Trole e Eco-via	Sistemas de BRT com 37 km de corredores exclusivos centrais, 68 estações, 9 terminais, alimentação integrada e controle centralizado. Não há integração tarifária entre os corredores. Debate-se a troca dos trólebus por trens ligeiros.	189 ônibus articulados (113 trólebus), 185 ônibus de alimentação; sistema de cobrança de tarifa automatizada; 440 mil passageiros por dia.
Bogotá – Transmilênio	Sistema de BRT com 84 km de corredores exclusivos centrais com faixa de ultrapassagem, 104 estações, 10 terminais, alimentação integrada, controle central avançado. Novos corredores estão em desenvolvimento.	841 articulados, 344 alimentadores; sistema eletrônico e automatizado de cobrança de tarifa; 1.220.000 passageiros por dia.
São Paulo - Interligado	Sistemas de BRTs com 104 km de corredores exclusivos centrais, 327 estações de transferência, 24 terminais, sistema com tarifa integrada.	13.771 ônibus articulados, 1.073 ônibus tipo <i>padron</i> , 5.599 convencionais, 2.423 micro-ônibus, 1.553 mini-ônibus; sistema eletrônico e automatizado de cobrança de tarifa; 5.761.000 viagens por dia.
León - Optibus	Sistema de BRT com 25 km de corredores exclusivos centrais (60% segregados), 51 estações de transferência, 3 terminais, linhas alimentadoras integradas, controle centralizado. Expansão em estudo.	52 ônibus articulados, 500 ônibus auxiliares e de alimentação; sistema eletrônico e automatizado de cobrança de tarifa; 220.000 viagens por dia.
Cidade do México – Metrobús	Sistema de BRT com 20 km de corredores exclusivos centrais, 34 estações, 2 terminais, controle centralizado. Integração física com ônibus regionais e metrô. Em expansão.	84 ônibus articulados; sistema eletrônico e automatizado de cobrança de tarifa; 260.000 viagens por dia.
Jakarta – Transjakarta	Sistema de BRT com 37 km de corredores exclusivos centrais, 63 estações, 4 terminais, controle centralizado. Integração física com o trem e ônibus locais.	162 ônibus de 12 metros; sistema eletrônico e automatizado de cobrança de tarifa; 110.000 viagens por dia.
Beijing	Sistema de BRT com 16 km de corredores exclusivos centrais, 19 estações, 1 terminal, controle centralizado. Integração física com o metrô.	60 ônibus articulados de piso baixo, sistema de cobrança de tarifas manual, 80.000 passageiros por dia.
Pereira (Colômbia) – Megabus	Sistema de BRT com 27 km de corredores exclusivos (ao lado esquerdo em via única no centro da cidade), 38 estações, 2 terminais, controle centralizado.	51 ônibus articulados, 81 ônibus alimentadores pequenos; sistema de cobrança de tarifas eletrônico; controle eletrônico; 155.000 passageiros por dia.
Guayaquil – Metrovia	Sistema de BRT com 15,5 km de corredores exclusivos centrais à esquerda em vias de sentido único, 36 estações, 2 terminais, controle centralizado. Sistema em expansão.	40 ônibus articulados, 10 convencionais, 44 ônibus de alimentação; sistema de cobrança de tarifas eletrônico; 96.000 passageiros por dia.
Santiago - Transantiago	Sistema de BRT com 18,8 km de corredores segregados, 4,6 km de novas vias de conexão, 62,7 km de melhorias geométricas e de pavimentação em 7 corredores, 70 paradas de grande tamanho, 2 estações intermodais, 45 km de expansão da rede do metrô. Centro de controle e informação para os usuários.	1.200 novos ônibus articulados de piso baixo, 1.500 convencionais troncais (sendo trocados gradualmente por piso baixo) e 2.300 ônibus alimentadores; sistema de cobrança de tarifas eletrônico integrado para toda a cidade.

### **3.4. Redução de Emissões Atmosféricas Decorrentes da Implantação de Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus**

#### **3.4.1. Dados Gerais**

Este item apresenta dados de redução de emissões atmosféricas resultantes da implantação de sistemas rápidos e de alta capacidade de ônibus. Ressalta-se que atualmente poucos dados encontram-se disponíveis mundialmente, devido ao número reduzido de estudos detalhados desenvolvidos nesta área. Além da carência de dados, existe também a dificuldade de comparação dos mesmos devido à falta de uniformização de dados medidos em diferentes sistemas.

Segundo experiências realizadas em São Paulo pelo IPT e pela CETAE (2007), sistemas de BRT podem proporcionar economia de consumo de combustível da ordem de 20% e redução das emissões tóxicas da ordem de 30 a 40%. A redução do consumo de combustível e das emissões de poluentes observadas no corredor Expresso Tiradentes (São Paulo), foi bastante significativa, apresentando uma redução de 52% no consumo de combustível, 74% nas emissões de CO, de 46% de HC e de 57% de NO<sub>x</sub> e de material particulado.

Em Porto Alegre estima-se uma redução de 70% das emissões de dióxido de enxofre devido à utilização conjunta de diesel com 75% menos de enxofre na frota de ônibus urbano com o sistema de BRT (LOPES; CARDOSO; JÚNIOR, 2001).

No México, em 2005, a Secretaria de Meio Ambiente estimou para o sistema de BRT Metrobús uma redução anual de 9,8 mil toneladas de monóxido de carbono, 1,2 mil toneladas de hidrocarbonetos, 206 toneladas de óxidos de nitrogênio e 1,3 toneladas de material particulado (EMBARQ, 2006). Um dos motivos da redução de poluentes neste sistema foi a troca da frota de ônibus de gasolina para diesel. Os ônibus a diesel emitem aproximadamente 4 vezes menos dióxido de carbono, pois gastam 5 vezes menos combustível que os ônibus a gasolina (AGUILERA, 2006). Hoje seus passageiros estão

expostos a 50% menos poluentes em comparação com o transporte anterior (EMBARQ, 2006).

Quanto às emissões de GEE, calcula-se uma redução devido ao Metrobús de 183 mil de toneladas de CO<sub>2eq</sub> para o período de 2008 até 2015 (Tabela 3.5) (UNFCCC, 2008).

**Tabela 3.5:** Projeções para Redução de Emissões de GEE do Sistema Metrobús até 2015 (Adaptação de UNFCCC, 2008)

Anos	Estimativa Anual de Reduções de Emissões em toneladas de CO <sub>2</sub> equivalentes
2008	13.540
2009	26.816
2010	26,554
2011	26.292
2012	26.032
2013	25.771
2014	25.512
2015	12.627
<b>Média Anual</b>	26.163

Já em Vancouver (Canadá), com a implantação do BRT *B-Lines*, houve uma redução anual nas emissões de 1,2 mil toneladas de dióxido de carbono, 0,01 toneladas de material particulado, 5 toneladas de óxidos de nitrogênio, 59 toneladas de monóxido de carbono e 5 toneladas de hidrocarbonetos (BRT POLICY CENTER, 2007).

### 3.4.2. Metodologia para Avaliação da Redução de Emissões de CO<sub>2eq</sub> em Sistemas de BRT

#### 3.4.2.1. Considerações Iniciais

Para tratar do problema do efeito estufa e suas possíveis conseqüências sobre a humanidade, foi estabelecida, em 1992, durante a Rio 92, a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (CQNUMC, ou em inglês, *United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC).

As nações que assinaram a CQNUMC se dispuseram a elaborar uma estratégia global de combate à poluição atmosférica, reconhecendo a mudança do clima como uma preocupação comum da humanidade. Segundo GURFINKEL (2005), a CQNUMC foi o grande marco para o desenvolvimento de soluções para diminuir as emissões de GEE. Esta Convenção mobilizou um número grande de interessados em soluções, incluindo não somente ecologistas e pessoas preocupadas com a natureza de maneira geral, mas também governantes de países desenvolvidos alarmados com os malefícios que as mudanças do clima poderiam causar às suas economias. A problemática ambiental deixou de ter, portanto, uma dimensão puramente física e biológica e passou a ter uma dimensão também econômica e política.

Como consequência da Convenção, os países membros foram separados em dois grupos: os listados no seu Anexo I (conhecidos como "Partes do Anexo I") e os que não são listados nesse anexo (comumente chamadas "Partes não-Anexo I"). As Partes do Anexo I são basicamente os países industrializados, que são os que mais contribuíram no decorrer da história para as mudanças no clima atualmente observadas e contam com maior capacidade financeira e institucional para tratar do problema. São os países que eram membros da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômicos (OCDE) em 1992, além dos países chamados de economias em transição (conhecidos como EITs), que compreendem a Federação Russa e vários outros países da Europa Central e Oriental (FRANGETTO e GAZANI, 2002).

A Convenção do Clima teve como objetivo propor ações para os países do Anexo I para que estes estabilizassem as concentrações atmosféricas de GEE de forma a impedir que atividades antrópicas interfiram no clima do planeta. Por isso, desde que a Convenção do Clima entrou em vigor, as Partes têm se reunido para discutir o assunto e tentar encontrar soluções para o problema, realizando diversos encontros, denominados Conferências das Partes (COP). Na COP realizada em Quioto em 1997 foi concebido um acordo conhecido como Protocolo de Quioto que definiu as metas de redução das emissões de GEE para os países do Anexo B (países do Anexo I com compromissos de redução das emissões de GEE), além de critérios e diretrizes para a utilização dos mecanismos de mercado. Esse acordo estabelece que os países industrializados devem reduzir suas emissões em 5,2% abaixo dos níveis observados em 1990, entre 2008 e 2012 (UNFCCC, 2007<sub>b</sub>).

O Protocolo aponta os países desenvolvidos como maiores responsáveis pelo efeito estufa. Portanto, as metas quantitativas de redução são dirigidas a estes e não aos países em desenvolvimento. O percentual que cada país deve reduzir foi definido depois de estudadas as emissões de cada um separadamente, tendo sido calculado de acordo com o maior ou menor grau de influência que cada um representa no clima mundial (PEREIRA, 2002).

Apesar de apenas os países do Anexo B terem se comprometido inicialmente com a limitação de emissões de GEE, todas as nações se comprometeram a considerar as mudanças climáticas, na medida de suas possibilidades, ao contemplarem suas políticas e ações sociais, econômicas e ambientais. Isto deve-se ao fato de que os países que não fazem parte do Anexo B apresentam limitações de capital e de conhecimento para contribuírem com a redução de emissões de GEE.

Visando auxiliar o cumprimento dos objetivos e princípios de redução de emissões de GEE, o Protocolo de Quioto criou ferramentas comerciais chamadas de Mecanismos de Flexibilização, por meio dos quais um país constante do Anexo I pode ultrapassar o seu limite de emissões sem que as emissões líquidas globais aumentem, desde que haja redução equivalente em outro país (PEREIRA, 2002).

Os Mecanismos de Flexibilização são três: a Implementação Conjunta (*Joint Implementation*), o Comércio de Emissões (*Emissions Trading*) e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL (*Clean Development Mechanism – CDM*). Os três mecanismos possibilitam a criação e o desenvolvimento de um mercado de carbono.

- A Implementação Conjunta permite aos países industrializados compensarem suas emissões participando de projetos em outros países do Anexo I. Há, portanto, a criação de créditos de carbono chamados de unidades de redução de emissão (URE), que podem ser negociadas entre os países do Anexo I.
- O Comércio de Emissões explicita as transações referentes às emissões de GEE entre as Partes do Anexo I. Trata-se da adoção de políticas baseadas em mercados de licenças negociáveis para poluir (*Allowances – Tradable Permits*). Esse mecanismo permite aos países desenvolvidos negociarem entre si as quotas de emissão acordadas em Quioto por meio do qual países com emissões maiores que suas quotas podem adquirir créditos para cobrir tais excessos (PEREIRA, 2002; ROCHA, 2003).

- O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) permite que os países industrializados cumpram com seus compromissos de redução investindo em projetos de mitigação de GEE nos países em desenvolvimento, e estes podem vender as reduções certificadas de emissão, RCEs (CER, *certified emission reduction*). Este mecanismo tem o propósito de incentivar os países emergentes a alcançar um modelo de desenvolvimento sustentável.

Com o objetivo de contribuir para a redução de emissões de GEE, o último relatório publicado pelo IPCC (2007<sub>a</sub>) sugere opções de mitigação que podem ser implantadas dentro das 2 ou 3 próximas décadas e suas inter-relações com o desenvolvimento sustentável. Segundo o IPCC, a sociedade pode responder à mudança climática adaptando-se aos seus impactos e reduzindo as emissões de GEE, contribuindo assim para a redução da taxa e da magnitude da mudança climática. A Tabela 3.6 apresenta diversas opções de adaptação para o setor de transportes que podem ajudar a reduzir a vulnerabilidade em relação à mudança climática.

**Tabela 3.6:** Alternativas de Mitigação e de Adaptação à Mudança Climática para o Setor de Transportes (IPCC, 2007<sub>a</sub>)

Mudança de Modal de Transporte Rodoviário para Sistemas de Trilhos
Investimentos em Sistemas de Transporte Público Atrativos
Veículos e Combustíveis mais Eficientes
Veículos à Diesel menos Poluentes
Veículos Elétricos Avançados
Veículos Híbridos mais Capazes e com Baterias mais Confiáveis
Aviação de Alta Eficiência
Biocombustíveis
Transporte Não Motorizado (bicicleta, caminhada)
Planejamento e Regulamentações do Uso do Solo
Planejamento de Transporte e de Infra-estrutura
Economia de Combustível Obrigatória
Normas com Valores Limites de CO <sub>2</sub> para o Transporte Rodoviário
Taxas na Compra de Veículos, no Registro, no Uso, nos Combustíveis, no Uso das Rodovias e em Estacionamentos



Dentre as alternativas apresentadas esta dissertação irá tratar neste item a alternativa de redução de emissões de  $\text{CO}_{2\text{eq}}$ <sup>6</sup> através de projetos de transporte rápido e de alta capacidade de ônibus. Ultimamente, o uso desta alternativa tem crescido mundialmente e obtido sucesso, gerando créditos de carbono que podem ser comprados por outros países através de mecanismos como, por exemplo, o de MDL.

### 3.4.2.2. Apresentação da Metodologia

O setor de transportes é caracterizado por um grande número de fontes de emissão de poluentes, de difícil monitoração. A forma mais usual de monitoração das emissões de GEE é através do consumo de combustíveis, ainda que seja difícil verificar, com precisão, o resultado das medidas e projetos implantados. Portanto, a aplicação de uma metodologia para avaliação da redução de emissões de  $\text{CO}_{2\text{eq}}$  em sistemas de BRT apresenta desafios devido às dificuldades de modelagem, mensuração e quantificação das reduções. A qualidade, a consistência e a disponibilidade das informações básicas necessárias para a sua aplicação também constituem obstáculos, principalmente nos países em desenvolvimento.

Um sistema de BRT pode reduzir as emissões de GEE das seguintes formas:

- Melhoria da eficiência de consumo de combustível por passageiro por meio de novos ônibus com grande capacidade como articulados e bi-articulados;
- Prioridade ao transporte coletivo, com implantação de sistemas de transporte público mais atrativos e eficientes, retirando veículos de transporte individual das ruas;
- Controle centralizado da organização dos ônibus garantindo ônibus mais cheios, melhorando a eficiência de consumo/passageiro;
- Substituição de combustível por outro menos poluente.

---

<sup>6</sup> Equivalência em dióxido de carbono,  $\text{CO}_{2\text{eq}}$  ou  $\text{CO}_{2\text{e}}$ , é uma medida internacionalmente aceita que expressa a quantidade de GEEs em termos equivalentes da quantidade de  $\text{CO}_2$ . A equivalência leva em conta o potencial de aquecimento global dos gases envolvidos e calcula quanto de  $\text{CO}_2$  seria emitido se todos os GEEs fossem emitidos como esse gás. A medida  $\text{CO}_{2\text{eq}}$  é usada para comparar as emissões de diversos gases de efeito estufa baseada na quantidade de dióxido de carbono que teria o mesmo potencial de aquecimento global (GWP), medido em um período de tempo especificado.

Segundo GRÜTTER (2007), em julho de 2006, uma metodologia para avaliação da redução de emissões de CO<sub>2eq</sub> para projetos de BRT (AM0031) foi aprovada pela UNFCCC. O Transmilênio de Bogotá, com base na aplicação da referida metodologia AM0031, submeteu a UNFCCC um projeto de MDL. Este projeto foi aprovado em dezembro de 2006 e registrado como o primeiro projeto de transportes de MDL aprovado. Em 2008, o México também submeteu para avaliação da UNFCCC o projeto de MDL do BRT Metrobús. Outros projetos de MDL também se encontram em desenvolvimento em Quito, Equador, Pereira (Colômbia) e Cali (Colômbia).

Cabe salientar que alguns programas de microssimulação de tráfego, além de possibilitarem as análises de circulação viária de diferentes formas, também calculam os indicadores de tráfego e, complementarmente, as estimativas de melhorias ambientais. Contudo, considerando que existe uma metodologia para projetos de BRT aprovada pela UNFCCC, esta Dissertação irá concentrar-se na referida metodologia.

Nesta dissertação, a Metodologia para Projetos de BRT (UNFCCC, 2006), aprovada pela UNFCCC e aplicada para o caso Transmilênio será descrita sucintamente a seguir, apresentando os principais dados utilizados para se estimar a redução de CO<sub>2eq</sub> em decorrência da implantação do Transmilênio além da redução de alguns poluentes locais. Somente no capítulo 4 é que serão apresentados os resultados desta aplicação.

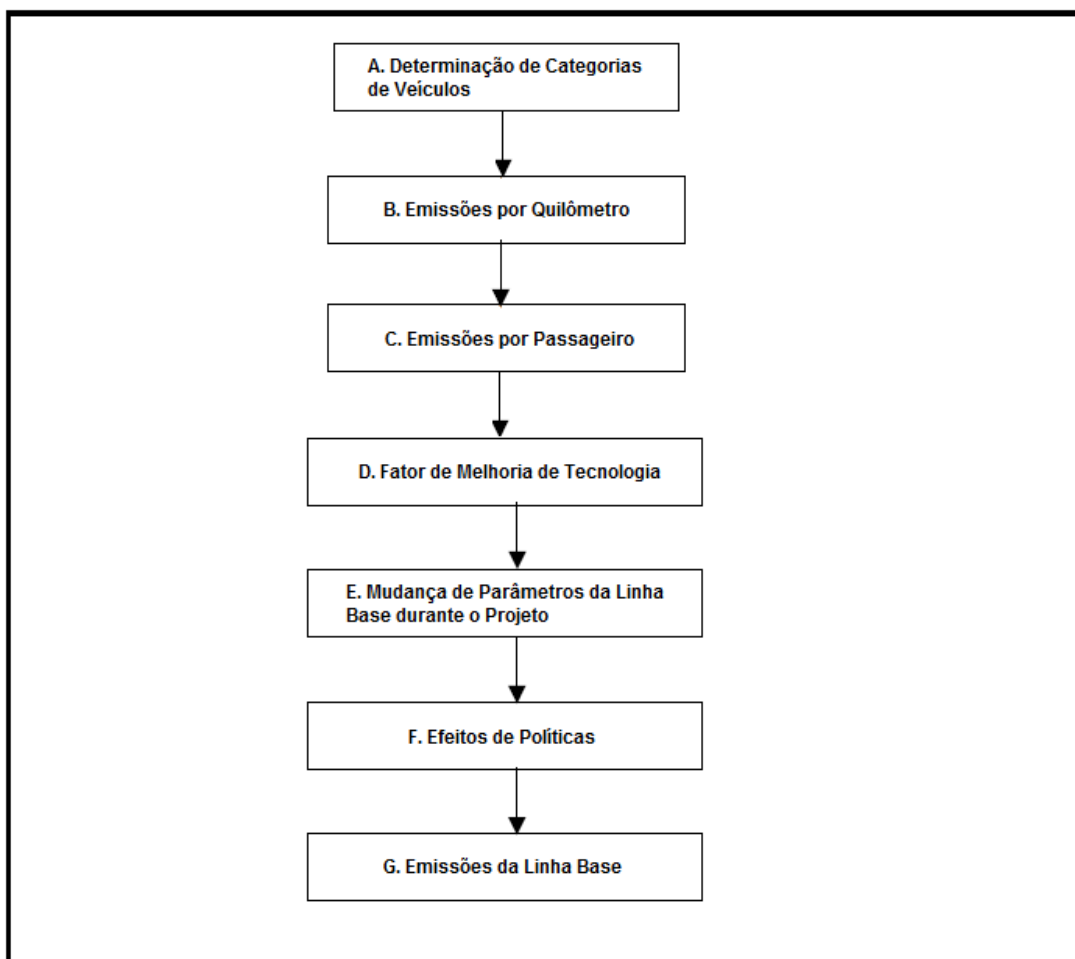
Essa metodologia permite o cálculo para projetos que utilizem gasolina, gás natural e diesel, mas não se aplica a projetos que utilizem biocombustíveis, para os quais há uma necessidade de revisão metodológica.

Segundo a metodologia, a redução das emissões de GEE (expressa em CO<sub>2eq</sub>) é a diferença entre as emissões por passageiro/viagem da linha base (sem o projeto) e as do projeto, multiplicada pelo número de passageiros transportados no projeto.

### **3.4.2.3. Determinação das Emissões na Linha Base**

A linha base representa as emissões de GEE na ausência do projeto de BRT. As emissões da linha base são aquelas correspondentes ao estado atual ou histórico que são calculadas antes do início de operação do projeto (*ex-ante*).

As emissões da linha base podem ser determinadas utilizando-se as etapas mostradas a seguir, na Figura 3.16.



**Figura 3.16:** Etapas para Determinação das Emissões da Linha Base

### ***A. Determinação de Categoria de Veículos***

As categorias relevantes de veículos, para fins de classificação como fontes de emissão, são:

- Ônibus, separando-se os grandes, médios e pequenos;
- Carros particulares;
- Táxis;
- Motocicletas;
- Transporte não motorizado.

Devem ser selecionadas as categorias que sejam relevantes para o estudo de avaliação do projeto de BRT. Se o projeto somente gerar redução de emissões atmosféricas através do transporte público, sem mudanças de viagens de determinados meios de transporte para o BRT, então as categorias de veículos particulares, táxis e motocicletas não precisam ser incluídas na avaliação.

Devem ser diferenciados os tipos de combustíveis relevantes para cada categoria. Se menos de 10% dos veículos em uma categoria específica de veículos usarem combustíveis como gasolina, diesel, CNG (gás natural comprimido) ou LPG (gás de petróleo líquido), então o respectivo combustível pode ser omitido como simplificação (UNFCCC, 2006).

Após a determinação das categorias de veículos, é necessário determinar as emissões por passageiro transportado na linha base.

## ***B. Determinação de Emissões por Quilômetro por Categoria de Veículos***

As emissões de CO<sub>2eq</sub> por quilômetro devem ser calculadas para a vida útil do projeto, sendo baseadas no consumo de cada tipo de combustível, nas emissões de CO<sub>2eq</sub> por litro de combustível e na parcela de veículos usando o tipo específico de combustível.

Para o cálculo das emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, calcula-se primeiramente as quantidades de emissão do CH<sub>4</sub> e de N<sub>2</sub>O. As emissões do CH<sub>4</sub> são uma função do combustível, do tipo de motor e de controles pós-combustão. As emissões de N<sub>2</sub>O são baseadas no tipo de combustível, categoria de veículo, tecnologias de controle instaladas e dados locais como média das velocidades operacionais, temperaturas e altitude.

As emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O são transformadas em CO<sub>2eq</sub> usando-se fatores GWP (*Global Warming Potential*) ou em português, Potencial de Aquecimento Global<sup>7</sup>, aprovados na Conferência das Partes da UNFCCC.

---

<sup>7</sup> Potencial de Aquecimento Global é uma medida relativa de como uma determinada quantidade de GEE contribui para o aquecimento global, comparando o gás em questão com a mesma quantidade de dióxido de carbono (cujo potencial é definido como 1).

Os parâmetros padrões por categoria de veículos para CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O são apresentados na Tabela 3.7 em gCO<sub>2eq</sub> por litro de combustível consumido. Os fatores de emissões de CO<sub>2</sub> possuem um valor fixo por litro de combustível usado. Seu cálculo é baseado no conteúdo de carbono do combustível, no poder calorífico do combustível, e na oxidação do combustível durante a combustão. Já os fatores de emissão do CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O dependem do tipo de veículo.

**Tabela 3.7:** Fatores de Emissão Padrões Segundo a Categoria de Veículo e Tipo de Combustível (gCO<sub>2eq</sub>/litro) (UNFCCC, 2006)

Categoria do Veículo	Fatores de Emissão de CO <sub>2</sub>		Fatores de Emissão de CH <sub>4</sub>		Fatores de Emissão de N <sub>2</sub> O	
	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel
Ônibus Grande	2313	2661	11	2	9	21
Ônibus Médio	2313	2661	12	2	12	36
Ônibus Pequeno	2313	2661	13	1	14	51
Táxis	2313	2661	11	1	14	23
Veículos Particulares	2313	2661	11	1	14	23
Motocicletas	2313	2661	29	-	7	0

Em seguida, devem-se calcular as emissões por quilômetro para cada categoria de veículos. Para isto, além das informações anteriores sobre emissões, são utilizados dados de consumo de combustível por categoria de veículo, havendo para isto duas alternativas:

- *Alternativa 1:* Medida real dos dados de consumo de combustível usando uma amostra de dados representativa para a respectiva categoria e tipo de combustível. Segundo a UNFCCC (2006), esta alternativa é a mais indicada, pois é mais precisa.
- *Alternativa 2:* Uso de valores fixos baseados na literatura nacional ou internacional. Os valores do IPCC relativos ao consumo de combustível podem ser encontrados no documento “Orientações do IPCC Revisadas para Inventários Nacionais de GEE” (Manual de Referência: Quadros 1-27 a 1-42) (IPCC, 1996<sub>b</sub>).

### **C. Cálculo de Emissões por Passageiro por Categoria de Veículo**

Com base nos resultados do item anterior, ou seja, nos fatores de emissão por quilômetro percorrido (para cada categoria), são então calculados os fatores de emissão por passageiro por categoria de veículos. Para isto, a metodologia contém diversas fórmulas para tal conversão. De modo geral, considera a distância média de viagem para cada categoria de veículo e a taxa de ocupação, para se chegar, então, às emissões de CO<sub>2eq</sub> por passageiro, em cada categoria.

A seguir, a Tabela 3.8 apresenta os valores obtidos de emissões de CO<sub>2eq</sub> por passageiro para as categorias veículos particulares, táxis e ônibus, que foram utilizados durante a aplicação da metodologia para o caso do Transmilênio.

**Tabela 3.8:** Emissões de CO<sub>2eq</sub> por Passageiro para as Categorias Veículos Particulares, Táxis e Ônibus (Adaptação de GRÜTTER CONSULTING, 2006)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Emissões por Passageiro de Veículos Particulares (gCO<sub>2eq</sub>/passageiro)</b>	1.783	1.765	1.748	1.730	1.713	1.696	1.679
<b>Emissões por Passageiro de Táxis (gCO<sub>2eq</sub>/passageiro)</b>	2.345	2.322	2.299	2.276	2.253	2.230	2.208
<b>Emissões por Passageiro de Ônibus (gCO<sub>2eq</sub>/passageiro)</b>	930	921	911	902	893	884	876

Em seguida, devem ser cumpridas as etapas de fator de melhoria de tecnologia, mudança de parâmetros da linha base durante o projeto e efeitos de políticas, para então se chegar às emissões da linha base.

## ***D. Mudança Tecnológica***

Dentro das condições usuais de serviço, os fatores de emissão por categoria de veículos podem mudar devido aos seguintes aspectos:

- Os veículos podem ser substituídos por outros veículos mais eficientes;
- Os veículos que já estejam em funcionamento tendem a aumentar as emissões devido ao uso e desgaste.

Com o propósito de simplificar, uma média de taxa de melhoria de tecnologia por ano deve ser estabelecida para cada categoria de veículo. A taxa de melhoria é aplicada para cada ano do calendário. O ano 0 é o ano em que os dados do consumo de combustível foram coletados ou determinados. As emissões por categoria de veículo são correspondentes ao fator de melhoria de tecnologia. Trata-se de um parâmetro fixo e constante por categoria de veículo, mostrado na tabela 3.9.

**Tabela 3.9:** Fator de Melhoria de Tecnologia para Consumo de Combustível (UNFCCC, 2006)

<b>Categoria do Veículo</b>	<b>Fator de Melhoria</b>
Ônibus	0,99
Táxis	0,99
Veículos Particulares	0,99
Motocicletas	0,997

## ***E. Ajuste de Parâmetros da Linha Base Durante a Vida Útil do Projeto***

O ajuste de parâmetros da linha base é necessário apenas se o projeto promover a substituição de diferentes meios de transporte para o BRT. Neste caso, alguns parâmetros usados para o cálculo da linha base podem mudar ao longo do tempo, conforme mostrado a seguir:

- *Distância percorrida por passageiros que passaram a usar o BRT:* essa distância pode mudar ou não ser equivalente à distância média percorrida usada para calcular o parâmetro de emissão da linha base. As emissões da linha base por passageiros de táxis, veículos particulares e motocicletas devem ser anualmente ajustadas através de um fator de correção para ajuste da distância das viagens.
- *Tipo de combustível utilizado pelos veículos:* Esse item é relevante se houver substituição do veículo particular pelo transporte público através do BRT. Com as informações provenientes do monitoramento, o fator de emissão correspondente na linha base deve ser ajustado.

## ***F. Efeitos de Medidas Políticas de Transporte***

Nesta metodologia, devem ser consideradas as políticas de transporte com um impacto mensurável nas emissões de GEE. A equipe de avaliação ambiental do projeto necessita ter acesso às essas políticas para verificar seus efeitos nos diversos parâmetros da metodologia. Todas as políticas relevantes e seus impactos devem estar incluídos na linha base. Um fator de correção deve ser introduzido caso se faça necessário.

Políticas que modifiquem o uso de combustível dos veículos (tanto o tipo de combustível ou referentes às especificações do combustível) devem ser avaliadas e monitoradas, pois podem modificar potencialmente o fator de emissão por distância percorrida pelos veículos.

Devem também ser avaliadas e monitoradas outras políticas que possibilitem mensurar e verificar mudanças de parâmetros usados para calcular emissões de linha base, como por exemplo, uma mudança compulsória de tecnologia através do estabelecimento da idade máxima de veículos do transporte coletivo.



## **G. Determinação de Emissões da Linha Base**

A determinação das emissões da linha base deve ser calculada com base nos itens A, B e C, levando-se em consideração também os ajustes previstos nos itens D, E, e F, descritos acima.

### **3.3.2.4. Emissões do Projeto**

As emissões do projeto, ou seja, as emissões na situação de projeto são aquelas referentes ao novo sistema de transporte. Todas as emissões de viagens realizadas no novo sistema de BRT devem ser consideradas, tanto as de rota principal como as de ônibus alimentadores.

As emissões totais podem ser calculadas de duas maneiras, dependendo da disponibilidade dos dados.

- *Alternativa A:* Através do uso do consumo específico de combustível e dos dados de distância. Essa alternativa usa como base de dados a eficiência do combustível (exemplo: consumo por quilômetro percorrido) e dados de distância.
- *Alternativa B:* Através do uso de dados de consumo total de combustível. Esta alternativa é baseada na estimativa do total de combustível consumido pelo sistema.

Os dados de consumo de combustível são definidos, muitas vezes, a partir das informações das empresas de ônibus e também de amostras representativas.

A alternativa A foi utilizada para calcular as emissões do Projeto no caso do Transmilênio.

### 3.3.2.5. Fugas

As fugas (*leakage*) correspondem ao aumento de emissões de GEE que ocorrem fora do limite do projeto de BRT e que, ao mesmo tempo, sejam mensuráveis e atribuíveis às atividades do projeto. Dessa forma, são considerados todos os possíveis impactos negativos ou positivos em termos de emissão de GEE. As fugas são apenas consideradas se o efeito total anual diminuir a redução de emissões estimadas. Portanto, a redução de emissões é igual a linha base menos projeto menos a fuga de emissões.

As emissões devido à construção de pistas dedicadas ao projeto de BRT devem ser consideradas como fugas. Estas emissões ocorrem durante a produção dos materiais requeridos para a construção, e, portanto, antes do início da operação do sistema. Esta metodologia foca unicamente o cimento e/ou o asfalto como os principais materiais energeticamente intensivos usados para a construção. O total de quantidade de cimento deve ser calculado por quilômetro de pista para disponibilizar um indicador simples. O fator de emissão padrão por tonelada de cimento produzido inclui o processo e energia relativa às emissões de GEE. O valor padrão é 0,99 toneladas de CO<sub>2eq</sub> por tonelada de cimento. Quanto ao asfalto, segundo o IPCC, o fator padrão de emissão é de 0,03 toneladas de CO<sub>2eq</sub> por tonelada de asfalto (UNFCCC, 2006).

A seguir, a Tabela 3.10 apresenta os valores de fugas geradas por emissões de construção que foram utilizados durante a aplicação da metodologia para o caso do Transmilênio.

**Tabela 3.10:** Fugas Geradas por Emissões de Construção (Adaptação de *GRÜTTER CONSULTING*, 2006)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total
<b>Vias (quilômetros cumulativos)</b>	95	120	158	184	202	219	236	236
<b>Emissões (tCO<sub>2eq</sub>)</b>	17.901	22.670	29.842	34.875	38.130	41.385	44.621	229.424

As emissões adicionais proporcionadas pela substituição dos ônibus devido às políticas de sucateamento também devem ser consideradas como fugas. O processo de sucateamento não gera emissões adicionais, já que os ônibus seriam sucateados cedo ou tarde de qualquer maneira. Portanto, as emissões devido ao sucateamento demolição ou substituição dos ônibus são basicamente devido à redução do ciclo de vida dos veículos. Isso significa um uso de energia maior para a produção dos ônibus por ano de operação ou por

quilômetro, ou seja, a energia usada para a fabricação dos ônibus gera emissões antes do início das operações do projeto. As emissões usadas para a fabricação do ônibus são baseadas em estimativas de ciclo de vida. O uso de um valor fixo de 42 toneladas de CO<sub>2eq</sub> por ônibus fabricado é justificado como fuga total da construção de ônibus (UNFCCC, 2006).

A seguir, a Tabela 3.11 apresenta os valores de fugas geradas por emissões de sucateamento que foram utilizados durante a aplicação da metodologia para o caso do Transmilênio.

**Tabela 3.11:** Fugas Geradas Por Emissões de Sucateamento (Adaptação de *GRÜTTER CONSULTING*, 2006)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total
<b>Novos Ônibus Troncais)</b>	330	136	331	274	0	155	0	1.226
<b>Ônibus Sucateados</b>	2.542	1.050	2.547	2.111	0	1.190	0	9.441
<b>Idade dos ônibus Sucateados</b>	36	32	30	28	-	28	-	-
<b>Emissões Anuais (tCO<sub>2eq</sub>)</b>	1.525	2.786	6.606	10.406	10.406	12.548	12.548	56.826

Outra fuga que deve ser considerada é a fuga gerada pela economia de emissões de extração, produção e transporte de combustíveis. A Colômbia é responsável pelo refinamento do seu próprio diesel não o importando de outros países. Sabe-se que a extração, produção e transporte de combustíveis resultam em emissões de GEE. Portanto, esta prática colombiana resulta em uma fuga que deve ser considerada devido à economia de combustível.

A seguir, a Tabela 3.12 apresenta os valores da fuga gerada pela economia de extração, produção e transporte de combustíveis, que foram utilizados durante a aplicação da metodologia para o caso do Transmilênio.

**Tabela 3.12:** Fugas Geradas pela Economia de Extração, Produção e Transporte de Combustíveis (Adaptação de *GRÜTTER CONSULTING*, 2006)

	<b>Reduções de Emissões (tCO<sub>2eq</sub>)</b>	<b>Fugas Geradas pela Economia de Extração, Produção e Transporte de Combustíveis (tCO<sub>2eq</sub>)</b>
<b>2006</b>	98.389	-13.775
<b>2007</b>	136.856	-19.160
<b>2008</b>	230.201	-32.228
<b>2009</b>	304.432	-42.620
<b>2010</b>	299.564	-41.939
<b>2011</b>	337.256	-47.216
<b>2012</b>	331.797	-46.452
<b>Total</b>	1.738.495	-243.389

Pode ocorrer fuga devido às mudanças na taxa de ocupação de ônibus convencionais remanescentes e táxis na cidade. O sistema de BRT pode fazer com que os ônibus remanescentes nas ruas percam passageiros e continuem operando aumentando assim, as emissões por passageiro transportado. Esta fuga deve ser incluída apenas se o fator de carga mudar mais do que 10 pontos percentuais, já que certas variações no fator de carga causadas por circunstâncias externas são normais (UNFCCC, 2006).

A seguir, a Tabela 3.13 apresenta a mudança do fator de carregamento dos ônibus na linha base, que foi utilizado durante a aplicação da metodologia para o caso do Transmilênio.

**Tabela 3.13:** Mudança do Fator de Carregamento dos Ônibus na Linha Base (Adaptação de *GRÜTTER CONSULTING*, 2006)

<b>Taxa de Ocupação Média dos Ônibus na Linha Base antes do Início de Projeto</b>	<b>Total de Distância Anual Dirigida pelos Ônibus na Linha Base antes do Início do Projeto (milhões de quilômetros)</b>	<b>Número Total de Ônibus na Linha Base Antes do Início do Projeto</b>
66%	1.589	26.508

A seguir, a Tabela 3.14 apresenta a mudança do fator de carregamento dos táxis na linha base, que foi utilizado durante a aplicação da metodologia para o caso do Transmilênio.

**Tabela 3.14:** Mudança do Fator de Carregamento dos Táxis na Linha Base (Adaptação de GRÜTTER CONSULTING, 2006)

<b>Taxa de Ocupação Média dos Táxis na Linha Base antes do Início de Projeto</b>	<b>Viagens de Táxis por Dia</b>	<b>Distância Média por Viagem de Táxi (quilômetros)</b>	<b>Número de Táxis</b>
0,81	982.224	7	36.579

É importante ressaltar que o impacto de tráfego induzido (viagens adicionais provocadas) devido ao novo sistema de transporte, relaciona-se diretamente com as emissões do projeto e não é tratado como fuga.

Por outro lado, o impacto de redução de congestionamento deve ser considerado como uma fuga. A este impacto relaciona-se a fuga devida ao Efeito Rebote (quando ocorre um aumento do número de veículos transitando nas vias devido ao espaço viário liberado pela separação dos ônibus do tráfego misto, podendo resultar também em viagens adicionais e conseqüentemente em maiores emissões de poluentes) e a fuga devida ao aumento das velocidades e à redução de paradas e acelerações dos veículos circulantes, gerando menores emissões de poluentes.

A separação de ônibus do sistema de BRT do tráfego misto em corredores exclusivos reduz o espaço das pistas remanescentes, sendo que a proporção de espaço de via disponível para veículos particulares deve ser calculada. A proporção de ônibus retirados/sucateados e a proporção de transporte público ainda existente no tráfego misto devem ser determinadas para possibilitar o cálculo do espaço viário liberado.

A seguir, a tabela 3.15 apresenta os valores das fugas geradas pela redução de congestionamento (efeito rebote e mudança na velocidade dos veículos) no período de 2006 - 2012, que foram utilizados durante a aplicação da metodologia para o caso do Transmilênio. Assim sendo, o total de fuga de emissões devido à redução de congestionamento é calculado diminuindo-se o total estimado de emissões devido ao efeito rebote (43.328 tCO<sub>2eq</sub>) do total estimado de emissões devido ao aumento de velocidade dos veículos (de -77.421 tCO<sub>2eq</sub>), ou seja, um total de -34,113 tCO<sub>2eq</sub>, o que mostra que o projeto reduz emissões de GEE através da redução de congestionamento.

**Tabela 3.15:** Fugas devido à Redução de Congestionamento (Efeito Rebote e Mudança na Velocidade dos Veículos) (Adaptação de GRÜTTER CONSULTING, 2006)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total
Espaço Viário Livre (km)	8	21	26	26	26	26	26	-
Unidades Sucateadas (cumulativo)	2.542	3.592	6.140	8.251	8.251	9.441	9.441	-
Espaço Rodoviário Adicional Disponível (%)	2.0	2.1	4.3	6.4	6.4	7.6	7.6	-
Velocidade dos Veículos no Projeto (km/h)	33.3	33.5	34.1	34.6	34.6	34.9	34.9	-
Fuga devida ao Efeito Rebote (tCO <sub>2eq</sub> )	2.355	2.447	5.081	7.640	7.640	9.083	9.083	43.328
Fuga devida ao Efeito de Aumento de Velocidade (tCO <sub>2eq</sub> )	-4.184	-5.898	-10.018	-13.392	-13.392	-15.279	-15.279	-77.441
Fuga Total devida à Redução de Congestionamento (tCO <sub>2eq</sub> )	-1.829	-3.451	-4.937	-5.752	-5.752	-6.196	-6.196	-34.113

### 3.3.2.6. Análise de Sensibilidade

A metodologia prevê uma análise de sensibilidade que deve ser realizada para os parâmetros que são usados para calcular a linha base e as emissões do projeto (no mínimo onde o nível de incerteza dos dados é considerado moderado ou alto). Além disso, a análise de sensibilidade deve identificar os parâmetros potencialmente críticos e discuti-los.

A análise de sensibilidade deve ser realizada através da mudança dos parâmetros que devem ser requeridos para reduzir as emissões em 5%. Este valor dá a indicação da magnitude de mudança do parâmetro necessário para significativamente modificar as reduções de emissões calculadas. Uma análise de sensibilidade deve ser realizada no mínimo para o fator de carga e para a distribuição modal (UNFCCC, 2006).

### **3.3.2.7. Metodologia de Monitoramento de Projetos de BRT**

Além da metodologia para avaliação da redução de emissões de CO<sub>2eq</sub> em sistemas de BRT, foi desenvolvida uma metodologia para o monitoramento de projetos de BRT (UNFCCC, 2006). É importante salientar que a apresentação de uma metodologia de monitoramento é obrigatória para acompanhar um projeto de MDL, sendo necessária para assegurar a integridade das atividades ambientais do projeto de BRT e garantir que ocorra o monitoramento eficiente dos dados.

O plano de monitoramento do projeto de BRT deve descrever quais parâmetros, em que frequência e quais tipos de medidas devem ser monitoradas. O monitoramento básico a ser realizado considera os seguintes itens: consumo de combustível dos ônibus do projeto, distância percorrida, passageiros transportados e uma pesquisa regular para determinar quais meios de transporte os passageiros teriam utilizado na ausência do projeto. A pesquisa pode ser baseada em um questionário preenchido pelo usuários. Adicionalmente, alguns parâmetros concernindo fugas precisam de ser monitorados como o número exato de ônibus atualmente sucateados ou mudanças no valor do carga de táxis e ônibus remanescentes realizados através de estudos de ocupação visual que podem ser realizados em torno de 3 anos em 3 anos (UNFCCC, 2006).

Para ajustar os dados de emissão da linha base, o número de passageiros usando o projeto e o modo de transporte que eles iriam utilizar na ausência do projeto precisam ser monitorados (transporte público, táxis, veículos particulares, motocicletas, transporte não motorizado ou tráfego induzido).

A metodologia de monitoramento para o projeto é baseada na medição do consumo total de combustível e, portanto, nas emissões do novo sistema de transporte. Devido a uma questão metodológica, os dados devem ser obtidos a partir de medições, pois, desta forma, a confiabilidade dos dados será elevada devido à obtenção de medidas exatas e procedimentos de controle estabelecidos para os dados exigidos. Assim sendo, os valores padrões para o consumo de combustível não devem ser utilizados para as emissões do projeto.

## **CAPÍTULO 4. ESTUDO DE CASO: TRANSMILÊNIO**

### **4.1. Características do Transporte Urbano de Bogotá antes do Transmilênio**

Antes da implantação do Transmilênio (1998), o transporte em Bogotá evoluía de maneira desordenada, gerando custos econômicos e sociais elevados para seus habitantes, tais como alarmantes níveis de poluição ambiental, tarifas elevadas, freqüentes congestionamentos e aumento dos tempos das viagens, tempo produtivo do cidadão perdido nas retenções de tráfego, aumento da “guerra do centavo”<sup>8</sup> entre motoristas de ônibus, elevado número de acidentes, baixa rentabilidade dos empresários de transportes e difíceis condições de trabalho dos condutores (TRANSMILENIO SA., 2006).

---

<sup>8</sup> “Guerra do centavo”: empresas sem frota se uniam a proprietários autônomos de veículos. Estes, por sua vez, contratavam motoristas e os exploravam para que trabalhassem até 16 horas diárias, remunerando-os segundo a quantidade de passageiros transportados. A disputa por passageiro nas ruas ocorria até mesmo entre os motoristas da mesma linha e empresa. Diversas práticas perigosas provocavam acidentes devido à falta de manutenção dos ônibus e à disputa por passageiros ao parar em qualquer local para o embarque.



A Avenida Caracas é o principal eixo de transporte público de Bogotá, iniciando-se na zona sul e seguindo para a região norte, cruzando toda a região central de Bogotá. A Figura 4.1 mostra como era caótico o tráfego na Avenida Caracas antes da implantação do Transmilênio. A cidade, além de manter uma extensa e custosa infra-estrutura viária, que era aproveitada principalmente pelos automóveis e táxis, sofria com o abuso dos condutores do transporte particular que usavam indiscriminadamente qualquer espaço público como estacionamento, até mesmo as calçadas das áreas comerciais.



**Figura 4.1:** Avenida Caracas antes da Implantação do Transmilênio  
(Foto pessoalmente cedida por SIMAS e CONSTANSKI)

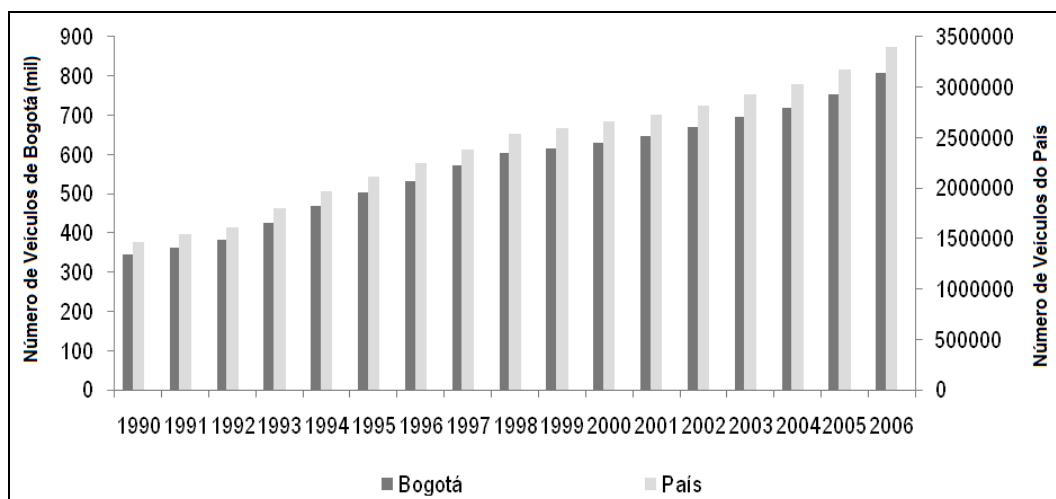
Estima-se que em 1999, cerca de 95% da malha viária era utilizada por 850 mil veículos particulares, os quais, somente transportavam 19% dos habitantes de Bogotá. Por outro lado, 72% das pessoas eram transportadas por cerca de 21 mil ônibus, os quais ocupavam de maneira desordenada uma área relativamente pequena da malha viária (JICA apud TRANSMILENIO S.A., 1999).

De acordo com a pesquisa conduzida por JICA (1996), entre as causas da decrescente fluidez do tráfego e do aumento dos acidentes em Bogotá, encontram-se:

- Deficiência da qualidade e manutenção do pavimento, com a superfície apresentando inúmeras irregularidades como depressões, ressaltos e buracos na maioria das ruas existentes, inclusive nas vias principais da cidade;
- Deficiência da gestão do tráfego (sistema semafórico, sinalização, educação, fiscalização e punição);
- Esgotamento da capacidade das vias e das interseções;
- Manutenção precária do sistema de drenagem, já que quando chovia muitos trechos de vias ficavam inundados pela água.

Em 1999, Bogotá possuía pouco mais de 6 milhões de habitantes. A oferta de transporte público coletivo contava com 64 empresas operando 639 rotas diferentes que cobriam amplamente a cidade, muitas delas sobrepostas nos corredores de maior demanda, principalmente no centro da cidade. O excesso de oferta de transporte público somada à elevada taxa de motorização da população, criaram volumes de veículos que excederam a capacidade de tráfego das vias da cidade diminuindo a mobilidade dos viajantes.

Segundo a Secretaria Distrital de Meio Ambiente de Bogotá (2008<sub>a</sub>), o crescimento contínuo de veículos em Bogotá mostrado na Figura 4.2, especialmente de automóveis particulares, vem ao longo dos anos causando a saturação da malha viária disponível.



**Figura 4.2:** Tendência da Frota de Bogotá e de todo o País (Colômbia) (Adaptação de ACOLFA, 1996; 2002; 2007)

Vale salientar que as vendas de automóveis aumentaram consideravelmente nos últimos tempos, como decorrência do melhoramento progressivo das condições econômicas familiares, redução de taxas de impostos e maiores facilidades de financiamento.

Em suma, cabe considerar que no final do século XX a qualidade do transporte público de Bogotá era péssima. As tarifas, o excesso de oferta de ônibus e os tempos de deslocamento eram significativos, enquanto que os níveis de confiabilidade, comodidade e segurança, baixíssimos. Os congestionamentos durante as horas de pico eram enormes. Estima-se que o excesso de oferta de ônibus era de 40%, com baixos índices de ocupação (DNP, 2003, citado por TRANSMILENIO S.A., 2006).

## 4.2. Uma Nova Visão de Bogotá

A complexa problemática do transporte urbano em Bogotá motivou o governo municipal (1998-2000) a intervir no sistema existente. Através do Plano de Desenvolvimento “*Por la Bogotá que Queremos*”, a prefeitura estabeleceu a mobilidade urbana como a principal prioridade para o desenvolvimento da cidade e para o melhoramento da qualidade de vida da população.

Com os objetivos simultâneos de promover o uso dos modos de transporte não motorizados e de desestimular o uso indiscriminado do automóvel, o governo municipal iniciou a reconquista do espaço público construindo e recuperando parques e calçadas antes invadidas por automóveis ou ilegalmente exploradas por comerciantes e residentes.

A prefeitura também deu início ao projeto de *CicloRutas* (vias exclusivas para bicicletas), que no final do ano 2000 já contava com 232 quilômetros. Milhares de “*bolardos*”<sup>9</sup> foram instalados nas calçadas para impedir o estacionamento ilegal de veículos. Proibiu o estacionamento de veículos ao longo de avenidas e ruas concorridas, assim como aumentou o valor das multas acompanhadas de maior fiscalização e controle policial (IDU, 2007).

---

<sup>9</sup> *Bolardos* são peças pré-fabricadas de concreto ou metal que servem para delimitar, controlar e proteger áreas para pedestres restringindo principalmente o acesso de veículos.

Diante das crescentes limitações do sistema viário abordadas no item 4.1, o governo municipal, mediante o Decreto 626 de 1998, impôs a restrição da circulação de veículos particulares na cidade nos dias úteis de acordo com o último número da placa durante os períodos de pico<sup>10</sup> (7 horas às 9 horas e 17:30 às 19:30). A medida foi chamada de "*Pico e Placa de Veículos Particulares*."

Vale salientar que após Consulta Popular realizada em Bogotá no dia 29 de outubro de 2000, foi proibida a circulação de veículos particulares na primeira quinta-feira de fevereiro de todos os anos, durante o período de 6:30 às 19:30 horas, denominando-se este dia como "o dia sem carro". Segundo estimativas da Secretaria de Trânsito e Transporte de Bogotá (BUITRAGO, 2006), um dia sem carro em Bogotá evita a geração de aproximadamente 250 toneladas de monóxido de carbono (CO), 20 toneladas de hidrocarbonetos (HC), aproximadamente 100 toneladas de óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e 10 toneladas de partículas menores de 10 micra (MP10), além de possibilitar níveis de poluição sonora mais suportáveis. Deve-se ressaltar que o objetivo da prefeitura para "o dia sem carro" não era criar uma solução ambiental, tratando-se apenas de uma forma simbólica de expressar a necessidade de utilizar meios alternativos de transporte público.

Em 1998, visando uma solução oportuna, duradoura, financiável e contundente para a problemática do transporte público coletivo, a prefeitura deu início a um sistema de alta capacidade de ônibus inspirado nas experiências bem sucedidas de Curitiba e Quito – o Transmilênio - após considerar financeiramente inviável o projeto de metrô para a cidade. Segundo a prefeitura, os recursos necessários para a construção de uma rede metroviária de 17 quilômetros de extensão custariam o mesmo que construir 388 quilômetros de vias segregadas para ônibus somada à melhoria do espaço urbano ao longo dos corredores de transporte (FERREIRA, 2007).

As medidas adotadas para o melhoramento da mobilidade foram continuadas pela prefeitura seguinte (2001–2003), a qual também foi responsável pela preparação da Fase II do Transmilênio. Neste período, foi implantado o Projeto de Reorganização do Transporte Público Coletivo (TPC). A medida Pico e Placa Ambiental foi revista em 2001, ampliando a restrição de circulação no horário de pico para o setor público. A medida passou a prever que para cada dois dias por semana, veículos do setor público com determinados finais de

---

<sup>10</sup> O congestionamento sistema viário pode ser consequência do uso crescente dos veículos particulares para viagens pendulares, principalmente do tipo casa-trabalho e casa-escola. A regularidade dos horários desses tipos de viagens provoca a concentração das mesmas em determinadas faixas horárias chamados de períodos ou horas de pico.

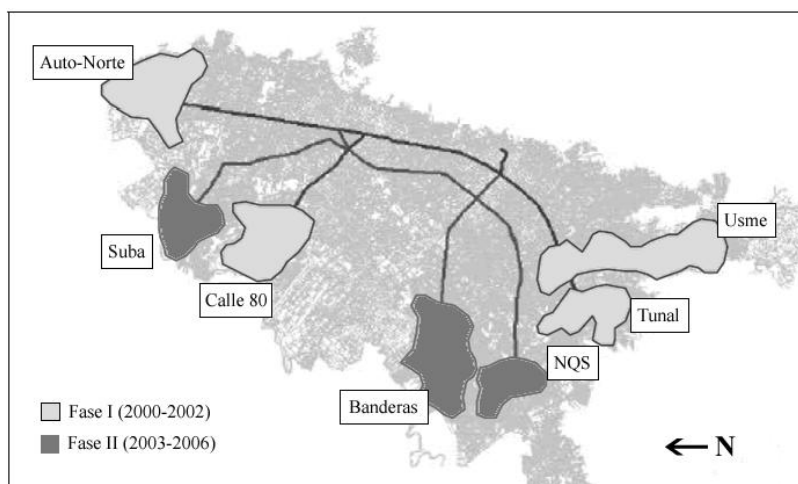
placa não poderiam se movimentar pela cidade durante o horário comercial de segunda-feira a sábado. Esta medida foi chamada de "Pico e Placa para Veículos de Serviço Público."

Do mesmo modo, a administração seguinte (2004–2007) manteve essas medidas e deu prosseguimento à implementação da Fase II do Transmilênio e ao Projeto de Reorganização do TPC. No Decreto 174, de 2006, que prevê a medida denominada Pico e Placa Ambiental, introduziu mais uma restrição de circulação na cidade de Bogotá para o TPC entre as 6:00 e 10:00 da manhã de segunda a sábado, de acordo com o último dígito da placa. Além disso, promulgou o plano diretor da mobilidade (*Plan Maestro de Movilidad*) e conseguiu que o Conselho Distrital autorizasse a reestruturação administrativa de Bogotá que permitiu a criação da nova Secretaria da Mobilidade que substituiu a *Secretaría de Tránsito y Transporte* (STT).

### **4.3. Características do Sistema Transmilênio e Benefícios Gerados**

O sistema Transmilênio tem sido desenvolvido em fases para cobrir toda a cidade. A construção da primeira fase do Transmilênio começou em 1998, sendo que seu funcionamento foi iniciado em 2000. O sistema completo proposto prevê uma extensão de 388 quilômetros (22 corredores) e visa atender a 5,5 milhões de passageiros por dia (TRANSMILENIO, 2003). A construção do Transmilênio está prevista para ocorrer ao longo de 16 anos, devendo cobrir 80% do transporte público da cidade.

A Figura 4.3 mostra que com a conclusão da segunda fase, encontram-se em operação 84 quilômetros de corredores troncais, o que equivale a 22% do sistema idealizado. Atualmente, o sistema mobiliza 1.250.000 viagens por dia, sendo que 51% das viagens do sistema ingressam por alimentação (TRANSMILENIO S.A., 2007).



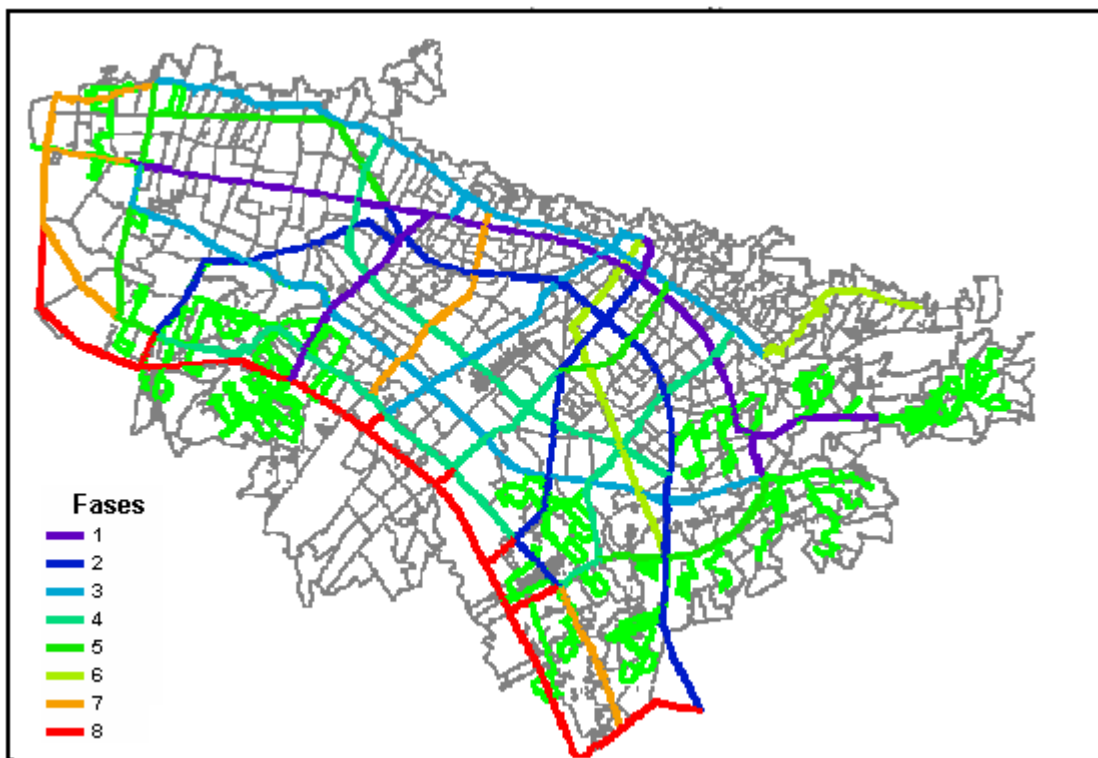
**Figura 4.3** Corredores e Áreas de Alimentação do Sistema Transmilenio - Fases I e II (BUSTAMANTE, 2007).

Atualmente, está sendo iniciada a terceira fase do projeto. Esta fase vai implantar corredores na *Carrera 7ª e 10ª*, *Calle 26* e *Avenida Boyacá*, compreendendo 3 corredores troncais com 36,3 quilômetros. (TRANSMILENIO S.A., 2007). A Tabela 4.1 apresenta uma síntese das 4 primeiras fases do projeto.

**Tabela 4.1:** Síntese das 4 Primeiras Fases do Transmilenio (Adaptação de TRANSMILENIO e IDU, 2006 APUD GRÜTTER, 2006)

Fase	Rota	Distância	Data da Conclusão
Fase I	Calle 80	10,1 km	2000
Fase I	Caracas	21,8 km	2000
Fase I	Autonorte	10,3 km	2000
Fase II	Americas	13,0 km	2003
Fase II	NQS	19,3 km	2006
Fase II	Suba	10,0 km	2006
Fase III	Calle 26	13,9 km	2007
Fase III	Carreras 10 e 7	22,5 km	2008
Fase III	Av. Boyaca	26,6 km	2009
Fase IV	Avenida 68	25,7 km	2011
Fase IV	Calle 13	7,1 km	2012
Fase IV	Av. Ciudad de Cali	14,7 km	2014
Fase IV	Av. 1 de Mayo	12,3 km	2015
Total Fases I - IV		207,3 km	

A Figura 4.4 mostra o planejamento previsto para o sistema Transmilênio, o qual deverá ser totalmente implementado até 2030.



**Figura 4.4:** Planejamento do Sistema Transmilênio até 2030 (GRÜTTER, 2006)

O Transmilênio compreende 4 componentes: (i) infra-estrutura adequada para transporte de alta capacidade, (ii) sistema operativo eficiente, (iii) sistema de bilhetagem moderna e, (iv) uma nova instituição de planejamento, gestão e controle permanente do sistema. A infra-estrutura, gestão, controle e planejamento do sistema são providos pelo estado enquanto os sistemas de operação e cobrança de tarifas são contratados com o setor privado.

A infra-estrutura do Transmilênio inclui as vias troncais e alimentadoras, além de estações com um custo de 4 milhões de dólares por quilômetro (TRANSMILENIO, 2003).

Segundo estatísticas registradas pelo Transmilênio desde o início de seu funcionamento até fevereiro de 2008, o sistema registrou a configuração mostrada na Tabela 4.2.

**Tabela 4.2:** Dados Gerais do Transmilênio em Fevereiro de 2008 (TRANSMILENIO, 2008)

Passageiros Totais	1.980.806.923 passageiros
Média de Passageiros (em hora de pico)	163.228 passageiros
Total de Passageiros Alimentados (entradas/saídas)	977.266.723 passageiros
Total de Passageiros Intermunicipais	121.957.052 passageiros
Estações em Operação	114 estações
Quilômetros de Via em Operação Troncal	84 km
Frota Troncal Disponível	1.071 ônibus
Média de Velocidade da Frota Troncal	27 km/h
Rotas Alimentadoras	74 rotas
Frota de Alimentação Disponível	414 ônibus
Bairros Alimentados	302 bairros
Quilômetros em Operação de Alimentação	515 km

Segundo FERREIRA (2007), a concepção do Transmilênio (sistema idealizado até 2030) é um sistema de transporte onde 85% dos habitantes de Bogotá devem caminhar no máximo 500 metros (distância média entre as estações) para acessar uma linha troncal, e os 15% restantes devem acessar o sistema através de linhas alimentadoras.

As propriedades residenciais vêm sendo cada vez mais valorizadas junto aos corredores do Transmilênio, sendo diretamente proporcionais à proximidade das estações. A densificação do comércio, emprego e residências junto aos corredores tem provocado reduções no número e na distância média das viagens.

Um fator importante na mobilidade de uma pessoa é a comodidade do meio de transporte selecionado. O sistema Transmilênio oferece condições ótimas, muito competitivas e quase únicas de tempo de viagem, limpeza, segurança e tecnologia, situação que sugere um câmbio modal iminente a favor do transporte público de caráter de alta capacidade (TRANSMILENIO S.A., 2007).



O Transmilênio transporta mais de 80 mil passageiros por hora. Os veículos desse sistema vão do início ao final da cidade em menos de uma hora, metade do tempo que os ônibus convencionais costumavam gastar (EMBARQ, 2006). Segundo SEPÚLVEDA<sup>11</sup> (Diretor do *Controle Ambiental de Bogotá*), a qualidade de vida de Bogotá aumentou com Transmilênio, com tempos de viagens caindo até mesmo de 2 horas para 40 minutos.

As velocidades comerciais no transporte público eram de 4 km/h e 12 km/h na avenida Caracas (Figura 4.5) e na *Calle 80*, respectivamente, antes do início da implantação do Transmilênio. Estas velocidades aumentaram para aproximadamente 27 km/h, diminuindo os tempos de viagem dos usuários em 32% (TRANSMILENIO, 2003).



**Figura 4.5:** Avenida Caracas Após a Implantação do Transmilênio (Elaboração Própria)

Segundo a NBRTI (2006), o Transmilênio ajudou a aumentar a participação do transporte coletivo de 64% em 1999 para 70% em 2005. De acordo com um estudo realizado por SDG (2003), 10% dos passageiros do Transmilênio são proprietários de veículos particulares. Ressalta-se que os proprietários de carros particulares que utilizam o Transmilênio não o fazem por amor à ecologia e sim porque é mais rápido e evitam-se problemas com estacionamento (TRANSMILENIO S.A., 2006).

---

<sup>11</sup> Informação adquirida em visita técnica da autora à Bogotá, em maio de 2008.

O Transmilênio é o símbolo da preponderância do interesse geral sobre o particular, do público sobre o privado, posto que utiliza claramente o espaço viário de maneira preferencial. O Transmilênio melhorou a qualidade de vida dos cidadãos que não possuíam um automóvel, ou seja, a maioria dos usuários. A população beneficiada foi, sem dúvida, a que vive nos setores periféricos de Bogotá, que mediante as rotas alimentadoras fazem suas viagens pagando em média 22% a menos do que pagavam antes aos ônibus para chegar aos seus destinos (TRANSMILENIO S.A., 2006). Deve-se salientar a importância do Transmilênio para os usuários de rendas baixa e média baixa que constituem 70% dos viajantes, muitos desses beneficiados pelo serviço de alimentação com a tarifa única integrada (BUSTAMANTE, 2007).

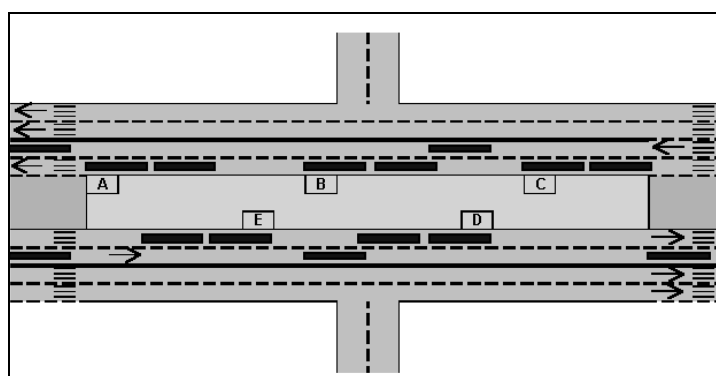
A construção de infra-estrutura para o transporte não-motorizado ao longo do Transmilênio, tais como ciclovias, bicicletários (Figura 4.6) e pontes para pedestres e ciclistas permitiram que um número maior de pessoas fizesse uso da bicicleta para acessar o sistema e também como modo principal de viagem. A evolução no número de viagens por bicicleta passou de 0,4% para 4,5% do total das viagens (FERREIRA, 2007).



**Figura 4.6:** Infra-estrutura para Transporte não Motorizado (FERREIRA, 2007)

Outro dos maiores benefícios do Transmilênio foi o término da “guerra do centavo”, ao tornar independentes as tarifas do número de passageiros recolhidos.

A Figura 4.7 mostra esquematicamente uma estação de parada típica do Transmilênio. O comprimento da estação, em torno de 200 metros, ocupa aproximadamente duas quadras, com acesso dos passageiros e bilheteria. As dimensões da estação permitem o acesso dos ônibus sem interferir com os veículos que ocupam as plataformas de outras rotas. Também é possível a ultrapassagem, permitindo que ônibus expressos não interfiram com os veículos parados na estação, utilizando-se da faixa de circulação à direita. De acordo com o Transmilênio, cerca de 75% dos passageiros usam os serviços expressos e de parada limitada (VINCENT, 2007).



**Figura 4.7:** Estação de Parada Típica do Transmilênio

O sistema Transmilênio é totalmente acessível para usuários com necessidades especiais, facilitando também o acesso de crianças, idosos e mulheres grávidas. Calcula-se que 1% dos usuários do Transmilênio (7.600 pessoas por dia) tem algum tipo de necessidade especial (TRANSMILENIO, 2003).

As estações são fechadas com múltiplas portas de vidro automáticas de 1,2 metros cada (Figura 4.8 - A) que se abrem quando o ônibus chega, apresentando também catracas para pagamento fora dos ônibus, painéis de informação eletrônica, além de plataformas elevadas que permitem o embarque no mesmo nível dos ônibus (a 90 centímetros do solo), facilitando assim o embarque dos passageiros e aumentando a segurança e a eficiência (CAIN *et al.*, 2007). A maior parte das estações possui 5 metros de largura com a construção modular feitas de metal e vidro. Já os ônibus do Transmilênio possuem quatro conjuntos de portas (Figura 4.8 - B) com 1,1 metros de largura para embarque e têm registrado embarques de apenas 3 segundos por passageiro (WRIGHT e HOOK 2007).



**Figura 4.8:** Interior da Estação e Portas Automáticas da Estação e dos Ônibus  
(Fonte: Elaboração Própria)

Todas as estações do sistema são fechadas dentro do conceito de área livre e área paga. Possuem bilheterias, bloqueios eletrônicos e equipes de operação e segurança (prestada por policiais da cidade). Nas entradas das estações estão instaladas bilheterias integradas a um sistema de bloqueios eletrônicos que realiza a autenticação automática das passagens liberando em seguida o acesso do usuário à área paga da estação, de onde ele pode aguardar até embarcar em seu ônibus.

O sistema de tarifas do Transmilênio inclui a produção e a venda de cartões eletrônicos. O Transmilênio usa cartões pré-pagos. A coleta da tarifa é feita antes do embarque usando um cartão inteligente sem contato (Figura 4.9 - A) na entrada da estação, o que minimiza os tempos de espera, agilizando o embarque e permitindo ao passageiro andar em mais de um ônibus. Os cartões podem ser recarregados pelos atendentes nas bilheterias que ficam nas entradas das estações. As catracas giratórias (mostradas na Figura 4.9 - B) são usadas para controlar o fluxo de passageiros e automaticamente debitar a tarifa do cartão.



**Figura 4.9:** Cartões Inteligentes e Catracas  
(Fonte: Elaboração Própria)

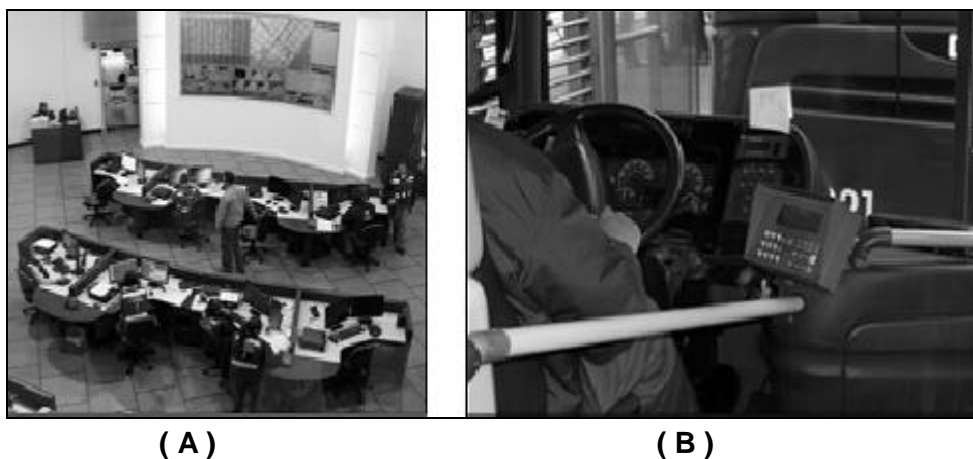
A aproximação do ônibus à estação é feita manualmente pelos motoristas, os quais são bem treinados e podem utilizar a ajuda de paralelepípedos, mostrados na Figura 4.10 - A, para não bater na estação. A distância do ônibus à estação é mínima e pode ser visualizada na Figura 4.10- B.



**Figura 4.10:** Paralelepípedos de Proteção e Distância do Ônibus à Estação  
(Fonte: Elaboração Própria)

O gestor TRANSMILÊNIO S.A. determina a quantidade de serviço ofertado de acordo com as estimativas de demanda, visando garantir o equilíbrio econômico e financeiro do sistema e o nível adequado de serviço para o usuário. A oferta de serviço tronco é distribuída entre os concessionários proporcionalmente aos veículos autorizados no contrato.

As operações do Transmilênio são controladas em um centro de controle operacional (mostrado na Figura 4.11 - A) equipado com 10 estações de trabalho, cada uma apta a controlar 100 ônibus articulados. Essas estações realizam o monitoramento, controle e supervisão intensiva do serviço em tempo real, com o apoio de técnicos em via, estações e terminais, de toda a movimentação dos veículos e coordenam serviços locais e expressos, reduzindo congestionamentos e garantindo a confiabilidade no sistema. Todos os ônibus possuem uma unidade lógica (Figura 4.11 - B) conectada com o GPS, um odômetro, instrumento responsável pela medição da distância percorrida, e pelo sistema automático de abertura de portas. Essa unidade lógica reporta a localização do ônibus a cada seis segundos com dois metros de precisão. Operadores do centro de controle dispõem de telas para monitorar cada serviço e um mapa digital que mostra a localização de cada ônibus. Algumas melhorias recentes incluem telas eletrônicas dentro dos ônibus para informação em tempo real e tacógrafos que registram as velocidades praticadas ao longo do trajeto para todos os ônibus.



**Figura 4.11:** Centro de Controle e Equipamento para Localização e Comunicação em Tempo Real

(Fonte: Elaboração Própria)

Um *software* avançado (Figura 4.12) controla as ações, incluindo registrar, salvar e reportar funções para todas as atividades operacionais. O sistema permite a transferência de voz e de dados entre todos os ônibus articulados e supervisores do sistema. O software também verifica a obediência à programação de horário, dando aos controladores a oportunidade de fazer ajustes em tempo real.



**Figura 4.12:** Software Avançado  
(Fonte: Elaboração Própria)

A frequência do serviço determina a média de tempo de espera dos passageiros e capacidade global do sistema. As frequências do serviço são altas como 280 ônibus por hora. O tempo de espera entre os ônibus (*headways*) são mínimos como de 2 a 3 minutos para as rotas expressas e em média de 13 segundos nas seções mais ativas (CAIN *et al.*, 2007).

O sistema Transmilênio utiliza ônibus articulados (Figura 4.13) com 19 metros de comprimento e com capacidade para mais de 160 passageiros. Eles possuem piso elevado, transmissão automática, suspensão pneumática e freios com sistemas de bloqueio. A operação do Transmilênio foi iniciada com uma frota de 112 ônibus troncais, frota que foi aumentando progressivamente à medida que se adicionava nova infra-estrutura ao sistema.



**Figura 4.13:** Ônibus Articulado e Ônibus à Gás do Transmilênio  
(Fonte: Elaboração Própria)

No final de 2001 a frota troncal disponível era de 422 ônibus, tendo aumentado para 485 ao final de 2002. Em 16 de maio de 2007 a frota estava composta por 1060 ônibus articulados, dos quais 75% de tecnologia EURO<sup>12</sup> II e 25% com tecnologia EURO<sup>12</sup> III como mostra a Tabela 4.3.

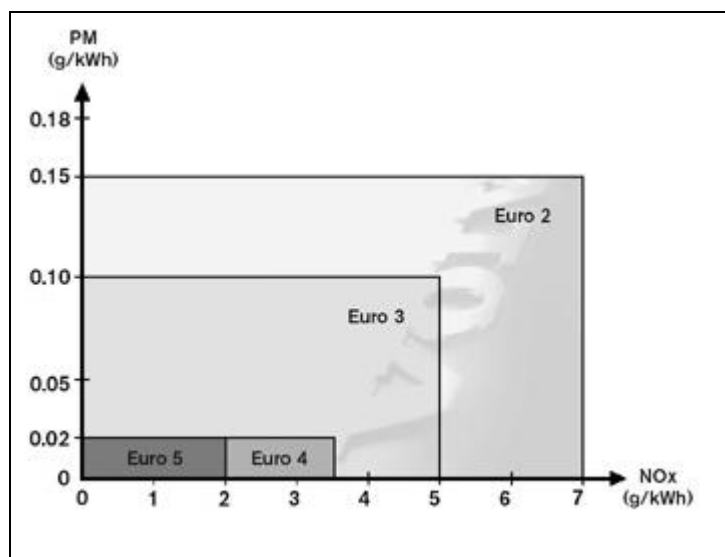
**Tabela 4.3:** Frota Troncal do Transmilênio por Tecnologia, Modelo e Marca (TRANSMILENIO S.A., 2008)

MARCA - COMBUSTÍVEL	MODELO	NORMA		TOTAL
		EURO II	EURO III	
IKARUS - GAS	2002	1		1
<b>Total IKARUS</b>		<b>1</b>		<b>1</b>
MERCEDES - BENZ	2001	253		253
DIESEL	2002	5		5
	2003	9		9
	2004	26		26
	2005	72		72
	2006		47	47
	2007		27	27
<b>Total Mercedes - Benz</b>		<b>365</b>	<b>74</b>	<b>439</b>
SCANIA	2004		54	54
DIESEL	2005		47	47
	2006		59	59
	2007		32	32
<b>Total SCANIA</b>			<b>192</b>	<b>192</b>
VOLVO	2001	224		224
DIESEL	2003	4		4
	2004	27		27
	2005	20		20
	2006	65		65
	2007	88		88
<b>Total Volvo</b>		<b>428</b>	<b>0</b>	<b>428</b>
<b>Total Geral</b>		<b>794</b>	<b>266</b>	<b>1060</b>

<sup>12</sup> Tratam-se de normas de emissões europeias definidas pela União Europeia que restringem os níveis de emissão de poluentes para emissões de escape. As normas de emissões europeias são conhecidas como Euro I (desde 1992), Euro II (desde 1996), Euro III (desde 2000) ou Euro IV (a partir de 2005).



Desta forma, apesar do Transmilênio ter adquirido ônibus com tecnologias EURO II e III que são menos poluentes em comparação com o transporte público convencional de Bogotá, ainda assim isto representa uma fragilidade, pois as tecnologias EURO II e III são ainda muito poluentes em relação ao Material Particulado e  $\text{NO}_x$  (Figura 4.14).



**Figura 4.14:** Normas Europeias de Emissões de Gases de Escape (VOLVO, 2006)

Quanto aos padrões de emissão de enxofre deve-se ressaltar que os níveis da norma europeia atualmente em uso na Europa, EURO V, variam de 10 a 50 ppm, sendo que as tecnologias EURO II e EURO III estão ultrapassadas naquele continente, sendo muito poluentes para os dias de hoje. Por outro lado, é válido e importante o exemplo do Transmilênio com a renovação do parque automotor através de tecnologias menos poluentes, estimulando e pressionando por um combustível com menor conteúdo de enxofre.

Por sua vez, as rotas alimentadoras iniciaram a prestação regular de serviços em 6 de agosto de 2001, com 80 veículos, ligando as zonas mais afastadas aos eixos troncais do Transmilênio. Em conformidade com a frota troncal, a alimentadora foi crescendo à medida em que se colocavam em serviço as estações. No final de 2001 havia 170 ônibus; em 2002 a frota de alimentação aumentou para 235, prestando a cobertura de 357 quilômetros em 74 bairros. Atualmente, conta-se com uma frota de 410 veículos, operando através de 74 rotas, com ônibus chegando a 302 bairros através de 515 quilômetros de operação. A Tabela 4.4 mostra a frota do sistema alimentador segundo a tecnologia, modelo e marca.

**Tabela 4.4:** Frota Alimentadora do Sistema por Tecnologia, Modelo e Marca (TRANSMILENIO S.A., 2008)

VEÍCULO		NORMA		TOTAL GERAL
Marca	Modelo	EURO II	EURO III	
CHEVROLET	2001	7		7
	2002	7		7
<b>Total CHEVROLET</b>		<b>14</b>		<b>14</b>
MERCEDES BENZ	2001	17		17
	2002	35		35
	2004		70	70
	2005		30	30
	2006		136	136
	2007		7	7
<b>Total MERCEDES BENZ</b>		<b>52</b>	<b>243</b>	<b>295</b>
VOLKSWAGEN	2002			0
	2005		101	101
<b>Total VOLKSWAGEN</b>			<b>101</b>	<b>101</b>
<b>TOTAL GERAL</b>		<b>66</b>	<b>344</b>	<b>410</b>

Também se destaca no Transmilênio, a sustentabilidade econômica do sistema, que decorre a partir da receita proveniente das passagens. Sem subsídios, o custeio total do sistema e o retorno financeiro dos agentes privados são garantidos com uma tarifa integrada de valor de 1.300 pesos colombianos (correspondentes a aproximadamente a 1 real e 30 centavos).

De toda forma, no decorrer dos últimos 10 anos, Bogotá deixou de ser uma das cidades mais caóticas do mundo, para se transformar em um novo paradigma de desenvolvimento urbano e de mobilidade. O Transmilênio constitui o elemento central da transformação urbana e da mobilidade de Bogotá e é motivo de orgulho para seus habitantes. A implantação e operação bem sucedida do Transmilênio atraíram o interesse de outras cidades colombianas e o Governo Nacional adotou o modelo do Transmilênio para reproduzi-lo como estratégia para o melhoramento da mobilidade urbana em cidades de grande e médio porte.

O positivo prestígio nacional e internacional que atualmente possui o Transmilênio emerge do reconhecimento dos numerosos benefícios que têm contribuído para o melhoramento da mobilidade e da qualidade de vida dos bogotanos. Sem dúvida, o novo sistema constituiu a maior intervenção da Administração Distrital no transporte público coletivo, estabelecendo-se um novo padrão de serviço, nunca antes visto na cidade, superando o cada vez mais precário serviço fornecido pelos transportadores tradicionais.

## **4.4. Benefícios Ambientais Locais**

### **4.4.1 Gestão Ambiental do Transmilênio**

A questão ambiental vem sendo uma das maiores preocupações do Transmilênio desde o início da sua concepção. Assim sendo, o Transmilênio exige de seus operadores um Plano de Gestão Ambiental, o qual é composto por: Gestão de Resíduos Sólidos, Gestão dos Recursos Hídricos, Planos de Contingência dos Pátios, obrigação de sucateamento da frota obsoleta, obrigação de obtenção de certificações ISO, boa aparência dos ônibus e pátios, programas de reutilização dos pneus dos ônibus, manutenções preventivas, controle e monitoramento do nível de emissões, economia de energia e controle do consumo de combustível da frota.

Desde o início de sua operação, o Transmilênio realiza auditorias nos pátios e garagens das empresas operadoras para verificar o cumprimento dos Planos de Gestão Ambiental, controlando entre outros aspectos a gestão adequada dos resíduos sólidos, assegurando que haja na fonte, a separação dos mesmos, de tal maneira que os resíduos especiais recebam tratamento adequado e que os resíduos convencionais sejam separados para aproveitar seu potencial de reciclagem.

Os principais processos que os operadores devem seguir dentro do Plano de Gestão Integral de Resíduos Sólidos são os seguintes:

- Separação na fonte;
- Armazenamento temporário;
- Reciclagem;
- Reutilização;
- Redução;
- Transporte através de um transportador autorizado pela autoridade Ambiental;
- Disposição final através de uma empresa autorizada pela Autoridade Ambiental.

Cada operador deve apresentar ao Transmilênio seu Plano de Gestão Ambiental que também inclui a gestão dos óleos usados, os quais são armazenados em tanques com seus respectivos diques de contenção. O Transmilênio verifica mensalmente se todos os resíduos gerados pelo sistema são mobilizados e dispostos por entidades devidamente autorizadas e avaliadas pelas autoridades ambientais mediante a outorga de Licenças e Permissões Ambientais. Para isto, é utilizado um formulário de desempenho ambiental que os operadores emitem dentro dos 10 primeiros dias de cada mês, acompanhados das certificações e recibos correspondentes (TRANSMILENIO S.A., 2008).

A Figura 4.15 mostra em parte a gestão de resíduos sólidos no pátio da operadora *Express Del Futuro*.



**Figura 4.15:** Gestão de Resíduos Sólidos no Pátio da Operadora *Express Del Futuro*  
(Fonte: Elaboração Própria)

Como parte da política de qualidade, os concessionários em geral devem obter a certificação ISO 9001 dentro dos três primeiros anos de operação. O Transmilênio pode acompanhar assim o desempenho operacional dos concessionários através dos índices de pontualidade, regularidade, acidentes e multas. A operadora visitada pela autora, a *Express del futuro*, possui as certificações ISO 9001, ISO 14000 e OSHAS 18000.

Segundo a operadora Express Del Futuro, os ônibus de todas as operadoras são pintados ou retocados com tinta todas as noites, garantindo assim uma boa aparência ao sistema. Programas de reutilização dos pneus dos ônibus também estão em prática e, quando um pneu está muito gasto, uma nova couraça é colocada e aumenta-se os sulcos. Adicionalmente, de tempos em tempos as rodas são trocadas de lugar nos ônibus para evitar maior desgaste de parte delas. Manutenções preventivas baseadas em *checklists* são realizadas diariamente. Os pátios e garagens contam também com planos de contingência, para o caso de qualquer eventualidade.

A gestão dos recursos hídricos, assim como a de resíduos sólidos, faz parte dos Planos de Gestão Ambiental dos pátios e garagens, utilizando-se processos de tratamento de águas residuais para a reutilização das águas tratadas, aproveitando-se melhor o recurso hídrico e minimizando com estes processos as substâncias contaminantes nas águas residuais. A infra-estrutura ao redor das áreas de manutenção conta com uma rede perimetral para a coleta das águas residuais que está conectada à estação de tratamento. A rede conta também com mecanismos absorvedores de graxa em todos os lugares que as requerem.

De acordo com os contratos de concessão, os operadores são obrigados a utilizar detergentes biodegradáveis para lavar a frota, devendo também implementar programas de uso eficiente e economia de água (Figuras 4.16 e 4.17) nos pátios e garagens. A água que sai da estação de tratamento é reutilizada até 3 vezes<sup>13</sup> em processos de lavagem permitindo a economia do consumo de água em torno de 40%. Nos *Informes de Seguimento Permanente* informações sobre os consumos de água e, caracterizações dos resíduos e da água que saem da estação de tratamento são enviadas à Secretaria Distrital de Meio Ambiente de Bogotá (TRANSMILENIO S.A., 2008).



**Figura 4.16:** Infra-estrutura para Gestão de Recursos Hídricos no Pátio da *Express Del Futuro*

(Fonte: Elaboração Própria)



**Figura 4.17:** Reutilização de Água Tratada na *Express Del Futuro*

(Fonte: Elaboração Própria)

---

<sup>13</sup> Informação adquirida em visita técnica da autora à *Express Del Futuro*, em maio de 2008.

O Transmilênio, desde o início de sua operação, realiza continuamente o controle e acompanhamento dos níveis de emissões dos veículos de sua frota mediante a realização de provas de opacidade e análise de gases nos veículos do sistema, a fim de controlar o nível de emissões e o cumprimento da legislação vigente. Cada ônibus do sistema possui certificação de acordo com a legislação vigente. Foram realizados 3.949 testes de opacidade até 31 de dezembro de 2006. De acordo com os resultados dos controles de emissão realizados pelo Transmilênio durante o ano de 2006, 907 veículos foram revisados, para os quais a média de opacidade foi de 18,4%, sendo que 98,1% da frota apresentou níveis de emissão inferiores a 40% de opacidade, que é o limite máximo permitido para veículos do ano 2001 e posteriores, de acordo com o estabelecido na Resolução 005, de 1996, expedida pelo Ministério de Meio Ambiente e vigente atualmente. (TRANSMILENIO S.A., 2008).

Igualmente, a Secretaria de Mobilidade, a Polícia Metropolitana de Trânsito e a Secretaria Distrital de Meio Ambiente de Bogotá realizam operações de controle do nível de opacidade cujos resultados mostram que a frota do sistema tem apresentado excelente desempenho ambiental, como mostra a Tabela 4.5.

**Tabela 4.5:** Total de Provas de Opacidade (Adaptação de TRANSMILENIO S.A., 2008)

Entidade de Controle	% Média de Opacidade da Frota Revisada	Veículos Revisados	Frota Aprovada	Data
DAMA (SDA) - STT - Polícia Metropolitana de Trânsito	13.72%	217	96,8%	Janeiro - Outubro/2006
Transmilênio S.A.	18.47%	907	98,1%	Janeiro - Dezembro/2006
SDA - Autorregulamentação	16.32%	555	98,9%	Novembro - Janeiro/2007
Total/Média Geral	16.17%	1679	97,9%	

Nos pátios e garagens do sistema encontram-se instaladas estações de serviço de combustíveis que pertencem aos distribuidores *Exxon Mobil* e *Terpel*, os quais prestam serviços de abastecimento de combustível às empresas operadoras. Esses distribuidores garantem a qualidade do combustível e apresentam periodicamente os resultados da caracterização do combustível que distribuem, com controles e certificações que garantam que no interior do sistema não sejam distribuídas diferentes qualidades de diesel.

Os operadores realizam programas com vistas ao uso eficiente, economia de energia e controles do consumo de combustível da frota. Realizam, também, jornadas de capacitação com seus empregados para conscientizá-los da importância do uso adequado dos recursos e de boas práticas. Operadores, como a *Express del Futuro*, oferecem incentivos de capacitação e auxílio para os funcionários como bolsas de estudo para o segundo grau e universidade.

Os contratos de concessão, outorgados para o período de 10 anos ou até a frota percorrer em média 850 mil quilômetros (o que ocorrer primeiro), contribuíram para a melhoria do meio ambiente, pois os concessionários são obrigados a cumprir com taxas de sucateamento da frota obsoleta. Os contratos também exigem aos particulares cumprir com o regime trabalhista legal, pagar impostos sobre seus lucros e tomar seguros de responsabilidade civil contratual e extracontratual.

Durante a fase I do Transmilênio, ocorreu o sucateamento de 1.318 veículos pelo ingresso de ônibus articulados (correspondentes a um fator de 2,7 veículos sucateados para cada ônibus que entrava no sistema), e de mais 300 pelos veículos alimentadores. Até 16 de maio de 2007, foram sucateados mais de 4 mil veículos (TRANSMILENIO S.A., 2008). Segundo a *Express del Futuro*<sup>14</sup>, para cada ônibus novo adquirido, 3 a 6 ônibus foram sucateados.

O Transmilênio trouxe conseqüências ambientais significativas como a redução de 30% nos ruídos (KAREKEZI; JOHNSON; MAJORO, 2003). Segundo RODRIGUEZ<sup>15</sup> (Responsável pela Gestão Ambiental do Transmilênio), o Transmilênio, até 2008, foi responsável pela redução de em média 7 a 10 decibéis em seus corredores.

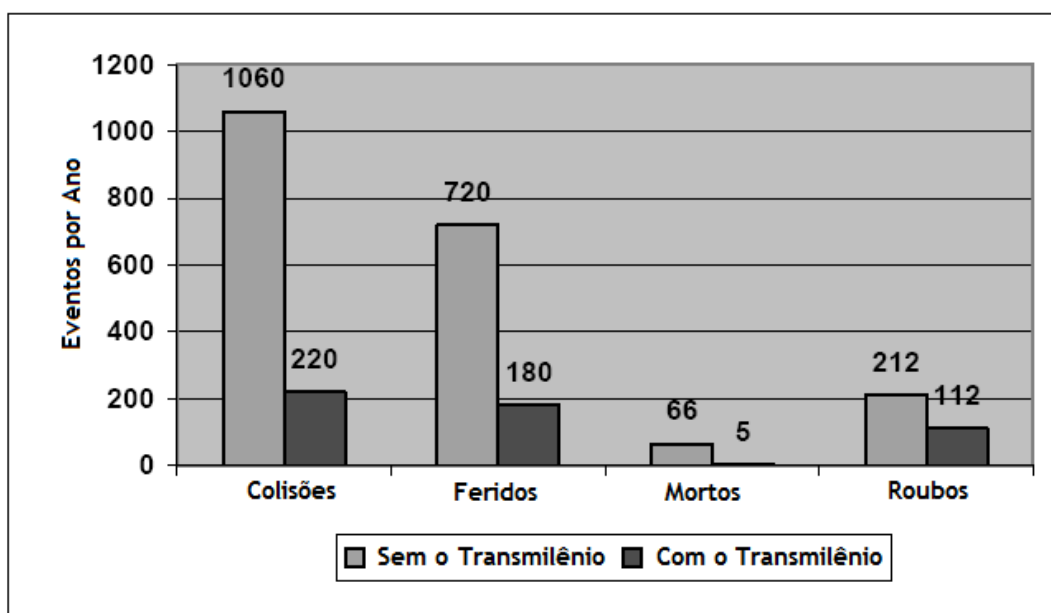
---

<sup>14</sup> Informação adquirida em visita técnica da autora à *Express Del Futuro*, em maio de 2008.

<sup>15</sup> Informação adquirida em visita técnica da autora ao Transmilênio, em maio de 2008.



Finalmente, no período de 1999 a 2001, com a implantação da Fase I do Transmilênio ocorreram reduções nos conflitos de trânsito de veículos o que acabou por reduzir o número de acidentes nos corredores em 79%, reduzindo radicalmente o número de feridos e mortos. O número de roubos pelos corredores também foi reduzido (Figura 4.18) (NBRTI, 2006).



**Figura 4.18:** Acidentes e Roubos nos Corredores do Transmilênio Antes (1999) e Depois (2001) da Implantação do Transmilênio (STT e DEPARTAMENTO METROPOLITANO DE POLÍCIA DE BOGOTÁ apud NBRTI, 2006)

#### 4.4.2. Redução de Poluentes Locais

Ao ser aplicada a Metodologia para Avaliação da Redução de Emissões de CO<sub>2eq</sub> em Sistemas de BRT (apresentada no item 3.4.2), a fim de submeter o Transmilênio como um Projeto de MDL junto à UNFCCC, chegou-se aos resultados descritos na Tabela 4.6, que detalha o potencial de redução de poluentes locais em consequência da implantação do Transmilênio. Estes resultados foram obtidos a partir da consideração da implantação das fases II, III, e parte da IV. Ressalta-se que para um horizonte de 7 anos (2006-2012) prevê-se as seguintes reduções: 6.779 toneladas de MP, 53.489 toneladas de NO<sub>x</sub> e 812 toneladas de SO<sub>2</sub> (GRÜTTER CONSULTING, 2006).

**Tabela 4.6:** Potencial de Redução de Poluentes Locais pelo Transmilênio (Adaptação de GRÜTTER CONSULTING, 2006)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total
Emissões do Projeto de MP (toneladas)	30	42	72	96	96	110	110	555
Emissões na Linha Base de MP (toneladas)	391	553	945	1.270	1.270	1.453	1.453	7.334
<b>Redução de Emissões de MP (toneladas)</b>	<b>362</b>	<b>511</b>	<b>873</b>	<b>1.174</b>	<b>1.174</b>	<b>1.343</b>	<b>1.343</b>	<b>6.779</b>
Emissões do Projeto de NO <sub>x</sub> (toneladas)	509	719	1.229	1.651	1.651	1.890	1.890	9.539
Emissões na Linha Base de NO <sub>x</sub> (toneladas)	3.362	4.751	8.120	10.912	10.912	12.486	12.486	63.028
<b>Redução de Emissões de NO<sub>x</sub> (toneladas)</b>	<b>2.853</b>	<b>4.032</b>	<b>6.891</b>	<b>9.260</b>	<b>9.260</b>	<b>10.596</b>	<b>10.596</b>	<b>53.489</b>
Emissões do Projeto de SO <sub>2</sub> (toneladas)	41	58	100	134	134	154	154	775
Emissões na Linha Base de SO <sub>2</sub> (toneladas)	88	123	208	277	274	310	307	1.587
<b>Redução de Emissões de SO<sub>2</sub> (toneladas)</b>	<b>47</b>	<b>64</b>	<b>108</b>	<b>142</b>	<b>140</b>	<b>157</b>	<b>154</b>	<b>812</b>

De acordo com os dois Relatórios de Monitoramento do Projeto de MDL do Transmilênio (GRÜTTER, J. M.; RODRIGUEZ, D.; RICAURTE, S., 2007 e GRÜTTER, J. M.; RODRIGUEZ, D.; RICAURTE, S., 2008) realizados para o acompanhamento das emissões no ano de 2006 e 2007, ao se comparar as emissões monitoradas de poluentes locais do sistema Transmilênio com as reduções previstas obteve-se as seguintes diferenças mostradas na tabela 4.7.

**Tabela 4.7:** Impacto do Projeto Transmilênio em Emissões Locais nos anos de 2006 e 2007 (Adaptação de GRÜTTER, J. M.; RODRIGUEZ, D.; RICAURTE, S., 2007)

<b>Poluentes</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>MP</b>
<b>Redução Prevista em 2006 (toneladas)</b>	47	2.853	362
<b>Redução Monitorada em 2006 (toneladas)</b>	46	1.838	243
<b>% de Redução em 2006</b>	2% menor do que o esperado	35% menor do que o esperado	33% menor do que o esperado
<b>Redução Prevista em 2007 (toneladas)</b>	64	4.032	511
<b>Redução Monitorada em 2007 (toneladas)</b>	54	2.257	296
<b>% de Redução em 2007</b>	16% menor do que o esperado	44% menor do que o esperado	42% menor do que o esperado

Nos dois anos monitorados os potenciais de redução de emissões não foram atingidos devido ao fato do número de passageiros transportados, tanto em 2006 quanto em 2007, ter sido bem menor do que o esperado. Em 2006, isto se deveu à pouca atratividade exercida pelo sistema até então que ainda dependia da implantação da fase III. Já em 2007, o número menor de passageiros transportados ocorreu em consequência de problemas na operação do sistema, principalmente devido à dificuldade de re-organização de rotas para a frota de ônibus remanescente.

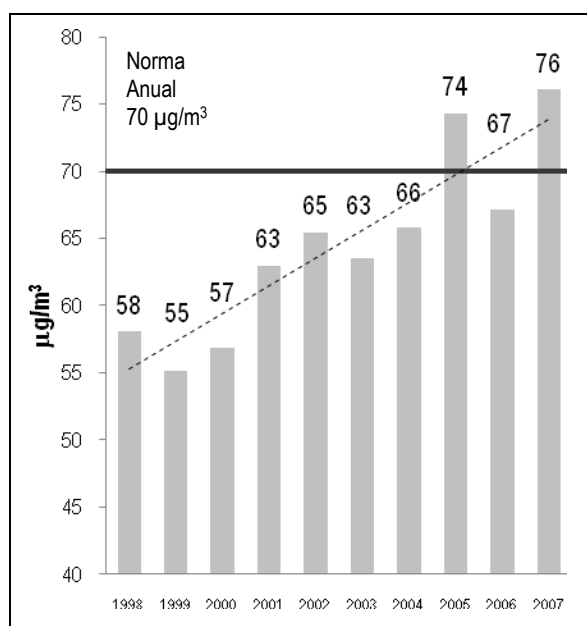
Apesar da obtenção de significativas reduções, ao se analisar os resultados de avaliação da qualidade do ar em Bogotá, tem-se que o índice de alguns poluentes como o MP10 e o material particulado total têm superado os valores limites de maneira recorrente ao longo da história (RMCAB<sup>16</sup>, 2008).

A entidade encarregada de avaliar a qualidade do ar da cidade de Bogotá é a *Secretaría Distrital de Ambiente* (SDA) (antigo DAMA - *Departamento Técnico Administrativo de Medio*

<sup>16</sup> Informação adquirida em visita técnica da autora à Secretaria Distrital de Meio Ambiente de Bogotá, em maio de 2008.

*Ambiente*), através da Rede de Monitoramento da Qualidade de Ar de Bogotá (RMCAB), a qual conta com 16 estações distribuídas ao longo da cidade, equipadas para medir a concentração de diferentes poluentes do ar e diversos parâmetros meteorológicos.

O MP10 (relacionado ao conteúdo de enxofre presente nos combustíveis) é o poluente que acarreta o problema ambiental mais importante para a cidade de Bogotá, já que constantemente ultrapassa o limite estabelecido e apresenta um aumento substancial em sua concentração desde 1997, passando de concentrações 20% abaixo do limite legal, em 1999, para a situação atual, 10% acima do previsto em norma, um aumento de 30% aproximadamente, como indica a evolução das médias anuais de concentração de MP10 (Figura 4.18). Ainda que ocorram flutuações, existe uma situação preocupante devida à conhecida relação entre altas concentrações de material particulado e enfermidades respiratórias agudas.



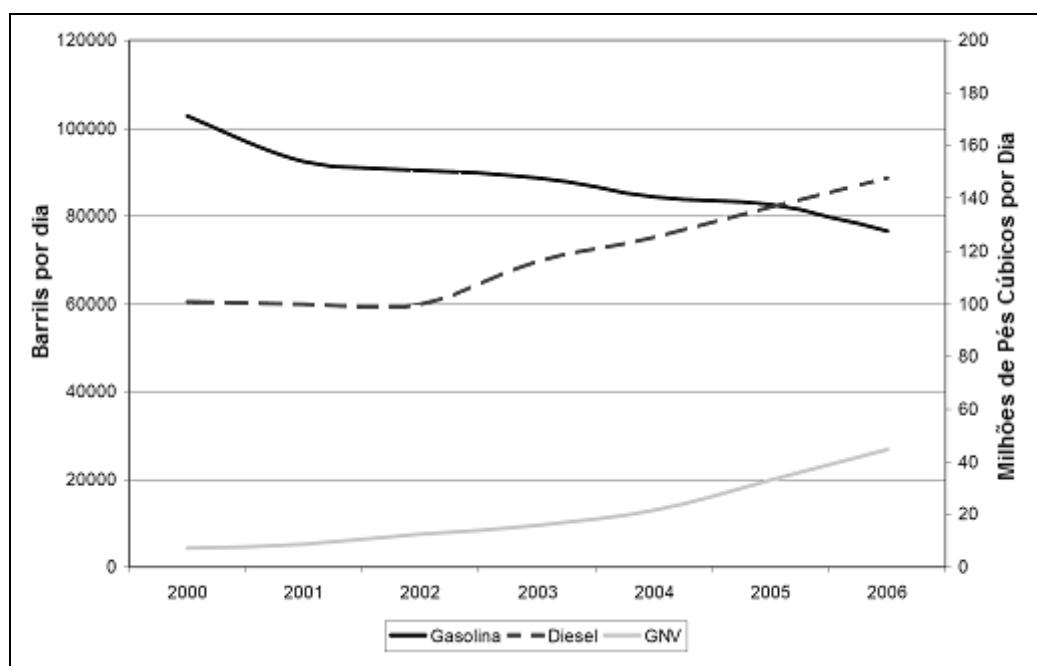
**Figura 4.18:** Evolução das Médias Anuais de Concentração de MP10 em Bogotá (SECRETARIA DISTRITAL DE MEIO AMBIENTE DE BOGOTÁ, 2008<sub>b</sub>)

A tendência das médias anuais de material particulado menor que 10 micra está relacionada diretamente com a tendência da frota da cidade. Assim sendo, a renovação do parque automotor é uma medida importante para a redução de emissões.

As instituições responsáveis pela qualidade dos combustíveis na Colômbia são o Ministério de Minas e Energia e o Ministério de Ambiente, Habitação e Desenvolvimento Territorial. Há vários anos vem-se discutindo a necessidade de projetos de modernização tecnológica que permitam que as refinarias colombianas possam produzir combustíveis de melhor qualidade.

Segundo SEPÚLVEDA<sup>17</sup> (Diretor do *Controle Ambiental de Bogotá*), o conteúdo de enxofre no diesel de Bogotá até em 2007 variava entre 1000 e 1200 ppm, sendo o nível desejável de, no máximo, 50 ppm. Recentemente, um acordo foi realizado entre o *Departamento Administrativo de Seguridad (DAS)* e a *Ecopetrol* para a produção de um diesel mais limpo. Portanto, as refinarias devem continuar melhorando a qualidade do diesel que atualmente apresenta a concentração de 900 ppm de enxofre.

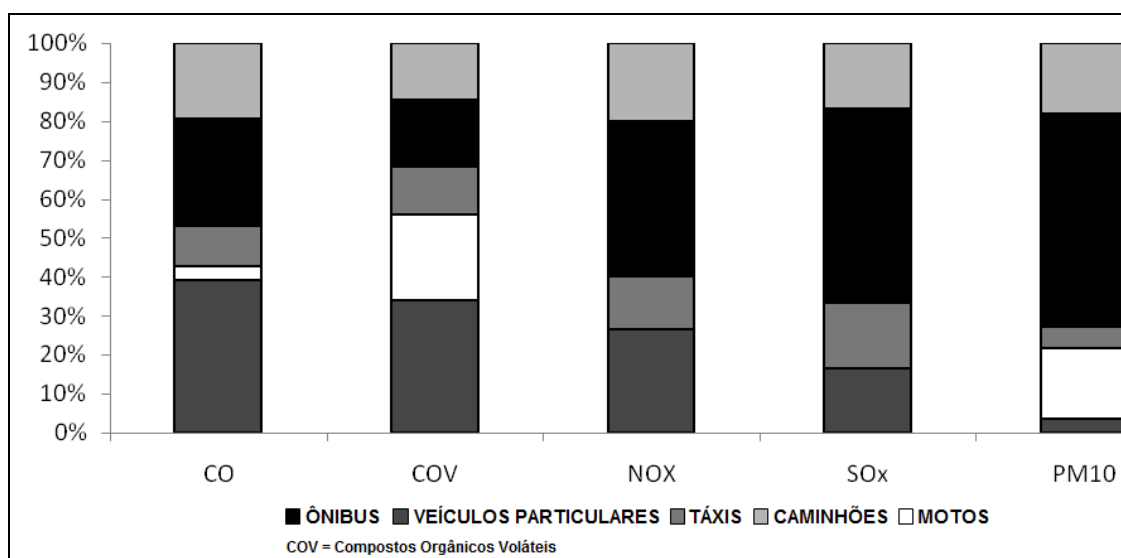
Com relação ao consumo de combustíveis, tem ocorrido uma substituição da alta demanda de gasolina, que caracterizou o consumo das décadas anteriores na Colômbia, pelo diesel e pelo GNV, como mostra a Figura 4.19. Esta mudança deve-se, entre outras razões, ao fato do diesel ser subsidiado. Do ponto de vista ambiental, essa mudança é negativa devida ao alto conteúdo de enxofre consumido no país, gerando conseqüentemente uma concentração elevada de material particulado.



**Figura 4.19:** Comportamento Anual do Consumo de Combustíveis na Colômbia (UPME, 2007)

<sup>17</sup> Informação adquirida em visita técnica da autora à Secretaria Distrital de Meio Ambiente de Bogotá, em maio de 2008.

Em 2006, GIRALDO e BEHRENTZ, com o apoio do antigo DAMA, realizaram um inventário de emissões provenientes de fontes móveis, na cidade de Bogotá, utilizando o modelo internacional de emissões - IVE como ferramenta de cálculo. As emissões de poluentes estimadas no referido inventário são apresentadas na Figura 4.20. Uma conclusão importante é que os ônibus constituem a categoria de maior relevância na emissão de MP10, sendo responsável por 50% dessas emissões, apesar de representar apenas 13% do total da frota veicular.



**Figura 4.20:** Emissões da Frota Veicular de Bogotá (GIRALDO e BEHRENTZ, 2006)

Por outro lado, as tecnologias atuais EURO II e EURO III usadas pelo Transmilênio requerem a utilização de combustíveis com conteúdo de enxofre máximo entre 500 ppm e 350 ppm (TRANSMILENIO S.A., 2008). Como a qualidade atual do combustível em Bogotá encontra-se em torno de 900 ppm, conseqüentemente essas tecnologias acabam sendo impedidas de gerar um maior benefício ambiental, o qual poderia ser obtido com o combustível adequado.

## 4.5. Benefícios Ambientais Globais – Redução de GEE

Da mesma forma que no item anterior, ao ser aplicada a Metodologia para Avaliação da Redução de Emissões de CO<sub>2eq</sub> em Sistemas de BRT (apresentada no item 3.4.2), a fim de submeter o Transmilênio como um Projeto de MDL junto à UNFCCC, chegou-se aos resultados descritos nos próximos itens que detalham o potencial de redução de poluentes globais em consequência da implantação do Transmilênio. Estes resultados foram obtidos a partir da consideração da implantação das fases II, III, e parte da IV.

### 4.5.1 Emissões na Linha Base

Conforme descrito anteriormente, a linha base representa as emissões de GEE na ausência do projeto de BRT. Aplicando-se as Etapas para Determinação das Emissões da Linha Base (item 3.4.3), calcula-se para o caso do Transmilênio um total de emissões de 2.791.689 toneladas de CO<sub>2eq</sub> na linha base para o período de 2006 a 2012 (Tabela 4.8).

**Tabela 4.8:** Dados Usados para Cálculo das Emissões Totais na Linha Base (Adaptação de GRÜTTER CONSULTING, 2006)

	Passageiros do Projeto (milhões)	Emissões por Passageiro de Veículos Particulares (gCO <sub>2eq</sub> /passageiro)	Emissões por Passageiro de Táxis (gCO <sub>2eq</sub> /passageiro)	Emissões por Passageiro de Ônibus (gCO <sub>2eq</sub> /passageiro)	Emissões Totais na Linha Base (tCO <sub>2eq</sub> )
<b>2006</b>	147	14.405	19.508	120.656	154.569
<b>2007</b>	208	20.153	17.292	168.801	216.246
<b>2008</b>	356	34.099	46.177	285.609	365.885
<b>2009</b>	478	45.365	61.433	379.969	486.767
<b>2010</b>	478	44.911	60.819	376.169	481.900
<b>2011</b>	547	50.875	60.895	426.120	545.890
<b>2012</b>	547	50.366	68.206	421.859	540.431
<b>Total</b>	2.763	260.176	352.328	2.179.185	2.791.689

## 4.5.2. Emissões do Projeto

Conforme descrito no item 3.3.2.2, as emissões na situação de projeto são aquelas referentes ao novo sistema de transporte, sendo que todas as emissões de viagens realizadas no novo sistema de BRT devem ser consideradas, tanto as de rota principal como as de ônibus alimentadores.

A seguir, a Tabela 4.9 apresenta o total de emissões do projeto Transmilênio: 1.053.194 toneladas de CO<sub>2eq</sub> para o período de 2006 a 2012.

**Tabela 4.9:** Dados Usados para Cálculo das Emissões do Projeto (Adaptação de *GRÜTTER CONSULTING*, 2006)

	<b>Passageiros do Projeto (milhões)</b>	<b>Ônibus Troncais (milhões de quilômetros)</b>	<b>Ônibus Alimentadores (milhões de quilômetros)</b>	<b>Diesel Usado (milhões de litros)</b>	<b>Diesel Usado (milhões de litros)</b>
<b>2006</b>	147	27	11	21	56.179
<b>2007</b>	208	39	16	30	79.391
<b>2008</b>	356	66	27	51	135.685
<b>2009</b>	478	89	37	68	182.336
<b>2010</b>	478	89	37	68	182.336
<b>2011</b>	547	101	42	78	208.634
<b>2012</b>	547	101	42	78	208.634
<b>Total</b>	2.763	512	211	392	1.053.194



### 4.5.3. Fuga Total de Emissões

Conforme descrito no item 3.3.2.3, as fugas (*leakage*) correspondem ao aumento de emissões de GEE que ocorrem fora do limite do projeto de BRT e que, ao mesmo tempo, sejam mensuráveis e atribuíveis às atividades do projeto. A seguir, a Tabela 4.10 apresenta o total de fugas para o caso do Transmilênio: 12.555 toneladas de CO<sub>2eq</sub> para o período de 2006 a 2012.

**Tabela 4.10:** Dados Usados para Cálculo do Total da Fuga Total de Emissões (Adaptação de GRÜTTER CONSULTING, 2006)

	Fuga devida às Emissões de Construção (tCO <sub>2eq</sub> )	Fuga devida às Emissões de Sucateamento (tCO <sub>2eq</sub> )	Fuga devida ao Combustível Economizado (tCO <sub>2eq</sub> )	Fuga devida ao Fator De Carregamento <sup>1</sup> (tCO <sub>2eq</sub> )	Fuga devida a Congestionamento (tCO <sub>2eq</sub> )	Total de Fugas (tCO <sub>2eq</sub> )
<b>2006</b>	17.901	1.525	-13.775	0	-1.829	3.823
<b>2007</b>	22.670	2.786	-19.160	0	-3.451	2.845
<b>2008</b>	29.842	6.606	-32.228	0	-4.937	0 <sup>1</sup>
<b>2009</b>	34.875	10.406	-42.620	0	-5.752	0 <sup>1</sup>
<b>2010</b>	38.130	10.406	-41.939	0	-5.752	845
<b>2011</b>	41.385	12.548	-47.216	0	-6.196	521
<b>2012</b>	44.621	12.548	-46.452	0	-6.196	4.521
<b>Total</b>	229.424	56.826	-243.389	0	-34.113	12.555

Nota 1: Nos anos com fuga de valor negativo, o total considerado foi nulo para não contar como fuga negativa nos anos de 2008 e 2009.

### 4.5.4. Potencial Total de Redução de Emissões

O potencial total de redução de emissões pelo Projeto Transmilênio poder ser calculado diminuindo-se do total de emissões da linha base, o total de emissões de fuga e o total de emissões do projeto. Ressalta-se que as fugas são apenas consideradas se o efeito total anual diminuir a redução de emissões estimadas.

A seguir, a Tabela 4.11 apresenta o potencial total de redução de emissões pelo Projeto Transmilênio para o período de 2006 a 2012: 1,7 milhões de toneladas de CO<sub>2eq</sub>.

**Tabela 4.11:** Dados Usados para Cálculo do Potencial Total de Redução do Projeto Transmilênio (Adaptação de GRÜTTER CONSULTING, 2006)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total (tCO <sub>2eq</sub> )
<b>Estimativa de Emissões na Linha Base (tCO<sub>2eq</sub>)</b>	154.569	216.246	365.885	486.767	481.900	545.890	540.431	2.791.689
<b>Estimativa de Emissões de Atividades do Projeto (tCO<sub>2eq</sub>)</b>	56.179	79.391	135.685	182.336	182.336	208.634	208.634	1.053.194
<b>Estimativa de Fugas<sup>1</sup> (tCO<sub>2eq</sub>)</b>	3.823	2.845	0	0	845	521	4.521	12.555
<b>Estimativa de Redução de Emissões (tCO<sub>2eq</sub>)</b>	94.567	134.011	230.201	304.432	298.719	336.735	327.276	1.725.940

Nota 1: As fugas negativas nos anos 2008 e 2009 não são consideradas para garantir uma aproximação conservadora.

Segundo o Plano de Gestão Ambiental do Transmilênio (TRANSMILENIO S.A., 2008), estima-se que a redução de emissões de CO<sub>2eq</sub> alcançará 5.050.000 toneladas em 15 anos (2000 – 2015).

De acordo com os dois Relatórios de Monitoramento do Projeto de MDL do Transmilênio (GRÜTTER, J. M.; RODRIGUEZ, D.; RICAURTE, S., 2007 e GRÜTTER, J. M.; RODRIGUEZ, D.; RICAURTE, S., 2008) realizados para o acompanhamento das emissões no ano de 2006 e 2007, ao se comparar as emissões monitoradas de poluentes globais do sistema Transmilênio com as reduções previstas obteve-se as seguintes diferenças mostradas na Tabela 4.12.

**Tabela 4.12:** Comparação dos Dados Reais e Esperados para os anos de 2006 e 2007 do Projeto Transmilênio (Adaptação de GRÜTTER, J. M.; RODRIGUEZ, D.; RICAURTE, S., 2007 e GRÜTTER, J. M.; RODRIGUEZ, D.; RICAURTE, S., 2008)

<b>Poluentes</b>	<b>Valor Esperado (tCO<sub>2eq</sub>)</b>	<b>Valor Real (tCO<sub>2eq</sub>)</b>	<b>Comentário</b>
<b>Emissões da Linha Base em 2006</b>	154.569	96.902	37% menor do que o esperado
<b>Emissões do Projeto em 2006</b>	56.179	33.881	39% menor do que o esperado
<b>Emissões de Fuga em 2006</b>	3.823	0	Como esperado
<b>Reduções de Emissões em 2006</b>	94.567	59.020	38% menor do que o esperado
<b>Emissões da Linha Base em 2007</b>	216.246	114.539	47% menor do que o esperado
<b>Emissões do Projeto em 2007</b>	79.391	44.430	44% menor do que o esperado
<b>Emissões de Fuga em 2007</b>	2.845	0	Como esperado
<b>Reduções de Emissões em 2007</b>	134.011	70.109	48% menor do que o esperado

Para o ano de 2006, obteve-se uma redução em torno de 40% menor de emissões de poluentes do que a esperada, ao se comparar as emissões monitoradas de poluentes globais do sistema Transmilênio com as reduções previstas. De acordo com o Primeiro Relatório de Monitoramento do Projeto de MDL do Transmilênio como (GRÜTTER, J. M.; RODRIGUEZ, D.; RICAURTE, S., 2007) realizado para o acompanhamento das emissões no ano de 2006, isso ocorreu principalmente devido à grande diferença do número de passageiros transportados (94 milhões) do número previsto (147 milhões). O relatório afirma que a fase II do Projeto Transmilênio começou com dificuldades operacionais e que até então havia dificuldades para reorganizar as rotas do transporte público convencional. Relata também que o sistema dependia da implementação da fase III para ser mais atrativo para a população.

Para o ano de 2007, obteve-se uma redução em torno de 46% menor de emissões de poluentes do que a esperada, ao se comparar as emissões monitoradas de poluentes globais do sistema Transmilênio com as reduções previstas. De acordo com o Segundo Relatório de Monitoramento do Projeto de MDL do Transmilênio como (GRÜTTER, J. M.; RODRIGUEZ, D.; RICAURTE, S., 2008) realizado para o acompanhamento das emissões no ano de 2007, isso ocorreu principalmente devido à grande diferença do número de passageiros transportados (114 milhões) do número previsto (208 milhões). Houve falhas durante o planejamento da interdependência da quantidade de passageiros para a fase II e a implantação do projeto na fase III. Além disso, também ocorreram problemas na operação do sistema, principalmente devido à dificuldade de re-organização de rotas para a frota de ônibus remanescente.

#### **4.6. Considerações Finais do Estudo de Caso**

A implantação do Transmilênio foi responsável pela transformação urbana e pela melhoria da mobilidade de Bogotá que apresentava uma oferta excessiva de serviços e total desajuste dos mesmos por falta de coordenação e hierarquização de linhas. Com isto, o Transmilênio tornou-se motivo de orgulho para seus habitantes.

Mostrou-se neste estudo de caso, além de características da evolução do funcionamento do sistema, as conseqüências positivas geradas pelo Transmilênio como a redução de tempo das viagens e de acidentes e o aumento da demanda por transporte coletivo (resumidamente na Tabela 4.13).

**TABELA 4.13: Benefícios Ambientais e Outros Advindos da Implantação do Transmilênio em Bogotá**

SITUAÇÃO ANTES DO TRANSMILÊNIO	SITUAÇÃO COM O TRANSMILÊNIO
Trânsito caótico	Trânsito organizado
Congestionamentos e tempos de deslocamento elevados	Maior fluidez no trânsito e redução de tempos de viagens de até 67%. Captação de usuários de veículos particulares.
Esgotamento da capacidade das vias e das interseções	Uso do espaço viário de maneira preferencial ao transporte público. Aumento da utilização do transporte coletivo e do volume de passageiros transportados por quilômetro percorrido.
Gestão do tráfego deficiente	Controle centralizado da organização dos ônibus garantindo ônibus mais cheios. O centro de controle monitora o serviço em tempo real, com o apoio de técnicos nas vias, estações e terminais, de toda a movimentação dos veículos e coordena serviços locais e expressos.
Ônibus velhos e altamente poluentes	Renovação do parque automotor com ônibus novos, maiores e menos poluentes com tecnologias mais limpas do que o transporte público convencional (EURO II, EURO III e utilização de catalisadores). Ônibus pintados ou retocados diariamente, garantindo uma boa aparência ao sistema. Controle e acompanhamento dos níveis de emissões dos veículos mediante a realização de provas de opacidade e análise de gases nos veículos do sistema. Redução do consumo de combustível por quilômetro e por passageiro transportado.
Excesso de oferta de transporte público estimado em 40%, com baixos índices de ocupação	Redução do excesso da oferta pelo processo de sucateamento, onde a cada ônibus novo adquirido, 3 a 6 ônibus foram sucateados. Os contratos atuais de concessão do Transmilênio exigem o sucateamento da frota após 10 anos de contrato ou percurso médio de 850 mil quilômetros.
Guerra do centavo	Fim da guerra do centavo
Níveis de confiabilidade, comodidade e segurança baixos do transporte público	Maior confiabilidade, comodidade, segurança e tecnologia no transporte público
Alto índice de acidentes	Diminuição de acidentes em 79% nos corredores do Transmilênio
Roubos nos pontos de ônibus	Redução do número de roubos devido ao constante policiamento e maior segurança nas estações
Pequena quantidade de viagens realizadas por bicicletas, apenas 0,4% do total	Construção de infra-estrutura para o transporte não-motorizado ao longo do Transmilênio, tais como ciclovias e bicicletários. Evolução do índice de viagens por bicicleta para 4,5% do total de viagens.
Alto nível de ruído	Redução de 30% no ruído (7 a 10 decibéis nos corredores do Transmilênio)
Alarmantes níveis de poluição ambiental	Redução significativa de poluentes locais, incluindo material particulado, e de gases do efeito estufa
Alto nível de enxofre no diesel de Bogotá	Motivação e requerimento de combustível com menor conteúdo de enxofre
Gestão Ambiental da frota e dos pátios, auditorias e fiscalização ineficientes	Gestão Ambiental e Auditoria da frota e dos pátios, desde a gestão de resíduos sólidos, gestão dos óleos usados e gestão dos recursos hídricos através da utilização de processos de tratamento de águas residuais para a reutilização das águas tratadas. Obrigação da utilização de detergentes biodegradáveis para lavar a frota, além de implementação de programas de uso eficiente e economia de água. Economia do consumo de água em torno de 40% devido a reutilização da água da estação em até 3 vezes em processos de lavagem. Certificação dos operadores, acompanhamento do desempenho operacional através dos índices de pontualidade, regularidade, acidentes e multas, além de programas com vistas ao uso eficiente, economia de energia e controles do consumo de combustível da frota. Garantia da qualidade do combustível através de distribuidores fixos, apresentação periódica dos resultados da caracterização do combustível distribuído e garantia de que no interior do sistema não são distribuídas diferentes qualidades de diesel. Programa de reutilização dos pneus dos ônibus. Manutenções preventivas baseadas em <i>checklists</i> realizadas diariamente. Jornadas de capacitação dos empregados. Política de qualidade que exige que os concessionários em geral devem obter a certificação ISO 9001 dentro dos três primeiros anos de operação.

Algumas questões cabem ser salientadas e discutidas a fim de se alcançar todo o potencial de benefícios possíveis através da implantação do Transmilênio.

O programa de sucateamento de ônibus do Transmilênio foi o primeiro meio efetivo de sucateamento na Colômbia, gerando benefícios aos usuários do Transmilênio e aos do transporte público coletivo, já que parte da frota obsoleta saiu de circulação. Entretanto, é importante que continue ocorrendo a redução da idade dos veículos em circulação dentro do perímetro urbano de Bogotá, pois os veículos com idade maior que 10 anos de operação são responsáveis pela emissão de grandes quantidades de poluentes. O estudo de caso apresentou a melhoria alcançada nos padrões de emissão em relação às tecnologias dos ônibus mais antigos apesar das tecnologias utilizadas atualmente (EURO II e EURO III) já serem ultrapassadas. É preciso que tecnologias mais modernas (EURO V) sejam incorporadas aos veículos do sistema.

Além disso, o não aproveitamento integral do potencial tecnológico disponível para a redução das emissões tem diminuído parte do seu impacto devido ao alto conteúdo de enxofre no diesel utilizado na Colômbia. Desta forma, observou-se a importância e a necessidade de uma intervenção governamental para a redução do mesmo.

Outra questão importante é o desenvolvimento de estudos voltados para a avaliação da viabilidade de prioridade semafórica a fim de diminuir as demoras nas interseções do Transmilênio. Uma vez que não foi encontrado nenhum estudo neste sentido até então, recomenda-se a realização dos mesmos.

Adicionalmente, devido ao grande número de passageiros no horário de pico, deve-se estudar a possibilidade de implantação de estações maiores e de veículos mais longos (bi-articulados) para os serviços expressos.

Recomenda-se também a diversificação dos pontos de venda de cartões de tarifa em lojas de conveniência e outros locais freqüentados pelos passageiros, possibilitando a redução do tempo para a compra do bilhete ou para recarregar o cartão.

Deve-se ressaltar que o número de passageiros do Transmilênio poderia ser maior, o que não ocorre devido à superlotação em algumas rotas no horário de pico e também pela concorrência com o transporte público tradicional. As tarifas do Transmilênio são um pouco mais elevadas do que as da maior parte dos ônibus coletivos que passam na pista paralela à do Transmilênio (1300 contra 1100 pesos colombianos). Desta forma, passageiros mais sensíveis em termos de custo usam o sistema tradicional. Recomenda-se o estudo de políticas e subsídios governamentais que permitam viabilizar a tarifa do Transmilênio de forma mais competitiva com o transporte público convencional, atraindo mais usuários ao sistema.

Segundo SEPÚLVEDA<sup>18</sup> (Diretor do *Controle Ambiental de Bogotá*), estudos indicam que futuramente a demanda de passageiros ultrapassará a capacidade do Transmilênio nos horários de pico. Estudos vêm sendo realizados projetando um metrô para a cidade de Bogotá, integrado ao Transmilênio.

---

<sup>18</sup> Informação adquirida em visita técnica da autora à Secretaria Distrital de Meio Ambiente de Bogotá, em maio de 2008

## **CAPÍTULO 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

A atividade de transportes é essencial tanto para o desenvolvimento econômico quanto para o bem-estar das sociedades e, devido à sua importância, vem crescendo em todo o mundo em função do desenvolvimento econômico das nações. Os principais problemas associados ao aumento desta atividade são: a poluição atmosférica, a poluição sonora, a intrusão visual, os acidentes de trânsito, os congestionamentos e a dependência do petróleo. Tais problemas são mais intensos nos países em desenvolvimento, como o Brasil (ABREU, 2007). Algumas causas se destacam no que concerne aos problemas ambientais relacionados ao transporte urbano, como as elevadas taxas de motorização e a falta de prioridade para o transporte público.

Além de um número cada vez maior de veículos, muitas das grandes cidades do mundo vêm apresentando um transporte público ineficiente, deixando os cidadãos em uma posição desconfortável. Sem planejamento e investimentos corretos no transporte coletivo, atualmente muitos veículos têm circulado com velocidades parecidas com a da carroça do início do século passado.

A qualidade de vida nas cidades está diretamente relacionada com a qualidade do meio ambiente. Esta vem sendo afetada, dentre outros fatores, pelas emissões atmosféricas conseqüentes da frota veicular. Atualmente, as emissões de GEE geradas pelo setor de transportes são as que mais crescem globalmente, devido ao uso intensivo de combustíveis fósseis. Diversas evidências científicas indicam que a ação humana tem interferido significativamente no clima do planeta, destacando-se as referentes ao aquecimento global.

As características e vantagens de Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus foram abordadas nesta Dissertação, ressaltando-se que estes sistemas podem contribuir para a mitigação das emissões de GEE do setor de transportes. Mostrou-se que estes sistemas podem levar a uma diminuição do transporte individual, melhorando o tráfego nas cidades e diminuindo os congestionamentos, resultando em menores emissões de poluentes. Com a segregação do tráfego pelos corredores de ônibus e com a utilização de sistemas de ITS em estações apropriadas obtêm-se uma redução no tempo de espera, de embarque e no tempo total de viagem bem como na variabilidade deste tempo. Desta forma as pessoas são estimuladas a viajar de ônibus, diminuindo o nível de estresse e de preocupação dos passageiros com horários e com congestionamentos.



Foi mostrado também que em diversas cidades as vias exclusivas de ônibus passaram a constituir eixos estruturadores importantes das cidades, associadas às políticas de uso e ocupação do solo, contribuindo para o ordenamento do espaço urbano e para o aumento da qualidade de vida dos moradores.

Sistemas de transporte com maior eficiência energética como sistemas de BRT representam uma das ferramentas mais eficazes para a economia de energia e para a redução de poluentes. Quanto maior o uso do transporte coletivo em detrimento do individual melhor o aproveitamento da energia e dependendo do tipo de combustível menor a emissão de gases responsáveis pela poluição local e pelo efeito estufa.

No Brasil faltam políticas governamentais voltadas à implantação de sistemas de transporte rápido e de alta capacidade de ônibus. Apesar da existência de alguns sistemas de BRT em cidades brasileiras, na maioria delas não existiu um processo de planejamento voltado para a implantação destes sistemas desde o início. Na verdade, muitos corredores de ônibus convencionais, outrora em operação, acabaram sendo adaptados e transformados em sistemas de BRT.

Devido ao contexto de redução de dependência do petróleo, aquecimento global e deterioração da qualidade do ar vivenciado pelo Brasil, torna-se necessário que o planejamento de Sistemas de BRT não esteja isolado em cada cidade. É preciso que tais Sistemas façam parte de uma política nacional que tenha como um dos objetivos o aumento da eficiência energética no setor de transportes. Para que isto aconteça é necessário que os tomadores de decisão conheçam as vantagens dos sistemas de BRT através de uma maior divulgação de estudos apresentando os resultados dos sistemas já implantados.

Para que o resultado da implantação de um sistema de BRT seja positivo, é preciso que a população seja atraída para o mesmo de forma a abandonar o transporte individual em parte de suas viagens. É preciso estimular o uso do transporte de alta capacidade e incentivar as pessoas a utilizar um meio de transporte mais eficiente, reduzindo assim a demanda por espaço viário nas grandes cidades. Para que isto ocorra são necessárias medidas de restrição ao uso do automóvel particular (pedágio urbano, rodízio através da numeração da placa) e de conscientização para a população (campanhas publicitárias, educação na escola).

Por outro lado, é preciso também contemplar a questão da equidade e do bem-estar social nas políticas de transporte urbano. A população de baixa renda é a grande base para o desenvolvimento do transporte público, fazendo-se necessária a redução das tarifas de sistemas de BRT, por meio de subsídios governamentais diretos e redução de impostos e taxas, de modo a incluir tal população neste tipo de sistema.

Através do estudo de caso apresentado nesta dissertação - A Implantação do Transmilênio na Cidade de Bogotá – apresentou-se a metodologia, aprovada pela UNFCCC, que estima a redução de CO<sub>2eq</sub> para projetos de BRT. No desenvolvimento desta metodologia observou-se uma grande dificuldade na obtenção de uma linha base (*baseline*) de dados confiáveis em função do número reduzido de estudos desenvolvidos nesta área. Portanto, uma consideração a ser feita e que pode ser explorada em novos trabalhos é a carência de dados consistentes, organizados e detalhados estimando as reduções de poluentes nos corredores de ônibus. Tal carência dificulta a comparação dos impactos e a elaboração de estimativas de benefícios ambientais em novos estudos. Recomenda-se também que a revisão da própria metodologia apresentada nesta Dissertação e outros métodos similares porventura existentes sejam temas para novos estudos.

É importante que órgãos como o Ministério da Ciência e Tecnologia dimensionem o potencial de mitigação de GEE no setor de transportes no Brasil visando contribuir, em um futuro próximo, para as reduções de emissões globais e para viabilizar a obtenção de recursos através do mercado de carbono, via MDL. Por conta de possuir um grande potencial para reduzir emissões, mesmo com as dificuldades existentes, os países em desenvolvimento podem elaborar projetos de transporte e buscar o enquadramento em mecanismos como o MDL. Os esforços são justificados pelos benefícios gerados pelos projetos como podemos constatar nesta dissertação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDER, 2008, Aumento da Frota de Veículos e Congestionamento Nacional. Associação Brasileira dos Departamentos Estaduais de Estradas de Rodagem. Ano XVIII, n. 69, março/abril. Disponível em: [http://www.abder.org.br/informativo/mar\\_abril\\_2008/mar\\_abril\\_2008.htm](http://www.abder.org.br/informativo/mar_abril_2008/mar_abril_2008.htm) em setembro de 2008.
- ABREU, A. A., 2007, Medidas de Eficiência Energética como Instrumento de Mitigação do Aquecimento Global no Setor Rodoviário Brasileiro. Tese de Doutorado. UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ.
- ACOLFA, 1996, *El Sector Automotor Colombiano*. "Manual Estadísticos n. 17". "Asociación Colombiana de Fabricantes de Autopartes". Bogotá.
- ACOLFA, 2002, *El Sector Automotor Colombiano*. "Manual Estadísticos n. 23". "Asociación Colombiana de Fabricantes de Autopartes". Bogotá.
- ACOLFA, 2007, *El Sector Automotor Colombiano*. "Manual Estadísticos n. 27". "Asociación Colombiana de Fabricantes de Autopartes". Bogotá.
- AGUILERA, G. C., 2006, "Resultados del Metrobús en la reducción de emisiones". XII Seminario de Ahorro de Energía, Cogeneración y Energía Renovable. Cidade do México. Disponível em: [http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4289/2/guillermo\\_calderon.pdf](http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4289/2/guillermo_calderon.pdf) em setembro de 2008.
- ANFAVEA, 2006, Anuário Estatístico da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – 2006.
- ANFAVEA, 2008, Anuário Estatístico da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – 2008.
- ANTP, 1999, O Transporte na Cidade do Século XXI. Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito, Olinda.
- ANTP, 2004, Perfil da Mobilidade do Transporte e do Trânsito nos Municípios Brasileiros - 2003. Relatório Final, Brasília.
- ANTP, 2008, Custos da Mobilidade. Relatório sobre os custos da mobilidade das principais cidades brasileiras com população acima de 500 mil habitantes. Disponível em: <http://portal1.antp.net/site/simob/Lists/cstmbldd0708/rlt.aspx>

- ANTP e BNDES, 2006, *Panorama da Mobilidade Urbana no Brasil: Tendências e Desafios*. Cadernos técnicos volume 3.
- BAKER, R. J., *et al.*, 2004, *Overview of Transit Signal Priority*. “Advanced Traffic Management Systems Committee and Advanced Public Transportation Systems Committee of the Intelligent Transportation Society of America”.
- BALACHANDRAN, B. R.; LOKRE, A; ADHVARYU, B, 2005, *Urban Transport in India Problems Responses Strategies*. “Environmental Planning Collaborative. Sector: Land Use and Transport Integration”. Disponível em: <http://www.epconnet.com/publication/urban%20transport-land%20use%20integration.pdf> em setembro de 2008.
- BANISTER, D., 1998, *Transport Policy and the Environment*. Londres.
- BNDES, 2006, Precificação de Congestionamento e Transporte Coletivo Urbano. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set2303.pdf> em setembro de 2008.
- BRASIL, 1981. Lei nº 6.938/1981. Instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DOU.
- BRANCO, G. M., 2006, Redução de Emissões do Transporte Público Através de Melhores Tecnologias e Combustíveis. CAI-LAC 2006. *Biannual Conference and Exhibit of the Clean Air Initiative for Latin American Cities*. São Paulo. Disponível em: [http://www.cleanairnet.org/saopaulo/1759/articles-71045\\_resource\\_1.pdf](http://www.cleanairnet.org/saopaulo/1759/articles-71045_resource_1.pdf) em setembro de 2008.
- BRT POLICY CENTER, 2007, *BRT Policy Center Database*. Disponível em: <http://www.gobrt.org/dbfront.html> em setembro de 2008.
- BUITRAGO, C. M. R., 2006, *Un Pacto por La Vida: Bogotá sin Contaminación*. STT. “Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá”.
- BUSTAMANTE, R. F. G., 2007, Transporte Público Coletivo em Bogotá, do Sistema Tradicional ao Transmilenio: Um Mercado em Transição. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CAIN, A. *et al.*, 2007, “Applicability of Bogotá’s TransMilenio BRT System to the United States.” *Transportation Research Record*.
- CASTELLS, M., 2002, *The Castells Reader on Cities and Social Theory*, Editora Susser, I., Oxford: Blackwell.

- CETESB, 2008, Relatório Anual de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2007. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo, SP.
- CETESB, 2006, Relatório Anual de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2005. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo, SP.
- CETESB, 2004, Relatório Anual de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2003. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo, SP.
- CNT, 2002, Passageiros nos Corredores de Transporte. Pesquisa CNT, maio, p.23.
- CNT, 2007<sub>a</sub>, Despoluir – Boletim Ambiental. Confederação Nacional dos Transportes. Disponível em: [http://www.cnt.org.br/arquivos/downloads/despoluir/boletim\\_despoluir.pdf](http://www.cnt.org.br/arquivos/downloads/despoluir/boletim_despoluir.pdf) em setembro de 2008.
- CNT, 2007<sub>b</sub>, Solução Está no Transporte Coletivo. *Revista Transporte Atual*, ano XIII, n.142, junho.
- CNT, 2007<sub>c</sub>, Cidade Limpa. São Paulo Vai Controlar Poluição Veicular. *Revista Transporte Atual*, Edição Especial Despoluir, ano XIII, n.143, julho.
- COELHO, J. L. B.; VALADAS, B.; GUEDES, M., 1996, Ruído ambiente em Portugal. *Revista Acústica e Vibrações*, n. 18, p. 17-32.
- COHEN, A. J. *et al.*, 2005, “The Global Burden of Disease Due to Outdoor Air Pollution”. *Journal Toxicol Environ Health A*, n. 68, p. 1301-1307.
- D'AGOSTO, M. A.; Balassiano, R., 2001, Conservação de Energia em Sistemas de Transportes: Uma Estrutura de Procedimentos. Anais do XV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes v. 2, p. 83-90. Disponível em: <http://www.cr4.com.br/Publicações/13.pdf> em janeiro de 2007.
- DARIDO, G. B., 2007, Panorama do Bus Rapid Transit” (BRT) nos Estados Unidos e Experiências em Outros Países. Disponível em: [www.riوترilhos.rj.gov.br/downloads/Darido\\_Aug2007.pdf](http://www.riوترilhos.rj.gov.br/downloads/Darido_Aug2007.pdf) em setembro de 2008.
- DAVIS, S. C. e DIEGEL, S. W., 2006, *Transportation Energy Data Book*. 25.<sup>a</sup> Edição. “Oak Ridge National Laboratory”, Tennessee.
- DAVIS, S. C. e DIEGEL, S. W., 2008, *Transportation Energy Data Book*. 27.<sup>a</sup> Edição. “Oak Ridge National Laboratory”, Tennessee.

- DENATRAN, 2005, Frota de Veículos por Ano de Fabricação Segundo as Regiões e Unidades da Federação – Setembro de 2004. Departamento Nacional de Trânsito. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/estatisticas> em setembro de 2008.
- DENATRAN, 2009<sub>a</sub>, Dados do Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito (RENAEST). Departamento Nacional de Trânsito. Disponível em: <http://201.24.24.73:8080/renaest/listaNoticiaPublicada.do?op=noticia.publicada.listaEstatistica> em janeiro de 2009.
- DENATRAN, 2009<sub>b</sub>, Dados do Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito (RENAEST). Departamento Nacional de Trânsito. Disponível em: <http://201.24.24.73:8080/renaest/detalheNoticia.do?noticia.codigo=120> em janeiro de 2009.
- DNIT, 2005, Manual para Ordenamento do Uso do Solo nas Faixas de Domínio e Lindeiras das Rodovias Federais. Departamento Nacional de Infra-Estruturas de Transportes. 2.<sup>a</sup> edição, Rio de Janeiro, 106p.
- DZIEKAN, K. e VERMEULEN, A., 2006, “Psychological Effects of and Design Preferences for Real-Time Information Displays”, *Journal of Public Transportation*, Vol. 9, No. 1.
- EEA, 2006. “Transport Emissions of Air Pollutants”. *Fact Sheet 32*. “European Environment Agency”.
- ECOAGÊNCIA SOLIDÁRIA DE NOTÍCIAS AMBIENTAIS, 2006, Adoção de Ônibus Elétricos Híbridos Ajudaria a Diminuir a Poluição. Disponível em: <http://www.ecoagencia1.com.br/index.php?option=content&task=view&id=1767&Itemid=2> em setembro de 2008.
- EMBARQ, 2006, “Sustainable Mobility”. *Magazine: Metrobús, Welcome Aboard*, year 1, October 2006, v. 1. “The WRI Center for Sustainable Transport”. Disponível em: <http://embarq.wri.org/documentupload/BRTingles.pdf> em setembro de 2008.
- EPTC, 2009, Empresa Pública de Transporte e Circulação de Porto Alegre. Disponível em: [http://www2.portoalegre.rs.gov.br/eptc/default.php?p\\_secao=125](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/eptc/default.php?p_secao=125) em janeiro de 2009.
- EZZATI, M. *et al.*, 2002, *Comparative risk assessment collaborating group: Selected Major Risk Factors and Global and Regional Burden of Disease*. *Lancet*, n. 360, p. 1347-1360.
- FAIZ, A. *et al.*, 1996, *Air Pollution From Motor Vehicles*. “The World Bank”, Washington DC.

- FERREIRA, E., 2007, Corredores de Ônibus de Alto Desempenho. Instituto de Energia e Meio Ambiente.
- FRANGETTO, F. W.e GAZANI, F. R., 2002, Viabilização do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil. O Protocolo de Kyoto e a Cooperação Internacional. Instituto Internacional de Educação no Brasil. Editora Fundação de Peirópolis.
- FREITAS C. *et al.*, 2004, Internações e Óbitos e sua Relação com a Poluição Atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997. Revista Saúde Pública v.38. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-89102004000600001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-89102004000600001&script=sci_arttext) em setembro de 2008.
- FRIBERG, L., 2000, “Innovative Solutions for Public Transport: Curitiba, Brazil”. *Sustainable Development International*, 4ª Edição, ICG Publishing, Brighton.
- FTA, 2004, Características do Sistema de Transporte Rápido (BRT) para Tomada de Decisão. Secretaria de Pesquisa, Demonstração e Inovação da Administração Federal de Trânsito. Departamento de transporte dos Estados Unidos. Disponível em: [http://www.fetranspor.com.br/downloads/caracteristicas\\_sistema\\_transporte\\_rapido\\_BRT\\_tomada\\_decisao.zip](http://www.fetranspor.com.br/downloads/caracteristicas_sistema_transporte_rapido_BRT_tomada_decisao.zip) em setembro de 2008.
- FULTON, L. e L. WRIGHT, 2005, “Climate Change Mitigation and Transport in Developing Nations”. *Transport Reviews*, v. 25, n. 6, p. 691–717.
- GIRALDO, L. e BEHRENTZ, E., 2006, *Estimación del Inventario de Emisiones de Fuentes Móviles para la Ciudad de Bogotá e Identificación de Variables Pertinentes*. Apoiado pelo “Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente de Bogotá”.
- GORE, A., 2006, Uma Verdade Inconveniente. Editora Manole.
- GOUVEIA, N. e MAISONET, M., 2006, *Health Effects of Air Pollution*. “World Health Organization”. “Air Quality Guidelines 2005 Update”. Netherlands.
- GRÜTTER, J. M., 2007, *The CDM in the Transport Sector*. “Module 5d Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities”. Disponível em: <http://www.gtz.de/de/dokumente/en-cdm-transport-sector-2007.pdf> em janeiro de 2009.
- GRÜTTER CONSULTING, 2006, *BRT Bogotá, Colombia: TransMilenio Phase II-IV. Clean Development Mechanism: Project Design Document Form*. Disponível em: <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/E6LUMUUAQA83IUZAPO9XWBM S6BTSAB> em setembro de 2008.

GRÜTTER, J. M.; RODRIGUEZ, D.; RICAURTE, S., 2008, Monitoring Report - CDM Project 0672: BRT Bogotá, Colombia: TransMilenio Phase II-IV. Monitoring Period 1.1.2007 – 31.12.2007. Disponível em: <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/R1OL0Z0YXJPGAGF1GX0ODPW193MMGM> em janeiro de 2008.

GRÜTTER, J. M.; RODRIGUEZ, D.; RICAURTE, S., 2007, Monitoring Report - CDM Project 0672: BRT Bogotá, Colombia: TransMilenio Phase II-IV. Monitoring Period 1.1.2006 – 31.12.2006. Disponível em: <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/I71Q1F14RTWSFYBHIEYBPU1DFQB8JY> em janeiro de 2008.

GURFINKEL, S. G. M., 2005, O Protocolo de Kyoto e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: uma Avaliação de suas Possibilidades e Limites. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

HENSHER, D. A., 2007, “Sustainable Public Transport Systems: Moving Towards a Value for Money and Network-based Approach and Away from Blind Commitment”. *Journal of Transport Policy* v. 14, p. 98–102.

HIDALGO, D.; CUSTODIO, P.; GRAFTIEAUX, P.; 2007, “A Critical Look at Major Bus Improvements in Latin America and Asia: Case Studies of Hitches, Hic-Ups and Areas for Improvements”. “Synthesis of Lessons Learned”. *Worldbank*.

HOOKE, W., 2000, *Improving Conditions for Non Motorized Transport in Surabaya, Indonesia: A Pilot Project in Two Neighbourhoods*, Eschborn: GTZ.

IBGE, 2008, Projeção da População do Brasil por sexo e idade: 1980-2050 - Revisão 2008. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao\\_da\\_populacao/2008/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2008/default.shtm) em fevereiro de 2008.

IDU, 2007, CicloRuta. “Instituto de Desarrollo Urbano”. Disponível em: [http://www.idu.gov.co/sist\\_trans/ciclorrutas.htm](http://www.idu.gov.co/sist_trans/ciclorrutas.htm) em setembro de 2008.

IEA, 2002<sub>a</sub>, *Bus Systems for the Future: Achieving Sustainable Transport Worldwide*. “International Energy Agency”.

IEA, 2002<sub>b</sub>, *World Energy Outlook – 2002* “International Energy Agency”, Paris.

IEA, 2004, *World Energy Outlook - 2004*. “International Energy Agency”, Paris.

IEA, 2006, *World Energy Outlook - 2004*, “International Energy Agency”, Paris .



- IEA, 2007, World Energy Model – Methodology and Assumptions. “International Energy Agency”. Disponível em: [http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2007/WEM\\_Methodology\\_07.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2007/WEM_Methodology_07.pdf) em janeiro de 2007.
- IPEA, 2003, Impactos Sociais e Econômicos dos Acidentes de Trânsito nas Aglomerações Urbanas. Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas. Brasília. Ministério do Planejamento, Gestão e Orçamento.
- IPEA e MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2004, Regulação e Organização do Transporte Urbano em Cidades Brasileiras: Estudos de Caso. Brasília.
- IMAP, 2004, *Avaliação das Políticas Públicas Municipais de Curitiba 1997 a 2004*. Instituto Municipal de Administração Pública, Curitiba. Disponível em: <http://www.imap.org.br/?q=node/120> em setembro de 2008.
- IPCC, 1996<sub>a</sub>, *Climate Change 1995: The Science Of Climate Change. Contribution Of Working Group I To The Second Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change*. “Intergovernmental Panel on Climate Change”, J. T. Houghton et al, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
- IPCC, 1996<sub>b</sub>, “Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”. *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs2.html>
- IPCC, 2001<sub>a</sub>, *Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution Of Working Groups I, II, And III To The Third Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change, R. T. Watson et al, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York.
- IPCC, 2001<sub>b</sub>, *Climate Change 2001: Mitigation. Contribution Of Working Group III To The Third Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change*. “Intergovernmental Panel on Climate Change”, J. T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. et al, “Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York”.
- IPCC, 2007<sub>a</sub>, *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change*. “Summary for Policymakers, Fourth Assessment Report”, Bangkok, Thailand. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/SPM040507.pdf> em setembro de 2008.
- IPCC, 2007<sub>b</sub>, *Climate Change 2007: The Scientific Basis Contribution Of Working Group I To The Fourth Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change - Summary For Policies Makers*. “Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York”.

- IPEA; ANTP, 2003, Impactos Sociais e Econômicos dos Acidentes de Trânsito nas Aglomerações Urbanas Brasileiras, Relatório Executivo, Brasília. Associação Nacional de Transportes Públicos. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.
- IPT e CETAE, 2007, Ensaio Comparativo de Ônibus Urbanos. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Laboratório de Energia Térmica, Motores, Combustíveis e Emissões. São Paulo.
- ITDP, 2007, *Bus Rapid Transit Planning Guide*. "Institute for Transportation & Development Policy". Disponível em: [http://www.itdp.org/index.php/microsite/brt\\_planning\\_guide](http://www.itdp.org/index.php/microsite/brt_planning_guide) em setembro de 2008.
- ITRANS, 2004, Mobilidade e Pobreza. Instituto de Desenvolvimento e Informação em Transporte. Relatório Final. Disponível em: <http://www.itrans.org.br/upload/home/item/M&P%20Relatorio%20Final%20270304.pdf> em setembro de 2008.
- JICA, 1996, *Estudio del Plan Maestro del Transporte Urbano de Santa Fé de Bogotá en la República de Colombia*. Informe Final, Informe Principal. Chodai Co. Ltd., e Yachiyo Engineering Ltd. IDU, Bogotá.
- KAREKEZI, S.; JOHNSON, T.; MAJORO, L., 2003, *Climate Change and Urban Transport: Priorities for the WorldBank*, "Environment Department", "World Bank Publications", Washington DC.
- KENWORTHY e LAUBE, 1999, "Patterns of Automobile Dependence in Cities: An International Overview of Key Physical and Economic Dimensions with Some Implications for Urban Policy". *Transportation Research*, 33A (7/8). PP. 691-723.
- LEAL, M. e R. L. BERTINI, 2003, "Bus Rapid Transit: An Alternative for Developing Countries". *Institute of Transportation Engineers Annual Meeting*, Seattle. Disponível em: <http://web.pdx.edu/~bertini/brt.pdf> em setembro de 2008.
- LOPES, S. B.; G. J. CARDOSO; L. F. JÚNIOR, 2001, Análise do Desempenho de Corredores de Ônibus da Cidade de Porto Alegre. *Anais do XV ANPET - Congresso da Associação Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes* v. 3, p. 207-214.
- MCT, 2002, Primeiro Inventário Brasileiro De Emissões Antrópicas De Gases De Efeito Estufa - Relatórios De Referência Emissões De Gases De Efeito Estufa Por Queima De Combustíveis - Abordagem *Bottom-Up*. Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília.
- MCT, 2006, Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Emissões de Gases de Efeito Estufa por Fontes Móveis no Setor Energético. Disponível em: [http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0008/8848.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0008/8848.pdf) em setembro de 2008.

MENCKHOFF, G., 2001, “La Nueva Estrategia del Banco Mundial en Matéria de Transporte Urbano”. *Primer Seminario Internacional de Transporte Urbano*. “Cities on the Move”, Bogotá.

MENCKHOFF, G., 2005, “Latin American Experience with Bus Rapid Transit”. *Institute of Transportation Engineers Annual Meeting*, Melbourne, Austrália. Disponível em: <http://siteresources.worldbank.org/INTURBANTRANSPORT/Resources/340136-1153689836373/ITEMelbourne-report&annex.pdf> em setembro de 2008.

MME, 2007, Balanço Energético Nacional. BEN 2007 - Ano-Base 2006. Ministério das Minas e Energia, Brasília - DF. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/site/menu/select\\_main\\_menu\\_item.do?channelId=1432&pageId=14131](http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=14131) em setembro de 2008.

MOTTA, R. A; RIBEIRO, P. C. M., 2008, O Uso de ITS em BRT's: O Transmilênio de Bogotá. VI Congresso de Transportes do Rio de Janeiro.

MOTTA, R. A; RIBEIRO, S. K.; PORTUGAL, L. S., 2007, Análise Crítica de Corredores de Ônibus Sob o Ponto de Vista Ambiental. *Revista dos Transportes Públicos* n.116, ano 30, 4º. Trimestre. Associação Nacional de Transportes Públicos.

NASA, 2006, *NASA Survey Confirms Climate Warming Impact on Polar Ice Sheets*. “National Aeronautics and Space Administration”. Disponível em: [http://www.nasa.gov/home/hqnews/2006/mar/HQ\\_06089\\_polar\\_ice\\_sheets\\_melting.html](http://www.nasa.gov/home/hqnews/2006/mar/HQ_06089_polar_ice_sheets_melting.html) em setembro de 2008.

NBRTI, 2006, *Applicability of Bogotá's Transmilenio BRT System to United States. Final Report*. “National Bus Rapid Transit Institute”, “Center for Urban Transportation Research” (CUTR), “Federal Transit Administration” (FTA). Disponível em: [http://www.nbri.org/docs/pdf/Bogota%20Report\\_Final%20Report\\_May%202006.pdf](http://www.nbri.org/docs/pdf/Bogota%20Report_Final%20Report_May%202006.pdf) em setembro de 2008.

NBRTI, 2007, *Report on South American Bus Rapid Transit Field Visits: Tracking the Evolution of the TransMilenio Model. Final Report*. “National BRT Institute”, “Center for Urban Transportation Research” (CUTR), “Federal Transit Administration” (FTA).

NTU, 2007<sub>a</sub>, Anuário 2006-2007. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos.

NTU, 2007<sub>b</sub>, Desoneração dos Custos das Tarifas do Transporte Público Urbano e de Característica Urbana. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. Disponível em: <http://www.ntu.org.br/novosite/arquivos/DesoneracaoCustosTarifasAbr2007.pdf> em setembro de 2008.

- NTU; SEDU/PR, 2002, *Prioridade para o Transporte Coletivo Urbano - Relatório Técnico*. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos e Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República, Brasília, DF.
- OICA, 2007, *International Organization of Motor Vehicle Manufacturers*. Disponível em: <http://www.oica.net/> em setembro de 2008.
- OMS e BM, 2004, *Informe Mundial sobre Prevención de los Traumatismos Causados por el Tránsito*. Organização Mundial de Saúde. Banco Mundial. Genebra, Suíça. Disponível em: [http://www.who.int/world-health-day/2004/infomaterials/world\\_report/es/](http://www.who.int/world-health-day/2004/infomaterials/world_report/es/) em setembro de 2008.
- PEREIRA, A. S., 2002, *Do Fundo ao Mecanismo: Gênese, Características e Perspectivas para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo; ao Encontro ou de Encontro à Equidade?* Dissertação de Mestrado do Programa de Planejamento Energético. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- POULTON, M. L., 1997, *Fuel Efficient Car Technology*, "Computational Mechanics Publications", Ashurst, Southampton, UK.
- PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2005, *Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo*. Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- RIBEIRO, S. K. *et al.*, 2000, *Transportes e Mudanças Climáticas*. Editora Mauad, Rio de Janeiro.
- RIBEIRO, S. K., 2006, *Alternativas Energéticas para o Transporte*. Brasília, DF.
- ROCHA, M. T., 2003, *Aquecimento Global e o Mercado de Carbono: uma Aplicação do Modelo CERT*. Tese de Doutorado em Economia Aplicada. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.
- SALDIVA, P. H. N.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A., 1995, *Poluição Atmosférica e seus Efeitos na Saúde Humana*. Faculdade de Medicina da USP. São Paulo, SP.
- SAYEG, P. e CHARLES, P., 2005, *Intelligent Transport Systems*. "Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities." Disponível em: [http://www.sutp.org/component/option,com\\_docman/task,doc\\_details/gid,19/lang,uk](http://www.sutp.org/component/option,com_docman/task,doc_details/gid,19/lang,uk) em setembro de 2008.

- SCHIPPER, L., 2001 "Saving Carbon by Improving Urban Transportation and Vice Versa: The Interaction of Transport Policy and CO<sub>2</sub> Emissions". *Workshop on Good Practices in Policies and Measures*, Copenhagen. Disponível em: [http://unfccc.int/files/meetings/workshops/other\\_meetings/application/pdf/schipper.pdf](http://unfccc.int/files/meetings/workshops/other_meetings/application/pdf/schipper.pdf) em setembro de 2008.
- SCHIPPER, L., *et al.*, 2000, *Flexing The Link Between Transport And Greenhouse Gas Emissions - A Path For The World Bank*. "International Energy Agency", Paris.
- SDG, 2003, *Estimation of Private Vehicle Trips Replaced by Transmilenio: Phase II Report*. Steer Davies Gleave, Bogotá.
- SECRETARIA DISTRITAL DE MEIO AMBIENTE DE BOGOTÁ, 2008<sub>a</sub>, *Factores que Inciden em lãs Emisiones y Gestión de La Calidad Del Aire em Bogotá D. C.* Eder Pedraza, Boris Galvis.
- SECRETARIA DISTRITAL DE MEIO AMBIENTE DE BOGOTÁ, 2008<sub>b</sub>, *Informe Mensual de Calidad Del Aire de Bogotá*. Dezembro de 2007. "Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C".
- SIMAS, N., CONSTANSKI, E., 2007, BRT & BRMT in Brazil: "Types, Capacity and Problems". *5th UITP International Bus Conference*, Bogotá. International Association of Public Transport.
- SMA e CETESB, 1997, *Por um Transporte Sustentável - Documento de Discussão Pública, Série Documentos Ambientais São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente*.
- SMITH *et al.*, 2005, *Transit Signal Priority (TSP): A Planning and Implementation Handbook*. "United States Department of Transportation". Disponível em: <http://www.itsa.org/itsa/files/pdf/tsphandbook2005.pdf> em setembro de 2008.
- STERN, N., 2007, *Stern Review on the Economics of Climate Change*. Cambridge, University Press.
- STM, 2000, *São Paulo State Secretary for Metropolitan Transports*. Disponível em: <http://www.stm.sp.gov.br/ingesp/english.html> em setembro de 2008.

- SZWARCFITER, L., 2004, Opções para o Aprimoramento do Controle de Emissões de Poluentes Atmosféricos por Veículos Leves no Brasil: uma Avaliação do Potencial de Programas de Inspeção e Manutenção e de Renovação Acelerada da Frota Contribuindo para a Poluição do Ar das Cidades Através de Emissões de Monóxido de Carbono (CO), o Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>), Hidrocarbonetos (HC), Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e Materiais Particulados (MP)). Dissertação de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- TACO, G. B. G, 2006, Desenvolvimento de uma Metodologia para Identificar Espacialmente os Níveis de Emissão de Gases Derivados de Veículos Automotores nas Áreas Urbanas. Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília, DF.
- TOLLEY, R. e TURTON, B, 1995, "Transport Systems, Policy and Planning – A Geographical Approach Essex". *Longman Scientific & Technical*.
- TRANSMILENIO S.A., 1999, *Diseno Operacional Volumen X – I Manejo Ambiental*. Steert Davies Gleave. Centro de Documentação do Transmilênio.
- TRANSMILENIO, 2003, *El Sistema de Transporte Masivo de Bogota*. Centro de Documentação do Transmilênio.
- TRANSMILENIO S.A., 2006, *Sí Transmilenio*. Jimeno Acevedo Asociados LTDA. Milena Martinez. Centro de Documentação do Transmilênio.
- TRANSMILENIO S.A., 2007, *Plan Marco Sistema Transmilenio*. Centro de Documentação do Transmilênio.
- TRANSMILENIO, 2008, *Estatísticas Transmilenio: Datos Generales*. Disponível em: <http://www.transmilenio.gov.co/nuevapagina/index.asp-id=151.htm> em setembro de 2008.
- TRANSMILENIO S.A., 2008, *PIGA - Plan Institucional de Gestión Ambiental* - versão 1.1.
- UITP, 2003, *Better Mobility in Urban Areas*. "The International Association of Public Transport". "General Commission for Urban Life". Disponível em: <http://www.uitp.com/publications/brochures/better/pics/Problems-en.pdf> em setembro de 2008.
- UITP, 2007, *Better Mobility in Urban Areas*. "International Association of Public Transport". Disponível em: <http://www.uitp.com/publications/brochures/better/pics/best-practice-en.pdf> em setembro de 2008.

UNFCCC, 2006, "Baseline Methodology for Bus Rapid Transit Projects". *Approved baseline methodology AM0031. United Nations Framework Convention on Climate Change.* Disponível em: [http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/CDMWF\\_AM\\_IK6BL2878HZ4NHV86V65CBJ2Y1ZBDI](http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/CDMWF_AM_IK6BL2878HZ4NHV86V65CBJ2Y1ZBDI) em setembro de 2008.

UNFCCC, 2007<sup>a</sup>, *Climate Change: Impacts, Vulnerabilities and Adaptation in Developing Countries.* "United Nations Framework Convention on Climate Change".

UNFCCC, 2007<sup>b</sup>, *Kyoto Protocol.* "United Nations Framework Convention on Climate Change". Disponível em: [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)

UNFCCC, 2008, "Project Design Document Form - Metrobús Insurgentes, Mexico City - Version 03.1". *Clean Development Mechanism.* Disponível em: <https://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/3vtteswsmo2dr9oxch401blt5418c1> em setembro de 2008.

UNITED STATES GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE, 2007, "Public Transportation. Report to Congressional Committees". Disponível em: <http://www.gao.gov/new.items/d07917.pdf> em setembro de 2008.

UNIVERSO AMBIENTAL, 2008, Poluição Sonora. Disponível em: <http://www.universoambiental.com.br/PoluicaoAcustica/PoluicaoAcustica.htm> em setembro de 2008.

UPME, 2007, *Proyección de demanda de energía para el Sector transporte Gasolina-Diesel-GNV.* "Unidad de Planeación Minero Energética." "Subdirección de Planeación Energética". "Grupo de demanda energética".

VINCENT, 2007, W. *Summaries on TransMilenio, Megabús, and Metrovía. BRT Policy Center.*

VOLVO, 2006, Exigências rigorosas ao nível das emissões. Disponível: [http://www.volvo.com/trucks/portugal-market/pt-pt/aboutus/Environment/euro4\\_euro5/aboutEuro4\\_5/about\\_euro4\\_5.htm](http://www.volvo.com/trucks/portugal-market/pt-pt/aboutus/Environment/euro4_euro5/aboutEuro4_5/about_euro4_5.htm)

WBCSD, 2001, *Mobility 2001: Mobility at the End of the Twentieth Century and Its Mobility.* "World Business Council for Sustainable Development", Geneva.

WBCSD, 2004<sup>a</sup>, *Facts and Trends to 2050: Energy & Climate Change.* "World Business Council for Sustainable Development". Disponível em: <http://www.wbcds.org/plugins/DocSearch/details.asp?type=DocDet&ObjectId=MTA2NDU> em setembro de 2008.

- WBCSD, 2004<sub>b</sub>: IEA/SMP Model Documentation and Reference Projection. Fulton, L. and G. Eads, Disponível em julho de 2007 em <http://www.wbcsd.org/web/publications/mobility/smp-model-document.pdf>
- WEO, 2002, *Looking at Energy subsidies: Getting the Prices Right*. Disponível em: [www.iea.org](http://www.iea.org) em setembro de 2008.
- WHO, 2003, *Résumé D'orientation Des Directives De l'oms Relatives Au Bruit Dans L'environnemental*. World Health Organization. Disponível em: <http://www.who.int/homepage/primers> em setembro de 2008.
- WHITELEGG, J., 1993, *Transport for a Sustainable Future - The case for Europe London*, Belhaven Press. World Energy Outlook
- WORLDWATCH INSTITUTE, 2005, *State of the World 2005: Redefining Global*. Nova York: W.W. Norton & Co.
- WRI CETESB e PROCAM, 1999, Pesquisa de Opinião Pública sobre Poluição do Ar e Mudanças Climáticas.
- WRIGHT, L., HOOK, W., 2007, "Bus Rapid Transit Planning Guide". *Institute for Transportation & Development Policy*. Disponível em: [http://www.itdp.org/index.php/microsite/brt\\_planning\\_guide/](http://www.itdp.org/index.php/microsite/brt_planning_guide/) em setembro de 2008.
- WRIGHT, L., 2004, *The limits of technology: Achieving Transport Efficiency in Developing Nations*. "International Conference for Renewable Energies", 1-4 Junho, Bonn, Germany. Disponível em: <http://eprints.ucl.ac.uk/108/> em setembro de 2008.
- ZARATTINI, C., 2003, Circular ou Não em São Paulo. Revista dos Transportes Públicos n. 101, p. 47-64. São Paulo
- ZIMMERMAN, S. L. e LEVINSON, H., 2004, "Vehicle Selection for BRT: Issues and Options." *Journal of Public Transportation, Vol. 7, No. 1*.