



AEAMESP



A IMPORTÂNCIA DO AVANÇO URGENTE NO TRANSPORTE SOBRE TRILHOS SOB  
A ÓTICA AMBIENTAL, VISANDO À REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DO  
EFEITO ESTUFA: CASO DO METRÔ DO RIO DE JANEIRO

Carlos Eduardo Sanches de Andrade

Márcio de Almeida D'Agosto

## “21ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA”

### “PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS”,

#### CATEGORIA 1

**TÍTULO:** A IMPORTÂNCIA DO AVANÇO URGENTE NO TRANSPORTE SOBRE TRILHOS SOB A ÓTICA AMBIENTAL, VISANDO À REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA: CASO DO METRÔ DO RIO DE JANEIRO

#### **RESUMO:**

Este trabalho tem por finalidade analisar a importância da implantação de sistemas sobre trilhos na rede de transporte público de passageiros, sob a ótica ambiental. As autoridades governamentais em diversos países têm estabelecido metas de redução das emissões de gases do efeito estufa. A redução das emissões é colocada pela comunidade científica como uma necessidade urgente, sob pena de alterações climáticas irreversíveis. O transporte é um grande emissor e a utilização de sistemas de transporte sobre trilhos é uma das maneiras das metas de redução serem atingidas. Os sistemas sobre trilhos, movidos a eletricidade, substituem outros meios de transporte de maior emissão de gases e contribuem para uma menor emissão total dos sistemas de transporte. Um procedimento de quantificação da redução de gases do efeito estufa é apresentado em detalhe e aplicado ao Metrô do Rio de Janeiro. O resultado indica que, em 2014, a operação do Metrô evitou a emissão líquida de 66.036 toneladas de gases do efeito estufa. O procedimento pode, potencialmente, ser aplicado a qualquer sistema sobre trilhos.

## 1. INTRODUÇÃO

Os GEE - Gases do efeito estufa lançados à atmosfera pela natureza e pela ação humana absorvem parte da radiação infravermelha existente na Terra, dificultando seu escape para o espaço e potencializando um maior aquecimento do planeta. A quantidade de emissão desses gases resultante da atividade humana, principalmente o CO<sub>2</sub> - dióxido de carbono, tem crescido dramaticamente, provocando um aumento anual na temperatura média do planeta de 0,85 graus, no período entre 1880 e 2012. Os 30 anos entre 1983 e 2012 foram mais quentes do que qualquer período anterior de 30 anos nos últimos 1.400 anos. No pior cenário, sem esforços de redução de emissão de GEE por parte das nações, é previsto que a temperatura média poderá subir até 4,8 graus Celsius no próximo século (IPCC, 2014a).

No período de 1984 a 2013, o maior acréscimo anual de GEE emitido ocorreu em 2013, atingindo 2,9 ppm - partes por milhão (WMO, 2014), o que mostra a gravidade do problema. O aquecimento global modifica o clima em diversas regiões do planeta, aumentando os desastres naturais, diminuindo a massa das geleiras, aumentando o nível do mar e causando outros efeitos indesejáveis.

A queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) provoca emissão de GEE, além da emissão de outros gases poluentes, nocivos diretamente à saúde humana, mas que não afetam o aquecimento global. Entre os gases do efeito estufa emitidos por veículos automotores podem ser citados o CO<sub>2</sub>, o metano (CH<sub>4</sub>) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). O CO<sub>2</sub> é o principal, aquele que predomina em termos de quantidade emitida, o que o torna responsável pela maior contribuição para o aquecimento global. Por isso é usado como referência em termos de poder de aquecimento. Em relação a ele, considerado

de valor unitário, o CH<sub>4</sub> tem valor 25 e o N<sub>2</sub>O tem valor 298, considerando um tempo de 100 anos de permanência na atmosfera (IPCC, 2014b). Esses valores são uma medida do que se denomina “Potencial de Aquecimento Global” (em inglês GWP – *Global Warming Potential*) e são determinados para um horizonte de tempo, sendo utilizados 25, 100, ou 500 anos. A massa emitida pelos GEE é calculada em quantidade equivalente de CO<sub>2</sub>, ou seja, a quantidade de CO<sub>2</sub> que tem o mesmo potencial de aquecimento, medida em CO<sub>2</sub>e - dióxido de carbono equivalente.

A emissão de GEE em sistemas de transportes responde por cerca de 23% do total de emissões globais, sendo o transporte rodoviário responsável pela maior parte dessas emissões (OECD, 2010). É estimado que até 2050 a energia utilizada nos sistemas de transporte dobre, tendo como base o ano de 2009, o que aumentaria ainda mais a emissão de GEE, caso ações de mitigação dessas emissões não sejam implantadas (IEA, 2009). No Brasil, a energia consumida pelo setor de transportes em 2013 representou 32% da energia total, tendo havido um acréscimo de 5,2% em relação a 2012 (EPE, 2014). A quantidade de GEE emitidos naquele ano pelo setor de transportes do Brasil chegou a 215 milhões de toneladas, medidas em CO<sub>2</sub>e, correspondendo a 46,9% do total de emissões associadas à matriz energética brasileira (EPE, 2014).

Nas cidades com grandes densidades demográficas a implantação de um sistema de transporte sobre trilhos é normalmente avaliada como uma solução de transporte de alta capacidade. Além de seus benefícios característicos, como regularidade, rapidez e confiabilidade, poderia o aumento dos sistemas de transporte sobre trilhos contribuir para a redução das emissões de GEE - gases do efeito estufa? Em que proporção?

O objetivo deste trabalho é analisar a importância de um avanço urgente do transporte sobre trilhos, sob a ótica ambiental, visando à redução das emissões de GEE pelo setor de transportes. É apresentado o caso do Metrô do Rio de Janeiro, que foi objeto de aplicação de um procedimento para quantificar a redução das emissões de GEE do setor de transportes da cidade do Rio de Janeiro em função da operação do seu sistema - Linhas 1 e 2. Esse procedimento foi desenvolvido pelos autores deste artigo, tendo sido publicado apenas o resultado consolidado no Relatório Anual de 2014 do grupo INVEPAR (Invepar, 2015), que administra o Metrô do Rio de Janeiro. Neste artigo são apresentados o referencial teórico de emissões evitadas pela operação no transporte sobre trilhos e o detalhamento do procedimento.

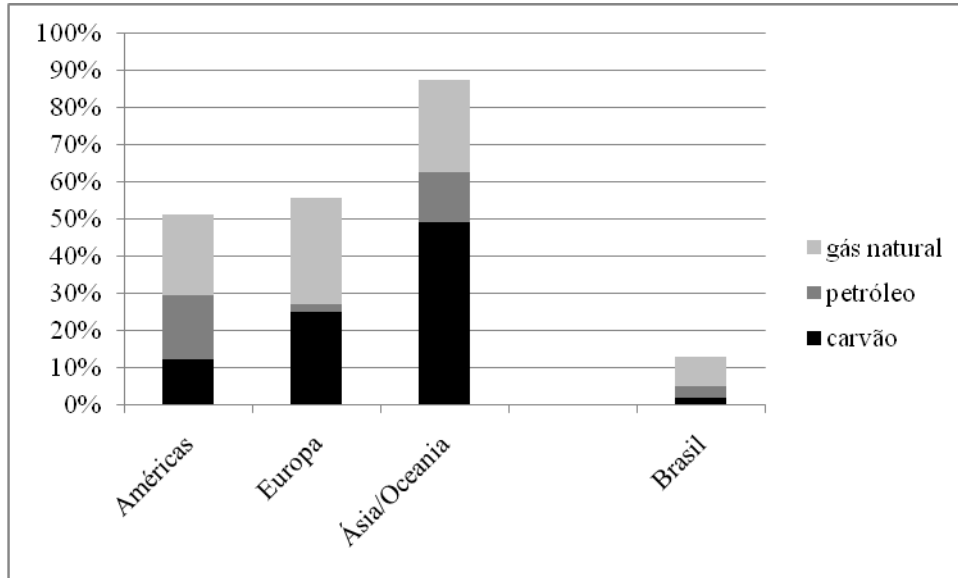
A seção 1 constitui-se como uma introdução, onde houve uma contextualização da relevância do estudo em questão, sendo definido o objetivo. A seção 2 trata do diagnóstico do estudo, definindo os conceitos da emissão de GEE produzida pelos sistemas sobre trilhos e da emissão evitada pela operação de um sistema sobre trilhos, apresentando exemplos de resultados de estudos já publicados pelos Metrôs de São Paulo, Rio de Janeiro e Porto (Portugal). A seção 3 traz a análise dos resultados do trabalho, definindo o procedimento de cálculo da emissão de GEE evitada pela operação do Metrô do Rio de Janeiro e sua aplicação no ano de 2014. A seção 4 trata das conclusões e, por fim, a seção 5 apresenta as referências bibliográficas.

## 2. DIAGNÓSTICO

### 2.1. A EMISSÃO DE GEE PRODUZIDA PELOS SISTEMAS SOBRE TRILHOS

A abordagem usualmente utilizada na medição das emissões de GEE em sistemas de transportes do modo rodoviário considera as emissões decorrentes da queima dos combustíveis fósseis, como nos automóveis particulares, ônibus, táxis, motocicletas, vans etc. Já na operação dos sistemas sobre trilhos, a emissão de GEE acontece principalmente através da geração da energia elétrica necessária para realizar a movimentação dos trens. As emissões dos sistemas sobre trilhos apresentam grande variação de resultados em todo o mundo – de 6 gramas de CO<sub>2</sub> por passageiro-km (6 gCO<sub>2</sub>/pkm) a 118 gCO<sub>2</sub>/pkm, em função das diferentes matrizes energéticas utilizadas em cada local (CoMET, 2014).

Na matriz de geração de energia elétrica de diversos sistemas sobre trilhos do mundo, constata-se que em todos os continentes existe um uso extensivo de fontes térmicas, com uma composição que envolve carvão, petróleo e gás natural (MetrôRio, 2013). No Brasil há pouca utilização de fontes térmicas na geração de energia elétrica, com predominância de fontes hidrelétricas e renováveis, que, em 2013, foram responsáveis por 79,3% do total da matriz energética (EPE, 2014). O PDE – Plano Decenal de Energia do governo brasileiro prevê que até 2023 a participação da energia renovável na matriz elétrica brasileira deve aumentar (PDE2023, 2015). A figura 1 apresenta a comparação da utilização média das fontes térmicas no Brasil com a utilização média das fontes térmicas dos demais continentes, no ano de 2012, tendo como referência as matrizes energéticas compostas por 32 sistemas sobre trilhos espalhados pelo mundo, pertencentes a um grupo de benchmarking de sistemas sobre trilhos, o CoMET/Nova.



**Figura 1:** Valores médios da utilização de fontes térmicas na geração de energia elétrica, do Brasil e dos continentes, do grupo CoMET/NOVA.

Fontes: MetrôRio (2013) e EPE (2014)

Constata-se que a Ásia/Oceania tem grande participação de fontes térmicas a carvão, petróleo e gás natural na geração de energia elétrica, o que vai implicar em que seus sistemas sobre trilhos tenham maior emissão de GEE que os demais.

A consciência ambiental vem crescendo em todo mundo, e os governos vêm implantando políticas de estímulo à redução da emissão de gases do efeito estufa. Algumas cidades definiram quantitativamente objetivos de redução, como, por exemplo, Londres, que estabeleceu programa de redução de emissões de carbono no setor de transportes, cortando 60% das emissões até 2025, tendo como base o ano de 1999 (LU, 2009). Em Portugal, a cidade do Porto estabeleceu uma meta de redução de 45% até 2020, em relação a 2004 (ADEPORTO, 2009), enquanto que a cidade de Lisboa estabeleceu meta de 20% de redução entre 2013 e 2020, tendo como base o ano de 2012 (LISBOA e-NOVA, 2014). No

Brasil, o estado do Rio de Janeiro fixou pelo decreto nº 43.216 de 30/09/2011, objetivos de redução de 30% das emissões entre 2010 e 2030, em relação ao ano de 2010, enquanto que o estado de São Paulo aprovou o decreto nº 58.107 de 05/06/2012, que estabeleceu objetivos de redução de 20% das emissões até 2020, tendo por base o ano de 2005. Na cidade de Nova Iorque foi planejada uma redução de 30% das emissões até 2030, comparado a 2005 (PlaNYC, 2011).

Um sistema sobre trilhos transporta uma grande quantidade de passageiro-km (pkm) por dia. A medida pkm é a forma mais simples de realizar comparações de resultados de emissões de GEE, sendo utilizada em diferentes sistemas de transportes. Para obter o resultado dos pkm, deve-se multiplicar os totais correspondentes de passageiros transportados no ano pela extensão média das viagens, baseada em pesquisas de origem-destino dessas viagens.

Caso o sistema não existisse, parte dessas viagens seria feita em veículos do modo rodoviário, com maior emissão de GEE por pkm. Pode-se então afirmar que o usuário, ao realizar uma viagem no sistema sobre trilhos, evita a emissão de certa quantidade de GEE, que haveria caso o sistema sobre trilhos não estivesse em operação, e a viagem fosse realizada por automóvel, ou por outro modo de transporte de maior emissão que o sistema sobre trilhos.

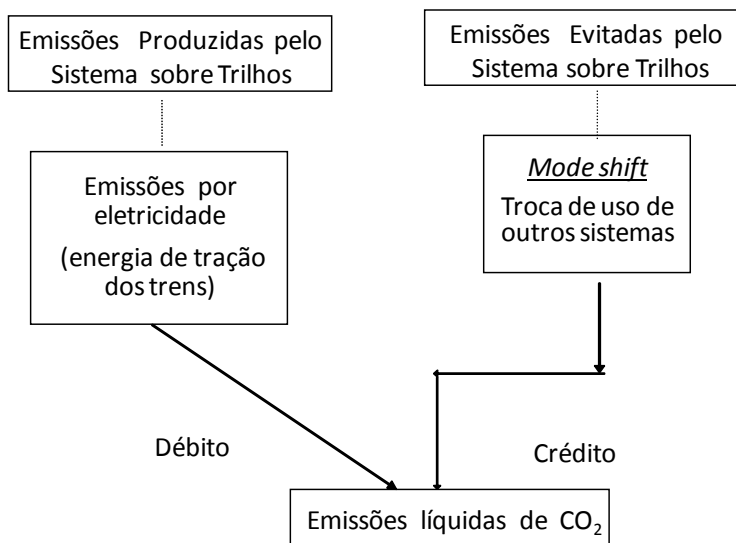
Com isso, conclui-se que, sob a ótica ambiental, para fins de mitigação do aumento das emissões de GEE pelo setor de transportes, existe uma real necessidade de se investir e realizar o avanço urgente no sistema sobre trilhos. Essa estratégia passou a ser uma solução encontrada pelos governos das cidades para auxiliar no atingimento das metas estipuladas de reduções das emissões.



## 2.2. A EMISSÃO DE GEE EVITADA PELA OPERAÇÃO DO SISTEMA SOBRE TRILHOS

A implantação, melhoria e maior utilização do sistema sobre trilhos podem contribuir para a redução das emissões, por meio da diminuição do uso do transporte de baixa capacidade, como automóveis particulares, táxis e motocicletas, e do transporte de média capacidade, como os ônibus e vans. Esse conceito é chamado de emissões evitadas pela operação do sistema sobre trilhos.

As emissões evitadas pela operação do sistema sobre trilhos são calculadas, principalmente, através da quantificação do deslocamento de usuários de outros meios de transporte de maior emissão para o sistema sobre trilhos. Esse deslocamento é conhecido como fator “*mode shift*”, sugerido em estudo da *American Public Transportation Association* (APTA), envolvendo todo o sistema de transporte público da cidade de Nova Iorque (APTA, 2009), sendo esse conceito amplamente utilizado em estudos específicos para sistemas sobre trilhos. A base desse conceito é o fato de que, sem a operação do sistema sobre trilhos, a cidade teria uma circulação muito maior de outros meios de transportes mais poluentes. Isso produziria por si só, em geral, maior emissão. A diferença entre a emissão evitada e a produzida fornecerá a emissão líquida evitada, conforme visualizado na figura 2.



**Figura 2:** A emissão evitada pela operação do sistema sobre trilhos

Fonte: Adaptado de APTA (2009)

A determinação da emissão evitada pela operação do sistema sobre trilhos, através da utilização do fator “*mode shift*”, é a mais usual em estudos já publicados. Ela consiste na estimativa da emissão de GEE produzida por outros meios de transporte na absorção da demanda diária do sistema sobre trilhos. Para isso devem-se obter os dados de qual meio de transporte cada usuário utilizaria se não existisse o sistema, estimando a quantidade de GEE emitida na utilização desses meios de transportes. De acordo com *Florida Department of Transportation* (FDT) existem 4 formas usuais para se fazer a estimativa das emissões evitadas através da utilização do fator “*mode shift*” (FDT, 2008):

- a) simular a ausência do sistema sobre trilhos em modelos de demanda de viagens.
- b) examinar o comportamento das viagens durante longas interrupções do sistema sobre trilhos, como greves.

- c) realizar pesquisa com os usuários sobre suas preferências de viagens.
- d) utilizar um conjunto de padrões baseado no tamanho da população.

As emissões líquidas evitadas serão determinadas por meio da diferença entre a emissão produzida pelo consumo da energia elétrica necessária para prover a força de tração dos trens do sistema sobre trilhos e a sua emissão evitada. Pode-se concluir, por meio do resultado dessa diferença, se o sistema sobre trilhos possui emissão líquida positiva ou negativa. A emissão líquida positiva significa que o sistema produz mais do que evita. A emissão líquida negativa significa que a operação do sistema compensa as emissões produzidas e ainda evita uma determinada quantidade de emissão, que é usualmente quantificada em toneladas de GEE (tGEE).

A emissão líquida evitada pode ser expressa em forma de toneladas de GEE evitadas para cada tonelada produzida, o que dará uma medida da eficiência da redução de GEE oferecida pela operação do sistema sobre trilhos. Os resultados de estudos publicados em sistemas sobre trilhos quantificam e comprovam os benefícios da redução das emissões pela operação de um sistema sobre trilhos, como nos sistemas metroviários das cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Porto, que são detalhados na sequência.

### **2.3. RESULTADOS DE ESTUDOS PUBLICADOS DE EMISSÃO EVITADA NOS METRÔS DE SÃO PAULO, RIO DE JANEIRO E PORTO (PORTUGAL)**

Segundo o estudo publicado pelo Metrô de São Paulo (2015), as emissões evitadas pela rede metroviária operada pelo Metrô de São Paulo são calculadas considerando os

ganhos obtidos com a transferência de usuários de automóveis e ônibus para o sistema. Considerando que, em 2014, foram evitadas 875 mil toneladas de GEE com a operação da rede metroviária em São Paulo e emitidas 56 mil toneladas em decorrência do consumo de energia elétrica para tração dos trens, o balanço líquido de emissões evitadas foi de 819 mil tGEE. Assim, para cada tonelada de GEE emitida em função da operação do Metrô de São Paulo, foi evitada a emissão de aproximadamente 15 tGEE – um benefício de 1.500%. O benefício, medido anualmente, mostra que a utilização do Metrô de São Paulo é estratégica para a mobilidade urbana sustentável (Metrô de São Paulo, 2015).

No estudo publicado pelo Metrô do Porto (2014), as emissões consideram a transferência de usuários de automóveis, ônibus, transporte alternativo (vans) e também do sistema ferroviário. Considerando que, em 2013, foram evitadas 59,4 mil toneladas em GEE com a operação da rede metroviária na cidade de Porto e emitidas 12,4 mil toneladas em decorrência do consumo de energia elétrica para tração dos trens, o balanço líquido de emissões evitadas foi de 47 mil tGEE, Assim, para cada tonelada emitida em função da operação do Metrô do Porto, foi evitada a emissão de aproximadamente 4,7 tGEE.

Não foram encontrados detalhamentos publicados sobre a metodologia utilizada para se chegar aos resultados dessas publicações do Metrô de São Paulo (2015) e do Metrô do Porto (2014). O Metrô do Rio de Janeiro também quantificou e publicou, no Relatório Anual do grupo Invepar, o resultado de sua emissão evitada no ano de 2014, conforme apresentado na figura 3.

## Emissões Evitadas pelo MetrôRio

Por constituírem um meio de transporte de massa, os sistemas metroviários ocupam lugar de destaque na solução para a mobilidade das grandes cidades e contribuem significativamente para a redução da emissão de CO<sub>2</sub> equivalente, porque, além de eles mesmos gerarem poucos gases, evitam a emissão que seria produzida caso seus passageiros tivessem que usar modos de transporte mais poluentes, como, por exemplo automóveis, ônibus, táxis, vans, motos etc. Esse conceito também se aplica ao MetrôRio, que o traduz, a seguir, em números.

### Emissões produzidas x Emissões evitadas – Ano-base 2014:

<b>Débito</b>	Emissão produzida (energia de tração dos trens)	22.353 tCO <sub>2</sub> e
<b>Crédito</b>	Emissão evitada	88.389 tCO <sub>2</sub> e
<b>Resultado</b>	Emissão líquida evitada	66.036 tCO <sub>2</sub> e
<b>Emissão evitada por passageiro-km</b>		<b>26 gCO<sub>2</sub>e</b>

A relação entre débito e crédito indica que para cada tonelada de CO<sub>2</sub>e produzida pelo MetrôRio em 2014, cerca de quatro toneladas foram evitadas. Com isso, pode-se concluir que a operação do sistema metroviário ao longo do ano evitou uma emissão líquida para a cidade do Rio de Janeiro de aproximadamente 66 mil toneladas de CO<sub>2</sub>e, comprovando os benefícios da operação do MetrôRio.

**Figura 3:** A emissão evitada pela operação do Metrô do Rio de Janeiro no ano de 2014. Fonte: Invepar (2015)

O grupo Invepar é um grupo brasileiro que atua no segmento de infraestrutura em transportes, no Brasil e no exterior, com foco em gestão e operação de rodovias, sistemas de mobilidade urbana e aeroportos. Atualmente, o Grupo Invepar é composto por 12 empresas concessionárias de serviços públicos nas áreas de Rodovias, Aeroportos e Mobilidade Urbana. As empresas da Invepar estão presentes em sete estados brasileiros – Bahia, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais, Pernambuco, Rio de Janeiro e São Paulo. A figura 4 lista todas as empresas pertencentes ao grupo Invepar, entre as quais, o Metrô do Rio de Janeiro.



**Figura 4:** Lista das 12 empresas pertencentes ao grupo Invepar. Fonte: Invepar (2015)

A Invepar reconhece que o seu trabalho traz impactos ambientais diversos, como a emissão de gases que provocam o efeito estufa e o consequente aumento da temperatura em nível global. Por isso, tomou a iniciativa de inventariar a emissão de GEE em todas as empresas do grupo. Com os resultados desses inventários, a Invepar pretende desenvolver procedimentos de medição, coleta, controle e comunicação de informações relacionadas ao consumo de recursos e suas respectivas emissões de GEE (Invepar, 2015).

Assim como ocorreu nas publicações dos resultados dos demais sistemas sobre trilhos, não foi apresentado o detalhamento dos cálculos na publicação do resultado do Metrô do Rio de Janeiro no Relatório Anual de 2014 da Invepar.

Como esse estudo do Metrô do Rio de Janeiro foi produzido pelos autores deste artigo, a proposta é apresentar os detalhes do procedimento de cálculo adotado para se chegar aos resultados apresentados. Dessa forma, pretende-se oferecer um guia teórico para que os operadores de sistemas sobre trilhos possam aplicar, na prática, o procedimento de cálculo da emissão de GEE evitada pelas suas operações.

A aplicação do procedimento proposto nesse trabalho possibilita que as operadoras dos sistemas sobre trilhos do Brasil tenham conhecimento da importância da operação dos seus sistemas e consigam também estimar a real contribuição que estão dando nas ações de mitigação das emissões de GEE do setor de transportes de suas cidades.

Essa informação, amplamente divulgada à sociedade, é uma forma de motivação para que as operadoras busquem implantar ações de captação de novos usuários para os sistemas sobre trilhos do Brasil, para que as autoridades governamentais valorizem uma conscientização ambiental nas implantações de soluções de transportes nas cidades brasileiras, criando novos projetos com essa visão, como forma de mitigar ainda mais as emissões totais de GEE do sistema de transportes do Brasil.

## **2.4. AUMENTO URGENTE DA REDE SOBRE TRILHOS NO BRASIL – PROJETOS BRASILEIROS EM EXECUÇÃO E EM PLANEJAMENTO**

Sob a ótica ambiental, visando à redução das emissões de GEE pelo setor de transportes, o avanço do sistema sobre trilhos passou a ser uma excelente solução adotada recentemente por diversas cidades do mundo, em especial no Brasil, onde tem ocorrido a implantação e o planejamento de diferentes projetos de sistemas sobre trilhos.

Os 25 projetos, contratados ou em execução, permitirão ao Brasil dar um grande passo para ampliar sua rede metroferroviária até 2020. São 331 km em execução, que incluem metrô, trens urbanos, VLT (Veículos Leve sobre Trilhos), monotrilho e trens regionais. Apesar de ser um transporte sustentável, seguro, rápido, eficiente e regular, no passado o sistema sobre trilhos não foi devidamente valorizado no planejamento urbano de nossas grandes e médias cidades. Agora, o sistema está ganhando força novamente e os novos projetos estão sendo apresentados, como nos exemplos a seguir (ANPTrilhos, 2015).

### **PROJETOS SOBRE TRILHOS EM EXECUÇÃO:**

- **METRÔ**

Implantação da Linha Leste do Metrô de Fortaleza – 13 km

Implantação da Linha Lapa a Pirajá (Linha 1) do Metrô de Salvador – 12 km

Implantação da Linha Bonocô ao Aeroporto (linha 2) do Metrô de Salvador – 20 km

Ampliação das linhas Sul e Centro do Metrô de Recife – 57,5 km

Implantação da Linha 4 do Metrô do Rio de Janeiro – 14 km



Implantação da Linha 6 do Metrô de São Paulo – 15,9 km

Extensão da Linha 4 – Amarela – 3,9 km

Extensão da Linha 5 - Lilás do Metrô de São Paulo – 11,5 km

- **TREM URBANO**

Trem Urbano – Extensão da Linha 8 Diamante – 6,3 km

Trem Urbano – Extensão da Linha 9 Esmeralda – Zona Sul – 4,5 km

Trem Urbano – Linha 13 Jade São Paulo – Guarulhos – 12,2 km

- **VLT**

VLT de Fortaleza – 12,7 km

VLT Sobral – 11 km

VLT de Goiânia – 13,2 km

VLT de Cuiabá – 22,2 km

VLT área central e portuária do Rio de Janeiro – 28 km

VLT de Baixada Santista – 15 km

- **MONOTRILHO**

Monotrilho de São Paulo (Linha 15 - Prata) – 26,6 km

Monotrilho de São Paulo (Linha 17 - Ouro) – 17,68 km

Monotrilho de São Paulo (Linha 18 - Bronze) – 15,7 km

## PROJETOS SOBRE TRILHOS COM POTENCIAL PARA CONTRATAÇÃO ATÉ 2020:

- **METRÔ**

Expansão da linha Ceilândia e Linha Samambaia e Asa Norte – 7,5 km

Implantação da Linha 2 do Metrô de Belo Horizonte – 17,5 km

Implantação da Linha 3 do Metrô de Belo Horizonte – 12,5 km

Extensão da Linha 20 – Rosa do Metrô de São Paulo – 12 km

Extensão da Linha 2 – Verde do Metrô de São Paulo – 14,4 km

Implantação da Linha 1 do Metrô de Curitiba – 14,2 km

Implantação da Linha 1 do Metrô de Porto Alegre – 14,9 km

Implantação da Linha 3 – São Gonçalo/Niterói – 37,2 km

- **TREM URBANO**

Trem urbano – Novo Eldorado/Belvederi - 37 km

- **AEROMÓVEL**

Aeromóvel Canoas Etapa 1 e 2 – 5,9km

- **VLT**

Maceió Expansão – 3,5 km

VLT Maceió – Aeroporto – 20 km

VLT Metropolitano – 41,8 km

VLT de Natal – 14,56 km

VLT de Brasília – 6,4 km

VLT Recife – 30 km

- **MONOTRILHO**

Monotrilho de Manaus – 20,2 km

- **TRENS REGIONAIS**

Trem Brasília – Goiânia – 200 km

Trens Regionais Mineiros – 330 km

Projeto Trens Intercidades (SP) – 432 km

Em 2013, o setor de transportes brasileiro foi responsável por 46,9% do total das emissões do país (EPE, 2014), um percentual bem acima da média mundial, que é de 23% de participação do setor de transportes no total das emissões globais (OECD, 2010). Ou seja, as emissões de GEE pelo setor de transportes do Brasil correspondem ao dobro das emissões do setor de transportes do mundo. Essa diferença de resultados comprova quão importante é para o Brasil realizar urgentemente um grande avanço da rede sobre trilhos, visando à redução das emissões de GEE pelo setor de transportes brasileiro.

Atualmente, o sistema sobre trilhos de passageiros no Brasil é responsável pela retirada de cerca de 1 milhão de automóveis e mais de 16.000 ônibus por dia dos centros urbanos onde há transporte regular sobre trilhos (ANPTrilhos, 2015). Como as previsões do setor para os próximos 5 anos são muito positivas, tendo em vista as expansões e os novos sistemas sobre trilhos que estão sendo implantados, a expectativa é que ocorra um aumento ainda maior da retirada do número de automóveis e de ônibus em circulação nas ruas, e que toda essa demanda passe a ser atendida com a implantação desses projetos de sistemas



sobre trilhos no Brasil, ocorrendo uma forte mitigação do aumento das emissões de GEE pelo setor de transportes brasileiro.

Na sequência, será apresentado um procedimento de cálculo da emissão evitada em um sistema sobre trilhos em operação, com a descrição conceitual e a aplicação do procedimento nas Linhas 1 e 2 do Metrô do Rio de Janeiro. Esse procedimento poderá, potencialmente, ser aplicado em qualquer sistema sobre trilhos de qualquer local, de tal forma que seja possível quantificar o ganho na redução das emissões que um determinado sistema sobre trilhos pode trazer em função da sua operação.

### 3. ANÁLISE DE RESULTADOS

#### 3.1. PROCEDIMENTO DE CÁLCULO DA EMISSÃO EVITADA PELA OPERAÇÃO DO METRÔ DO RIO DE JANEIRO

O procedimento de cálculo da emissão evitada pela operação do Metrô do Rio de Janeiro é composto por 7 etapas. A etapa 1 consiste no levantamento do resultado da emissão produzida pela geração da energia de tração dos trens. As etapas 2 a 6 consistem no cálculo da emissão evitada, enquanto que a etapa 7 consiste no cálculo da emissão líquida evitada.

Etapa 1: Obter no Inventário de Emissões de GEE do sistema sobre trilhos o resultado anual da emissão produzida pela energia de tração dos trens do sistema, em tGEE.

Etapa 2: Através de pesquisas diretas realizadas com usuários, levantar suas escolhas por outros meios de transportes a serem utilizados no caso da indisponibilidade do sistema sobre trilhos.

Etapa 3: Determinar a quantidade de passageiro-km (pkm) de cada meio de transporte escolhido.

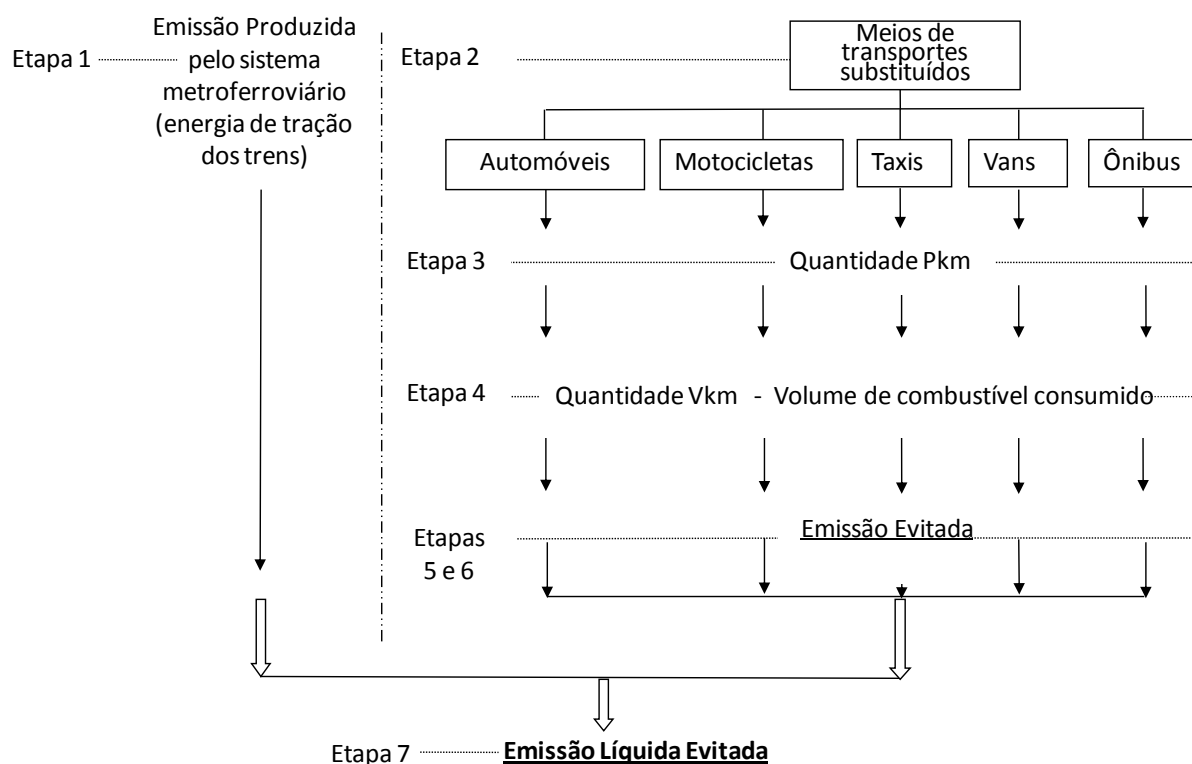
Etapa 4: Estimar a quantidade adicional de veículos-km (vkm) correspondentes a cada meio de transporte e a cada tipo de combustível utilizado, permitindo a obtenção das quantidades consumidas de cada combustível.

Etapa 5: Calcular a emissão adicional produzida por cada meio de transporte e combustível.

Etapa 6: Obter o resultado anual da emissão evitada, em tGEE, com base em cálculos realizados através dos dados levantados nas etapas 2 a 5.

Etapa 7: Obter o resultado anual da emissão líquida evitada, em tGEE, através da diferença entre a emissão evitada (etapa 6) e a emissão produzida pela energia de tração dos trens do sistema (etapa 1).

A figura 5 ilustra cada uma das 7 etapas do procedimento de cálculo da emissão evitada pela operação do Metrô do Rio de Janeiro.



**Figura 5:** Etapas do procedimento de cálculo da emissão evitada pela operação do Metrô do Rio de Janeiro

### **3.2. APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE CÁLCULO DA EMISSÃO EVITADA PELA OPERAÇÃO DO METRÔ DO RIO DE JANEIRO - ANO 2014**

Será apresentado o desenvolvimento de cada uma das 7 etapas do procedimento proposto, descrevendo todos os conceitos e as premissas adotadas para o desenvolvimento do cálculo da emissão de GEE evitada pela operação das Linhas 1 e 2 do Metrô do Rio de Janeiro.

**Desenvolvimento da etapa 1 (Obter no Inventário de Emissões de GEE do sistema sobre trilhos o resultado anual da emissão produzida pela energia de tração dos trens do sistema, em tGEE):**

Para cumprimento da etapa 1, é necessário que o sistema sobre trilhos produza o Inventário de Emissões de GEE, ou que alguma empresa especializada seja contratada para elaborar esse Inventário. Com isso, basta consultar o resultado, em toneladas de GEE, da emissão produzida pela energia de tração dos trens do sistema.

No caso do Metrô do Rio de Janeiro, o Inventário de emissões de GEE começou a ser produzido no ano de 2011. Atualmente, a empresa Way Carbon elabora o Inventário de emissões de todas as empresas pertencentes ao grupo Invepar, inclusive o Inventário de emissões de GEE do Metrô do Rio de Janeiro.

Consultando o Inventário de emissões de GEE do Metrô do Rio de Janeiro do ano de 2014, chega-se ao resultado de 22.353 tGEE referente ao consumo da energia de tração dos trens das Linhas 1 e 2 do Metrô do Rio de Janeiro (MetrôRio, 2015), definindo o resultado do “débito” pelo procedimento proposto.

**Desenvolvimento da etapa 2 (Através de pesquisas diretas realizadas com usuários, levantar suas escolhas por outros meios de transportes a serem utilizados no caso da indisponibilidade do sistema sobre trilhos):**

O Metrô do Rio de Janeiro realiza obrigatoriamente pesquisas diretas com seus usuários duas vezes por ano, através de uma empresa contratada idônea, com o objetivo de conhecer o perfil dos usuários e avaliar o nível de serviço prestado do sistema. Uma das perguntas feitas é: “Para realizar essa mesma viagem, que outro meio de transporte você usaria se não existisse o Metrô do Rio de Janeiro?” A tabela 1 mostra o resultado da pesquisa realizada em setembro de 2014, pelo IBOPE – Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística. Os valores mostrados referem-se a pesquisas realizadas durante as viagens em todos os horários da Operação Comercial, e também considerando somente as viagens nos horários de picos.

**Tabela 1:** Escolha de modo de transporte no caso da indisponibilidade do Metrô do Rio de Janeiro. Fonte: MetrôRio (2014)

ESCOLHA DO MEIO DE TRANSPORTE	TODOS HORÁRIOS DA OPERAÇÃO COMERCIAL	SOMENTE NOS HORÁRIOS DE PICOS
Ônibus	66%	68%
Trem (ferrovia)	13%	12%
Automóvel particular	7%	7%
Motocicleta	1%	1%
Taxi	5%	5%
Van	5%	4%
A pé	2%	2%
Bicicleta	1%	1%



Nos ônibus e nas vans, foi utilizada a premissa de que nos horários de picos haverá a lotação máxima em todas as viagens realizadas (80 passageiros nos ônibus e 12 passageiros nas vans) e, para as viagens fora dos horários de picos, a lotação diminui para a metade da capacidade máxima (40 passageiros nos ônibus e 6 passageiros nas vans).

O trem (ferrovia), por usar energia elétrica, tal como os metrô, não terá impacto sensível na emissão de GEE e não será considerado neste estudo.

Para os automóveis particulares, motocicletas e taxis, serão considerados que cada passageiro viajará em um veículo, independente de ser, ou não, horário de pico, gerando sempre uma demanda adicional.

Os meios de transportes a pé e de bicicleta estão sendo ignorados do cálculo por não emitirem GEE.

**Desenvolvimento da etapa 3 (Determinar a quantidade de pkm de cada meio de transporte escolhido):**

Conforme dados fornecidos pelo MetrôRio (2015), o total de pkm transportados, em 2014, durante todos os horários da Operação Comercial atingiu o valor de 2.496.418.593, e nos horários de picos atingiu o valor de 1.160.834.645. Aplicando os percentuais da pesquisa é possível obter-se a quantidade de pkm referente a cada modo de transporte, seja em todos os horários da Operação Comercial, ou somente nos horários de picos e vales, conforme a tabela 2.

**Tabela 2:** Pkm de cada modo de transporte escolhido. Fonte: MetrôRio (2015)

MODO DE TRANSPORTE	TODOS HORÁRIOS DA OPERAÇÃO COMERCIAL	SOMENTE NOS HORÁRIOS DE PICOS	SOMENTE NOS HORÁRIOS FORA DE PICOS
Ônibus	1.647.636.272	789.367.559	858.268.713
Trem	324.534.417	139.300.158	185.234.259
Automóvel particular	174.749.302	81.258.425	93.490.877
Moto	24.964.186	11.608.346	13.355.840
Taxi	124.820.930	58.041.732	66.779.198
Van	124.820.930	46.433.386	78.387.544
A pé	49.928.372	23.216.693	26.711.679
Bicicleta	24.964.186	11.608.346	13.355.839
<b>Total</b>	<b>2.496.418.593</b>	<b>1.160.834.646</b>	<b>1.335.583.947</b>

**Desenvolvimento da etapa 4 (Estimar a quantidade adicional de vkm correspondentes a cada meio de transporte e a cada tipo de combustível utilizado, permitindo a obtenção das quantidades consumidas de cada combustível):**

a) **Automóveis particulares:** A necessidade adicional calculada é de 174.749.302 veículos-km. Os automóveis particulares usarão como combustível gasolina C, etanol (hidratado) ou GNV. É preciso então determinar quantos veículos-km corresponderão a cada tipo de combustível. Essa é a tarefa mais complexa e requer a investigação da frota ativa na região e, para os automóveis *flex*, uma estimativa do uso de gasolina/etanol. Serão utilizados os dados da frota do Rio de Janeiro: 50,33% movidos a gasolina, 10,90% movidos a etanol, 20,15% com motor *flex* e 18,62% convertidos a GNV (COPPETEC, 2011). Será assumido que os automóveis convertidos a GNV utilizarão esse combustível. Para o consumo de etanol pelos automóveis *flex*, observado que a relação de preços etanol/gasolina tem se mantido ao longo dos anos entre 60% e 80% (ANP, 2015), será utilizada a fórmula desenvolvida em

COPPETEC (2011) e que estima o percentual de usuários que utilizam etanol quando a relação de preços etanol/gasolina está entre 0,60 e 0,80:

$$\% \text{ etanol} = - 3,6945 * (\text{preço médio anual etanol} / \text{preço médio anual gasolina}) + 3,0219$$

Aplicando essa fórmula, resulta que 79,61% dos automóveis *flex* do Rio de Janeiro teriam utilizado gasolina no ano de 2014. Com isso, conclui-se que dos 20,15% de automóveis *flex* existentes no Rio de Janeiro, 16,04% deles utilizam a gasolina como combustível. Esse percentual de 16,04% é somado ao percentual de 50,33% da frota de automóveis que utiliza gasolina. Finalmente, conclui-se que do total da frota de automóveis do Rio de Janeiro 66,37% utilizam gasolina; 15,01% utilizam etanol e 18,62% utilizam GNV.

A gasolina utilizada é a gasolina C, que é uma mistura de gasolina A com etanol anidro. Em 2014 o etanol anidro foi adicionado numa proporção média de 25% ao longo do ano (MA, 2015). Portanto, para realizar o cálculo da quantidade de litros do combustível gasolina em todos os modos de transportes, é preciso retirar o percentual do etanol da gasolina C, sendo, portanto, contabilizada apenas a quantidade de litros da gasolina A.

Multiplicando os percentuais de uso de combustíveis pelo resultado do pkm corresponde aos automóveis particulares, resulta em: 115.984.536 veículos-km (gasolina), 26.226.446 veículos-km (etanol) e 32.538.320 veículos-km (GNV).

Numa estimativa conservadora, supondo que os automóveis da frota do Rio de Janeiro tivessem um rendimento de 10 km/l para a gasolina, 8,65 km/l para o etanol e 12

km/m<sup>3</sup> para o GNV (COPPETEC, 2011), seriam necessários 8.698.840 l de gasolina A, 3.031.959 l de etanol hidratado, 2.899.613 l de etanol anidro e 2.711.527 m<sup>3</sup> de GNV.

b) **Motocicletas:** As motocicletas usam como combustível gasolina ou etanol (hidratado). Conforme dados da COPPETEC (2011), a frota do Rio de Janeiro em 2010 era de 97,25% de motocicletas a gasolina e de 2,75% de motocicletas *flex*. Para as motocicletas *flex* será usada a mesma estimativa realizada para os automóveis particulares, ou seja, que 79,61% das motocicletas do Rio de Janeiro utilizam a gasolina como combustível, aumentando o total de motocicletas que utilizam gasolina para 99,44%, restando 0,56% de motocicletas que utilizam etanol como opção de combustível. Multiplicando esses percentuais pelos pkm correspondentes às motocicletas, chega-se à necessidade adicional de 24.824.224 vkm para gasolina e 139.962 vkm para etanol. Com o rendimento de 40 Km/h e 25 Km/h para a gasolina e etanol (COPPETEC, 2011), respectivamente, obtém-se 465.454 l de gasolina A e 5.598 l de etanol hidratado e 155.151 l de etanol anidro.

c) **Taxis:** Devido às vantagens financeiras a maioria dos taxis usa GNV, tendo um perfil de uso de combustíveis diferente dos automóveis de passeio. Segundo SMTR (2012), 76% da frota do Rio de Janeiro têm automóveis adaptados a GNV, sendo assumido que todos fazem uso do GNV, 1% têm automóveis movidos a etanol (hidratado), 2% automóveis movidos a gasolina e 21% automóveis *flex*. A mesma proporção de 79,61% de automóveis *flex* utilizando gasolina será utilizada, o que conduzirá ao resultado final de 18,72% da frota utilizando gasolina, 5,28% utilizando etanol e 76% utilizando GNV. Multiplicando esses percentuais com os pkm correspondentes aos taxis, chega-se à necessidade adicional de

23.364.815 vkm (gasolina), 6.592.208 vkm (etanol) e 94.863.907 vkm (GNV). Aplicando os mesmos rendimentos conservadores utilizados nos automóveis particulares, a quantidade equivalente de combustível será de 7.905.326 m<sup>3</sup> de GNV, 1.752.361 l de gasolina A, 762.105 l de etanol hidratado e 584.120 l de etanol anidro.

d) **Ônibus:** Os sistemas de ônibus do Rio de Janeiro utilizam basicamente o óleo diesel como combustível, portanto está sendo admitido que 100% dos ônibus utilizam o óleo diesel como combustível.

Está sendo utilizada como premissa que as linhas de ônibus do Rio de Janeiro não têm capacidade ociosa para absorver a grande quantidade de novos usuários que passaria a receber no caso da inexistência da operação do Metrô do Rio de Janeiro, necessitando, portanto, que esses novos usuários sejam acomodados em vkm adicionais. Com isso, foi considerado no cálculo a taxa máxima de lotação dos ônibus (80 passageiros) nos horários de picos e uma taxa média de lotação dos ônibus (40 passageiros) nos horários fora de picos.

Dividindo o pkm correspondente aos horários de picos dos ônibus por 80 passageiros, e somando à divisão do pkm correspondente aos horários fora de picos, chega-se ao valor de 31.323.812 vkm dos ônibus. Considerando o rendimento médio de 2,3 km por litro de óleo diesel do ônibus urbano (COPPETEC, 2011) seriam necessários 13.619.049 l de óleo diesel.

e) **Vans:** Os sistemas de vans do Rio de Janeiro utilizam basicamente o óleo diesel como combustível, portanto está sendo admitido que 100% das vans utilizam o óleo diesel como combustível.

Está sendo utilizada como premissa que as linhas de vans do Rio de Janeiro não têm capacidade ociosa para absorver a grande quantidade de novos usuários que passaria a receber no caso da inexistência da operação do Metrô do Rio de Janeiro, necessitando, portanto, que esses novos usuários sejam acomodados em vkm adicionais. Com isso, foi considerado no cálculo a taxa máxima de lotação das vans (12 passageiros) nos horários de picos e uma taxa média de lotação das vans (6 passageiros) nos horários fora de picos.

Dividindo o pkm correspondente aos horários de picos das vans por 12 passageiros, e somando à divisão do pkm correspondente aos horários fora de picos, chega-se ao valor de 16.934.039 vkm das vans. Considerando o rendimento médio de 9,09 km por litro de óleo diesel das vans (COPPETEC, 2011) seriam necessários 1.862.931 l de óleo diesel.

A figura 6 apresenta um resumo dos valores obtidos de vkm de cada modo de transporte e dos litros de cada tipo de combustível que seriam consumidos para atender a quantidade de vkm de cada modo de transporte.

MODOS DE TRANSPORTE	GASOLINA A			
	% da frota	veículo-km	km/l	litros de combustível
Automóveis	66,37%	115.984.536	10,0	8.698.840
Motos	99,44%	24.824.224	40,0	465.454
Taxis	18,72%	23.364.815	10,0	1.752.361
Ônibus	---	---	---	---
Vans	---	---	---	---

MODOS DE TRANSPORTE	ETANOL			
	% da frota	veículo-km	km/l	litros de combustível
Automóveis	15,01%	26.226.446	8,65	3.031.959
Motos	0,56%	139.962	25,00	5.598
Taxis	5,28%	6.592.208	8,65	762.105
Ônibus	---	---	---	---
Vans	---	---	---	---

MODOS DE TRANSPORTE	GNV			
	% da frota	veículo-km	km/m3	m3 de combustível
Automóveis	18,62%	32.538.320	12,0	2.711.527
Motos	---	---	---	---
Taxis	76,00%	94.863.907	12,0	7.905.326
Ônibus	---	---	---	---
Vans	---	---	---	---

MODOS DE TRANSPORTE	ÓLEO DIESEL			
	% da frota	veículo-km	km/l	litros de combustível
Automóveis	---	---	---	---
Motos	---	---	---	---
Taxis	---	---	---	---
Ônibus	100,00%	31.323.812	2,30	13.619.049
Vans	100,00%	16.934.039	9,09	1.862.931

**Figura 6:** Quantidade adicional de vkm correspondentes a cada modo de transporte e a as quantidades de litros para cada tipo de combustível

**Desenvolvimento da etapa 5 (Calcular a emissão adicional produzida por cada meio de transporte e combustível):**

As emissões do combustível etanol (hidratado e anidro) são consideradas neutras, por se tratar de uma fonte renovável, uma vez que já foram ou serão absorvidas no plantio da cana de açúcar ou de outra fonte vegetal. Portanto, todas as emissões oriundas da queima do etanol são consideradas como emissões neutras, não sendo as mesmas contabilizadas para fins de cálculo das emissões dos combustíveis fósseis.

Com base nisso, só estão sendo contabilizadas neste trabalho as emissões das queimas dos combustíveis: gasolina A, óleo diesel e GNV. De acordo com a COPPETEC (2011) os fatores de emissão são: 2,25 kgCO<sub>2</sub>/l para a gasolina A; 2,71 kgCO<sub>2</sub>/l para o óleo diesel e 2,06 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> para o GNV. A tabela 3 apresenta as emissões evitadas pelo consumo de cada tipo de combustível, em toneladas de GEE, através do fator “*mode shift*”:

**Tabela 3:** Emissões evitadas pelo consumo de cada tipo de combustível, em tGEE

TIPO DE VEÍCULO	GASOLINA A	ÓLEO DIESEL	GNV
Automóveis	19.572	-	5.586
Motocicletas	1.047	-	-
Taxis	3.943	-	16.285
Ônibus	-	36.908	-
Vans	-	5.048	-
<b>TOTAL</b>	<b>24.562</b>	<b>41.956</b>	<b>21.871</b>

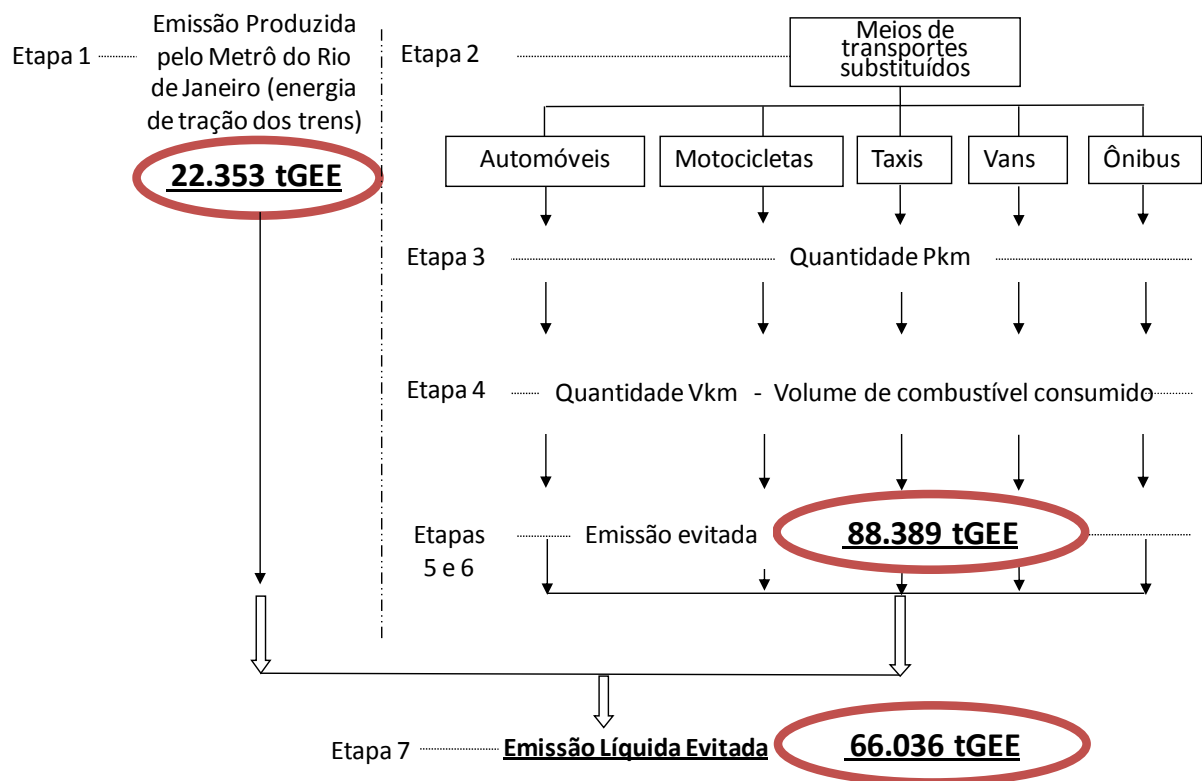


**Desenvolvimento da etapa 6 (Obter o resultado anual da emissão evitada, em tGEE, com base em cálculos realizados através dos dados levantados nas etapas 2 a 5):**

Em relação às emissões evitadas totais do ano de 2014, somando-se as emissões dos combustíveis gasolina A, óleo diesel e GNV, chega-se ao valor total de 88.389 tGEE, que devem ser creditadas ao Metrô do Rio de Janeiro por conta do fator “*mode shift*”.

**Desenvolvimento da etapa 7 (Obter o resultado anual da emissão líquida evitada, em tGEE, através da diferença entre a emissão evitada - etapa 6 - e a emissão produzida pela energia de tração dos trens do Metrô do Rio de Janeiro - etapa 1):**

A relação entre a emissão produzida (22.353 tGEE) e a evitada (88.389 tGEE) indica que para cada tonelada de GEE produzida pelo Metrô do Rio de Janeiro no ano de 2014 cerca de 4 toneladas foram evitadas. A figura 7 resume todos os resultados encontrados e mostra que a emissão líquida evitada será de 66.036 tGEE, ou 26 gramas de GEE por pkm.



**Figura 7:** Resultado da emissão líquida evitada, em tGEE, pela operação das Linhas 1 e 2 do Metrô do Rio de Janeiro no ano de 2014

Esse valor é um valor conservador e referente apenas ao fator “*mode shift*”, não levando em consideração outras variáveis, como, por exemplo, o aumento do congestionamento viário em função do maior número de veículos rodoviários em circulação, o que acarretaria em menor velocidade média desses veículos e, conseqüentemente, maior quantidade de combustível fóssil queimada, aumentando a emissão de GEE. Portanto, pode-se afirmar que o resultado encontrado nesse estudo se trata de um resultado bem conservador, podendo o benefício da redução da emissão de GEE ser ainda maior.

#### 4. CONCLUSÕES

A avaliação da emissão de GEE pelos sistemas sobre trilhos traria resultados mais significativos se fossem considerados outros aspectos além da emissão de GEE pelo consumo da energia elétrica necessária para prover a força de tração dos trens, durante a operação dos sistemas.

A proposta desse estudo consistiu em estabelecer um procedimento de cálculo das emissões de GEE em sistemas sobre trilhos que considere os efeitos benéficos de redução da emissão de GEE que a operação e a implantação dos sistemas sobre trilhos podem trazer ao setor de transportes, através do cálculo das emissões evitadas pela não utilização de outros modos de transportes mais poluentes. Dessa forma, foi possível mostrar uma visão mais precisa da real dimensão da emissão de GEE causada e evitada pelos sistemas sobre trilhos, quantificando a real contribuição da redução das emissões de GEE no setor de transportes causadas pela operação de um sistema sobre trilhos.

O objetivo do estudo foi atingido por meio da aplicação do cálculo das emissões evitadas pela operação das Linhas 1 e 2 do Metrô do Rio de Janeiro no ano de 2014, através do fator “*mode shift*”, obtendo-se um resultado líquido de emissões evitadas, em 2014, de 66.036 tGEE, equivalente a 26 gramas de GEE por pkm. O resultado indica que para cada 1 tonelada de GEE produzida pelo Metrô do Rio de Janeiro no ano de 2014 cerca de 4 toneladas foram evitadas.

Conclui-se que existe um ganho na redução da emissão de GEE no setor de transportes devido à operação de um sistema sobre trilhos com demanda adequada. Caso esse sistema não existisse, os habitantes realizariam os seus deslocamentos em outros

modos de transportes do modo rodoviário, que são mais poluentes, aumentando a emissão de GEE pelo setor de transportes.

Seria indicado às autoridades o estabelecimento de uma política de incentivo ao uso dos sistemas sobre trilhos alimentados por energia elétrica, minimizando a circulação de um maior número de veículos rodoviários, a base de combustíveis fósseis. Esse estudo comprovou e quantificou que essa é uma excelente medida para provocar a mitigação do aumento das emissões de GEE pelo setor de transporte. No Brasil, os atuais projetos de sistemas sobre trilhos em implantação, ou em planejamento, comprovam que as autoridades brasileiras estão conscientes da necessidade de se realizar o avanço urgente da rede sobre trilhos do Brasil, visando à redução do aumento das emissões de GEE pelo setor de transportes brasileiro.

A proposta de novos estudos se baseia em realizar um novo trabalho para conhecer as diferenças de resultados nas emissões de GEE em função do consumo da energia de tração dos trens, durante um mesmo período de tempo de operação, considerando os horários de picos e os horários de vale. Em função dos diferentes carregamentos dos trens nos horários de picos e fora de picos, a tendência é que esses resultados de consumo da energia elétrica, e conseqüentemente das emissões de GEE, sejam bem diferentes. Com a aplicação desse novo estudo, seria possível quantificar essas diferenças nos resultados das emissões nos horários de picos e horários de vale, visando estabelecer melhores estratégias de diminuição do consumo de energia elétrica e do impacto nas emissões de GEE pelo setor de transportes.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEPORTO (2009) Plano de Acção para a energia sustentável da cidade do Porto. Agência de Energia do Porto. Disponível em <<http://www.adeporto.eu/admin/anexos/newsletter/news1378119716.pdf>>. Acesso em 27/07/15.
- ANP (2015) Comercialização. Agência Nacional do Petróleo. Disponível em <[http://www.anp.gov.br/?pg=76798#Se\\_\\_o3](http://www.anp.gov.br/?pg=76798#Se__o3)>. Acesso em 27/07/15.
- ANPTrilhos (2015) Balanço do setor metroferroviário 2013/2014. Associação Nacional dos Transportadores de Passageiros sobre Trilhos. Disponível em: <<http://anptrilhos.org.br/wp-content/uploads/2015/03/BALANCO-2013.pdf>>. Acesso em 27/07/15.
- APTA (2009) Recommended practices for quantifying greenhouse gas emissions from transit. American Public Transportation Association. Disponível em: <<http://www.apta.com/resources/hottopics/sustainability/Documents/Quantifying-Greenhouse-Gas-Emissions-APTA-Recommended-Practices.pdf>>. Acesso em: 27/07/15.
- CoMET (2014) Key Performance Indicators – Annual Report (2013 data). Community of Metros.
- COPPETEC (2011) Inventário de emissões atmosféricas por veículos automotores do Estado do Rio de Janeiro. Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos. Disponível em: <[http://download.rj.gov.br/documentos/10112/975111/DLFE-51272.pdf/Inventario\\_2011.pdf](http://download.rj.gov.br/documentos/10112/975111/DLFE-51272.pdf/Inventario_2011.pdf)>. Acesso em 27/07/15.

EPE (2014) Balanço energético nacional de 2013. Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em:

<[https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final\\_2014\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2014_Web.pdf)>. Acesso em 27/07/15.

FDT (2008) Conserve by transit: Analysis of the energy consumption and climate change benefits of transit. Florida Department of Transportation. Disponível em <<http://planfortransit.com/wp-content//ConservebyTransitFinalReport.pdf>>. Acesso em 27/07/15.

IEA (2009) Transport, energy and CO<sub>2</sub>. International Energy Agency. Disponível em <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/transport2009.pdf>>. Acesso em 27/07/15.

Invepar (2015) Relatório Anual do grupo Invepar de 2014. Disponível em: <<http://ri.invepar.com.br/rao2014/>>. Acesso em 27/07/15.

IPCC (2014a) IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2014 – Synthesis Report. Intergovernmental panel on climate change. Disponível em <[http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5\\_SYR\\_FINAL\\_All\\_Topics.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_All_Topics.pdf)>. Acesso em 27/07/15.

IPCC (2014b) IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2014. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. Intergovernmental panel on climate change. Disponível em <<https://www.ipcc-wg1.unibe.ch/publications/wg1-ar4/ar4-wg1-chapter2.pdf>>. Acesso em 27/07/15.

LISBOA e-NOVA (2014) Plano de Acção para a Sustentabilidade Energética de Lisboa. Agência Municipal de Energia-Ambiente de Lisboa. Disponível em <[http://mycovenant.eumayors.eu/docs/seap/300\\_1316002099.pdf](http://mycovenant.eumayors.eu/docs/seap/300_1316002099.pdf)>. Acesso em: 27/07/15.

LU (2009) London Underground carbon footprint. London Underground. Disponível em <<https://tfl.gov.uk/cdn/static/cms/documents/london-underground-carbon-footprint-2008.pdf>>. Acesso em 27/07/15.

MA (2015) Mistura carburante automotiva (Etanol anidro/Gasolina) – Cronologia. Ministério da Agricultura. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Desenvolvimento\\_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/acompanhamento%20producao%20sucroalcooleira/CRONOLOGIA.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/acompanhamento%20producao%20sucroalcooleira/CRONOLOGIA.pdf)>. Acesso em 27/07/15.

Metrô de São Paulo (2015) Relatório de Sustentabilidade do Metrô de São Paulo do ano de 2014. Disponível em: <<http://www.metro.sp.gov.br/metro/sustentabilidade/relatorios-sustentabilidade.aspx>>. Acesso em 27/07/15.

Metrô do Porto (2014) Relatório de Sustentabilidade do Metrô do Porto do ano de 2013. Disponível em: <[http://www.metroporto.pt/PageGen.aspx?WMCM\\_PaginaId=17246](http://www.metroporto.pt/PageGen.aspx?WMCM_PaginaId=17246)>. Acesso em 27/07/15.

MetrôRio (2013) Informações da base de dados de cálculos do grupo CoMET/NOVA referente ao ano de 2012, disponibilizadas por Paulo Lacerda, analista de benchmarking do Metrô do Rio de Janeiro.

MetrôRio (2014) Resultado de pesquisa realizada pelo IBOPE com os usuários do Metrô do Rio de Janeiro no mês de setembro de 2014. Disponibilizado por Diego Garcia, Gerente de Planejamento de Transportes do Metrô do Rio de Janeiro.

MetrôRio (2015) Inventário de Emissão de Gases do Efeito Estufa do Metrô do Rio de Janeiro do ano de 2014. Disponibilizado por Anderson Correa, Gerente de Meio Ambiente do Metrô do Rio de Janeiro.

OECD (2010) Reducing transport greenhouse gas emissions – Trends & Data. Organization for Economic Co-operation and Development. Disponível em: <<http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/10GHGTrends.pdf>>. Acesso em 27/07/15.

PDE2023 (2015) Plano Decenal de Expansão de Energia 2023. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1432059/PDE+2023+%28PDF%29/f63b46f4-c9a0-4294-974e-ff2def8d67c8?version=1.1>>. Acesso em 27/07/15.

PlaNYC (2011) A greener, greater New York. New York City Plan. Disponível em: <[http://www.nyc.gov/html/planyc/downloads/pdf/publications/planyc\\_2011\\_planyc\\_full\\_report.pdf](http://www.nyc.gov/html/planyc/downloads/pdf/publications/planyc_2011_planyc_full_report.pdf)>. Acesso em 27/07/15.

SMTR (2012) Serviço de transporte de taxis no Rio de Janeiro. Secretaria Municipal de Trânsito do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.taxi-library.org/rio/deoliveira.pdf>>. Acesso em 27/07/15.





AEAMESP



WMO (2014) The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2013. World Meteorological Organization. Disponível em <[https://www.wmo.int/pages/mediacentre/press\\_releases/documents/1002\\_GHG\\_Bulletin.pdf](https://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/documents/1002_GHG_Bulletin.pdf)>. Acesso em 27/07/15.