



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA OPERAÇÃO DO SISTEMA *BUS RAPID TRANSIT* (BRT) NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO, O CASO DA TRANSOESTE.

Felipe Abramovitch

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador:

Rogério de Aragão Bastos do Valle

Rio de Janeiro

Março de 2014

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA OPERAÇÃO
DO SISTEMA *BUS RAPID TRANSIT* (BRT) NO MUNICÍPIO DO
RIO DE JANEIRO, O CASO DA TRANSOESTE.**

Felipe Abramovitch

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
ENGENHEIRO AMBIENTAL

Aprovado por:

Prof. Rogério de Aragão Bastos do Valle,
D.Sc.

Prof. Amaro Olímpio Pereira Júnior, D.Sc.

Prof. Ronaldo Balassiano, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ- BRASIL

MARÇO de 2014

Abramovitch, Felipe

Avaliação dos impactos ambientais da operação do sistema *Bus Rapid Transit* (BRT) no Município do Rio de Janeiro, o caso da Transoeste. / Felipe Abramovitch - Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2014.

XIV, 69 p.: il.; 29,7 cm

Orientadores: Rogério de Aragão Bastos do Valle

Projeto de Graduação – UFRJ/ POLI / Curso de Engenharia Ambiental, 2014.

Referências Bibliográficas: p.62-65.

1. BRT; 2. Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus; 3. Poluição Atmosférica; 4. Efeito Estufa; 5. Planejamento de Transporte; 6. Transporte Rodoviário

I. Valle, Rogério de Aragão Bastos do Valle.; II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental; III. Título

“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção.”

(Paulo Freire, pedagogo)

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço ao professor Rogério Valle por sua orientação e pela oportunidade de contribuir com essa monografia. Agradeço igualmente a André Pontes e a Mauro Hill pela orientação, e cujas críticas e sugestões foram igualmente fundamentais para esta monografia.

Agradeço ao professor Amaro Pereira e ao professor Ronaldo Balassiano por aceitarem o convite para participar da banca para a conclusão desta monografia.

Da mesma forma, agradeço a todos os pesquisadores do SAGE pelo auxílio e conhecimento passado ao longo da monografia.

Agradeço aos meus pais, avós e amigos, pelo incentivo e apoio constante, e por acreditarem em mim quando nem eu mesmo acreditava.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA OPERAÇÃO DO SISTEMA BUS
RAPID TRANSIT (BRT) NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO, O CASO DA
TRANSOESTE.

Felipe Abramovitch

Março de 2014

Orientador: Rogério de Aragão Bastos do Valle

Curso: Engenharia Ambiental

As grandes cidades do Brasil têm enfrentado cada vez mais problemas gerados pela falta de planejamento da mobilidade urbana e de infraestrutura do sistema de transporte, além da persistência no uso do modo rodoviário. Entre as adversidades mais comuns estão os longos congestionamentos, o stress e a depreciação da qualidade de vida em função da piora na qualidade do ar. Ao ganhar o direito de sediar os Jogos Olímpicos e Paralímpicos de 2016, a cidade do Rio de Janeiro teve a oportunidade de mudar esse paradigma e poder planejar novamente a sua malha viária, levando em consideração aspectos operacionais e ambientais. Sabe-se que, atualmente, as emissões de gases do efeito estufa geradas pelo setor de transportes são as que mais crescem globalmente, devido ao uso intensivo de combustíveis fósseis. O presente estudo introduz o sistema de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus (Bus Rapid Transit, em inglês), que está se difundindo rapidamente pelos países em desenvolvimento como alternativa financeiramente mais viável para solucionar problemas relacionados a mobilidade urbana. Focada na esfera ambiental, essa monografia apresenta uma metodologia de cálculo das emissões evitadas, no município do Rio de Janeiro por conta da operação da linha do BRT Transoeste, tanto de poluentes atmosféricos locais, como CO e NOx, quanto de poluentes globais, que é o caso do CO₂, um gás do efeito estufa. Essa análise permite inferir se além dos ganhos associados a operação, o sistema BRT também é capaz de produzir benefícios ambientais significantes.

Palavras-chave: Bus Rapid Transit; Transporte Rodoviário; Gases do Efeito Estufa; Emissões de CO₂; Planejamento de Transporte; Mobilidade Urbana; Inventário de Fontes Móveis.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACTS OF OPERATION OF BUS RAPID
TRANSIT (BRT) IN THE CITY OF RIO DE JANEIRO - THE CASE OF
TRANSOESTE

Felipe Abramovitch

Março de 2014

Advisor: Rogério de Aragão Bastos do Valle

Course: Environmental Engineering

The big cities of Brazil have faced increasing problems caused by lack of planning of urban mobility and transport system infrastructure, besides the persistence in the use of road transport. Among the most common adversities are long jams, stress and decreased quality of life due to the deterioration in air quality. By winning the right to host the Olympic and Paralympic Games in 2016, the city of Rio de Janeiro had the opportunity to change this paradigm and can plan its transportation network again, taking into consideration operational and environmental issues. It is known that, nowadays, emissions of Greenhouse Gases generated by the transport sector are the fastest growing globally due to the intensive use of fossil fuels. This study introduces the Bus Rapid Transit, which is spreading rapidly by developing countries as financially more viable alternative to solve problems related to urban mobility. Focused on the environmental sphere, this monograph presents a methodology for calculating avoided emissions in the municipality of Rio de Janeiro due to the operation of the BRT line Transoeste of local air pollutants such as CO, NO_x, and global pollutants, which is the case of CO₂, a greenhouse gas. This analysis allows us to infer even beyond the gains associated with the operation, BRT system is also capable of producing significant environmental benefits.

Keywords: Bus Rapid Transit; Road Transportation; Greenhouse Gases; Emission of CO₂; Transport Planning; Urban Mobility; Inventory of Mobile Sources

Sumário

1. Introdução	1
1.1. Objetivos	1
1.2. Metodologia.....	2
2. Desenvolvimento do Tema	3
2.1. Panorama da evolução do Transporte no Brasil	3
2.2. Transporte de Passageiros e o Modo Rodoviário	4
2.3. Transporte Urbano de Passageiros	8
2.4. Problemas ambientais relacionados aos Transportes.....	11
2.4.1. Poluição local ou regional.....	12
2.4.2. Poluição Global	14
2.4.3. Outros impactos	17
2.5. PROCONVE.....	19
2.6. Megaeventos e Jogos Olímpicos e Paralímpicos.....	21
2.7. Legado	22
2.8. Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus	23
2.9. Bus Rapid Transit (BRT).....	24
2.9.1. Transferência modal por conta do BRT	28
2.9.2. Corredor BRT Transoeste	30
3. Metodologia da Pesquisa	32
3.1. Caracterização das emissões veiculares.....	32
3.2. Escopo do trabalho.....	32
3.3. Poluentes utilizados.....	33
3.4. Metodologia para estimar as emissões de escapamento.....	34
3.5. Frota de veículos	36
3.5.1. Cálculo da frota estimada	37
3.6. Intensidade de Uso.....	40
3.7. Fatores de emissão	42
3.7.1. Emissão de GEE Indiretos: CO, NOx, NMHC e MP	43

3.7.2.	Emissão de CO ₂	43
4.	Resultados	45
4.1.	Premissas adotadas para projeção da emissão	45
4.1.1.	Frota de veículos.....	45
4.1.2.	Intensidade de Uso.....	45
4.1.3.	Fatores de emissão.....	45
4.2.	Cenário com o corredor BRT Transoeste	45
4.2.1.	Frota de veículos.....	46
4.2.2.	Intensidade de Uso.....	47
4.2.3.	Fatores de emissão.....	47
4.3.	Emissão de monóxido de carbono (CO)	48
4.4.	Emissão de óxidos de nitrogênio (NOx).....	50
4.5.	Emissões de material particulado (MP)	52
4.6.	Emissões de hidrocarbonetos não metanos (NMHC)	54
4.7.	Emissões de dióxido de carbono (CO ₂)	56
5.	Conclusões.....	58
6.	Considerações e Recomendações	61
7.	Referencias Bibliográficas	62
	ANEXO I – Frota estimada de ônibus urbanos e rodoviários no Município do Rio de Janeiro.....	66
	ANEXO II – Tabela de Intensidade de Uso de Referência.....	67
	Anexo III – Emissão de Poluentes Atmosféricos - sem o BRT Transoeste	68
	Anexo IV – Emissão de Poluentes Atmosféricos - com o BRT Transoeste	69

Lista de Figuras

Figura 1 - Consumo de Combustíveis Fósseis, por Setor	4
Figura 2 – Evolução da atividade de transporte de passageiros	5
Figura 3 - Participação, por tipo de transporte, na demanda energética do setor	5
Figura 4 – Consumo de combustível fóssil final por setor.	6
Figura 5 – Consumo percentual de combustíveis no modo rodoviário	7
Figura 6 – Participação dos setores mais emissores de GEE na cidade do Rio de Janeiro.....	7
Figura 7 – Participação de cada modo no transporte de passageiros na Região Metropolitana do Rio de Janeiro	10
Figura 8 - Emissões relativas por tipo de fonte (em São Paulo).....	11
Figura 9 - Balanço energético médio anual, global, da Terra	16
Figura 10 - O sistema TransMilênio de Bogotá	24
Figura 11 – A Transoeste manteve o canteiro central arborizado	28
Figura 12 – Transferência modal de passageiros na Barra da Tijuca	30
Figura 13 - Esquema do corredor do BRT Transoeste.....	30
Figura 14 – Mapa das estações do corredor BRT Transoeste	31
Figura 15 – Procedimentos adotados por Inventários para estimar as emissões.....	35
Figura 16 – Procedimento pra estimar a frota de veículos circulante	38
Figura 17 – Comparação entre curvas de sucateamento utilizadas pelo INEAVAR e IEAVAERJ	39
Figura 18 – Procedimentos adotados para calcular a intensidade de uso ajustada	40
Figura 19 – Intensidade de uso para ônibus e microônibus	41
Figura 20 – Emissões de CO por Ônibus Urbanos – Cenários com e sem o BRT ..	48
Figura 21 - Emissões de CO por Ônibus Rodoviário – Cenários com e sem o BRT	49
Figura 22 – Emissões evitadas de CO por categoria de veículo	49
Figura 23 – Emissão de NOx por Ônibus Urbanos – Cenários com e sem o BRT ..	50
Figura 24 – Emissão de NOx por Ônibus Rodoviário – Cenários com e sem o BRT	51
Figura 25 – Emissões evitadas de NOx por categoria do veículo	51
Figura 26 - Emissão de MP por Ônibus Urbanos – Cenários com e sem o BRT.....	52
Figura 27 - Emissão de MP por Ônibus Rodoviário – Cenários com e sem o BRT ..	53
Figura 28 – Emissões evitadas de MP por categoria do veículo	53
Figura 29 – Emissão de NMHC por Ônibus Urbanos – Cenários com e sem o BRT	54

Figura 30 – Emissão de NMHC por Ônibus Rodoviário – Cenários com e sem o BRT	55
Figura 31 – Emissões evitadas de NMHC por categoria de veículo	55
Figura 32 – Emissão de CO2 por Ônibus Urbanos – Cenários com e sem o BRT ..	56
Figura 33 – Emissão de CO2 por Ônibus Rodoviário – Cenários com e sem o BRT	57
Figura 34 – Emissões evitadas de CO por categoria de veículo	57
Figura 35 - Redução de emissão de GEE estimada (Gg CO2 e)	59
Figura 36 – Indicadores de impacto da Transoeste	60
Figura 37 – Evolução da frota de ônibus urbano e rodoviário do Município do Rio de Janeiro.....	66

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Fontes e características dos principais poluentes na atmosfera	12
Tabela 2 - Estratégia de implantação do PROCONVE para veículos pesados (Fases “P”)	20
Tabela 3 – Percentual de transferência de modal para o Brasil	29
Tabela 4 – Categorias de veículos consideradas neste estudo para estimativa da frota	36
Tabela 5 – Frota estimada Detran, venda de veículos novos.....	37
Tabela 6 – Constantes da curva de sucateamento para ônibus e microônibus.....	39
Tabela 7 – Rendimento dos ônibus urbano e rodoviário	41
Tabela 8 – Consumo estimado e observado de Diesel e a diferença porcentual. ...	42
Tabela 9 – Fatores de emissão para motores Diesel por fase do PROCONVE, em g/kWh.....	43
Tabela 10 - Fatores de emissão para motores Diesel por fase do PROCONVE, em g/km	43
Tabela 11 – Fator de emissão de CO2 para óleo diesel (kg/L)	44
Tabela 12 – Variação entre o crescimento das frotas entre os cenários	46
Tabela 13 – Comparativo de redução de emissão	59
Tabela 14 – Estimativa da frota de ônibus urbano e rodoviário do Município do Rio de Janeiro.....	66
Tabela 15 – Intensidades de uso de referencia de ônibus urbano e rodoviário.....	67
Tabela 16 – Emissão de Poluentes Atmosféricos no Município do Rio de Janeiro no cenário sem o BRT Transoeste	68
Tabela 17 – Emissão de Poluentes Atmosféricos no Município do Rio de Janeiro no cenário com o BRT Transoeste	69

Lista de Siglas

ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANTP	Agência Nacional de Transportes Públicos
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
BEN	Balanço Energético Nacional
BRT	<i>Bus Rapid Transit</i>
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CO	monóxido de carbono
CO ₂	dióxido de carbono
CO ₂ eq	dióxido de carbono equivalente
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DETRAN	Departamento de Transito do Estado do Rio de Janeiro
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FETRANSPOR	Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro
GEE	Gases do Efeito Estufa
IEAVAERJ	Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores do Estado do Rio de Janeiro
IEGEECRJ	Inventário de Emissões de Gases do Efeito Estufa da Cidade do Rio de Janeiro
INEAVAR	Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MP	material particulado
N ₂ O	óxido nitroso

NMHC	hidrocarbonetos não metano
NOx	óxidos de nitrogênio
PBT	Peso Bruto Total
PROCONVE	Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores
SMTR	Secretaria Municipal de Transportes
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro

1. Introdução

O transporte de passageiros e cargas no Brasil é feito, em sua maioria, pelo modo rodoviário. Em função da dependência de combustíveis fósseis por parte do transporte há uma grande contribuição deste na emissão de gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos locais, regionais e globais. (MMA, 2011)

Diante disto é relevante a quantificação constante dos gases e poluentes atmosféricos emitidos pelo setor de transporte, especificamente do modo rodoviário, para que seja possível o monitoramento da evolução de sua participação no total de emissões e também para a tomada de ações que visem o controle e/ou mitigação dos efeitos nocivos à saúde humana e ao meio ambiente.

O setor de transportes é responsável por 30% da emissão de gases de efeito estufa na cidade do Rio de Janeiro (SMAC, 2013). Analisando somente o setor de transportes e os modos que o compõem, o rodoviário foi responsável por cerca de 75% das emissões.

A mobilidade urbana é uma questão de extrema importância, principalmente nas grandes cidades do País, em função de sua influência nas esferas social e econômica. No caso do Rio de Janeiro, segundo a Secretaria Municipal de Transportes (SMTR), 83% dos usuários de transporte público em 2011 eram impactados de alguma forma pelo intenso trânsito na cidade. Não apenas porque o ônibus é o principal meio de transporte da grande maioria da população, mas também por haver poucos investimentos em transporte de alta capacidade. (FETRANSPOR, 2013)

Entre as ações do governo que visam à melhoria da mobilidade é a implantação de uma rede de transporte de alta capacidade. Para isso, estão sendo construídos quatro corredores de BRT's (Transoeste, TransCarioca, TransOlimpica e TransBrasil), que, juntos aos sistemas metroviário e ferroviário, comporão a rede de transporte de alta capacidade da cidade.

1.1. Objetivos

Com o intuito de melhor conhecer a realidade das mudanças que estão ocorrendo no sistema de transporte rodoviário no Município do Rio de Janeiro por conta dos grandes eventos, este trabalho visa comparar dois cenários distintos quanto à emissão de poluentes e avaliar se as mudanças foram benéficas. Para tanto,

apresenta uma metodologia de cálculo da emissão atmosférica elaborada com o objetivo de identificar as diferentes fontes que contribuem para as emissões de poluentes atmosféricos, identificar os principais poluentes atmosféricos emitidos no município do Rio de Janeiro e estimar a emissão total destes poluentes.

Face ao exposto, este estudo tem por objetivo avaliar os impactos ambientais que a adoção de transporte rápido e de alta capacidade de ônibus tem na poluição local e na emissão de gases do efeito estufa.

1.2. Metodologia

Será aplicado um modelo do tipo *bottom-up*, que permite a identificação e quantificação da emissão dos gases de efeito estufa separadamente, o que facilita o estudo de políticas e projetos para a redução dessas emissões.

Nesta abordagem, são desenvolvidos fatores de emissão típicos para as respectivas fontes, permitindo a utilização de fórmulas simples, na maior parte dos casos. No entanto, esses fatores variam muito de acordo com a tecnologia e o país e, ainda, são desenvolvidos com base em informações amostrais e conhecimentos de engenharia sobre as diferentes tecnologias. Portanto, não é possível generalizar os fatores, sendo necessário ser desenvolvidos fatores de acordo com a realidade de cada país. Devido à complexidade de levantamento de todas as fontes de queima de combustíveis e emissão de gases de efeito estufa e também da dificuldade de obtenção dos dados relacionados a essas fontes, não se consegue chegar ao resultado da metodologia *top-down* simplesmente somando-se todos os setores da metodologia *bottom-up* (IPCC, 1996 e IEA, 2000).

Para este estudo, foi utilizada a mesma metodologia tanto do INEAVAR (2011) quanto do IEAVAERJ (2011). Os fatores de emissão, curva de sucateamento e intensidade de uso são oriundos dos esforços que os especialistas fizeram para elaborar tais inventários.

2. Desenvolvimento do Tema

2.1. Panorama da evolução do Transporte no Brasil

Na análise histórica do desenvolvimento do sistema de transportes do Brasil pode ser observada uma forte influência da indústria ferroviária inglesa até a década de 1930, tendo como objetivo principal a exportação de produtos primários. Após a crise de 1929 e com o advento da 2ª Guerra Mundial, houve uma crescente industrialização no Brasil paralelamente ao fortalecimento do mercado interno, o que acarretou a necessidade de construção de estradas para atender a distribuição dos produtos fabricados na região sudeste, principalmente em São Paulo, polo dominante do mercado unificado nacional.

Mas foi a partir da segunda metade da década de 1950, com a expansão da indústria automobilística, que o transporte rodoviário realmente se consolidou no país. Da década de 1940 à década de 1970, a rede rodoviária foi expandida de 185 mil quilômetros para cerca de 1,5 milhões de quilômetros (malha pavimentada e não pavimentada). Nesse mesmo período a rede ferroviária foi reduzida de 38 mil para cerca de 30 mil quilômetros. (Banco Mundial, 2010)

O crescimento acelerado da frota de veículos automotores na última década ratifica a importância do setor rodoviário no Brasil. A frota total de veículos produzidos nesse período mais que dobrou. Fica evidente que a frota circulante vem evoluindo em patamares de taxas maiores que do PIB e da População, sendo que a diferença tem se acentuado nos últimos 10 anos, deixando clara a importância da dimensão da evolução, bem como das perspectivas de evolução futura, das taxas de motorização no país.

Hoje em dia, o setor de transportes é o que mais consome derivados de petróleo no país, responsável por 57,4% desse consumo. A Figura 1 destaca comparativamente o consumo de derivados de petróleo pelos diferentes setores da economia no ano de 2012.

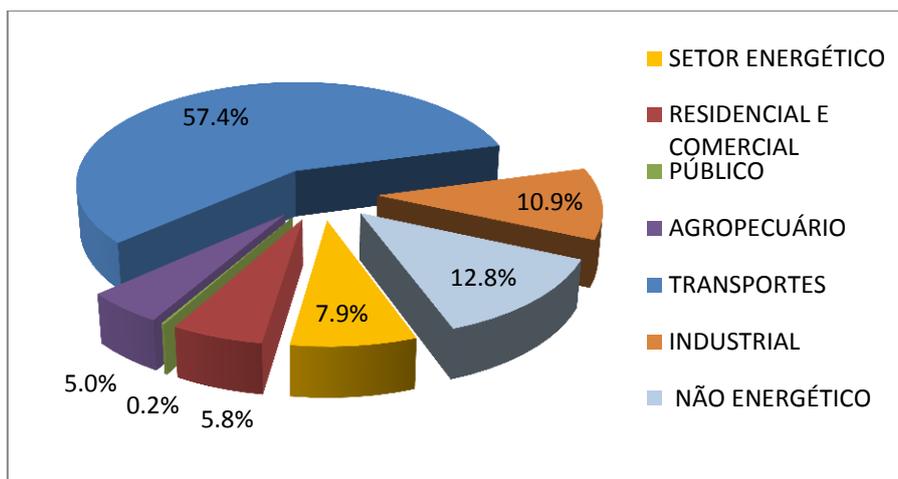


Figura 1 - Consumo de Combustíveis Fósseis, por Setor
 Fonte: BEN (2013)

2.2. Transporte de Passageiros e o Modo Rodoviário

Reconhecido como estratégico para o desenvolvimento socioeconômico, o setor de transporte representa, ao lado do setor industrial, um papel cada dia mais importante na economia moderna, pois possibilita a integração e o intercâmbio de pessoas e bens, tanto no âmbito local quanto no internacional. Além de trazer benefícios para a sociedade e a economia, o transporte também é responsável por alguns efeitos impactantes relacionados ao enorme consumo de energia, de recursos financeiros, de bens materiais e de serviços. Embora estes consumos estimulem a economia, verifica-se o esgotamento de recursos naturais, a poluição do meio ambiente e os impactos na saúde humana causados pelos resíduos de sua produção e uso. (Almeida, 2006).

Desde o final da década de 60, o transporte de passageiros no Brasil aumentou a uma taxa média de 6,4% ao ano. Essa crescente necessidade de deslocamento elevou a atividade de 131,9 bilhões de passageiros-quilômetros, em 1970, para 1.584,5 bilhões de passageiros-quilômetros, em 2010. O principal responsável por essa mudança ocorrida na década de 70 foi o transporte ferroviário, que perdeu espaço, em especial, para o transporte rodoviário, cuja participação é crescente até 2000. A Figura 2 indica, respectivamente, uma significativa e uma modesta recuperação dos modais aéreo e ferroviário na primeira década do milênio. (MME, 2012)

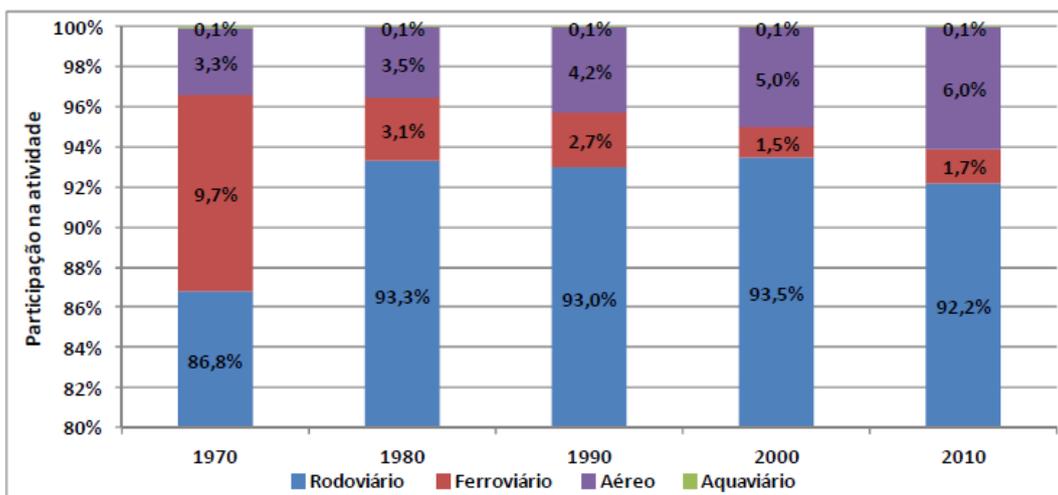


Figura 2 – Evolução da atividade de transporte de passageiros
Fonte: MME, 2012

Parte da contribuição do segmento rodoviário na demanda energética se deve à maior intensidade energética e à maior atividade desse modo. Neste contexto, destaca-se a concentração do modal rodoviário, chegando a 92,3% do transporte de passageiros e 56,8% do transporte de cargas em 2010. Essas opções de modalidade de transporte refletem na demanda energética do setor, que, segundo a Figura 3, é maior no transporte de passageiros.

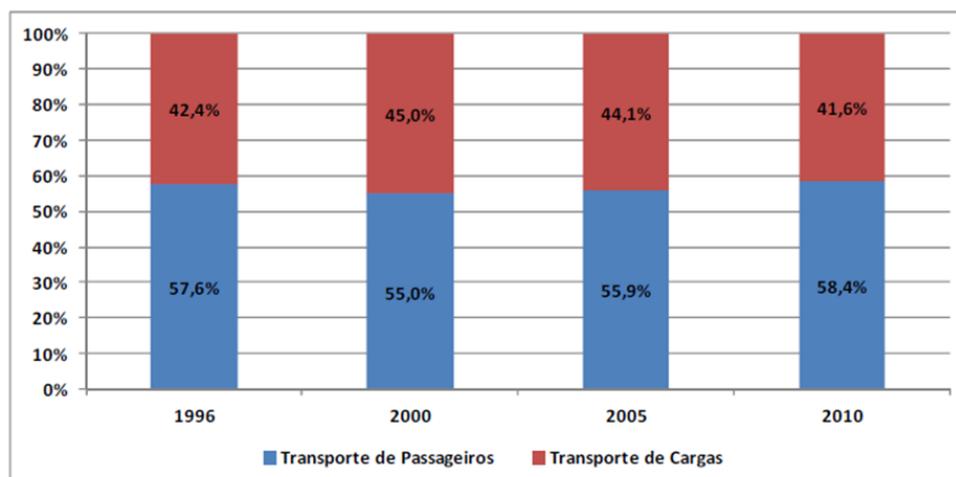


Figura 3 - Participação, por tipo de transporte, na demanda energética do setor
Fonte: MME, 2012

A evidente falta de aproveitamento das tecnologias específicas para o transporte de massa acaba por transformar o modal rodoviário como principal transportador, em detrimento daqueles de maior capacidade, sendo um reflexo da falta de investimentos nesses sistemas de alta capacidade, especialmente ao longo da primeira metade da década de 90, e na escassez de políticas objetivando a

racionalização e a complementaridade dos modos de transporte, além das descontinuidades e indefinições que os próprios modelos institucional, financeiro e organizacional geraram.

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, 2013), no ano de 2012 o setor de transportes foi responsável por 31,3% do consumo final energético utilizando 57,4% da totalidade dos derivados de petróleo consumidos no país, conforme mostrado na Figura 5. Desse total de energia consumido pelo setor de transportes, o modo rodoviário representa 91,7% e do total consumido de derivados de petróleo, o modo rodoviário é responsável pela utilização de 90,48%.

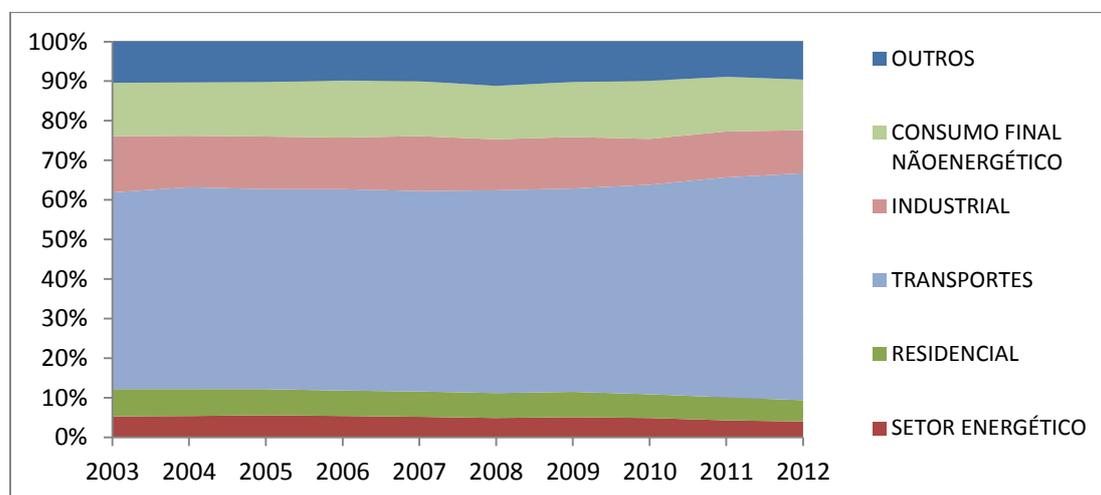


Figura 4 – Consumo de combustível fóssil final por setor.
Fonte: BEN (2013)

O combustível mais utilizado pelo setor de transportes e, mais especificamente, pelo modo rodoviário é o óleo diesel, conforme mostrado na Figura 5. Segundo a determinação da Lei 11.097/2005, a partir do ano de 2013, foi fixado em 5% o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final.

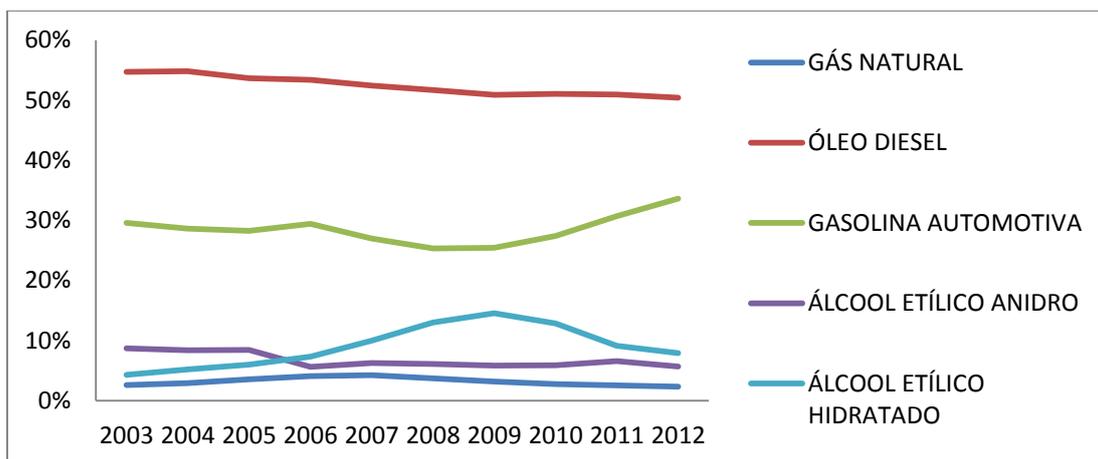


Figura 5 – Consumo percentual de combustíveis no modo rodoviário
 Fonte: BEN (2013)

Segundo SMAC (2013), as emissões de GEE devidas ao setor de energia somaram 17.942,41 mil t CO₂eq em 2012, representando 75% das emissões totais da cidade do Rio de Janeiro. Conforme demonstrado na Figura 6, o uso de energéticos no setor de transportes foi o maior responsável pelas emissões com 30% de participação, devido, principalmente, ao modal rodoviário que emitiu 75% do total do setor de transportes.



Figura 6 – Participação dos setores mais emissores de GEE na cidade do Rio de Janeiro
 Fonte: IEGEECRJ (2013)

2.3. Transporte Urbano de Passageiros

Nos grandes centros urbanos o modo de transporte predominante é o rodoviário, com participação significativa do automóvel particular. Segundo SEA (2011), considerando-se o número de veículos (automóveis, ônibus e caminhões) registrados no Estado do Rio de Janeiro, constata-se um aumento contínuo desde 1980, atingindo cerca de 3 milhões de veículos em 2010. Além disso, o transporte individual (automóveis e motos) representava, em 2010, mais de 88% da frota de veículos.

O transporte urbano é mais complexo do que o regional, por causa da maior concentração de veículos operando em áreas densamente habitadas. A interação próxima entre os vários modos de transporte e as ligações entre o transporte, o uso da terra, o desenvolvimento econômico local e as políticas de crescimento espacial, todas se acrescentam à complexidade envolvida na modelagem dos efeitos do transporte nas áreas urbanas.

O aumento da urbanização e a migração urbana sobrecarregam os sistemas de transporte coletivo e incentivam a utilização dos veículos particulares. Os congestionamentos são constantes, inclusive nas cidades médias, e as metrópoles estão literalmente parando, enquanto os índices de poluição e emissão de gases de efeito estufa veicular crescem. O atual estado do transporte público implica em desconforto, longas esperas, riscos de acidentes pessoais e restrições de movimentos. A satisfação do usuário com a infinidade de vans, microônibus e ônibus, formais e informais, que se espalham pelas cidades em desenvolvimento é, tipicamente, muito baixa.

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).

Se o transporte público for lento, desconfortável, inseguro, precário e desprovido de prestígio, as pessoas vão evitá-lo ao máximo. Da mesma forma, se a infraestrutura 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. (Motta, 2009)

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. Para muitas pessoas e famílias, o objetivo final é um dia ser capaz de arcar com o custo do transporte individual motorizado, seja na forma de motocicleta ou automóvel. Dessa forma, a necessidade individual de autonomia de transporte e o status social de possuir um veículo, associados a uma diminuição do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) para carros e uma queda contínua dos juros também ajudaram o segmento nos últimos anos.

A congestão das vias é um bom exemplo para a explicação da teoria de contra produtividade. Cada vez mais nas grandes cidades o congestionamento ganha destaque na paisagem e o tempo de deslocamento entre as moradias e outros locais é maior. A velocidade média de deslocamento por veículos acaba sendo quase similar à de uma bicicleta, por exemplo.

A Figura 7 mostra um comparativo entre os modos utilizados para o transporte de passageiros na Região Metropolitana do Rio de Janeiro nos anos de 1994 e 2003. Percebe-se, na década de 90, uma dominância muito grande do ônibus como principal forma de transporte, seguida pelo carro/táxi. Porém, com a urbanização crescente e desordenada na Região Metropolitana, observa-se, por conta dos impactos negativos, como a congestão de vias, perda de tempo no trânsito, que a população optou pela escolha de modos menos suscetíveis a esses fatores, um crescimento da porcentagem de pedestres, bicicletas e do transporte alternativo, vans, que chegaram para suprir a carência de transporte de passageiros em certas regiões da cidade, tais como as comunidades e as periferias.

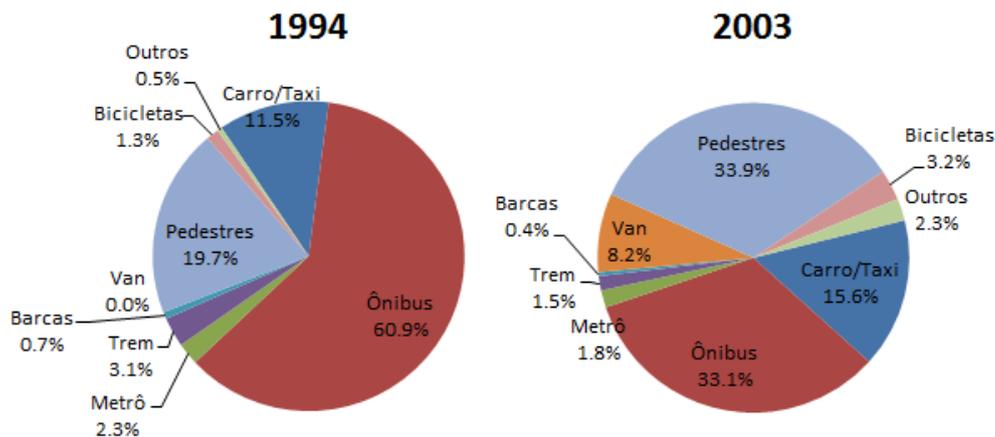


Figura 7 – Participação de cada modo no transporte de passageiros na Região Metropolitana do Rio de Janeiro
Fonte: ITDP Brazil (2013)

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.

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 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.

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 cicloviária, 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.

2.4. Problemas ambientais relacionados aos Transportes

O setor de transporte além de ser responsável pelo deslocamento de pessoas, também gera significativos efeitos secundários indesejáveis ou externalidades negativas, em especial nas zonas urbanas e sobre o meio ambiente devido às emissões atmosféricas. (Motta, 2009)

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. A Figura 8 mostra as emissões relativas de típicos poluentes atmosféricos por setor. Percebe-se uma grande participação do setor de transportes na emissão de CO, HC, NOx e de MP10.

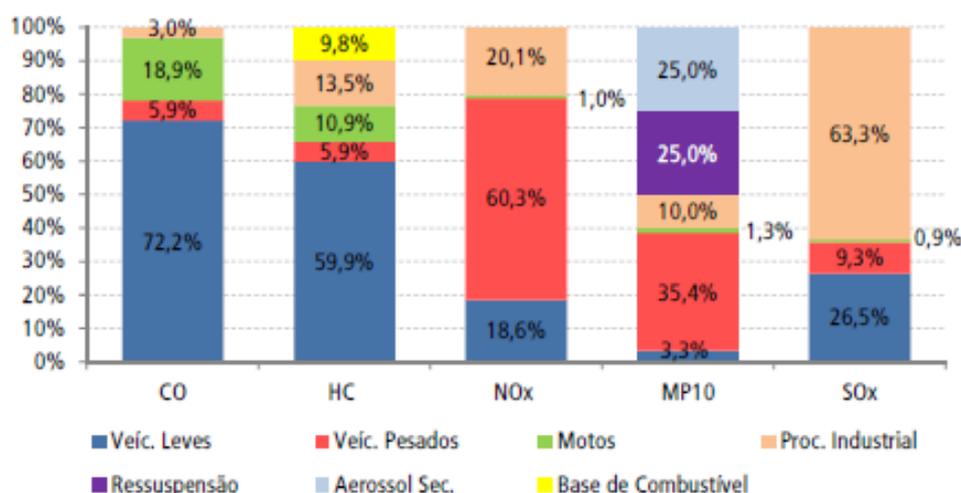


Figura 8 - Emissões relativas por tipo de fonte (em São Paulo)
Fonte: CETESB (2013)

Há diversos outros impactos na implantação e manutenção da infraestrutura do modo rodoviário, como a construção das estradas, em que são retiradas e transferidas enormes quantidades de terra, são desmatadas vastas áreas, são alteradas as formas de escoamento das águas, rios são assoreados, etc. Nesse

estudo serão abordados apenas os impactos da operação dos setor de transportes rodoviários.

2.4.1. Poluição local ou 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.

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 incêndios 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. A Tabela 1 apresenta uma listagem dos principais poluentes na atmosfera.

Tabela 1 - Fontes e características dos principais poluentes na atmosfera

Poluente	Características	Fontes Principais
Partículas Inaláveis Finas (MP2,5)	Partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem etc., que podem permanecer no ar e percorrer longas distâncias. Faixa de tamanho < 2,5 micra.	Processos de combustão (industrial, veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera) como sulfato e nitrato, entre outros.
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), poeira ressuspensa, aerossol secundário (formado na atmosfera).
Partículas Totais em 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 < 50 micra.	Processos industriais, veículos motorizados (exaustão), poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen, aerossol marinho e solo.

Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Gás incolor, com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforos. Pode ser transformado a SO ₃ , que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H ₂ SO ₄ . 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, produção de polpa e papel, fertilizantes.
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. Pode levar à 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.
Monóxido de Carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido.	Combustão incompleta em veículos automotores.
Ozônio (O ₃)	Gás incolor, inodoro nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica.	Não é emitido diretamente para a atmosfera. É produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis.

Fonte: CETESB (2012)

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_x), os óxidos de enxofre (SO_x), o material particulado (MP) (partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis e partículas inaláveis finas) e os aldeídos.

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. (Motta, 2009)

A poluição atmosférica pode causar danos também através da reação de hidrocarbonetos com os gases NO e NO₂ 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, vale ressaltar que um efeito regional da poluição é a chuva ácida. A chuva ácida pode ser definida como a precipitação em que o pH é mais ácido, com valores de pH inferiores a 5,6. A poluição do ar devido à queima de combustíveis fósseis, pelos automóveis, usinas termelétricas, unidades de refino e metalúrgicas, é a maior causa da chuva ácida.

A deposição ácida, ou chuva ácida, como é mais conhecida, ocorre quando as emissões de dióxido de enxofre (SO₂) e óxidos de nitrogênio (NO_x) reagem na atmosfera com a água, oxigênio e oxidantes, formando vários ácidos. Esta mistura forma soluções diluídas de ácido sulfúrico e ácido nítrico que se precipitam na superfície da Terra na forma úmida através da chuva, neve ou nevoeiro ou na forma seca como gases e partículas (cerca de 50% da acidez da atmosfera se precipita na forma seca). (Motta, 2009)

As principais consequências da chuva ácida são a acidificação de corpos d'água como lagos e rios, prejudicando a fauna e a flora e a degradação das árvores, em altas elevações. A deposição ácida produz modificações no pH do solo que podem resultar em modificações nos nutrientes necessários para o crescimento das plantas. Adicionalmente, a chuva ácida acelera a deterioração de materiais e pinturas, incluindo prédios, esculturas e estátuas insubstituíveis. (Mattos, 2001)

2.4.2. Poluição Global

Problemas que atingem toda a população mundial, independentemente de onde estejam sendo gerados os poluentes, são chamados problemas ambientais globais. Nesta definição encontram-se o inverno nuclear, a depleção da camada de ozônio e o aquecimento global. Estes problemas podem causar catástrofes planetárias que teriam como consequência o estabelecimento de diferentes condições de equilíbrio na Terra que poderiam ser inóspitas para a vida humana. (Mattos, 2001)

2.4.2.1. Efeito Estufa

O efeito estufa é o aquecimento da superfície da Terra e da atmosfera devido à presença de gases que possuem a propriedade de reter o calor, como o vidro de uma estufa de plantas. A cobertura de gases, como o vidro, permite a passagem da

radiação solar, mas evita a liberação da radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra. O efeito estufa chamado de natural, que não foi potencializado pela atividade do homem, resulta numa temperatura média da Terra em torno de 15°C. Se não houvesse o efeito estufa natural a temperatura da superfície da Terra estaria em torno de -18°C. A temperatura média de 15°C permite uma condição favorável a muitas formas de vida, já que possibilita a existência da água em forma líquida, ingrediente essencial para a vida. (Mattos, 2001). Portanto, o problema não está na existência dos gases de efeito estufa, mas no aumento da concentração 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 (N₂), 20,9% de oxigênio (O₂), 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 (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e ozônio (O₃), 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 (H₂O) 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. 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°C, equilibrando a radiação que chega a Terra enquanto que a temperatura da superfície é mantida em níveis mais altos

com média de 15°C. Esta emissão efetiva a -19°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. (Motta, 2009)

Detalhes a respeito deste balanço energético podem ser observados na Figura 9, 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.

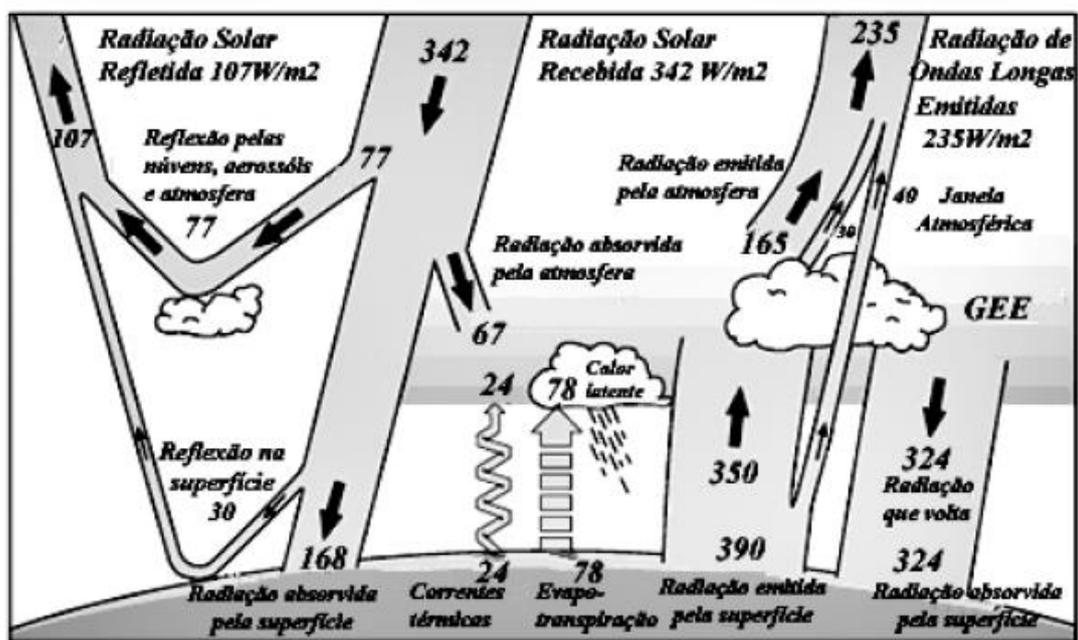


Figura 9 - Balanço energético médio anual, global, da Terra
Fonte: IPCC (2001)

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)

2.4.2.2. Aquecimento Global

Primeiramente é importante diferenciar o efeito estufa do aquecimento global. Muitas pessoas confundem essas definições pensando que são sinônimas. O efeito estufa e o aquecimento global estão intimamente relacionados, mas não são o mesmo fenômeno. O aquecimento global é o aumento potencial na temperatura média global resultante do aumento da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera.

De acordo com o Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas (IPPC), estabelecido pelas Nações Unidas e pela Organização Meteorológica Mundial em 1988, o aquecimento observado durante os últimos 50 anos é devido, em grande parte, às ações antropogênicas (IPCC, 2007), como queima dos combustíveis fósseis (carvão, o gás natural e o petróleo), à combustão da biomassa das florestas, o desmatamento, entre outras causas. Em fevereiro de 2007, o IPCC publicou o Sumário para os Formuladores de Políticas, mostrando que há agora mais confiabilidade nas avaliações e projeções dos padrões de aquecimento global e de outras características de escala regional. (Motta, 2009)

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.

2.4.3. Outros impactos

2.4.3.1. Poluição Sonora

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. 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. (Motta, 2009)

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. (Motta, 2009)

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.

2.4.3.2. Intrusão Visual

O setor de transportes produz, também, impacto de poluição visual devido à presença de veículos parados ou em movimento e pela própria infraestrutura 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. (Motta, 2009)

2.4.3.3. Perda de Vidas Humanas

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.

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.

Somente nos anos de 1980, como resultado da maior consciência da relevância da poluição atmosférica para a saúde e o bem estar da população, foi possível uma proveitosa cooperação entre instituições federais, estaduais e privadas, que levou à instituição do Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE).

2.5. PROCONVE

A participação do Brasil nas emissões globais de GEE por queima de combustíveis fósseis é muito pequena, e corresponderam a cerca de 1,2% do total das emissões globais no ano de 2006, segundo dados da CDIAC (Carbon Dioxide Information Analysis Center), órgão do Departamento de Energia dos Estados Unidos. Com uma população aproximadamente de 186 milhões de habitantes, as taxas de emissão per capita no Brasil naquele ano foram de 0,51 toneladas métricas de carbono, bem abaixo da média mundial de 1,25 toneladas métricas. Porém, ainda que otimista, esse quadro poderá virar ao longo dos anos se nada for feito para mudar algumas tendências, considerando um cenário de crescimento econômico sustentado, a exploração das novas reservas de petróleo do pré-sal etc., que podem resultar numa provável intensificação do uso de combustíveis fósseis. (Banco Mundial, 2010)

Em 6 de maio de 1986, a Resolução nº 18 do CONAMA criou o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), coordenado pelo IBAMA, o qual veio para definir os primeiros limites de emissão para veículos leves e contribuir para o atendimento aos padrões de qualidade do ar instituídos pelo Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (PRONAR). Em 28 de

outubro de 1993, a Lei nº 8.723 endossou a obrigatoriedade de reduzir os níveis de emissão dos poluentes de origem veicular, contribuindo para induzir o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes de combustíveis, motores e autopeças, e permitindo que veículos nacionais e importados passassem a atender aos limites estabelecidos.

O cumprimento dessas exigências é aferido por meio de ensaios padronizados em dinamômetro e com combustíveis de referência (próprios para os ensaios). Além disso, o PROCONVE também impõe a certificação de protótipos (homologação) e o acompanhamento estatístico em veículos novos produzidos, a autorização do IBAMA para uso de combustíveis alternativos, o recolhimento ou reparo de veículos e motores encontrados em desconformidade com a produção ou projeto, e a proibição da comercialização de modelos de veículos não homologados.

A homologação de protótipos é, de fato, o maior sustentáculo do PROCONVE, e faz com que as montadoras apliquem conceitos de projetos que assegurem um baixo potencial poluidor aos veículos novos, e uma taxa de deterioração das emissões ao longo de sua vida útil que garanta o atendimento aos limites estabelecidos. Outro ponto importante a ressaltar é que o controle pelo programa se dá a partir da classificação dos veículos em razão de seu peso bruto total (PBT), sendo que as fases caracterizadas por “L” para veículos leves e “P” para veículos pesados, vêm sendo implantadas segundo estratégias diferenciadas. As estratégia de implantação do PROCONVE para veículos pesados está descrita na Tabela 2.

Tabela 2 - Estratégia de implantação do PROCONVE para veículos pesados (Fases “P”)

Fase	Implantação	Característica / Inovação
P1 e P2	1990-1993	Já em 1990 estavam sendo produzidos motores com níveis de emissão menores que aqueles que seriam requeridos em 1993 (ano em que teve início o controle de emissão para veículos deste tipo com a introdução das fases P1 e P2). Nesse período, os limites para emissão gasosa – fase P1 – e material particulado (MP) – fase P2 – não foram exigidos legalmente
P3	1994-1997	O desenvolvimento de novos modelos de motores visaram a redução do consumo de combustível, aumento da potência e redução das emissões de NOx por meio da adoção de intercooler e motores turbo. Nesta fase se deu uma redução drástica das emissões de CO (43%) e HC (50%)
P4	1998-2002	Reduziu ainda mais os limites criados pela fase P3

P5	2003-2008	Teve como objetivo a redução de emissões de MP, NOx e HC
P6	2009-2011	Em janeiro de 2009 deveria ter se dado o início à fase P6, conforme Resolução CONAMA nº 315 de 2002, e cujo objetivo principal, assim como na fase P5, era a redução de emissões de MP, NOx e HC
P7	A partir de 2012	Resolução CONAMA nº 403 de 2008 introduz uma fase que demanda sistemas de controle de emissão pós-combustão (catalisadores de redução de NOx e/ou filtros de MP)

Fonte: MMA (2011)

2.6. Megaeventos e Jogos Olímpicos e Paralímpicos

Categorizar um evento, qualquer que seja o seu propósito – ambiental, esportivo, econômico, social, cultural, religioso ou até mesmo de cunho político – como um megaevento é uma questão complexa e ambígua. Na maioria das vezes, megaeventos são categorizados como eventos de alto nível e de curta duração temporal e geralmente classificados como “mega” de acordo com o turismo e o impacto econômico gerado pela realização do mesmo. Em certos episódios, a proporção do evento pode ser aferida, também, através da sua própria importância dentro do cenário local e mundial e do montante de investimento aplicado na realização do mesmo, além, é claro, da proporção dos impactos provocados pela realização do evento e da divulgação na mídia e do turismo já mencionados anteriormente. (Green, 2012)

Observa-se na atualidade a criação de megaeventos como uma estratégia para a regeneração das cidades, a que denominam de imaginário urbano. Segundo eles, os principais instrumentos e veículos de políticas de transformação das cidades cuja imagem se encontra degradada são as criações de atrações turísticas como a realização de grandes exposições artísticas e a organização de eventos esportivos ou ciclos temáticos de atividades culturais que permitam a formação de uma massa crítica.

Os estudos e planejamentos realizados geralmente antes dos eventos tendem a focar nos benefícios econômicos e sociais que o evento em questão pode gerar. Existe um crescente número de pesquisas acadêmicas sobre os efeitos negativos ou ambivalentes dos megaeventos, tanto do ponto de vista econômico quanto social. Estas críticas, em sua maioria, estão centradas no processo de escolha da cidade para o evento, que de acordo com o autor, pode estar desviando parte dos benefícios econômicos e sociais da comunidade onde o evento será realizado para

agradar aos interesses de patrocinadores e organizadores que, em sua maioria, pouco conhece da realidade local. (Costa, 2009)

No caso do Rio de Janeiro, o evento impulsionador das mudanças no cenário urbano são os Jogos Olímpicos e Paralímpicos de 2016, que são um caso ilustrativo de megaeventos ou megaprojetos. Os Jogos representam um dos principais megaeventos do nosso tempo, com grande participação internacional e significativo impacto na cidade-sede.

2.7. Legado

Tendo em vista esta proporção dos megaeventos e sua capacidade de impactar a cidade-sede de forma benéfica ou não, a integração destes dois assuntos se faz necessária. No entanto, é interessante esclarecer uma diferença na interpretação do que seria o impacto – positivo e negativo – e o legado do evento. Tratam-se como impacto as alterações no meio ambiente ocasionadas por modificações provenientes das atividades do evento. Apesar da definição do que seria o legado ainda ser um tanto complicada e a real utilização desta nomenclatura ainda ser repleta de controvérsias (COI, 2002), a definição dada por BARNEY (2003) parece ser bastante coerente. E ele entende por legado:

“Algo recebido do passado, que na maioria das vezes, possui valor para o presente e que, de fato, é importante para o futuro.” (BARNEY, 2003)

Ambos os termos podem ser caracterizados como algo positivo à população local e ao evento, mas o impacto, benéfico, seria algo mais pontual e direto, enquanto que o legado trás uma noção de continuidade e prolongamento para um tempo futuro. Já o impacto negativo se diferencia, pois traz agregado a si uma carga prejudicial à população ou ao evento. Ressalta-se que o legado pode ser interpretado também como algo negativo. Em muitos momentos, a cidade-sede encontra-se em uma situação delicada, enfrentando dificuldades em encontrar meios de gerir e manejar as novas infraestruturas adquiridas durante o evento, tendo grandes “elefantes brancos” em suas mãos. (Green, 2012)

De acordo com RIO 2016 (2008), “serão realizados investimentos que resultarão em um Anel de Transporte de Alta Capacidade, que compreenderá um sistema totalmente renovado de trens, um sistema de metrô reformado e três novos sistemas de BRT (*Bus Rapid Transit*). Essa rede terá integração em diversas estações, e irá conectar todas as quatro Zonas dos Jogos a áreas-chave da cidade,

transformando o ambiente urbano e deixando um legado de impacto social significativo.” Vale ressaltar que o projeto inicial foi alterado para a inclusão de mais um corredor de BRT.

“Comprometidos com a candidatura, os três níveis de Governo aceleraram, conjuntamente, o planejamento e a reestruturação de todo o sistema de transportes, incluindo a adaptação de todo o transporte público e sua adequação aos padrões de acessibilidade.”

Ainda segundo o Dossiê de Candidatura Rio 2016, todos os investimentos planejados são viáveis e serão concluídos pelo menos um ano antes dos Jogos. Eles são baseados no comprometimento dos três níveis de Governo, incluindo a garantia dos recursos necessários, e resultam em uma solução de transporte público integrado, que irá compor o novo mapa de transportes da cidade.

As premissas do plano incluem:

- A extensão, orçada em US\$ 1,2 bilhões (incluindo os trens), da Linha 1 do metrô na zona sul, assim como a conexão entre as duas linhas de metrô, que irá ampliar os serviços entre o centro da cidade e as Zonas Maracanã e Copacabana
- A construção, com um investimento total de US\$ 1,5 bilhão, de três sistemas BRT (corredor T5, Barra-Zona Sul e Ligação C). Esses sistemas irão conectar as zonas sul e norte da cidade à região da Barra da Tijuca. Dois dos BRTs serão extensões dos sistemas de trens e metrô através de quatro interligações.

Vale ressaltar que o projeto inicial foi alterado para a inclusão de mais um corredor de BRT.

2.8. Transporte Rápido e de Alta Capacidade de Ônibus

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.

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 monografia para se referir a estes sistemas.

2.9. Bus Rapid Transit (BRT)

Segundo o Manual do BRT (2008), Bus Rapid Transit (BRT) é um sistema de transporte de ônibus que proporciona mobilidade urbana rápida, confortável e com custo eficiente através da provisão de infraestrutura segregada com prioridade de passagem, operação rápida e frequente e excelência em marketing e serviço ao usuário.



Figura 10 - O sistema TransMilênio de Bogotá
Fonte: Manual do BRT (2008)

As definições tendem a sugerir que o BRT tem muito mais em comum com sistemas ferroviários, especialmente em termos de desempenho operacional e serviço ao usuário. Em vez de representar uma versão de menor qualidade dos grandes desenvolvimentos ferroviários, BRT é, na verdade, um reconhecimento do que muitos sistemas ferroviários urbanos têm oferecido de melhor até hoje.

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.

Até hoje, sistemas de “BRT completo”, incluindo todas as características de serviço de alta qualidade, só foram desenvolvidos em Bogotá (Colômbia) e Curitiba (Brasil). Outros sistemas avançados de países em desenvolvimento incluem Goiânia (Brasil), Jacarta (Indonésia) e Quito (Equador). Entre os países desenvolvidos, sistemas de alta qualidade foram implementados em Brisbane (Austrália), Ottawa (Canadá) e Rouen (França). No total, aproximadamente 40 cidades em seis continentes já implementaram “sistemas de BRT” e um número ainda maior de sistemas está em construção ou em planejamento. Os elementos que constituem o conceito de BRT incluem: infraestrutura de qualidade, operações eficientes, arranjos institucionais e de negócios eficazes e transparentes, tecnologia sofisticada e excelência em marketing e serviço ao usuário. (MCIDADES, 2008)

Outra vantagem do sistema de BRT é no investimento financeiro necessário, que fica bem abaixo de outros transportes de massa disponíveis para um centro urbano. Um sistema BRT custa, tipicamente, de 4 a 20 vezes menos que um sistema de bondes ou de veículo leve sobre trilhos (VLT) ou entre 10 a 100 vezes menos que um sistema de metrô. (ITDP, 2008)

De modo geral, o termo BRT será reservado a sistemas que contemplam as seguintes características (MCIDADES, 2008):

- Vias segregadas ou faixas exclusivas na maioria da extensão do sistema troncal/corredores centrais da cidade;

E pelo menos dois dos seguintes:

- Existência de uma rede integrada de linhas e corredores;
- Estações modernas, com conveniências, conforto, seguras e abrigadas;
- Estações que propiciam acesso em nível ao veículo (veículo e a plataforma na mesma altura, sem degraus);
- Cobrança e controle de tarifas antes do embarque;

- Estações especiais e terminais pra facilitar a integração física entre linhas troncais, serviços alimentadores e outros sistemas de transporte de massa;
- Integração física e tarifária entre linhas, corredores e serviços alimentadores;
- Entrada restrita a operadores prescritos, com uma estrutura administrativa e de negócios renovada (sistema “fechado”);
- Distinta identidade de mercado;
- Tecnologias veiculares de baixa emissão (Euro 3 ou maior);
- Prioridade semafórica ou separação física nas interseções.
- Sistemas de gerenciamento através de centro de controle centralizado, utilizando aplicações de Sistemas de Tráfego Inteligentes (ITS), tais como localização automática de veículos;
- Providencias especiais para facilitar o acesso para portadores de necessidades especiais como crianças, velhos e pessoas com deficiência física;
- Mapas de linhas, sinalização e/ou painéis de informação em tempo real, claros e visíveis dentro das estações e/ou veículos.
- Melhoramentos no espaço público próximo ao sistema BRT.

Vale ressaltar que, ao fim de todas as intervenções, no ano de 2016, o sistema será composto por quatro linhas troncais, interligadas entre si e com o sistema metroviário, formando um anel de transporte rápido e de alta capacidade.

Para MCIDADES (2008), há cidades que implementaram corredores básicos de “vias de ônibus” que, embora não alcancem o padrão de desempenho e conforto de um BRT, ajudam a melhorar os tempos de viagens dos residentes. Em muitos casos, esses sistemas de faixas exclusivas antecederam o BRT e contribuíram imensamente para o desenvolvimento do conceito de BRT. Na realidade, existem atualmente mais sistemas BRT em desenvolvimento do que em funcionamento. Novamente, essa situação deve dizer muito sobre o surgimento recente do interesse pelos sistemas BRT.

No caso do Rio de Janeiro, 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.

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 11 mostra que dependendo da geometria do projeto de BRT, a área central do corredor pode ser mantida como um espaço verde.

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 nos centros de grandes cidades, pois, a vegetação altera os índices de reflexão do calor e favorece a manutenção da umidade relativa do ar.



Figura 11 – A Transoeste manteve o canteiro central arborizado
Fonte: Versão online do Jornal Extra < <http://extra.globo.com>>

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. (Motta, 2009)

Por fim, uma vantagem que a tecnologia traz aos usuários é o Sistema de Tráfego Inteligente (ITS), que 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.

2.9.1. Transferência modal por conta do BRT

Como mencionado em MT / MCIDADES (2013), uma das informações necessárias para se estimar a redução de emissões proporcionada pelos investimentos em infraestrutura é a capacidade de promover a mudança no modo de transporte utilizado pela população, aumentando a participação do transporte coletivo em relação ao individual, no total de deslocamentos da cidade (mudança modal).

Cada projeto de infraestrutura tem um impacto diferenciado em cada cidade, considerando as características de seu sistema de mobilidade como renda da

população, taxa de motorização e divisão modal existente, influenciando a mudança modal. Diante da falta de informações consolidadas sobre este impacto no Brasil, resultantes de pesquisas após a implantação dos projetos, o potencial de transferência modal dos novos projetos foi estabelecido, de forma simplificada, a partir de duas fontes de informações: estudo do Banco Mundial e do Manual do BRT do Ministério das Cidades, que aborda experiências internacionais.

Tabela 3 – Percentual de transferência de modal para o Brasil

Modo de destino \ Modo de origem	Transporte Público por ônibus	Transporte Individual (Automóvel privado)	Outros modos
Sistema de BRT e VLT	69%	17%	14%
Sistema de Metrô e Monotrilho	76%	14%	10%
Corredores de ônibus	86%	-	14%

Fonte: MT / MCIDADES (2013)

De acordo com o Manual do BRT a migração de demanda para o BRT, que é oriunda do modo automóvel, situa-se entre 5 a 20%. Tal intervalo decorre das condições do tráfego, se mais ou menos congestionado, e do percentual de ônibus na composição do tráfego nas vias onde será implantado o BRT.

Apesar do funcionamento adequado do Transmilênio (o BRT de Bogotá, Colômbia) sua operação não foi capaz de induzir significativa transferência modal, no caso dos usuários do carro particular. Foi necessário também implantar alguma forma de restrição ao uso do automóvel, seja diminuindo o número de vagas para estacionamento, seja aumentando o preço do combustível ou mesmo proibindo o uso do carro em algumas vias, como forma de conscientizar a população da existência de novas alternativas viáveis de transporte público de qualidade na cidade. (A. C. B. Rocha *et al*, 2006)

Em outubro de 2012, após nove meses de operação, foi realizada uma pesquisa com os passageiros da Transoeste para identificar qual o tipo de transportes que as pessoas utilizavam antes de migrar para o BRT. A grande maioria dos usuários usavam ônibus urbanos para fazer a mesma viagem antes da operação da via segregada, 7% utilizavam vans/Kombis (transporte compartilhado informal) enquanto somente 2% fez a viagem de carro ou táxi.

Por conta dos dados apresentados, não será considerado no modelo a transferência modal de veículos particulares para o linha do BRT.

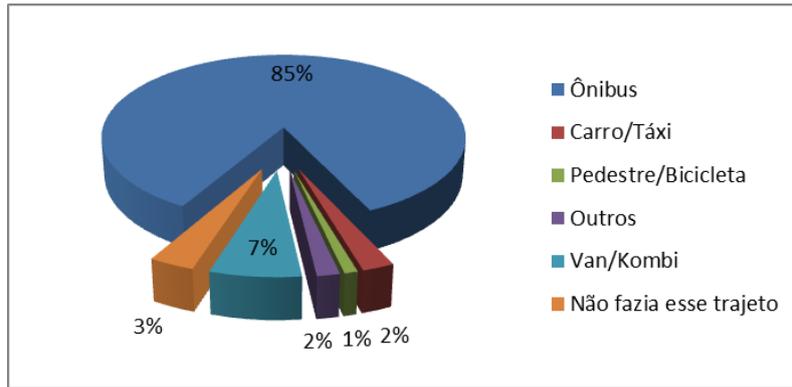


Figura 12 – Transferência modal de passageiros na Barra da Tijuca
 Fonte: ITDP Brazil (2013)

2.9.2. Corredor BRT Transoeste

O Corredor Transoeste é a principal conexão entre a Zona Oeste do Rio de Janeiro e alguns bairros da Zona Norte, conforme apresentado na Figura 13. A primeira fase do corredor Transoeste foi inaugurada em Junho de 2012 e liga o bairro de Santa Cruz, na região Noroeste do município, até o Terminal Alvorada, no coração do bairro da Barra da Tijuca, na parte sul da Zona Oeste do Rio. Para a maior parte, esta seção do corredor atravessa Avenida das Américas, a principal via da Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes bairros. A extensão do corredor para Campo Grande bairro leste de Santa Cruz tem estado sob operações limitadas desde o início de 2013, com a expansão do serviço esperado durante o restante de 2013.

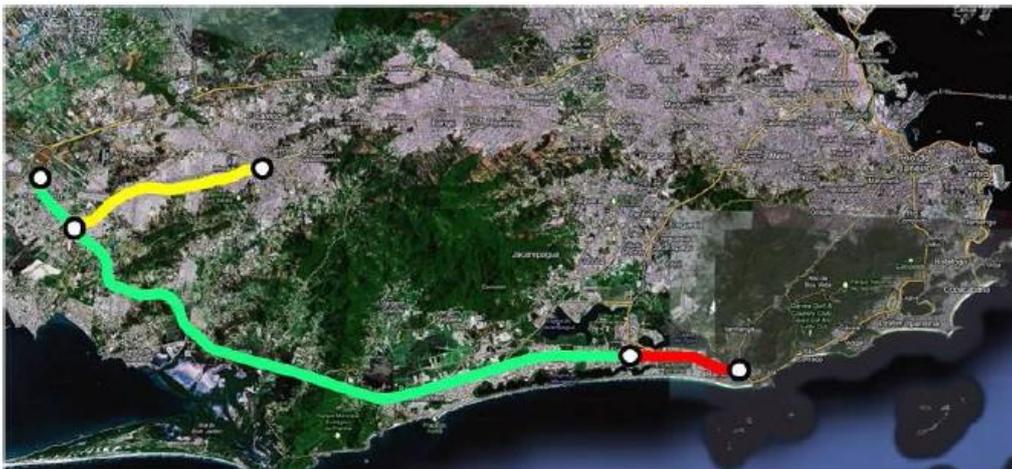


Figura 13 - Esquema do corredor do BRT Transoeste
 Fonte: ITDP (2013)

A fase de implementação final, que ligará o Terminal Alvorada à Estação Jardim Oceânico, localizado no extremo leste da Barra da Tijuca, está prevista para ser concluída até 2016, a tempo para os Jogos Olímpicos. A estação Jardim Oceânico

será uma estação intermodal chave, ligando o BRT Transoeste para o sistema de metrô. Ao seu término, o corredor Transoeste contará com cerca de 60 km de infraestrutura de BRT com um total de 74 estações e uma demanda total esperado de 220 mil passageiros por dia em 2016. (FETRANSPOR, 2012)

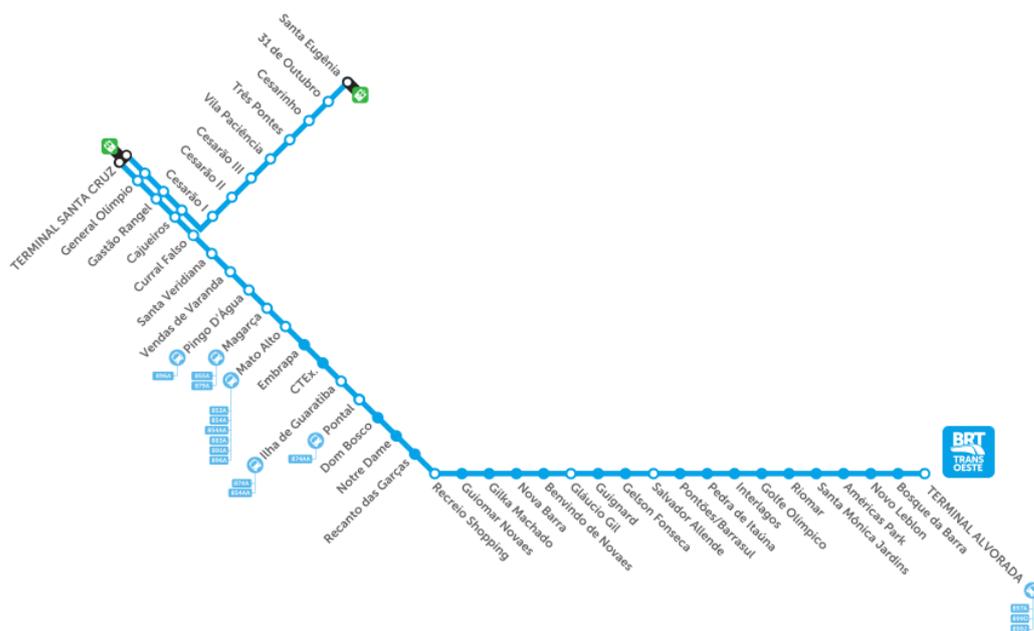


Figura 14 – Mapa das estações do corredor BRT Transoeste
Fonte: Site do BRT <<http://www.brtrio.com/estacoes/>>

Durante a fase de planejamento do corredor, a Secretária Municipal de Transportes identificou 48 linhas de ônibus que tinham impacto indireto no corredor Transoeste. Cerca de 30 a 35 de essas linhas foram ou estão planejadas para serem reduzidas ou eliminadas para a implementação de 36 linhas de ônibus alimentadoras.

Segundo o Secretário de Transportes do Rio de Janeiro, a partir de fevereiro de 2013, cinco linhas de ônibus haviam sido removidas do corredor Transoeste. Das linhas restantes, apenas três serão mantidas e o resto vai ser alterado.

De acordo com os dados da Secretária Municipal de Transportes, a frota de ônibus deverá ser reduzida em 70%, de aproximadamente 351 para 104 ônibus.

3. Metodologia da Pesquisa

3.1. Caracterização das emissões veiculares

As emissões de um veículo automotor podem ocorrer pelo escapamento (emissões diretas) ou podem ser de natureza evaporativa do combustível, aparecendo durante o uso e o repouso do veículo. São influenciadas por vários fatores, dentre os quais podemos destacar: tecnologia do motor, porte e tipo de uso do veículo, idade do veículo, projeto e materiais do sistema de alimentação de combustível, tipo e qualidade do combustível (pressão de vapor), condições de manutenção e condução, além de fatores meteorológicos (pressão e temperatura ambientes). As emissões de escapamento decorrem da queima dos combustíveis pelo motor, compreendendo uma série de substâncias, como monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarbonetos, aldeídos, óxidos de nitrogênio e material particulado. As emissões também podem variar em função de fatores, tais como:

- Emissões diurnas: são as geradas no sistema de combustível com o veículo em repouso, devido às mudanças de temperatura ambiente ao longo das 24 horas do dia. Conforme a temperatura se eleva, aumenta o escape de vapores de combustível pelo sistema de alimentação, quer pela permeabilidade inerente aos materiais empregados, quer pela estanqueidade imperfeita de conexões.
- Perdas em movimento: são as emissões de vapores de combustível que ocorrem enquanto o veículo está em circulação pelo sistema de alimentação. Também se devem ao aumento da pressão e da temperatura do combustível durante o funcionamento do automóvel.
- Emissões evaporativas do veículo em repouso com o motor quente: emissões de vapores de combustível que ocorrem após o uso do veículo, caracterizam-se pelo fato do combustível estar parado e despressurizado, porém ainda aquecido devido à circulação no período em que o veículo estava em funcionamento e ao calor residual desprendido do motor.

3.2. Escopo do trabalho

Neste trabalho foram estimadas as emissões atmosféricas por veículos automotores pesados do tipo ônibus e micro-ônibus, segundo denominação de DETRAN e DENATRAN, por todo o território municipal do Rio de Janeiro. Como a frota é dividida também pelo combustível e não foi possível obter dados

desagregados, foi considerado que todos esses veículos utilizam o óleo diesel como combustível. Essa premissa foi adotada também em SEA (2011), em que a porcentagem de ônibus que circulam no estado do Rio de Janeiro e que utilizam o óleo diesel como combustível é de 93%.

Para capturar a evolução decorrente do aumento da frota de veículos e da implementação do PROCONVE, o presente estudo apresenta as emissões de 2002 até 2012.

Tendo como base a conjuntura atual de regulamentações energéticas e ambientais e o histórico do comportamento das emissões, foram feitas projeções para o período de 2012 a 2021, cinco anos após os Jogos Olímpicos de 2016.

3.3. Poluentes utilizados

Neste trabalho são contabilizadas as emissões de poluentes regulamentados pelo PROCONVE, emitidas por fontes móveis que utilizam o óleo diesel como combustível e que esteja relacionada apenas a fase de operação. Serão estimados os mesmos poluentes do INEAVAR (2011) e do IEAVAERJ (2011). São elas:

- **Material Particulado (MP):** são partículas de material sólido ou líquidos que podem conter uma variedade de componentes químicos. São classificados de acordo com o seu tamanho, sendo que grande parte do MP de origem veicular tem diâmetro menor do que 2,5 μm , podendo ser referido como $\text{MP}_{2,5}$.
- **Monóxido de Carbono (CO):** as emissões de CO resultam da combustão incompleta do carbono (C) contido no combustível.
- **Hidrocarbonetos não metano (NMHC):** a queima incompleta do combustível no motor gera também emissões de NMHC. A classificação desses compostos abrange toda a gama de substâncias orgânicas presentes in natura nos combustíveis, bem como subprodutos orgânicos derivados da combustão, exceto o metano. São substâncias precursoras da formação de ozônio (O_3) no nível troposférico.
- **Óxidos de Nitrogênio (NO_x):** grupo de gases altamente reativos, compostos por nitrogênio (N) e oxigênio (O) em quantidades variadas. São formados pela reação de oxigênio (O_2) e nitrogênio (N_2) presentes no ar sob condições de alta temperatura e elevada pressão. Juntamente com os hidrocarbonetos não metano (NMHC) e os aldeídos (RCHO), são precursores da formação de ozônio (O_3) no nível troposférico.

- **Dióxido de carbono (CO₂):** produto da oxidação completa do carbono (C) presente no combustível durante sua queima. Também é considerado um gás de efeito estufa expressivo.

3.4. Metodologia para estimar as emissões de escapamento

As emissões de escapamento da frota circulante num determinado ano calendário, para cada poluente e ano modelo de veículo, são estimadas a partir da seguinte equação:

$$E = F_r \cdot I_U \cdot F_e \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

- E é a taxa anual de emissão do poluente considerado (g/ano).
- Fe é o fator de emissão do poluente considerado, expresso em termos da massa de poluentes emitida por km percorrido (g_{poluente}/km). É específico para o ano modelo de veículo considerado e depende do tipo de combustível utilizado.
- Fr é a frota circulante de veículos do ano modelo considerado (número de veículos).
- Iu é a intensidade de uso do veículo do ano modelo considerado, expressa em termos de quilometragem anual percorrida (km/ano). Trata-se de uma variável que depende de um conjunto de fatores socioeconômicos que, neste Inventário, são representados pela idade do veículo.

A Figura 15 ilustra a sequência lógica adotada nos procedimentos para estimar as emissões da frota de veículos em circulação para cada ano calendário. Conforme mostram tanto a equação quanto a figura, a elaboração de um inventário de emissões veiculares depende de três grandes conjuntos de dados: a frota de veículos em circulação, os fatores de emissão de poluentes e a intensidade de uso.

A elaboração de um inventário de emissões de poluentes atmosféricos é uma atividade intensiva em dados e em uma situação ideal, os dados de frota, intensidade de uso e fatores de emissão deveriam ser observados/medidos em campo. Porém, a experiência mencionada pela equipe que elaborou o INEAVAR (MMA, 2011) mostra que esta situação ideal é impraticável, em função das limitações de recurso e tempo, sendo usual e aceitável que se estime estes dados por meio de algum procedimento. O presente trabalho fará algumas considerações, que serão informadas, para que possa ser desenvolvido em sua plenitude.

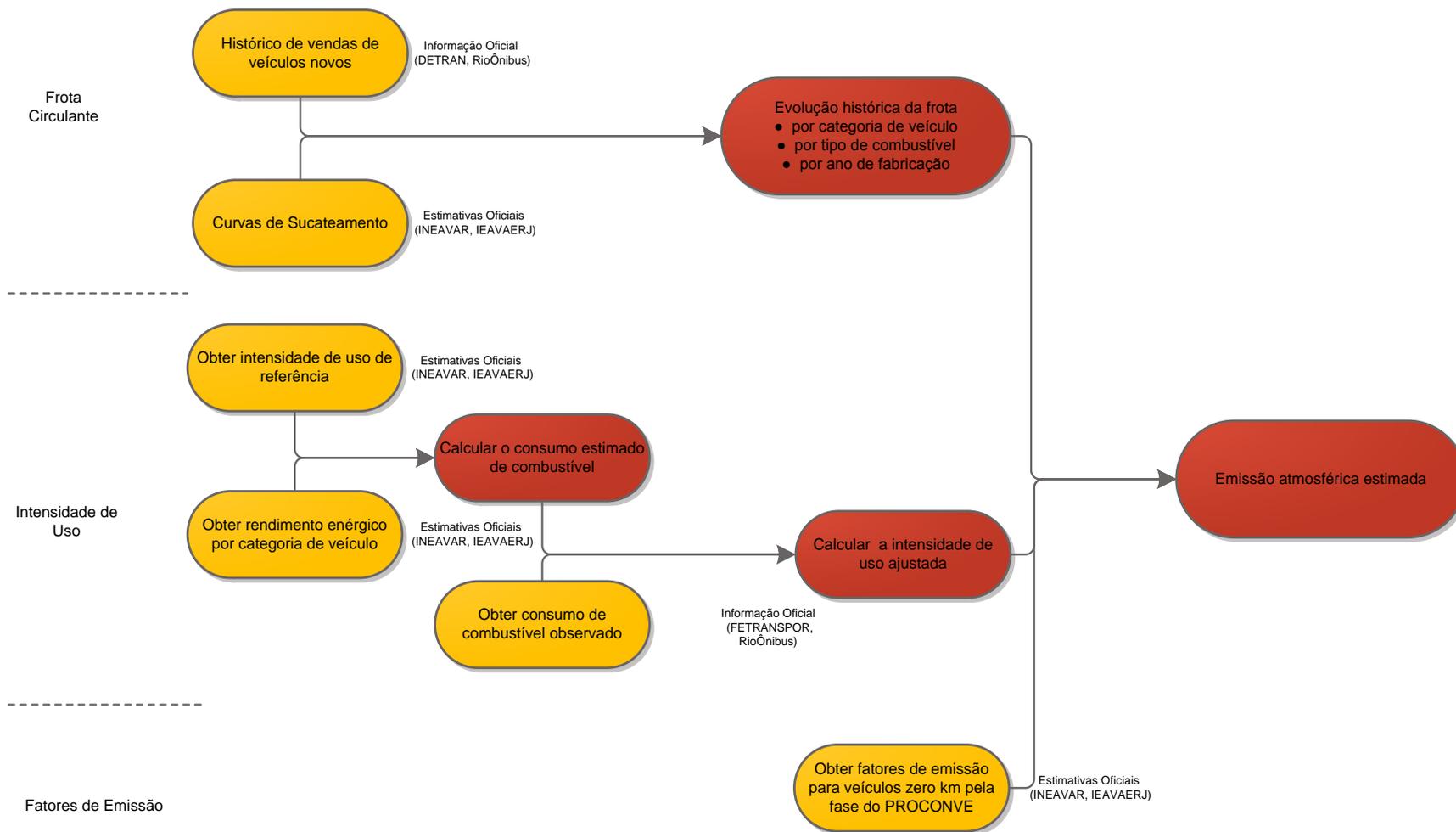


Figura 15 – Procedimentos adotados por Invetários para estimar as emissões
Fonte: Elaboração própria a partir de IAVAERJ(2011)

3.5. Frota de veículos

A frota circulante estimada anual é caracterizada pela quantidade de veículos que estão em circulação no Estado do Rio de Janeiro em determinado ano. A frota é composta por veículos de categorias, modelos e idades diferentes e que utilizam diferentes combustíveis.

Para o cálculo das emissões é importante obter a frota desagregada por categorias e combustível utilizado, uma vez que os fatores que determinam as emissões, como a intensidade de uso e os fatores de emissão são diferentes para cada uma delas.

Para a definição das categorias de veículos adotadas neste estudo consideraram-se as seguintes simplificações:

- Define-se ônibus urbano e rodoviário como veículo automotor de transporte coletivo que opera na área urbana. O segundo representa ônibus especial, geralmente, com ar condicionado, uma porta para embarque, poltronas mais confortáveis e tarifa mais elevada.
- Foram considerados apenas os veículos do tipo ônibus e micro-ônibus e seu combustível foi tido como óleo diesel. Não foram considerados os ônibus e micro-ônibus movidos a outros combustíveis pela pouca representatividade deles.
- Em virtude de não serem disponibilizados fatores de emissão para micro-ônibus urbanos e rodoviários, estes foram contabilizados nas categorias ônibus urbanos e ônibus rodoviários, respectivamente.

A Tabela 4 apresenta as categorias de veículos consideradas nesse estudo.

Tabela 4 – Categorias de veículos consideradas neste estudo para estimativa da frota

VEÍCULOS (nomenclatura do estudo)	CARACTERÍSTICAS NO BANCO DE DADOS DO DETRAN-RJ	
	TIPO	COMBUSTÍVEL
Ônibus Urbano	Ônibus e microônibus.	Diesel.
Ônibus Rodoviário	Ônibus e microônibus.	Diesel.

Fonte: Elaboração própria

Para a definição do perfil da frota circulante utilizaram-se os dados da frota estimada de veículos disponível no *site* do DETRAN-RJ e consultado no ano de 2014. Tais dados não são integralmente desagregados e informam apenas a categoria dos veículos (microônibus e ônibus). Como explicado anteriormente, será considerado que 100% da frota utiliza o óleo diesel como combustível.

Em virtude dos dados de veículos pesados fornecidos pelo DETRAN-RJ serem agregados em ônibus e os dados de intensidade de uso, rendimento e fator de emissão serem diferenciados para cada uma das categorias (ônibus urbanos e rodoviário) foi necessário, para o cálculo das emissões, desagregá-los por categoria. Sendo assim, foi considerada a mesma porcentagem fornecida pelo INEAVAR (2011), que é 90% para ônibus urbano e 10% para ônibus rodoviário.

3.5.1. Cálculo da frota estimada

Foi obtido no *site* do órgão competente, o DETRAN-RJ, a estimativa da frota de veículos divididos por categoria (automóveis, ônibus, microônibus, caminhões, etc.) e por ano. Com esse dado não é possível calcular a emissão, pois a fórmula demanda o conhecimento da venda de veículos novos por ano (V_{ti}). Para tanto, foi necessário definir uma premissa para o desenvolvimento do trabalho. Foi considerado que a quantidade de veículos novos vendidos em um ano i seria calculado segundo a Equação 2.

$$Vt_i = Frota_{estimada_i} - Frota_{estimada_{i-1}} \quad (\text{Equação 2})$$

Dessa forma, utilizando 2001 como o ano-base, foi possível obter a quantidade de veículos novos vendidos entre os anos de 2002 e 2012. A Tabela 5 mostra o resultado do procedimento adotado.

Tabela 5 – Frota estimada Detran, venda de veículos novos

ANO	Dados Detran	Venda de veículos novos
2001	18.293	18.293
2002	20.451	2.157
2003	21.430	979
2004	22.384	954
2005	23.511	1.128
2006	23.954	443
2007	24.806	852
2008	25.836	1.030
2009	27.347	1.511
2010	28.807	1.461
2011	30.814	2.006
2012	33.035	2.221

Fonte: Elaboração própria

À semelhança dos procedimentos adotados pelo INEAVAR e IEAVAERJ, a frota de veículos deste estudo foi estimada a partir da aplicação de taxas de sucateamento

dos veículos novos comercializados no mercado nacional, conforme ilustra a Figura 16 e a equação 3.

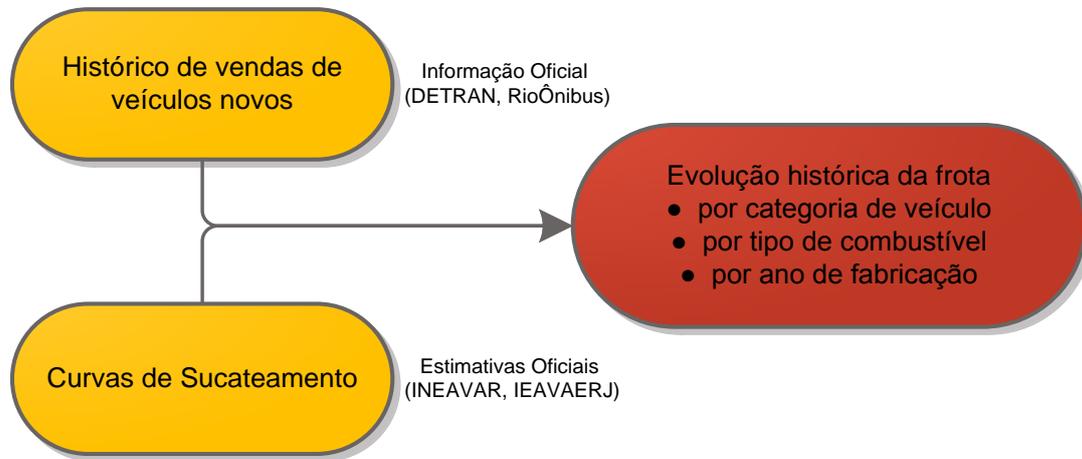


Figura 16 – Procedimento pra estimar a frota de veículos circulante
Fonte: Elaboração própria adaptado de INEAVAR (2011)

A função de sucateamento representa uma taxa de sobrevivência dos veículos em função da sua idade. A equação varia de acordo com a categoria do veículo. A Equação 3 mostra a função de Gompertz que é usualmente utilizada para esse fim:

$$S(t) = 1 - e^{-e^{(a+b*t)}} \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde:

- $S(t)$ é a fração de veículos remanescentes na idade t ;
- a e b são parâmetros variáveis de acordo com o tipo de veículo;
- t é a idade dos veículos em anos;

Essa é a curva utilizada pelo Serviço de Planejamento da Petrobras, calibradas pelos dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) (1988). Nesse tópico, o INEAVAR e o IEAVAERJ divergem na escolha da equação utilizada. O INEAVAR utiliza uma curva de sucateamento calibrada a partir de dados de idade média e de frota total de 1997 fornecidos pelo DENATRAN, a equação resultante é uma função logística renormalizada. Já o IEAVAERJ utiliza a função de Gompertz calibrada com os dados tanto da estimativa da quantidade de licenciamentos de ônibus do DETRAN-RJ quanto dos dados de frota anual da FETRANSPOR. Foram encontrados parâmetros a e b para ônibus e microônibus. Nesse estudo, serão utilizados os dados do IEAVAERJ em função de representarem melhor a realidade do Rio de Janeiro. Os parâmetros estão expostos na Tabela 6.

Tabela 6 – Constantes da curva de sucateamento para ônibus e microônibus

Veículo	a	b
Ônibus e microônibus	2,01	-0,3003

Fonte: IEAVAERJ (2011)

A Figura 17 mostra um comparativo entre as curvas de sucateamento utilizadas por ambos os inventários usados como referencia. Percebe-se que, a frota de veículos no Estado do Rio de Janeiro é renovada de forma mais acelerada do que considerando o País inteiro.

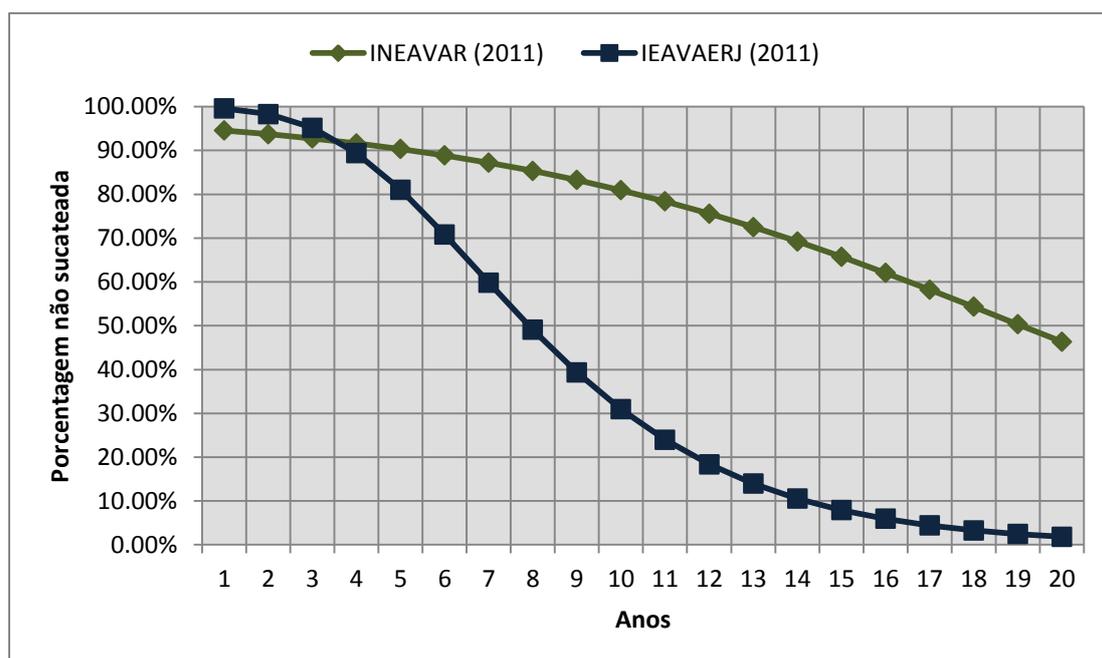


Figura 17 – Comparação entre curvas de sucateamento utilizadas pelo INEAVAR e IEAVAERJ
Fonte: Elaboração própria

A Equação 4 elucida a forma como foi feita o cálculo da estimativa da frota circulante por ano.

$$Frota = \sum_{t=0}^T \left(1 - e^{-e^{(a+b*t)}}\right) \cdot V_t \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

- a e b são parâmetros variáveis de acordo com o tipo de veículo;
- t é a idade dos veículos em anos;
- V_t são as vendas estimadas de veículos de idade t no ano de sua fabricação.

A frota estimada e o a evolução da frota estão indicados no ANEXO I, na Tabela 14 e na Figura 37, respectivamente.

3.6. Intensidade de Uso

A intensidade de uso é a distância média percorrida por cada um dos veículos (por categoria) considerados na frota circulante estimada por unidade de tempo (ano). Para a definição da intensidade de uso a ser utilizada para o cálculo das emissões, geralmente, se considera o procedimento apresentado na Figura 18.

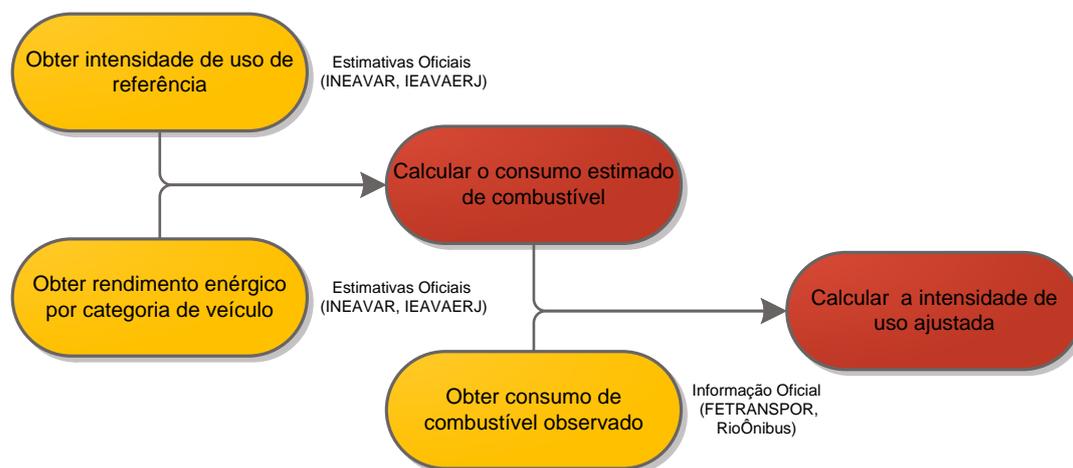


Figura 18 – Procedimentos adotados para calcular a intensidade de uso ajustada
Fonte: Elaboração própria

No que tange aos ônibus urbanos, foram utilizadas as mesmas intensidades de referência fornecidas pelo INEAVAR. Para os ônibus rodoviários, foi considerado, segundo o IEAVAERJ, como quilometragem inicial 90.000 km/ano, visto que no Município do Rio de Janeiro estes se referem a ônibus de classe especial (tipo tarifa) utilizado na região metropolitana para o fornecimento de serviço diferenciado ou para o transporte intermunicipal restrito ao próprio estado.

A Figura 19 apresenta a intensidade de uso de referencia adotada nesse estudo. Os valores detalhados encontram-se no ANEXO II, na Tabela 15.

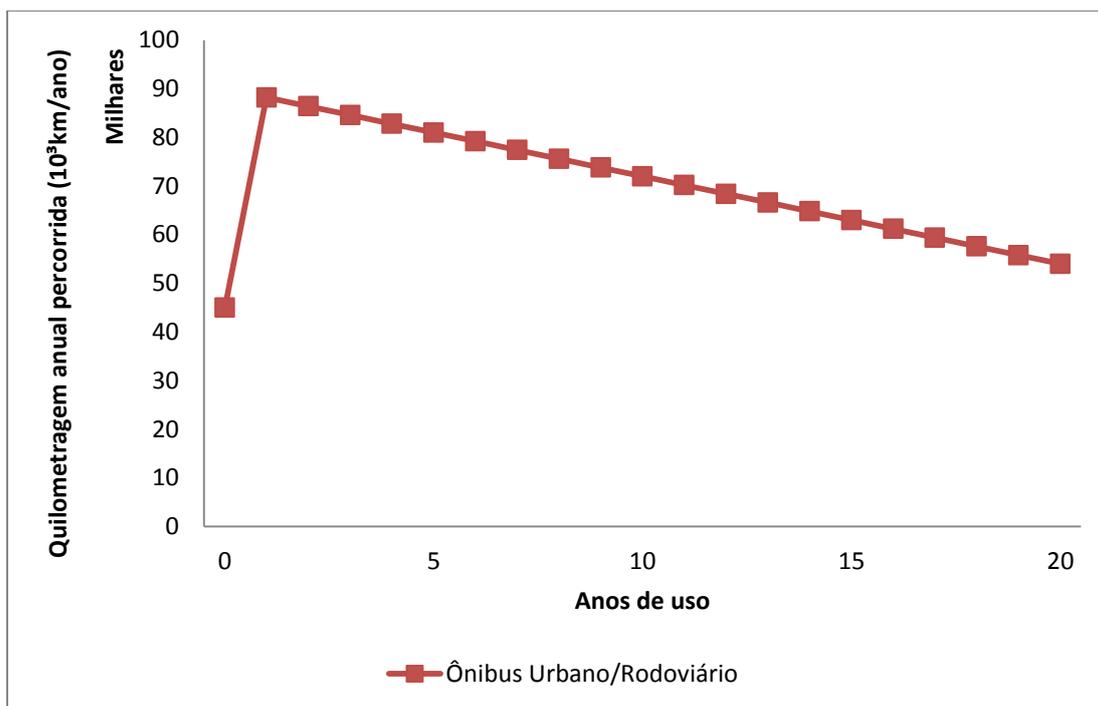


Figura 19 – Intensidade de uso para ônibus e microônibus
Fonte: IEAVAERJ (2011)

A partir da intensidade de uso de referência de cada uma das categorias de veículos e do rendimento destes, foi estimado o consumo de cada tipo de combustível para o setor de transporte rodoviário, conforme Equação 5.

$$C_{estimado_a} = \sum Fr_{a,m} \cdot Iu_{ref,a,m} \cdot R_{a,m} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

- $C_{estimado}$ é o consumo estimado do óleo diesel por ano (a) em litros;
- Fr é a frota de veículos por modelo (m) e ano (a);
- Iu_{ref} é a intensidade de uso de referência do veículo por modelo (m) e ano (a) em quilômetros;
- R é o rendimento do veículo por modelo (m) e ano (a) em litros por quilômetros.

No que tange ao rendimento dos ônibus urbanos e rodoviários, foram considerados os mesmos rendimentos adotados pelo INEAVAR (2011). A Tabela informa os valores desses rendimentos tanto em quilometro por litro (km/L) quanto em litro a cada 100 quilômetros (L/100 Km).

Tabela 7 – Rendimento dos ônibus urbano e rodoviário

Rendimento - Ciclo Diesel	km/L	L/ 100km
Ônibus Urbano	2,30	43,50
Ônibus Rodoviário	3,03	33,00

Fonte: INEAVAR (2011)

O consumo estimado foi comparado com os dados da RioÔnibus (2013) de consumo observado no Município do Rio de Janeiro. O ajuste da intensidade de uso foi realizado conforme Equação 6. O cálculo do ajuste foi feito para o período de 2002 a 2012.

$$Iu_{Ajust} = Iu_{ref} \times \frac{C_{observado}}{C_{estimado}} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

- Iu_{Ajust} é a intensidade de uso de referência ajustada do veículo por modelo (m) e ano (a) em quilômetros;
- $C_{observado}$ é o consumo de óleo diesel por ano (a) em litros;

Apesar de ser indicada a utilização da intensidade de uso corrigida, como forma de calibrar o modelo utilizado a realidade da região interessada, o Município do Rio de Janeiro, ela não foi empregada no presente estudo. Essa consideração foi feita em função da disparidade entre o consumo estimado e obtido, conforme demonstra a Tabela 8.

Tabela 8 – Consumo estimado e observado de Diesel e a diferença percentual.

Consumo estimado (L/ano)	Consumo observado (L/ano)	Diferença percentual (Cobs/Cest)
41.193.378	262.367.196	537%
99.114.001	253.013.388	155%
132.487.646	243.643.908	84%
166.098.001	242.096.160	46%
186.094.058	246.204.540	32%
196.855.982	245.784.576	25%
214.483.469	266.962.620	24%
240.753.506	263.601.636	9%
271.674.789	257.582.246	-5%
309.087.253	271.391.015	-12%
357.741.665	273.669.060	-24%

Fonte: Elaboração própria e adaptado de RioÔnibus (2013)

3.7. Fatores de emissão

Os fatores de emissão de poluentes atmosféricos variam em função do poluente analisado, da categoria do veículo, do tipo de combustível e do ano-modelo do veículo.

3.7.1. Emissão de GEE Indiretos: CO, NOx, NMHC e MP

Para os veículos movidos a diesel, foram considerados fatores de emissão para os poluentes CO, NOx, NMHC e MP, regulamentados pelo PROCONVE. Tais valores são disponibilizados em $g_{\text{poluente}}/\text{kWh}$, conforme Tabela 9.

Tabela 9 – Fatores de emissão para motores Diesel por fase do PROCONVE, em g/kWh

g/kWh - poluente				
Fase do PROCONVE	CO	NMHC	Nox	MP
Pré-PROCONVE, P1 E P2	1,86	0,68	10,7	0,66
P3	1,62	0,54	6,55	0,318
P4	0,85	0,29	6,16	0,12
P5	0,83	0,16	4,67	0,078
P7	0,83	0,16	1,8	0,018

Fonte: IEAVAERJ (2011)

Para serem utilizados na Equação 1 é necessário converter esses fatores de emissão para $g_{\text{poluente}}/\text{km}$. O procedimento é descrito pelo INEAVAR (2011) e é seguido por IEAVAERJ (2011) também. Na Tabela 10 estão expostos os fatores de emissão para os modelos de veículos utilizados nesse estudo, em $g_{\text{poluente}}/\text{km}$.

Tabela 10 - Fatores de emissão para motores Diesel por fase do PROCONVE, em g/km

Categoria de veículo	Fase do PROCONVE	CO	NMHC	Nox	MP
Ônibus urbanos	Pré-PROCONVE, P1 E P2	3,06	1,12	17,57	1,084
	P3	2,75	0,92	11,1	0,539
	P4	1,5	0,51	10,84	0,211
	P5	1,39	0,27	7,84	0,131
	P7	1,46	0,28	3,17	0,032
Ônibus rodoviários	Pré-PROCONVE, P1 E P2	2,32	0,85	13,34	0,823
	P3	2,08	0,69	8,43	0,409
	P4	1,14	0,39	8,23	0,16
	P5	1,06	0,2	5,95	0,099
	P7	1,11	0,21	2,4	0,024

Fonte: IEAVAERJ (2011) e INEAVAR (2011)

3.7.2. Emissão de CO₂

Para obter o fator de emissão para dióxido de carbono, o INEAVAR (2011) utiliza a metodologia adaptada do 1º Relatório de Referência de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCT, 2006), que calcula o fator de emissão pela quantidade de carbono contida no combustível por unidade de energia, densidade energética, porcentagem de oxidação do carbono e balanço de massa. (CETESB, 2011). A Equação 7 apresenta o cálculo da estimativa de emissão de CO₂:

$$FECO_2 \left[\frac{kg}{L} \right] = CE_c \left[\frac{kg}{L} \right] \cdot F_{con} \left[\frac{gC}{MJ} \right] \cdot F_{ox} \cdot F_{CO_2} \left[\frac{kgCO_2}{gC} \right] \div 1000 \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

- FECO₂ : Fator de emissão de CO₂ em kg por litro de combustível;
- CE_c: Conteúdo energético do combustível (c) em MJ;
- F_{con}: Fator de conversão para cálculo de conteúdo de carbono (transforma energia em MJ em grama de carbono);
- F_{ox} : Fator de oxidação;
- FCO₂: Fator de conversão de carbono (C) para CO₂;

Nesse tópico, o INEAVAR e o IEAVAERJ divergem na escolha do fator de emissão usado. Nesse estudo, serão utilizados o dado do IEAVAERJ em função de representar melhor a realidade do Rio de Janeiro. Os parâmetros estão expostos na Tabela 11.

Tabela 11 – Fator de emissão de CO₂ para óleo diesel (kg/L)

Fator de emissão de CO ₂ para Óleo Diesel (kg/L)	
IEAVAERJ	2,710
INEAVAR	2,671

Fonte: INEAVAR (2011) e IEAVAERJ (2011)

4. Resultados

4.1. Premissas adotadas para projeção da emissão

O cenário base para as projeções de emissões de 2012 a 2021 adotado não tem o objetivo de acertar a situação do futuro mais provável, mas sim, apontar um cenário de referencia tendo como base a conjuntura atual.

4.1.1. Frota de veículos

Foram consideradas duas premissas para a elaboração da evolução da frota no cenário base. A primeira é referente a taxa de crescimento anual das vendas de ônibus novos de 2013 a 2021, que é de 1,7%. Segundo INEAVAR (2011), esse valor foi proposto pelos Grupos de Trabalho instituídos pelas Portarias ANP nº 54 e ANP nº 60, de 2009. A segunda é referente a participação de ônibus urbanos e rodoviários nas vendas de ônibus novos, que é mantida as mesmas proporções adotadas, 90% e 10%, respectivamente.

Deve-se, porém, salientar que no Cenário em que é inserido o corredor BRT Transoeste, haverá uma diminuição na frota de veículos que trafegam pelo Município.

4.1.2. Intensidade de Uso

Para a intensidade de uso de referência adotada para o período de 2013 a 2021, foram considerados os mesmos valores adotados para o período de 2002 a 2012. Quanto à quilometragem por litro de combustível, foram mantidos os valores adotados para os veículos, ou seja, não se considerou qualquer perda ou ganho de eficiência energética. Essas mesmas considerações foram adotadas tanto pelo INEAVAR (2011) quanto pelo IEAVAERJ (2011).

4.1.3. Fatores de emissão

Considera-se a entrada das novas fases do PROCONVE já regulamentadas: fase P7 para veículos do ciclo Diesel, a partir de 2012.

4.2. Cenário com o corredor BRT Transoeste

Um dos impactos que a adoção de sistemas BRT tem na operação dos ônibus urbanos é a alteração ou retirada das linhas de ônibus convencionais, que podem passar a operar como linhas alimentadoras do BRT. Segundo dados da Secretaria

Municipal de Transportes, devido a operação da linha troncal do BRT Transoeste houve uma diminuição de aproximadamente 70% nos ônibus que circulavam pelas mesmas vias do BRT. A frota diminuiu de 351 para 104 ônibus que servem de alimentadores das estações.

4.2.1. Frota de veículos

Diferentemente do que foi adotado para o cenário sem a existência do BRT Transoeste, a taxa de crescimento anual das vendas de ônibus novos de 2013 a 2021 não foi constante. Ela precisou variar para poder atender a duas premissas: manter o crescimento da frota de veículos e manter constante a diminuição de ônibus entre os dois cenários, que é de 247 ônibus.

Para realizar essa tarefa, foi calculado o crescimento dos dois cenários e a diferença entre eles. O resultado está indicado na Tabela 12.

Tabela 12 – Variação entre o crescimento das frotas entre os cenários

Ano	Estimativa Frota - SEM BRT	Estimativa Frota - COM BRT	Crescimento da frota - SEM BRT	Crescimento da frota - COM BRT	Diferença entre os crescimentos
2001	-	-			
2002	2.157	2.157			
2003	3.128	3.128	971	971	0
2004	4.051	4.051	923	923	0
2005	5.094	5.094	1.043	1.043	0
2006	5.365	5.365	271	271	0
2007	5.934	5.934	569	569	0
2008	6.561	6.561	628	628	0
2009	7.561	7.561	1.000	1.000	0
2010	8.419	8.419	858	858	0
2011	9.747	9.747	1.327	1.327	0
2012	11.215	10.968	1.468	1.221	247
2013	12.638	12.144	1.423	1.176	247
2014	13.999	13.257	1.361	1.113	247
2015	15.276	14.288	1.277	1.030	247
2016	16.452	15.216	1.175	928	247
2017	17.514	16.032	1.063	816	247
2018	18.464	16.735	949	703	247
2019	19.307	17.330	843	596	247
2020	20.056	17.832	749	502	247
2021	20.726	18.255	670	423	247

Fonte: Elaboração própria

4.2.2. Intensidade de Uso

Para a intensidade de uso de referência adotada para o período de 2013 a 2021, foram considerados os mesmos valores adotados para o período de 2002 a 2012. Não foi utilizada a intensidade de uso corrigida para a projeção pelo mesmo motivo pelo qual não foi utilizado para os dados obtidos.

4.2.3. Fatores de emissão

Considera-se a entrada das novas fases do PROCONVE já regulamentadas: fase P7 para veículos do ciclo Diesel, a partir de 2012.

Os resultados dos cálculos da emissão de poluentes atmosféricos do cenário sem o BRT e com o BRT encontram-se indicados no Anexo III e Anexo IV, na Tabela 16 e Tabela 17, respectivamente.

4.3. Emissão de monóxido de carbono (CO)

As Figura 20 e Figura 21 apresentam a emissão de CO estimada de ônibus urbanos e ônibus rodoviários, respectivamente, para o período de 2002 a 2021. Nota-se que, pela Figura 20, a redução de emissões por conta da operação do BRT Transoeste cresce ao longo do tempo, começando 14,61 ton de CO em 2012 e chegando a 248,81 ton de CO em 2021. Já a Figura 21 apresenta uma redução um pouco mais modesta, de 1,23 ton de CO em 2012 a 21,02 ton de CO em 2021.

De acordo com SEA (2011) e MMA (2011), a emissão de CO é mais representativa pelos veículos do ciclo Otto (automóveis, veículos comerciais leves e motocicletas). Em 2010, eles responderam por aproximadamente 92% das emissões no Estado do Rio de Janeiro, segundo SEA (2011).

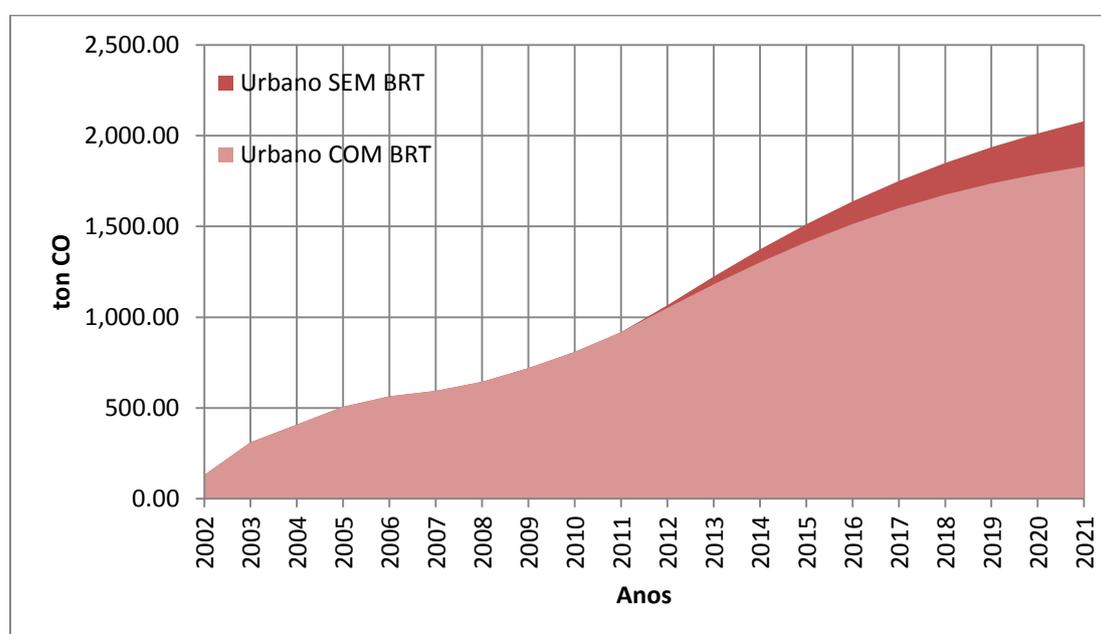


Figura 20 – Emissões de CO por Ônibus Urbanos – Cenários com e sem o BRT
Fonte: Elaboração própria

Em relação a contribuição de cada categoria, percebe-se que a frota de ônibus urbano, por sua representatividade, contribui com grande parte da emissão. Isso se deve ao fato também desses veículos possuírem menores fatores de emissão se comparados aos ônibus urbanos.

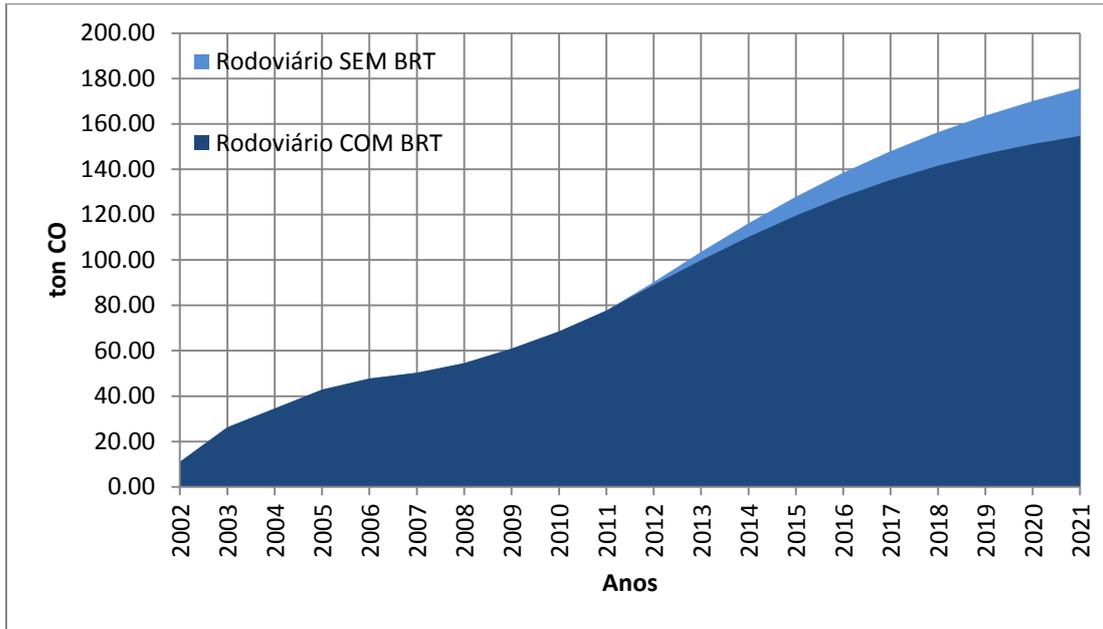


Figura 21 - Emissões de CO por Ônibus Rodoviário – Cenários com e sem o BRT

Fonte: Elaboração própria

A Figura 22 apresenta as emissões evitadas de CO por conta da operação do BRT Transoeste durante o período de 2012 a 2021. Elas atingirão o valor de 1.463 ton de CO evitadas ao final dos 10 anos de operação, ou seja, uma diminuição média de 146,3 ton/ano.

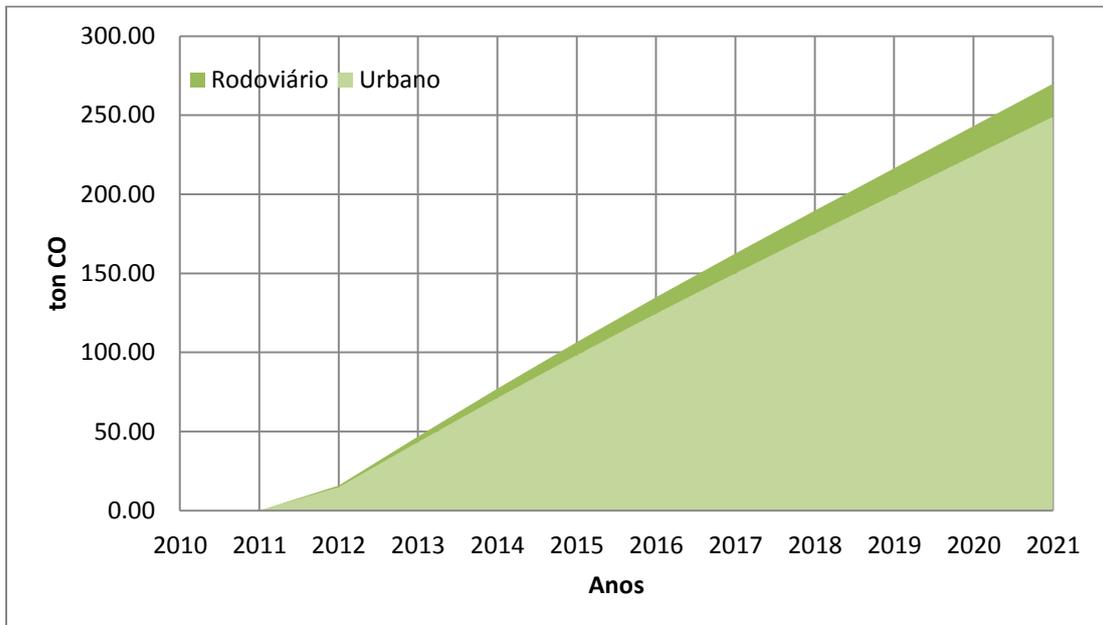


Figura 22 – Emissões evitadas de CO por categoria de veículo

Fonte: Elaboração própria

4.4. Emissão de óxidos de nitrogênio (NOx)

As Figura 23 e Figura 24 apresentam a emissão de NOx estimada de ônibus urbanos e ônibus rodoviários, respectivamente, para o período de 2002 a 2021. Pode-se notar que houve um crescimento significativo da emissão de NOx entre 2002 e 2012, com um pico de aproximadamente 5.700 ton de NOx em 2012 (Figura 23) e de 480 ton de NOx (Figura 24). A partir desse ponto, verifica-se uma redução ao longo dos anos, devido, principalmente, à entrada na fase P7 do PROCONVE, que estabeleceu limites 60% mais restritivos para o NOx, passando de 7,84 para 3,17, para ônibus urbanos e de 5,95 para 2,40 para ônibus rodoviários.

Na Figura 23 nota-se uma redução de emissões por conta da operação do BRT Transoeste cresce ao longo do tempo, começando 31,71 ton de NOx em 2012 e chegando a 540,23 ton de NOx em 2021. Já na Figura 24, a redução começa em 2,67 ton de NOx em 2012, passando a 45,45 ton de NOx em 2021.

Se comparada com outros combustíveis, a emissão de NOx demonstrará um predomínio da contribuição dos veículos do ciclo Diesel. Segundo SEA (2011), em 2010, ele foi responsável por 81% das emissões deste poluente no Estado do Rio de Janeiro.

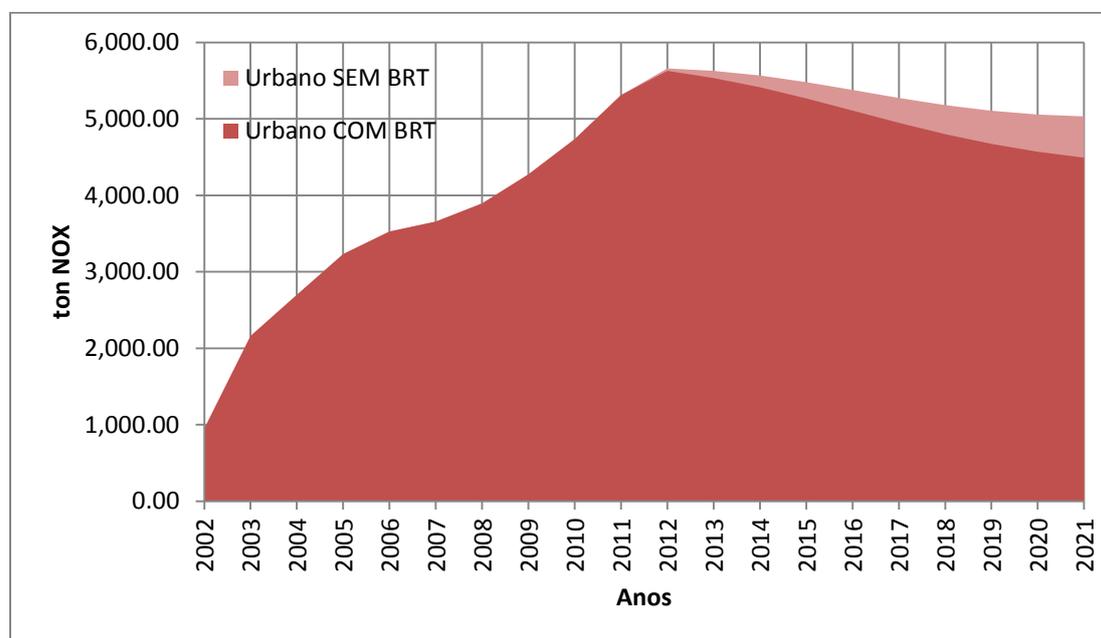


Figura 23 – Emissão de NOx por Ônibus Urbanos – Cenários com e sem o BRT
Fonte: Elaboração própria

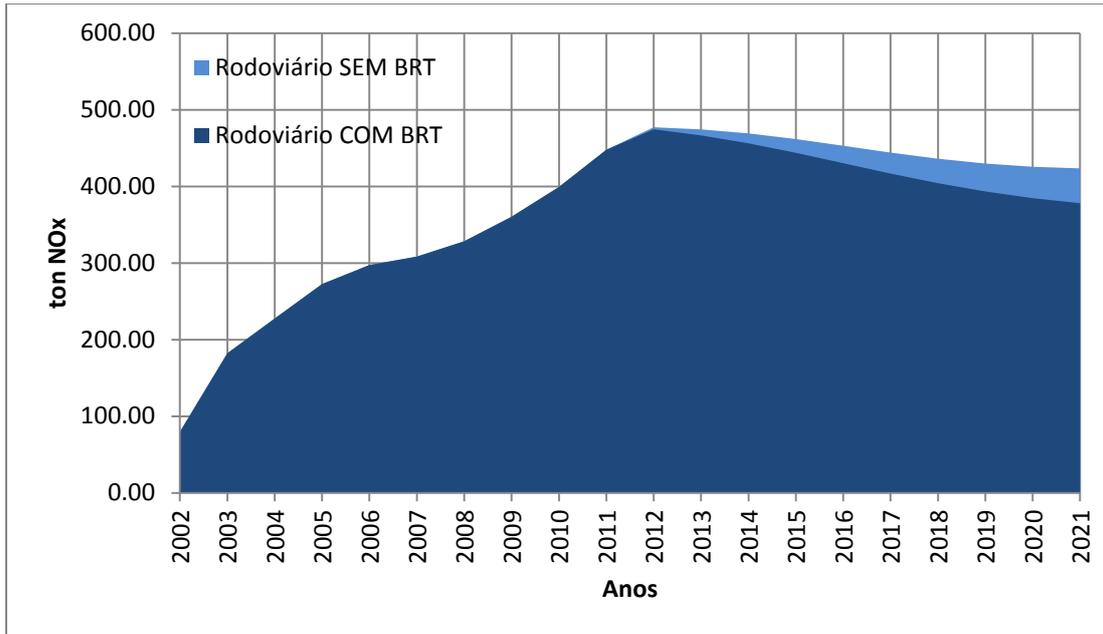


Figura 24 – Emissão de NOx por Ônibus Rodoviário – Cenários com e sem o BRT
 Fonte: Elaboração própria

A Figura 25 apresenta as emissões evitadas de NOx por conta da operação do BRT Transoeste durante o período de 2012 a 2021. Elas atingirão o valor de 3.175 ton de NOx evitadas ao final dos 10 anos de operação, ou seja, uma diminuição média de 317,5 ton/ano.

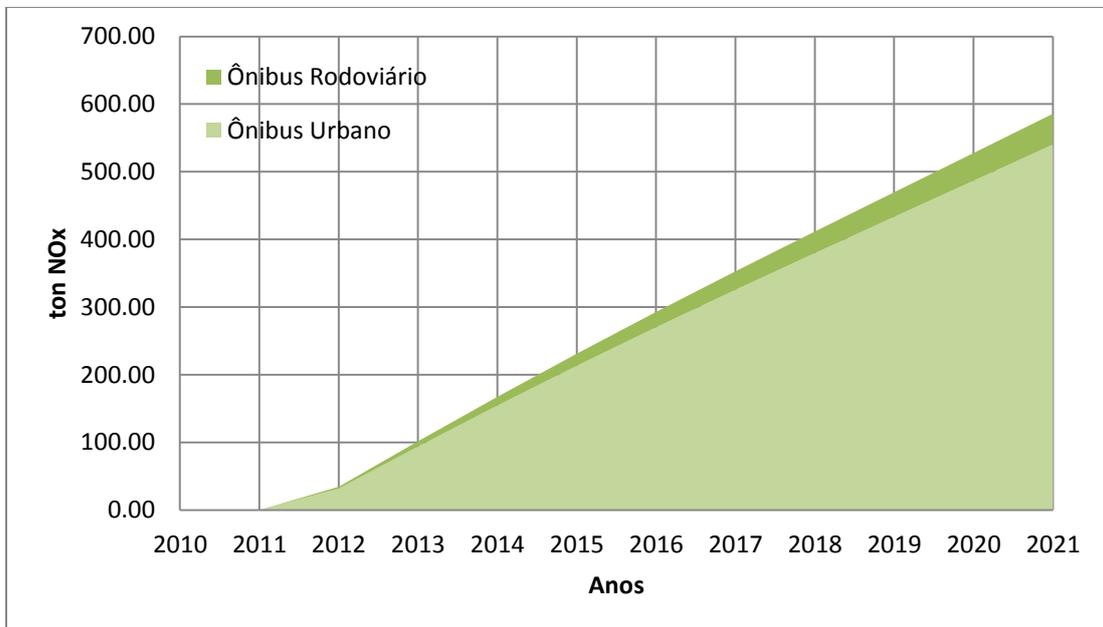


Figura 25 – Emissões evitadas de NOx por categoria do veículo
 Fonte: Elaboração própria

4.5. Emissões de material particulado (MP)

As Figura 26 e Figura 27 apresentam a emissão de MP estimada de ônibus urbanos e ônibus rodoviários, respectivamente, para o período de 2002 a 2021. Pode-se notar que houve um crescimento significativo da emissão de MP entre 2002 e 2012, com um pico de aproximadamente 94 ton de MP (Figura 26) e de 8 ton de MP (Figura 27), ambas em 2012. A partir desse ponto, verifica-se uma redução ao longo dos anos, devido, principalmente, à entrada na fase P7 do PROCONVE, que estabeleceu limites máximos 76% mais restritivos para o MP, passando de 0,131 para 0,032, para ônibus urbanos e de 0,099 para 0,024 para ônibus rodoviários.

Nota-se que, pela Figura 26, a redução de emissões por conta da operação do BRT Transoeste cresce ao longo do tempo, começando 0,32 ton de MP em 2012 e chegando a 5,45 ton de MP em 2021. Já a Figura 27 apresenta uma redução um pouco mais modesta, de 0,03 ton de MP em 2012 a 0,45 ton de MP em 2021.

No que tange as emissões de MP, destacam-se os veículos pesados. Comparando a emissão por diferentes combustíveis, percebe-se uma preponderância da contribuição dos veículos do ciclo Diesel. Segundo SEA (2011), em 2010, ele foi responsável por 91% das emissões deste poluente no Estado do Rio de Janeiro.

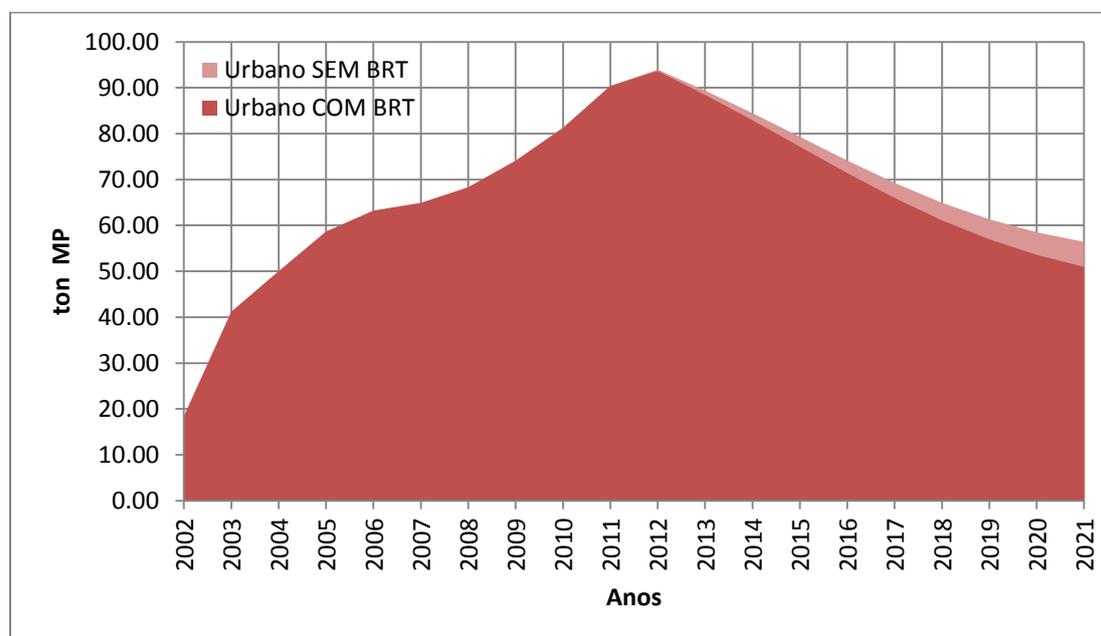


Figura 26 - Emissão de MP por Ônibus Urbanos – Cenários com e sem o BRT

Fonte: Elaboração própria

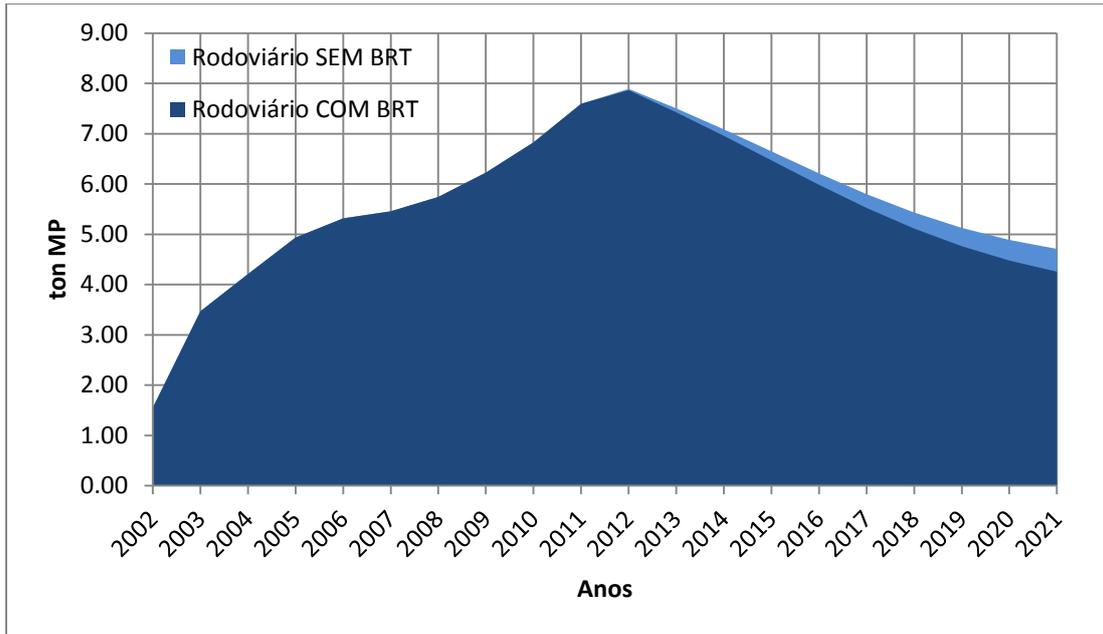


Figura 27 - Emissão de MP por Ônibus Rodoviário – Cenários com e sem o BRT

Fonte: Elaboração própria

A Figura 28 apresenta as emissões evitadas de MP por conta da operação do BRT Transoeste durante o período de 2012 a 2021. Elas atingirão o valor de 32 ton de MP evitadas ao final dos 10 anos de operação, ou seja, uma diminuição média de 3,2 ton/ano.

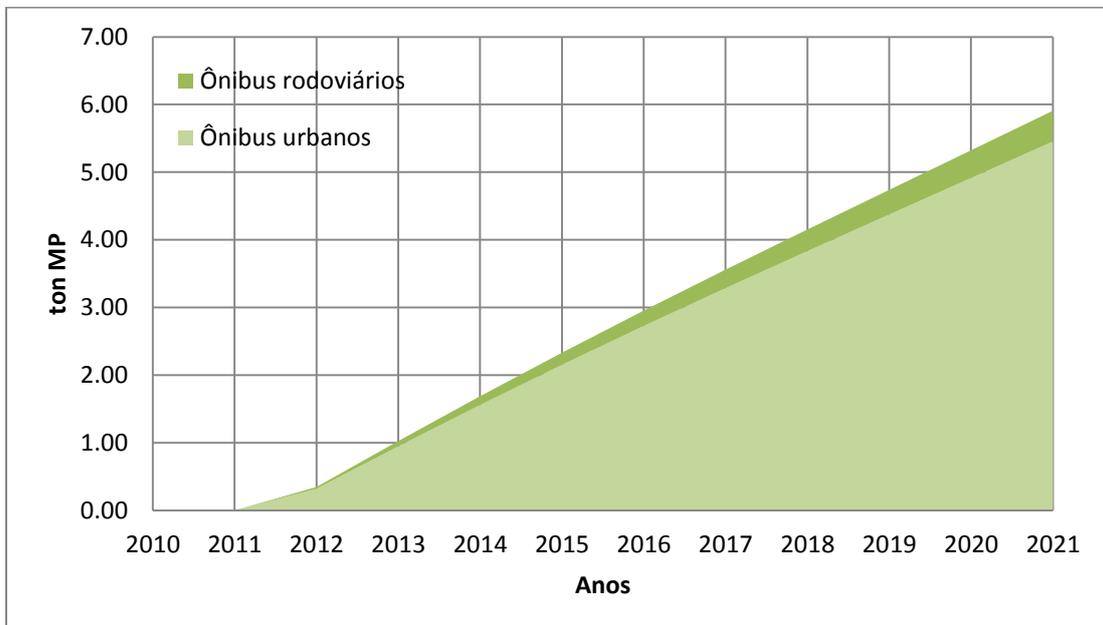


Figura 28 – Emissões evitadas de MP por categoria do veículo

Fonte: Elaboração própria

4.6. Emissões de hidrocarbonetos não metanos (NMHC)

As Figura 29 e Figura 30 apresentam a emissão de NMHC estimada de ônibus urbanos e ônibus rodoviários, respectivamente, para o período de 2002 a 2021. Nota-se que, pela Figura 29, a redução de emissões por conta da operação do BRT Transoeste cresce ao longo do tempo, começando 2,80 ton de NMHC em 2012 e chegando a 47,72 ton de NMHC em 2021. Já a Figura 30 apresenta uma redução um pouco mais modesta, de 0,23 ton de NMHC em 2012 a 3,98 ton de NMHC em 2021.

Se comparado com outros combustíveis, a emissão por veículos do ciclo Diesel é menos significativa, representando, segundo SEA (2011), em 2010 apenas 12% na emissão do Estado do Rio de Janeiro.

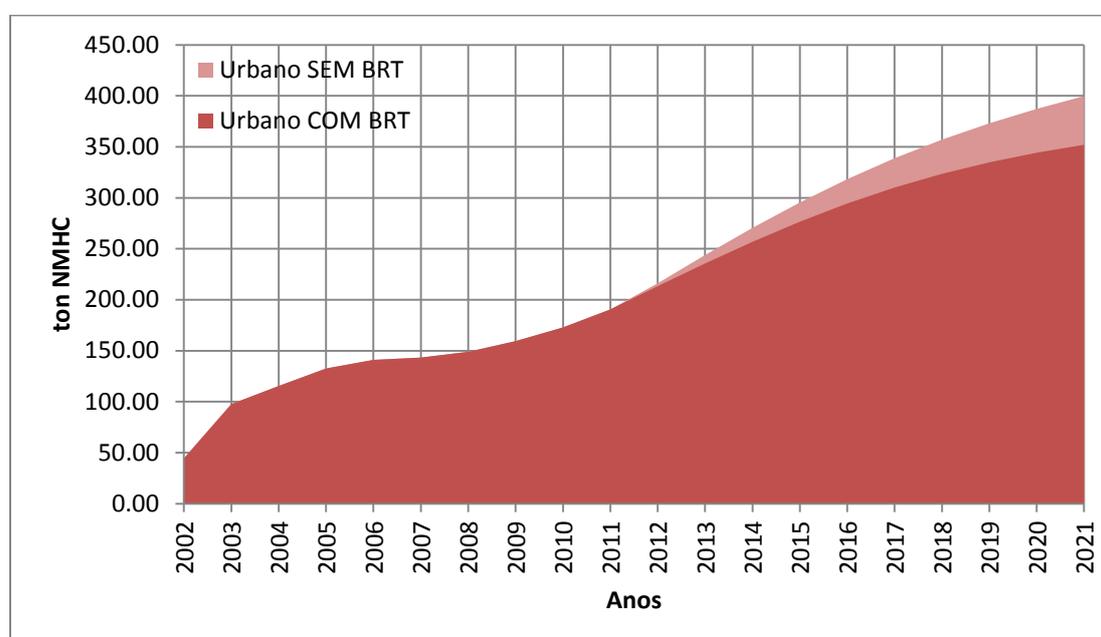


Figura 29 – Emissão de NMHC por Ônibus Urbanos – Cenários com e sem o BRT

Fonte: Elaboração própria

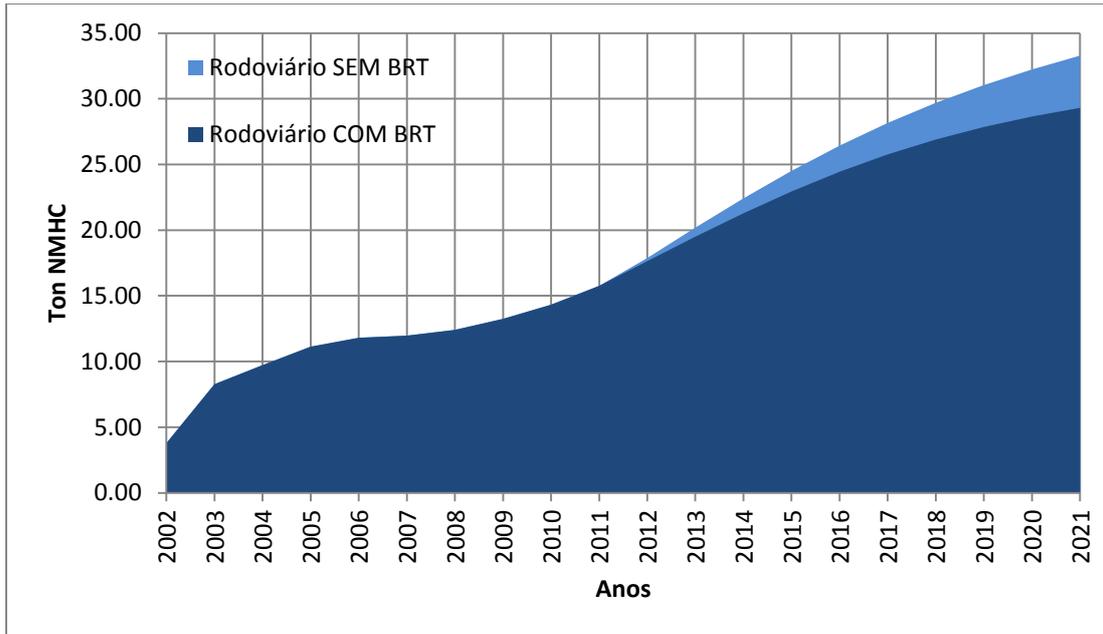


Figura 30 – Emissão de NMHC por Ônibus Rodoviário – Cenários com e sem o BRT

Fonte: Elaboração própria

A Figura 31 apresenta as emissões evitadas de NMHC por conta da operação do BRT Transoeste durante o período de 2012 a 2021. Elas atingirão o valor de 280 ton de NMHC evitadas ao final dos 10 anos de operação, ou seja, uma diminuição média de 28 ton/ano.

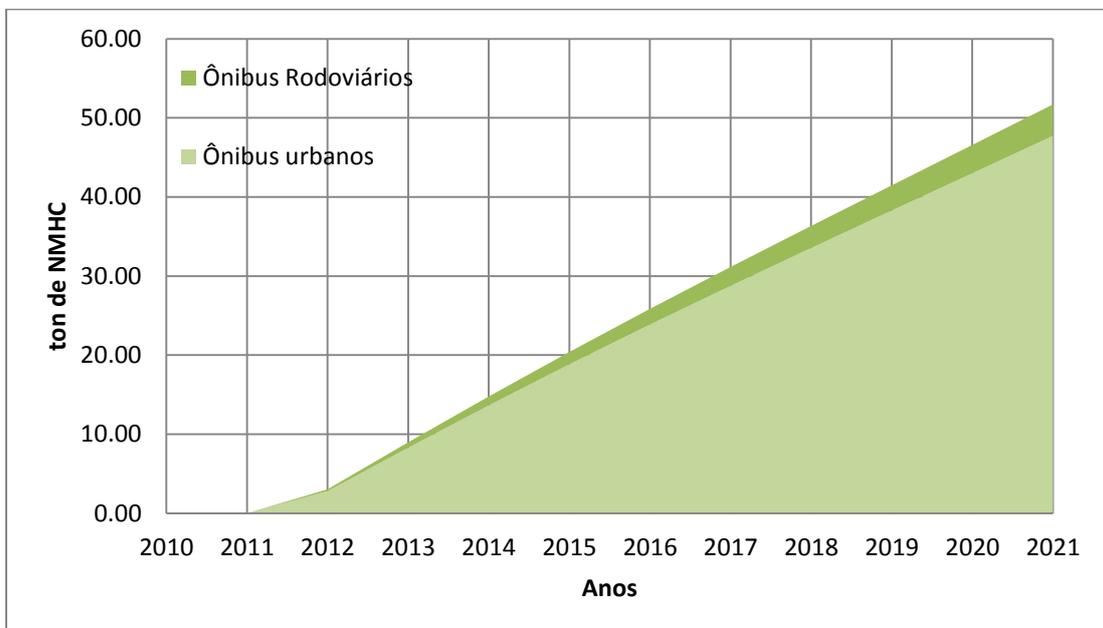


Figura 31 – Emissões evitadas de NMHC por categoria de veículo

Fonte: Elaboração própria

4.7. Emissões de dióxido de carbono (CO2)

As Figura 32 e Figura 33 apresentam a emissão de CO2 estimada de ônibus urbanos e ônibus rodoviários, respectivamente, para o período de 2002 a 2021. Nota-se que, pela Figura 32, a redução de emissões por conta da operação do BRT Transoeste cresce ao longo do tempo, começando 11.787 ton de CO2 em 2012 e chegando a 200.800 ton de CO2 em 2021. Já a Figura 33 apresenta uma redução um pouco mais modesta, de 994 ton de CO2 em 2012 a 16.936 ton de CO2 em 2021.

De acordo com SEA (2011), no que tange às emissões de CO2, verifica-se que as categorias de maior representatividade são os automóveis, ônibus urbanos e caminhões pesados. Se avaliado por combustível, percebe-se que o Diesel apresenta maior destaque respondendo por em média 45% das emissões no Estado do Rio de Janeiro.

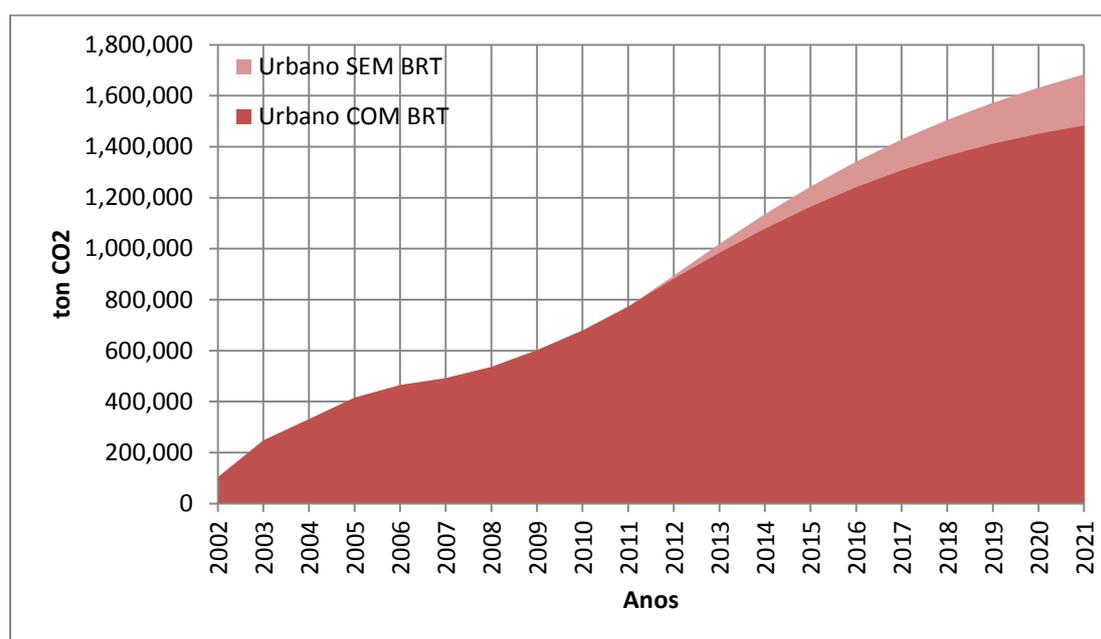


Figura 32 – Emissão de CO2 por Ônibus Urbanos – Cenários com e sem o BRT

Fonte: Elaboração própria

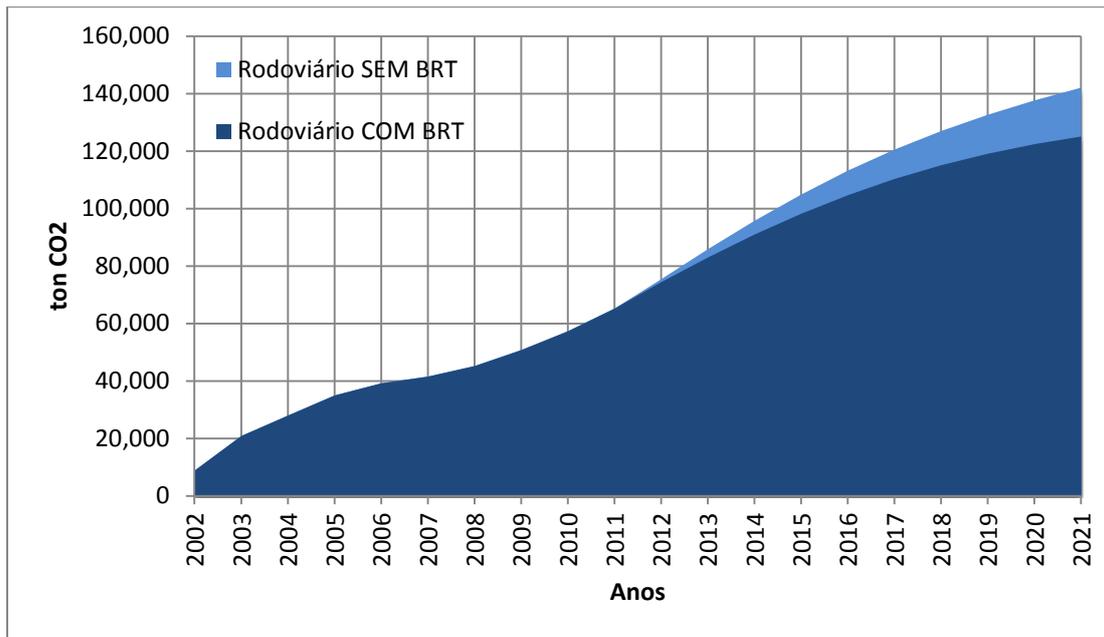


Figura 33 – Emissão de CO2 por Ônibus Rodoviário – Cenários com e sem o BRT

Fonte: Elaboração própria

A Figura 34 apresenta as emissões evitadas de CO2 por conta da operação do BRT Transoeste durante o período de 2012 a 2021. Elas atingirão o valor de 1.180.350 ton de CO2 evitadas ao final dos 10 anos de operação, ou seja, uma diminuição média de 118.035 ton/ano.

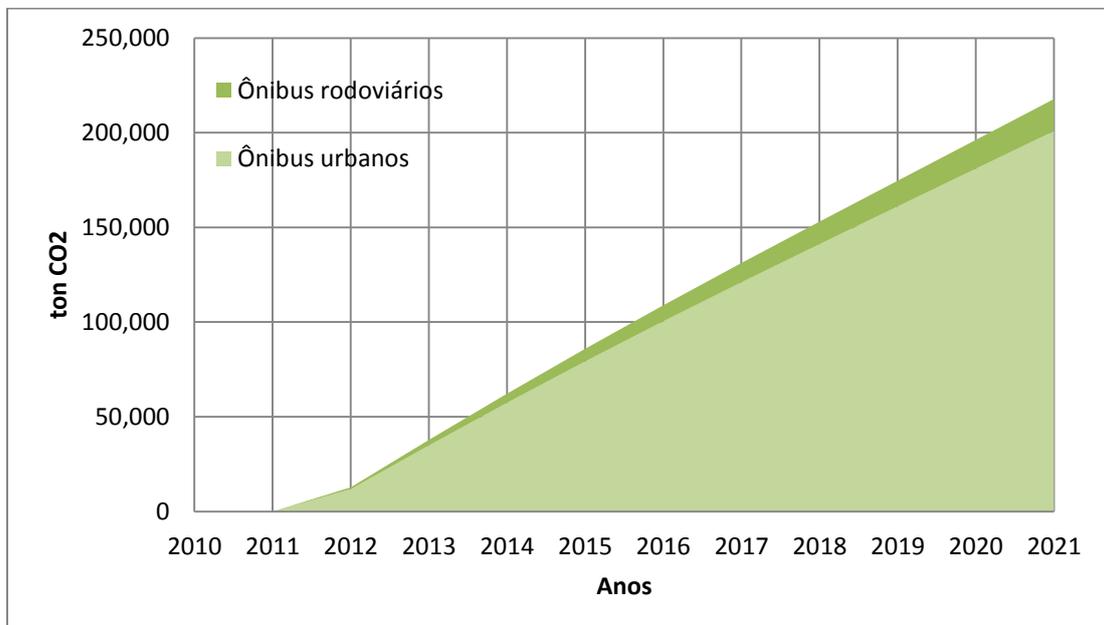


Figura 34 – Emissões evitadas de CO por categoria de veículo

Fonte: Elaboração própria

5. Conclusões

Conforme apresentado nos tópicos anteriores, a atividade de transportes é essencial tanto para o desenvolvimento econômico quanto para o bem-estar da sociedade 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. (Almeida, 2006)

Como a qualidade de vida nas cidades está diretamente relacionada com a qualidade do meio ambiente, que vem sendo afetada, dentre outros fatores, pelas emissões atmosféricas consequentes 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.

Por conta disso, segundo estudo do Banco Mundial (2010) realizado para o Brasil, no caso do transporte de passageiros, a troca de modos de transportes individuais ou de baixa capacidade, para o Sistema de Trânsito de Ônibus Rápido (*BRT*) e para o Metrô, associada a medidas de gestão de trânsito, seriam potenciais alternativas para a redução das emissões de poluentes e gases de efeito estufa.

Para podermos analisar os impactos ambientais do transporte rápido e de alta capacidade de ônibus tem na poluição local e na emissão de gases do efeito estufa, foi apresentada uma metodologia capaz de quantificar, através de um modelo do tipo *bottom-up*, as emissões atmosféricas de veículos automotores pesados, categorias ônibus urbanos e rodoviários, ocorridas entre o período de 2002 e 2021. Através do *input* de dados obtidos por fontes oficiais ou estimados por especialistas no INEAVAR (2011) ou IEAVAERJ (2011), foi possível estimar as emissões evitadas durante os 10 primeiros anos de operação da linha do BRT Transoeste.

Os resultados encontrados espelham a consistência dos dados obtidos por meio de pesquisas bibliográficas e contato com órgãos competentes e empresas do setor. Não foi possível, pelo cronograma estabelecido no início da execução desse estudo, obter dados mais precisos ou por não existirem ou por não ter havido tempo hábil para poder recebê-los e incorporá-los.

No IEGEECRJ (2013), realizado pela SMAC, é feita uma estimativa da redução na emissão de GEE por conta das obras de mobilidade urbana desenvolvidas na cidade do Rio de Janeiro. De acordo com os autores, por carecer de dados específicos, o cálculo não pretende prever o que vai ocorrer nos próximos anos e nem estimar precisamente o impacto de cada medida. O objetivo está muito mais próximo de se proporcionar uma base para a definição de políticas públicas no campo das mudanças climáticas e energia – possibilitando uma percepção do potencial de redução de emissões que cada tipo de ação contemplada possui. A Figura 35 apresenta a estimativa de redução.



Figura 35 - Redução de emissão de GEE estimada (Gg CO2 e)
Fonte: SMAC (2013)

Comparando o valor encontrado nesse estudo para o primeiro ano de operação do BRT Transoeste com o valor calculado no IEGEECRJ (2013), percebe-se que o valor estimado aqui foi 66% maior do que o calculado pelos especialistas, conforme apresentado na Tabela 13. Porém, como faltam informações sobre a metodologia empregada e os valores utilizados, não é possível identificar os pontos de discordância entre as duas publicações.

Tabela 13 – Comparativo de redução de emissão

Redução de emissão (Gg CO2)		
Ano	Presente Estudo	IEGEECRJ
2012	12.78	7.7

Fonte: Elaboração própria

Ademais, o valor encontrado para as emissões evitadas torna-se ainda mais relevante se analisarmos a Lei 5.248, de 27 de Janeiro de 2011, que institui a Política Municipal sobre Mudança do Clima e Desenvolvimento Sustentável para o Município do Rio de Janeiro. Além de outros instrumentos, essa lei estabelece metas de redução das emissões antrópicas de Gases de Efeito Estufa. A meta para o ano de 2012 é de redução das emissões de GEE em oito por cento. Considerando que, segundo SMAC (2013), a emissão pelo modo rodoviário foi de 4.985,51 Gg CO2eq, logo a meta para 2012 seria de 398,84 Gg CO2eq. Com base nos cálculos realizados nesse trabalho, apenas o BRT Transoeste foi capaz de

atender a 3,2% da meta do modo rodoviário para o ano de 2012. Vale ressaltar que as emissões estimadas em CO₂eq contabilizam outros GEE além do CO₂, como o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O), multiplicando-se as suas respectivas emissões por um fator de conversão denominado Potencial de Aquecimento Global (GWP, em inglês). Por conta disso, essa estimativa acaba sendo subestimada se comparada apenas com o CO₂, que desses três gases é o único no escopo do presente trabalho.

Outra publicação sobre o tema de impactos ambientais das obras de mobilidade urbana na cidade do Rio de Janeiro foi publicada em 2013 pelo Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP, segundo a sigla em inglês), uma organização social sem fins lucrativos que promove transporte sustentável e equitativo com o objetivo de melhorar a qualidade de vida e do transporte nas cidades, lançou o relatório *Impact Analysis of Transoeste Bus Rapid Transit System in Rio de Janeiro* (tradução livre: Análise dos Impactos do BRT Transoeste no Rio de Janeiro).

Nesse relatório, ela faz uso de uma metodologia própria, chamada de *Transport Emissions Evaluation Models for Projects (TEEMP)*, para o cálculo da redução de emissões por conta de projetos ou operação de sistemas do tipo BRT. Os resultados obtidos estão descritos na Figura 36. É possível perceber uma proximidade entre os valores apresentados nesse estudo e no relatório do ITDP.

Média de tempo reduzido por viagem	40 minutos/viagem
Média de tempo reduzido de viagem por pessoa	14 dias/pessoa/ano
Valor de tempo reduzido para todas as viagens	R\$ 70 milhões/ano
Redução dos quilômetros percorridos pelos veículos	56.8 milhões km/ano*
Redução de uso de combustível	44 milhões litros/ano*
Redução de emissões de dióxido de carbono (CO ₂)	107,000 toneladas/ano*
Redução de emissões de material particulado (PM)	6.9 toneladas/ano*
Redução de emissões de óxidos de nitrogênio (NO _x)	206 toneladas/ano*

*Estimativa anual considerando vinte anos

Figura 36 – Indicadores de impacto da Transoeste
Fonte: ITDP Brazil (2013)

Considerando a conclusão apresentada e o comparativo com outras publicações sobre o mesmo tema, percebe-se que o presente estudo atinge seu objetivo inicial, de avaliar os impactos ambientais que a adoção de transporte rápido e de alta capacidade de ônibus tem na poluição local e na emissão de gases do efeito estufa.

6. Considerações e Recomendações

A dificuldade de obtenção de dados de transporte é algo que deve ser considerado desde a fase de concepção do estudo. Dessa forma, é fundamental elaborar um cronograma que contemple toda a burocracia e lentidão que os órgãos públicos e empresas do setor podem levar até o momento da entrega dos dados.

É recomendado que sejam elaborados estudos que melhorem o entendimento do potencial de utilização de maiores concentrações de biocombustíveis em corredores do tipo BRT.

É recomendado que sejam elaborados estudos que aprimorem o conhecimento do potencial de utilização de veículos híbridos articulados em corredores do tipo BRT.

7. Referencias Bibliográficas

ABREU, A. A., 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. 2007.

ALMEIDA, A. F., A Importância dos Biocombustíveis na Matriz Energética de Transporte Rodoviário do Brasil. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2006.

ANTP e BNDES, 2006, Panorama da Mobilidade Urbana no Brasil: Tendências e Desafios. Cadernos técnicos volume 3.

Banco Mundial, 2010. Estudo de Baixo Carbono para o Brasil: Relatório de Síntese Técnica – Transportes. 168p.

BARNEY, R. K., 2003. The Olympic Legacy of Wealth: A Double Edged Sword In: "The Legacy of the Olympic Games: 1984-2000. Lausanne: International Symposium, 14, 15 e 16 de novembro 2002 / ed. por Miquel de Moragas, Christopher Kennett and Nuria Puig – organizado por the International Chair in Olympism: Olympic Studies Centre of the Autonomous. University of Barcelona and Olympic Studies Centre of the International Olympic Committee. — Lausanne: International Olympic Committee, 495 p. Disponível em:
http://olympicstudies.uab.es/os_series.asp – Acessado em: 23 de janeiro de 2014.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Inventário de Emissão dos Gases de Efeito Estufa Associada ao Transporte Rodoviário no Estado de São Paulo, 1990 a 2008. São Paulo, 2011.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Relatório Anual de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo. São Paulo. 2012

COSTA, M. R., Estratégias para os Transportes em Megaeventos. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2009.

COI – Comitê Olímpico Internacional, 2002. Provisional Remarks, Conclusions And Recommendations. In: "The Legacy of the Olympic Games: 1984-2000. Lausanne: International Symposium, 14, 15 e 16 de novembro 2002. Disponível em:

http://olympicstudies.uab.es/olympiclegacy/web/conclu/legacy_conclusions.pdf –
Acessado em 23 de janeiro de 2014.

DETRAN RJ, 2013. Dados sobre veículos cadastrados no Município do Rio de Janeiro. Acesso *online*: <http://www.detran.rj.gov.br/>. Acessado em 10/01/2014.

DNIT, 2005, Manual para Ordenamento do Uso do Solo nas Faixas de Domínio e Lindeiras das Rodovias Federais. Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes. 2.a edição, Rio de Janeiro, 106p.

FETRANSPOR, 2012. Relatório de Atividades Fetranspor 2012. 56p

FETRANSPOR, 2013. BRT Transoeste: transformando o conceito de transporte público no Rio de Janeiro.

GORE, A., 2006, *Uma Verdade Inconveniente*. 1ª ed. Editora Manole.

Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2003, Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro (PDTU/RMRJ). Resultado da Pesquisa Origem/Destino.

Governo do Estado do Rio de Janeiro, 1994, Plano de Transporte de Massa da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro (PTM/RMRJ). Resultado da Pesquisa Origem/Destino.

GREEN, V., Avaliação do Legado Ambiental para as cidades-sede dos Jogos Olímpicos e Paralímpicos. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2012.

IPCC, 1996. Greenhouse gas inventory reporting instructions – IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Vol 1, 2, 3. Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Program, the Organization for Economic Co-operation and Development and the International Energy Agency, London. 3 v.

IPCC, 2001. 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. Climate Change 2007: The Scientific Basis Contribution Of Working Group III To The Fourth Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change - Chapter 5: Transport and its Infrastructure. "Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York".

IEA, 2000. CO2 Emissions from fuel combustion: 1971 - 1998 - Highlights. 2000 Edition. International Energy Agency, Paris: Organization for Economic Co-operation and Development.

ITDP, 2013. Impact Analysis of Transoeste Bus Rapid Transit System in Rio de Janeiro. 61p.

LOPES, S. B.; CARDOSO, G. J., JÚNIOR, L. F., 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.

MATTOS, L. B., A Importância do Setor de Transportes na Emissão de Gases do Efeito Estufa – O Caso do Município do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2001.

Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2011. 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários. 111p.

Ministério das Cidades - MCIDADES, 2008. Manual de BRT – Bus Rapid Transit: Guia de Planejamento. 883p.

Ministério de Minas e Energia - MME, 2011. Plano Decenal de Expansão de Energia 2021. 386p.

Ministério de Minas e Energia - MME, 2012. Estudos associados ao Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissas e diretrizes básicas, 134p.

Ministério dos Transportes e Ministério das Cidades - MT / MCIDADES, 2013. Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima (PSTM). 118p.

MOTTA, R. A., Benefícios ambientais em decorrência da implantação de sistemas de transporte rápido e de alta capacidade de ônibus – o caso do Transmilênio. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2009.

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/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/world_report/summary_es.pdf Acessado em: 25/01/2014

RIO 2016. Dossiê de candidatura do Rio de Janeiro para as Olimpíadas de 2016. 2008. Disponível em: <http://www.rio2016.org/arquivos> Acesso em: 25/01/2014.

RioÔnibus, 2013. Resumo do sistema de transporte por ônibus no município do Rio de Janeiro – 1984 a 2012. Rio de Janeiro.

Rocha, A. C. B., Frota, C. D., Tridapalli, J. P. *et al*, 2006, Gerenciamento d Mobilidade: Experiências em Bogotá, Londres e Alternativas Pós-Modernas. 2º Congresso Luso Brasileiro para o planejamento, Urbano, Regional, Integrado, Sustentável, Braga, Portugal.

Secretária Municipal do Meio Ambiente (SMAC), 2013. Inventário de Emissões de Gases do Efeito Estufa da Cidade do Rio de Janeiro em 2012. 20p.

Secretária Estadual do Ambiente (SEA), 2011. Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores do Estado do Rio de Janeiro.

Secretaria Municipal de Transportes, 2014. Reunião informal com a assessoria do Secretário de Transportes para coletar informações sobre a operação do BRT.

STERN, N., 2007, Stern Review on the Economics of Climate Change. Cambridge, University Press.

Transoeste Ligeirão Site. 2013. Mapas da linha troncal e estações. Disponível em < <http://www.brtrio.com/>> Acesso em 15/01/2014.

WORLDWATCH INSTITUTE, 2005, State of the World 2005: Redefining Global. Nova York: W.W. Norton & Co.

WRIGHT, L., HOOK, W., 2007, “Bus Rapid Transit Planning Guide”. Institute for Transportation & Development Policy.

ANEXO I – Frota estimada de ônibus urbanos e rodoviários no Município do Rio de Janeiro

Tabela 14 – Estimativa da frota de ônibus urbano e rodoviário do Município do Rio de Janeiro

ANO	Dados Detran	Vendas de Veículos novos	Frota Calculada	Ônibus Urbano	Ônibus Rodoviário
2001	18.293	18.293	-	-	-
2002	20.451	2.157	2.157	1.942	216
2003	21.430	979	3.128	2.815	313
2004	22.384	954	4.051	3.646	405
2005	23.511	1.128	5.094	4.585	509
2006	23.954	443	5.365	4.828	536
2007	24.806	852	5.934	5.340	593
2008	25.836	1.030	6.561	5.905	656
2009	27.347	1.511	7.561	6.805	756
2010	28.807	1.461	8.419	7.577	842
2011	30.814	2.006	9.747	8.772	975
2012	33.035	2.221	11.215	10.094	1.122

Fonte: Elaboração própria

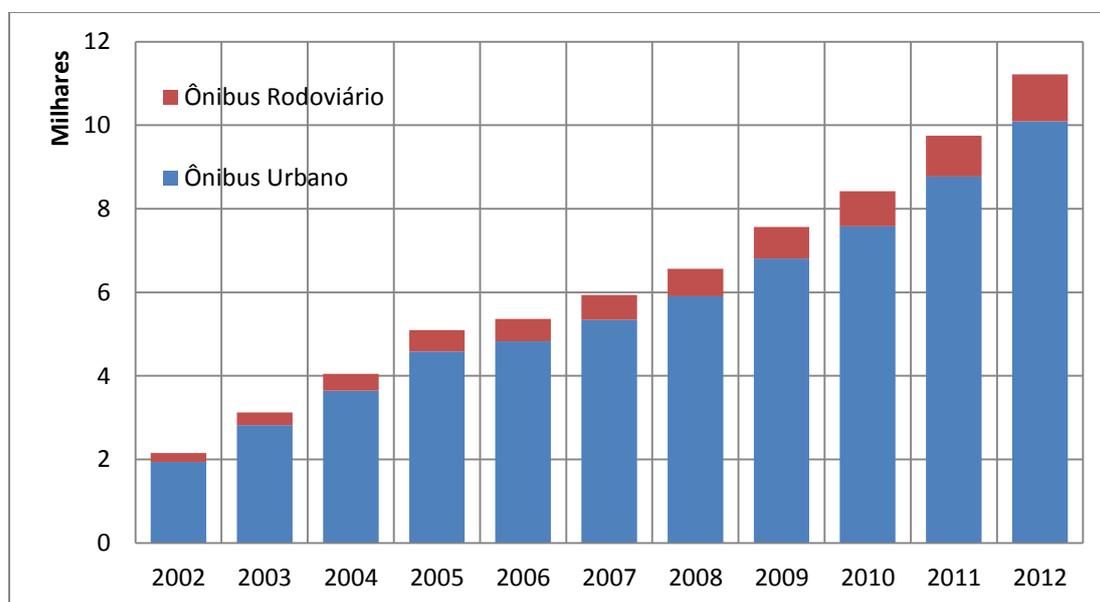


Figura 37 – Evolução da frota de ônibus urbano e rodoviário do Município do Rio de Janeiro

Fonte: Elaboração própria

ANEXO II – Tabela de Intensidade de Uso de Referência

Tabela 15 – Intensidades de uso de referencia de ônibus urbano e rodoviário

Intensidade de uso por categoria		
Ano de Uso	Ônibus Urbano	Ônibus Rodoviário
0	45000	45000
1	88200	88200
2	86400	86400
3	84600	84600
4	82800	82800
5	81000	81000
6	79200	79200
7	77400	77400
8	75600	75600
9	73800	73800
10	72000	72000
11	70200	70200
12	68400	68400
13	66600	66600
14	64800	64800
15	63000	63000
16	61200	61200
17	59400	59400
18	57600	57600
19	55800	55800
20	54000	54000

Fonte: IEAVAERJ (2011)

Anexo III – Emissão de Poluentes Atmosféricos - sem o BRT Transoeste

Tabela 16 – Emissão de Poluentes Atmosféricos no Município do Rio de Janeiro no cenário sem o BRT Transoeste

ANO	Emissão de CO (g)		Emissão de NMHC (g)		Emissão de Nox (g)		Emissão de MP (g)		Emissão de CO2 (kg)	
	Urbano	Rodoviário	Urbano	Rodoviário	Urbano	Rodoviário	Urbano	Rodoviário	Urbano	Rodoviário
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	131.063.063	11.067.548	44.561.441	3.786.266	947.149.065	79.899.926	18.436.204	1.553.340	102.950.985	8.683.068
2003	310.984.241	26.276.754	97.700.286	8.272.820	2.159.934.774	182.198.276	41.186.231	3.468.658	247.706.905	20.892.038
2004	408.763.481	34.564.228	115.466.328	9.727.424	2.698.082.826	227.575.820	50.010.591	4.209.297	331.114.719	27.926.801
2005	506.909.746	42.884.099	132.646.022	11.129.684	3.231.143.361	272.523.283	58.660.087	4.935.071	415.114.125	35.011.459
2006	564.479.014	47.767.509	141.074.254	11.806.258	3.525.873.363	297.372.008	63.208.459	5.316.237	465.088.509	39.226.387
2007	594.416.915	50.311.245	143.328.139	11.969.642	3.655.970.121	308.336.651	64.895.666	5.456.930	491.984.839	41.494.871
2008	644.347.267	54.549.965	148.969.526	12.408.752	3.893.432.499	328.354.132	68.309.107	5.742.437	536.039.668	45.210.533
2009	719.711.882	60.943.970	159.458.269	13.246.242	4.273.338.018	360.383.036	74.089.933	6.226.707	601.694.062	50.747.941
2010	808.916.792	68.510.196	172.887.596	14.327.323	4.734.051.486	399.226.514	81.255.451	6.827.318	678.972.902	57.265.775
2011	917.496.178	77.717.137	190.549.997	15.759.722	5.309.154.566	447.716.709	90.396.501	7.593.942	772.474.584	65.151.872
2012	1.065.799.665	90.255.084	216.164.726	17.876.027	5.658.753.735	477.134.099	93.959.668	7.890.518	894.072.276	75.407.636
2013	1.223.678.406	103.570.506	243.882.625	20.194.008	5.626.801.036	474.321.660	89.395.218	7.503.001	1.018.375.325	85.891.575
2014	1.373.058.687	116.165.885	270.460.326	22.420.458	5.566.377.474	469.111.006	84.481.462	7.086.346	1.135.425.159	95.763.765
2015	1.511.713.740	127.853.880	295.397.947	24.512.841	5.479.991.763	461.715.584	79.315.500	6.648.751	1.243.554.321	104.883.569
2016	1.637.778.038	138.478.158	318.266.745	26.434.153	5.377.485.900	452.967.898	74.138.629	6.210.539	1.341.465.169	113.141.543
2017	1.750.294.021	147.959.220	338.821.008	28.162.569	5.272.774.935	444.043.780	69.256.549	5.797.441	1.428.613.300	120.491.771
2018	1.849.399.178	156.309.807	357.034.273	29.694.780	5.178.995.998	436.052.583	64.934.230	5.431.740	1.505.294.669	126.959.213
2019	1.936.162.330	163.620.853	373.066.478	31.043.429	5.105.285.311	429.765.105	61.332.593	5.126.951	1.572.479.542	132.625.704
2020	2.012.236.849	170.032.195	387.196.331	32.231.470	5.056.022.330	425.550.006	58.500.746	4.887.168	1.631.533.226	137.606.396
2021	2.079.505.307	175.702.680	399.752.593	33.286.330	5.031.715.343	423.448.853	56.402.583	4.709.312	1.683.949.681	142.027.292

Fonte: Elaboração Própria

Anexo IV – Emissão de Poluentes Atmosféricos - com o BRT Transoeste

Tabela 17 – Emissão de Poluentes Atmosféricos no Município do Rio de Janeiro no cenário com o BRT Transoeste

ANO	Emissão de CO (g)		Emissão de NMHC (g)		Emissão de Nox (g)		Emissão de MP (g)		Emissão de CO2 (kg)	
	Urbano	Rodoviário	Urbano	Rodoviário	Urbano	Rodoviário	Urbano	Rodoviário	Urbano	Rodoviário
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	131.063.063	11.067.548	44.561.441	3.786.266	947.149.065	79.899.926	18.436.204	1.553.340	102.950.985	8.683.068
2003	310.984.241	26.276.754	97.700.286	8.272.820	2.159.934.774	182.198.276	41.186.231	3.468.658	247.706.905	20.892.038
2004	408.763.481	34.564.228	115.466.328	9.727.424	2.698.082.826	227.575.820	50.010.591	4.209.297	331.114.719	27.926.801
2005	506.909.746	42.884.099	132.646.022	11.129.684	3.231.143.361	272.523.283	58.660.087	4.935.071	415.114.125	35.011.459
2006	564.479.014	47.767.509	141.074.254	11.806.258	3.525.873.363	297.372.008	63.208.459	5.316.237	465.088.509	39.226.387
2007	594.416.915	50.311.245	143.328.139	11.969.642	3.655.970.121	308.336.651	64.895.666	5.456.930	491.984.839	41.494.871
2008	644.347.267	54.549.965	148.969.526	12.408.752	3.893.432.499	328.354.132	68.309.107	5.742.437	536.039.668	45.210.533
2009	719.711.882	60.943.970	159.458.269	13.246.242	4.273.338.018	360.383.036	74.089.933	6.226.707	601.694.062	50.747.941
2010	808.916.792	68.510.196	172.887.596	14.327.323	4.734.051.486	399.226.514	81.255.451	6.827.318	678.972.902	57.265.775
2011	917.496.178	77.717.137	190.549.997	15.759.722	5.309.154.566	447.716.709	90.396.501	7.593.942	772.474.584	65.151.872
2012	1.051.194.555	89.021.319	213.363.746	17.642.612	5.627.042.640	474.466.499	93.639.556	7.863.842	882.285.544	74.413.522
2013	1.180.487.944	99.921.996	235.599.523	19.503.749	5.533.024.485	466.432.991	88.448.577	7.424.114	983.519.414	82.951.766
2014	1.301.961.243	110.159.937	256.825.200	21.284.198	5.412.008.367	456.125.171	82.923.162	6.956.488	1.078.047.532	90.924.434
2015	1.413.539.702	119.560.640	276.570.050	22.943.849	5.266.833.065	443.784.253	77.163.740	6.469.438	1.164.325.125	98.201.239
2016	1.513.364.679	127.968.353	294.406.649	24.445.812	5.107.355.523	430.243.997	71.411.761	5.983.300	1.241.060.105	104.673.203
2017	1.600.381.215	135.295.353	310.070.607	25.766.702	4.947.279.321	416.662.446	65.970.789	5.523.627	1.307.629.469	110.287.781
2018	1.674.528.494	141.537.626	323.497.430	26.900.043	4.799.311.020	404.112.732	61.101.448	5.112.342	1.364.169.132	115.056.436
2019	1.736.595.581	146.762.475	334.793.403	27.854.006	4.671.979.423	393.314.557	56.958.527	4.762.446	1.411.423.588	119.041.960
2020	1.788.056.390	151.094.576	344.202.819	28.648.677	4.569.274.347	384.603.803	53.587.202	4.477.706	1.450.613.320	122.347.291
2021	1.830.691.071	154.684.126	352.034.794	29.309.847	4.491.481.692	378.003.330	50.949.120	4.254.857	1.483.149.627	125.091.461

Fonte: Elaboração própria