

Henrique José Boneti

MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL) COMO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO DECORRENTES DE PROJETOS DE TRANSPORTE METROFERROVIÁRIO: Avaliação e aplicabilidade de metodologias empregadas em projetos de transporte rápido por ônibus.

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Área de concentração: Gestão Ambiental

Orientador: Dr. Lin Chau Jen

São Paulo

Dezembro 2007

B712m Boneti, Henrique José

Mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), como potencial de geração de créditos de carbono decorrentes de projetos de transporte metroferroviário: avaliação e aplicabilidade de metodologias empregadas em projetos de transporte rápido por ônibus. / Henrique José Boneti. São Paulo, 2008. 122p.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Lin Chau Jen

1. Mecanismo de desenvolvimento limpo - MDL 2. Transporte urbano 3. Transporte de passageiro 4. Transporte metroviário 5. Emissão de poluente 6. Tese I. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Coordenadoria de Ensino Tecnológico II. Título

08-60

CDU 614.72:656.025.2(043)

Dedicatória

Aos meus pais.
(In memoriam)

Agradecimentos

Agradeço ao Prof. Dr. Lin Chau Jen pela valiosa e paciente orientação.

Agradeço aos professores da Banca Julgadora, Simone Georges El Khouri Miraglia e Rubens Dias Humphreys, pelos utilíssimos comentários e conselhos, desde a fase de qualificação até a redação final do texto.

Agradeço a todos os demais professores do Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT que, com zelo e dedicação, abriram novos horizontes.

Agradeço ao Arquiteto Luiz Antonio Cortez Ferreira, do Metrô de São Paulo, pelas informações e aconselhamentos e, pelas trocas de idéias, quando da estruturação e realização do trabalho.

Agradeço à Nilza, minha mulher, pela imprescindível cooperação e incentivo e aos meus filhos Pedro e Paulo, por entenderem a minha ausência, durante os estudos e a elaboração do trabalho escrito.

RESUMO

Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), previsto no Artigo 12 do Protocolo de Quioto, no setor de transporte urbano de passageiro, são recentes e escassos.

Partindo-se de duas metodologias, uma já aprovada e outra em avaliação pelo Comitê Executivo do MDL, ambas utilizadas para o cálculo de dióxido de carbono, deixado de ser emitido, avaliou-se a possibilidade de adaptá-las, com o objetivo de calcular as reduções totais de emissões de CO₂e (dióxido de carbono equivalente), em razão da implantação de projetos de transporte urbano de passageiro sobre trilhos, avaliando-se o caso específico da Linha 4 – Amarela, do Metrô de São Paulo, que está sendo implantada.

Após a avaliação da metodologia aprovada AM 0031 e da NM 0229, em avaliação, pelo referido Comitê Executivo, verificou-se a possibilidade de adaptar esta última, para a obtenção de créditos de carbono gerados por projetos metroferroviário via a comercialização de Redução Certificada de Emissão (RCE).

Com a adaptação da metodologia NM 0229 foi possível calcular, para o primeiro período de sete anos, o montante de 1.021.637 toneladas equivalentes de dióxido de carbono (tCO₂e), que deixaram de ser emitidas. Comercializando-as pelo valor atual de mercado, é possível obter o valor aproximado de 15 milhões de dólares.

A metodologia adaptada incluiu nos cálculos uma série de variáveis que a original não considerava. Entre elas, cita-se o uso de gasolina, álcool, gás natural veicular (GNV) como combustíveis e o emprego de veículos do tipo flex.

Para o cálculo das emissões do Projeto, substituiu-se a fórmula original por outra que contempla o consumo de eletricidade em vez de combustível de origem fóssil. Por se tratar de uma linha de metrô, no cálculo das emissões de fuga, a fórmula de cálculo das emissões da construção foi adaptada para considerar a remoção de terra e rocha quando da perfuração dos túneis.

O trabalho apresenta os procedimentos empregados e os resultados obtidos e, fornece subsídios para a execução de projetos similares utilizando-se o MDL como fonte complementar de recursos financeiros para a execução de projetos metro-ferroviário.

Palavras-chave: Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), crédito de carbono, metodologia para projetos de transporte urbano de passageiros sobre trilhos, redução de emissões, emissão de linha de base, emissão de fugas, linhas de metrô, cálculo da redução total de emissões.

ABSTRACT

Clean Development Mechanism (CDM) as carbon credit generating potential originated from mass transit rail projects: evaluation and applicability of methodologies used in bus rapid transit projects

Clean Development Mechanism Projects defined in Article 12 of the Kyoto Protocol and related to urban mass transportations systems are new and small in number.

Considering two methodologies, one approved and another being evaluated by the CDM Executive Board, both used to calculate the amount of CO₂ not emitted, it was evaluated the possibility to adapt those methodologies with the aim to calculate the CO₂e total emission reductions, originated from implementing urban mass rail transportation projects, specifically the São Paulo Metro Line 4 – Yellow Project, now under construction.

Evaluation of the approved AM 031 and NM 0229 methodologies under evaluation by the referred Executive Board it was considered the possibility of adapting the last one to obtain carbon credits generated by mass rail transportation projects via trading Certified Emission Reduction (CER), which represents an emission reduction unit, corresponding to one tones of CO₂e, calculated using global warming potential.

Adapting the NM 0229 methodology it was possible to calculate, for the first period of seven years, the amount of 1,021,637 tCO₂e, not emitted. As per current trading market value, an income of approximately US\$ 15 millions is possible to be obtained.

Calculation with the adapted methodology included a series of variables, which the former methodology didn't consider. Among them it was included gasoline consumption, alcohol, natural vehicular gas (NVG), as different types of fuels. Also, the use of multi fuel vehicles was included.

Emission reductions resulting from the project activity were calculated by replacing the original formula by another one that took into consideration the consumption of electricity instead of fossil fuels. The project is a metro line and consequently, regarding the calculation of leakage emissions, the formula to calculate construction leakage emissions was adapted to include soil and rock removal due to tunnel drilling and civil works related to the construction of the metro line.

This work presents the procedures used and the results obtained and, possible subsidies to accomplish similar projects using CDM to assist arranging complementary funding for mass transit rail projects.

Keywords: Clean Development Mechanism Projects, carbon credit, methodology for mass transit rail projects, emission reduction, baseline emissions, leakage emission, metro lines, calculation of total reduction emissions.

Lista de tabelas

Tabela 2.1	Demonstrativo dos Benefícios Gerados pelo Sistema Metrô	12
Tabela 4.4.1	Volume Passageiros/Dia Transportados por Modos – Cidade do Rio de Janeiro	36
Tabela 4.5.1	Passageiros Transportado por ano pelas Operadoras.....	39
Tabela 5.4.2	Metodologia AM031 – Determinação das Emissões da Linha de Base.....	51
Tabela 6.1	Linha de Base – emissões Totais (tCO ₂ e).....	76
Tabela 6.2	Projeto Linha 4 Metrô de São Paulo – Emissões Totais.....	76
Tabela 6.3	Fugas do Projeto – Emissões Totais	77
Tabela 6.4	Reduções Globais de Emissões do Projeto (tCO ₂ e).....	77

Lista de abreviaturas e siglas

AND	Autoridade Nacional Designada
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
BM&F	Bolsa de Mercadorias e Futuro
BRT	<i>Bus Rapid Transit</i>
BVRJ	Bolsa de Valores do Rio de Janeiro
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CMSP	Companhia do Metropolitano de São Paulo
COP	Conferência das Partes
COV	composto orgânico volátil
CPMA	Comissão Permanente do Meio Ambiente – Min. dos Transportes
CQNUMC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
DALY	<i>Disability Adjusted Life Years</i>
DCP	Documento de concepção do projeto
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
EB	<i>Executive Board</i>
EOD	Entidade Operacional Designada
GEE	gases de efeito estufa
GNC	gás natural comprimido
GNL	gás natural liquefeito
GNV	gás natural veicular
GWP	<i>global warming potential</i>
HFCs	gases hidrofluorcarbonos
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
MBRE	Mercado Brasileiro de Redução de Emissões
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
NMT	Tráfego não motorizado
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OD	pesquisa origem-destino
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONU	Organização das Nações Unidas
PDD	<i>Project design document</i>
PFCs	gases perfluorcarbonos
PM10	material particulado inalável, com diâmetro menor que 10 micra
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição Veicular
PROMOT	Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares
RCE	Reduções certificadas de emissões
SECTRAN	Secretaria de Transporte do Estado do Rio de Janeiro
STUPST	Sistemas de transporte urbano de passageiro sobre trilhos
TRO	Sistemas de Trânsito Rápido por Ônibus
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
VOSL	valor estatístico de uma vida
YLD	anos de vida vividos (com doença)
YLL	anos de vida perdidos (por morte prematura)

SUMÁRIO

1. Introdução	9
2. Justificativa	11
3. Objetivos	24
3.1 Geral	24
3.2 Específicos	25
4. Revisão bibliográfica	26
4.1 Protocolo de Quioto e sua ratificação	26
4.2 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)	28
4.3 Ciclo de Projeto para o MDL	31
4.4 Aquecimento global e o transporte urbano nas cidades	33
4.5 Caracterização (Perfil) do setor metroferroviário brasileiro	38
4.6 Considerações sobre a metodologia para a linha de base ou cenário de referência	39
4.7 Projetos metroferroviários e o MDL	41
5. Método e procedimentos	43
5.1 O emprego de metodologia pré-aprovada ou a proposição de uma nova	45
5.2 Aspectos quantitativos do problema – variáveis envolvidas e equacionamento	46
5.3 A metodologia AM0031 – Metodologia de Base para Projetos de Trânsito Rápido por Ônibus – TRO	47
5.4 Formulação matemática com a Metodologia AM0031	51
5.4.1 Reduções de emissões	51
5.4.2 Determinação das emissões da linha de base	51
5.4.3 Emissões das atividades do projeto	54
5.4.4 Fugas	56
5.5 A metodologia NM 0229 – Metodologia para Projetos de Transporte Urbano Rápido de Massa	63
5.6 Formulação matemática com a Metodologia NM 0229	66
5.6.1 Reduções de emissões	66
5.6.2 Cálculo das emissões da linha de base	67
5.6.3 Cálculo das emissões do projeto	68
5.6.4 Cálculo das emissões de fuga	69
6. Resultados	75
7. Discussão	79
8. Conclusões e Recomendações	82
Referências Bibliográficas	85
Anexo A – Cálculos comprobatórios da Redução Total de emissões	90
Anexo B – Estimativa do volume de material removido do túnel e das estações da Linha 4, relativo às fórmulas 8 e 9	109
Anexo C – Estimativa do volume de concreto empregado na construção da Linha 4	114
Anexo D – Estimativas das emissões relativas às motocicletas	116
Anexo E – Considerações e valores assumidos para os dados/variáveis de Entrada	119

1.INTRODUÇÃO

O presente trabalho de mestrado procura responder à pergunta: Como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) pode ser usado para financiar projetos de transporte urbano de passageiros em linhas metroferroviárias ?

Nesse sentido, estuda-se a aplicabilidade do MDL, estabelecido pelo Protocolo de Quioto, resultado da Convenção das Nações Unidas sobre a Mudança de Clima, em 1997, em projetos metroferroviários. Como o MDL é um mecanismo de financiamento do desenvolvimento sustentável de países em desenvolvimento, ele permite a mitigação das mudanças climáticas decorrentes da ação antrópica.

A verificação da aplicabilidade do MDL como mecanismo de financiamento de projetos metroferroviários é de relevante importância porque a acentuada escassez de recursos monetários para esses projetos é notória em países em desenvolvimento. São projetos de caráter sócio-econômico, de longa maturação e implementação, elevados custos e impactos sócio-ambientais. Quase que freqüentemente, ao longo de suas implantações, os investimentos são interrompidos pela falta de recursos financeiros.

Por se tratar de projetos de elevados custos podendo atingir vários milhões de dólares, alguns chegando à casa dos bilhões, de espectro amplo de execução, normalmente adentram vários períodos de governo, sejam eles municipais, estaduais ou federal, tendo, em várias situações, as implantações paralisadas quando não postergadas pela falta de recursos financeiros e/ou por mudanças nas prioridades de governos, algumas vezes de cunho relacionado com nova orientação ou prioridade política.

Daí decorre a necessidade de se utilizar e quase que descobrir, novas fontes de financiamento e nesse sentido, a verificação da possibilidade do uso de recursos provenientes do MDL é de extrema importância. Embutida nessa verificação, está a metodologia utilizada para a viabilização do uso do MDL.

Procurou-se também, com este trabalho, conforme orienta Eco (1998), fazer dele o início de uma elaboração mais ampla, que poderá prosseguir nos anos seguintes. Aprendeu-se a por ordem nas próprias idéias e ordenar os dados tornando-se uma experiência de trabalho metódico, construindo um “objeto” que, como princípio, possa também servir aos outros.

A escolha do tema respeitou as quatro regras elaboradas pelo referendado escritor que são:

- i. que o tema responda aos interesses do candidato;
- ii. que as fontes de consulta sejam acessíveis;
- iii. que as fontes de consulta sejam manejáveis;
- iv. que o quadro metodológico da pesquisa esteja ao alcance da experiência do candidato.

São regras simples, banais, segundo o referendado, mas resumíveis na norma “quem quer fazer uma tese deve fazer uma tese que esteja à altura de fazer”.

2. JUSTIFICATIVA

Como consequência da implantação de uma linha metroviária, o transporte por ônibus e demais veículos movidos por motores de combustão interna, emissores de gases de efeito estufa – GEE, como o monóxido de carbono (CO), óxidos de enxofre (SOx), óxidos de nitrogênio (NOx) e material particulado entre outros é reestruturada. Devido a essa reestruturação, o fluxo de ônibus tende a diminuir em razão da construção de terminais de integração nas estações terminais e o de veículos automotores individuais tem a tendência de diminuir também na área de influência da nova linha metroferroviária. Como resultado, o nível de emissões de gases GEE é reduzido, especialmente do dióxido de carbono e óxido de nitrogênio. Essa redução, resultante da substituição da fonte de energia para tração dos veículos, passando da queima de combustíveis fósseis para o uso de eletricidade de origem hidráulica, como é o caso da matriz energética brasileira, pode e deve ser adequadamente certificada, gerando ganhos econômicos e financeiros com a comercialização dos chamados créditos de carbono, decorrentes de cotas de redução de emissão de GEE. Os números apresentados anualmente pela Companhia do Metropolitano de São Paulo – Metrô (CMSP), nos Relatórios da Administração dos anos de 2005 e 2006,

referentes ao demonstrativo dos benefícios gerados pelo sistema metrô, sob o enfoque de balanço social são apresentados no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Demonstrativo dos Benefícios Gerados pelo Sistema Metrô					
Em R\$ milhões					
		2005		2006	
Discriminação	Unidade	Quantidade	Valor	Quantidade	Valor
-Redução da Emissão de Poluentes	Ton/ano	747.564	149,7	706.813	130,1
-Redução do Consumo de Combustível	Litros/ano	254.876.168	525,8	273.166.260	608,6
-Redução do Custo Operação do ônibus e Autom.	Km/ano	797.183.242	641,4	874.486.648	823,8
-Redução do Custo de Manut. e Operac. de Vias	-	-	20,5	-	19,2
-Redução de Tempo das Viagens	Horas/ano	463.442.416	2.051,6	514.062.415	2.064,9
-Redução do Número de Acidentes	Acidentes	11.500	102,0	7.477	61,1
TOTAL			3.491,0		3.708,0

Fonte: Metrô São Paulo – Relatório da Administração (2005) e (2006)

Para valorar os benefícios a CMSP adota a premissa de que, com a não existência da rede de metrô, toda a demanda atendida pelo sistema estaria sendo suprida por ônibus, automóveis e trens. Subtraindo-se do valor de R\$ 3.491 milhões o prejuízo contábil de R\$ 121,3 milhões, resulta em R\$ 3.369,7 milhões que é o benefício social positivo obtido no exercício de 2005. Para 2006, do valor de R\$ 3.708,0 milhões subtrai-se R\$ 499,2 milhões resultando em R\$ 3.208,8 milhões como benefício social.

“No transporte de massa, as vantagens da tração elétrica são reconhecidas universalmente, não só no que se refere ao rendimento energético, mas também

quanto ao desempenho, confiabilidade e custo de manutenção. A tração elétrica apresenta claros benefícios ambientais. Em vias subterrâneas urbanas ou mesmo em túneis compridos, a tração elétrica tem sido uma imposição, em vista da inviabilidade da locomotivas térmicas. Entre os principais meios de transporte de massa despontam aqueles que utilizam a tração elétrica: metrô, pré-metrô e as ferrovias. Esta realidade não se restringe somente ao campo do transporte sobre trilhos, mas também aos sistemas de trólebus nas cidades” (BAJAY; BERNI; PEREIRA, 1996, p.24).

As receitas financeiras auferidas com a comercialização dos certificados de redução de emissões podem permitir que se financie *in totum* ou em parte a construção de novas linhas metroferroviárias, permitindo a ampliação da rede dessa modalidade de transporte urbano, principalmente, em metrópoles de países em desenvolvimento como é o caso da cidade de São Paulo. Empregando-se metodologia adequada para projetos com MDL, propõe-se avaliar a adequabilidade do seu uso e estimar o montante de receitas obtidas.

Pelo emprego da metodologia adequada, seja ela nova, já em uso ou necessitando de adequação, é que o MDL poderá ser viabilizado gerando os créditos de CO₂ possíveis, que poderão ser convertidos em receitas para o financiamento dos projetos. A definição da metodologia adequada reveste-se da maior importância uma vez que, com a sua aprovação ou aceitação pelo *executive board* (EB), poder-se-á obter os recursos necessários aos projetos, uma vez que a linha de base estará estabelecida.

A cidade de São Paulo tem, com frequência, congestionamentos com extensões que podem atingir centenas de quilômetros. Com 3,5 milhões de veículos circulando diariamente, de uma frota que está próxima de 8 milhões, fica cada vez mais difícil engatar a terceira marcha do veículo. As médias de velocidade nos diferentes corredores da cidade vêm caindo com frequência e, no final de 2006, foi de 10,4 km/h no corredor Consolação-Rebouças-Eusébio Matoso, que é inferior à de bicicletas com uma média de 15 km/h e comparável à de com 8 km/h. Está se tornando comum uma distância de 16 km ser percorrida em 1,5 hora, Nóbrega (2007).

Segundo Branco, Branco e Schetini (2004) o aspecto assustador é o vaticínio feito por especialistas que, dentro de duas décadas, a produção de petróleo declinará tornando escassos e onerosos os seus derivados e, no Brasil, a energia gasta atualmente nos transportes é quase o dobro da energia elétrica consumida para todos os fins. Além disso, é alarmante ainda o fato de que quase 2/3 dos combustíveis gastos pelos veículos não se convertem em trabalho útil, mas em perda sob a forma de calor, contribuindo para o aquecimento global, que é uma das conseqüências da poluição.

Outro fato a considerar é que “a população arca com deseconomias, na RMS, que transcendem a casa dos vinte bilhões de reais todos os anos, em conseqüência dos problemas de transporte e trânsito” (BRANCO; BRANCO; SCHETINI, 2004, p.13).

De acordo com Thomas (1977), congestionamento do tráfego ocorre onde os motoristas são obrigados a viajar em uma velocidade menor que a desejada, impedidos que são pelos outros veículos. A velocidade do tráfego depende da composição bem como do volume do tráfego. Um único ônibus retarda o tráfego mais do que um automóvel. Uma motocicleta, impede muito menos.

Corroborando a importância desse problema, no prefácio da obra *Cidades em Movimento*, publicada em setembro de 2003, pelo Banco Mundial, lê-se que:

“O setor de transportes urbanos do Brasil é de fundamental importância para a melhoria da qualidade de vida das cidades do país. Mas esse setor atravessa um momento em que importantes políticas têm que ser delineadas para melhorar o seu desempenho. A população das grandes cidades aumentou, particularmente as classes de baixa renda, o número de automóveis e congestionamentos é cada vez maior, o sistema de ônibus formal é cada vez mais ineficiente para responder aos novos desafios e o setor informal das vans capturou uma importante fatia dos usuários. As grandes cidades necessitam de mais transporte de massa, seja na forma de trens suburbanos, linhas de metrô ou “canaletas” exclusivas de ônibus. E, mais do que isso, precisam de uma integração física e tarifária desses sistemas, assim como uma integração com o uso do solo e a qualidade do ar. Poucas são as cidades em que os três níveis de governo criaram autoridades regionais para coordenar e planejar a longo prazo as suas regiões metropolitanas e poucos foram os governos locais que se comprometeram a resolver, com audácia e visão, os problemas de transporte urbano. E os usuários de baixa renda são os que mais sofrem.”

Anteriormente ao trabalho acima, documento da ANTP, *A Crise do Transporte Urbano no Brasil: Ações Imediatas* (ANTP, 1999), lia-se no primeiro parágrafo que:

“As cidades brasileiras estão em crise, sendo que o transporte urbano passa por uma de suas piores condições na nossa história moderna. Congestionamentos crônicos, queda da mobilidade e da acessibilidade, degradação das condições ambientais e altos índices de acidentes de trânsito já constituem problemas graves em muitas cidades brasileiras. O que acontece agora nas grandes cidades tenderá a acontecer rapidamente nas cidades médias se nada for feito para deter esse processo.”

É importante considerar ainda que nos grandes centros urbanos, os sistemas de transporte de massa sobre trilhos, além de contribuir para reduzir os congestionamentos provocados pelos sistemas sobre pneus, reduzem o tempo de viagem. Portanto, podem ser muito importantes para os moradores das periferias, que necessitam percorrer longas distâncias para chegar ao trabalho.

Nigriello et al. (2005) afirmam que com a implantação das linhas de metrô em São Paulo, constatou-se que são promovidos diversos impactos em seu entorno. Entre eles, a valorização dos imóveis, o ordenamento e a renovação do espaço edificado, bem como alterações no uso do solo, que atraem mais habitações e novas empresas para as áreas beneficiadas pela maior acessibilidade.

Não se deve dissociar o desenvolvimento econômico e a equidade social do tema ambiental. O Brasil, sendo predominantemente urbano, o lócus do exercício da cidadania é a cidade. A urbanização é um processo irreversível e, por isso, o destino do nosso desenvolvimento se instala definitivamente aí, conforme Gastal (1999).

O Brasil atual, com 80% de sua população vivendo em áreas urbanas, não pode se preocupar apenas com a proteção e a recuperação do meio ambiente natural, muitas vezes por uma conveniência de política externa, e poucas vezes por uma prioridade de sua própria cidadania. Se o primeiro é fundamental, a equidade e qualidade de vida urbana também o são. Somente uma sociedade cujo modelo de desenvolvimento contemple igualmente a justiça social, onde o direito à vida com dignidade seja garantido, poderá fortalecer a idéia de preservação e conservação que exigem nossa formação territorial, ainda de acordo com Gastal (1999).

Outro fator importante que deve ser considerado e que vem auxiliar a justificativa de se desenvolver metodologias de aproveitamento de créditos de carbono via MDL, para projetos metroferroviários é o fato de que, o uso crescente de combustíveis fósseis e o aumento da demanda pelo transporte rodoviário, têm contribuído para o incremento das emissões de poluentes pelos veículos motorizados. Este aumento tem sido, em parte, compensado pelo fato dos novos veículos produzidos pela indústria nacional, emitirem menor quantidade de poluentes por quilômetro rodado, em consequência da regulamentação estabelecida pelo PROCONVE – Programa de Controle da Poluição Veicular e de controles estabelecidos em algumas cidades brasileiras sobre a emissão de poluentes por veículos. Em duas décadas o programa conseguiu reduzir a emissão de poluentes em mais de 90% nos automóveis e 80% nos caminhões. O principal poluente reduzido foi o monóxido de carbono (CO) e, para as próximas fases, o objetivo é diminuir as emissões de hidrocarbonetos (HC) e óxidos de nitrogênio (NO_x), atendendo às normas internacionais objetivando à redução dos poluentes que afetam a camada de ozônio.

Outro programa digno de nota é o PROMOT – Programa de Controle da Poluição do Ar por Motocicletas e Veículos Similares, desenvolvido também pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. É um programa, assim como o PROCONVE, de âmbito federal, ambos criados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA sendo a CETESB o único agente técnico conveniado para um ou outro programa. No PROMOT, o fabricante, por meio de provas de laboratório que simulam a condução dos veículos na rua, mostra que seu produto atende aos limites de poluição estabelecidos.

Em linhas gerais o PROMOT está dividido em três fases. A primeira começou em 2003 e terminou em dezembro de 2005 e consistia em limitar as emissões de CO em 13 g/km, de HC em 3 g/km e o NO_x em 0,3 g/km. A segunda começou em janeiro de 2006 e vai até o final de 2008 estabelecendo a redução em relação à primeira fase, de 58% de CO, 60% de HC e o mesmo índice de NO_x. A partir de 2009 se inicia a terceira fase e a meta é de reduzir, ainda em relação à primeira fase, de 85% de CO, 73% de HC e metade do NO_x. Há a possibilidade ainda, de estabelecer a quarta e a quinta fases.

Vasconcellos (2003) avalia que o uso dos meios de transporte implica no consumo de recursos naturais, de espaço e de energia, acarretando em externalidades negativas como acidentes, poluição e congestionamento. Estudos realizados na Europa indicam que os custos ambientais da poluição e dos acidentes de trânsito giram em torno de 2 a 3 % do PIB, cada um.

“O grande número de impactos torna difícil a seleção dos mais relevantes. Uma separação que pode ser feita refere-se aos impactos em relação ao meio regional e aqueles relacionados ao meio urbano. No primeiro caso, o transporte atua como consumidor de recursos, muito deles escassos: a terra (para a instalação da infraestrutura de transporte), os recursos naturais de origem mineral ou derivados utilizados na construção dos meios de transporte (ferro, borracha, alumínio, plástico, rochas, asfalto) e os recursos naturais utilizados para a operação do transporte (combustíveis, eletricidade). Neste caso ocorre também a possibilidade de impactos negativos na qualidade de recursos naturais como a água e a flora, bem como na própria existência da fauna. Em relação ao meio ambiente construído (a cidade), o transporte implica em externalidades e deseconomias relacionadas ao consumo do espaço de circulação: tempo (congestionamento), acidentes, poluição e o “efeito barreira” (VASCONCELLOS, 2003, p.11).

Segundo matéria veiculada no jornal Valor Econômico, de 26 jun. de 2007, existem segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), 45 cidades no planeta com ar mais poluído que o de São Paulo sendo a maioria na Ásia e 14 na América Latina, quando se considera as concentrações das partículas inaláveis (MP10), poluente que também vem dos escapamentos. Há dez anos, as concentrações de MP10 no ar da região metropolitana ultrapassaram 162 vezes o padrão considerado adequado enquanto que em 2006 isso aconteceu 2 vezes. Para o ozônio (O3), enquanto que a qualidade do ar foi inadequada ou má por 219 vezes em 2002, o número caiu para 90 em 2006; para o monóxido de carbono (CO), foram 65 vezes em 1997 e apenas 1 em 2005 e 7 em 2006, considerado o pior ano para a dispersão de poluentes.

De acordo com Alonso (2004), as partículas inaláveis (PM10) sempre foram um dos mais graves problemas de poluição atmosférica. Ao longo da década de 90, aplicando-se o modelo receptor que permite, através da análise da constituição da

amostra coletada, identificar os percentuais de material particulado, por tipo de fonte. Nesse caso, os veículos, em particular os movidos a diesel, são os maiores emissores de partículas, contribuindo com 50 % do total.

Para a CETESB, citada na mesma matéria jornalística, a redução dos poluentes que saem dos escapamentos dos carros novos atingiu 90% desde 1997, o que é muito significativo, dado que a 80% da poluição de São Paulo vem de fontes móveis. Apesar desse avanço tecnológico no controle das emissões, o risco retorna pelo aumento significativo da frota de carros e de motos. A frota registrada na região metropolitana é de 7,9 milhões de veículos e, os carros novos, desde 1987, passaram a vir com catalisadores. O foco do controle agora está nas pequenas partículas inaláveis e no ozônio e se verificou, pelo PROCONVE, que a frota de São Paulo, apesar de triplicar não houve aumento na concentração do ozônio. Entretanto, outros aspectos devem ser considerados como: o aumento do número de motocicletas (900 mil registradas na região metropolitana), que podem emitir 10 a 12 vezes mais que um carro; a necessidade de reduzir o volume das emissões de partículas e óxidos de nitrogênio bem como a poluição de ônibus e caminhões diesel, baixando a quantidade de enxofre no diesel. Caso isso não seja feito, segundo o engenheiro Gabriel Branco, que trabalhou na CETESB com o PROCONVE, citando ainda a mesma matéria já referenciada, corre-se o risco de que as metas do PROCONVE não sejam atingidas já em 2009. Fica cada vez mais patente, dentro da própria CETESB, que o futuro do ar da cidade depende da melhoria do sistema de transporte público, da criação de corredores de ônibus eficientes, de uma qualidade melhor de diesel e de educação ambiental para que as pessoas deixem de circular sozinhas em seus carros.

Apesar destes avanços, o problema da poluição atmosférica é grave, principalmente nas regiões metropolitanas com grandes frotas de veículos automotores. A gravidade do problema se expressa através dos prejuízos à saúde da população em geral e, em particular, das pessoas idosas e crianças.

“Diversos estudos têm demonstrado que várias substâncias presentes nas partículas, como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, apresentam características mutagênicas e carcinogênicas, fato que é extremamente preocupante em termos de saúde pública. Uma pesquisa feita na Califórnia, EUA, demonstrou que se 20 % da

frota dos veículos a gasolina fossem movidos a óleo diesel, a emissão de partículas para a atmosfera por estes veículos seria responsável por gastos adicionais com saúde e previdência social de, no mínimo, 800 milhões de dólares por ano” (SZWARC; LOPES; RODRIGUES, 1997, P.35).

De acordo com Ribeiro (2003), vários especialistas, ao longo das últimas décadas, vêm tentando qualificar os custos associados aos impactos provocados pelo setor de transporte. As estimativas desses custos variam de país para país e há controvérsias quanto à metodologia empregada. Existe um consenso nos EUA de que os custos impostos à sociedade não são cobertos pelas taxas cobradas pelo uso dos combustíveis, veículos ou pedágios. Os custos associados à poluição atmosférica, ruído e acidentes do setor de transportes é de 125 bilhões de dólares, de acordo com um estudo recente, cifra essa que é praticamente três vezes maior do que é pago pelos motoristas em pedágios, nas auto-estradas.

Através de episódios bem conhecidos de contaminação do ar que ocorreram em Londres nos anos de 1948 e 1952, no Vale de Meuse na Bélgica, em 1930 e em Donora nos Estados Unidos, em 1948, foi possível estabelecer uma relação entre dano à saúde e poluição atmosférica, em razão dos aumentos das internações e nas mortes (300 a 4000 mortes observadas em Londres). Nos últimos dez anos, vários estudos foram publicados tratando da associação dos níveis de poluição do ar nas metrópoles com doenças respiratórias e cardiovasculares, investigando os efeitos na morbidade e mortalidade em diferentes faixas etárias da população.

Conceição et al.(2001) analisando a evidência da associação entre mortalidade infantil e poluição do ar em crianças abaixo de 5 anos de idade, no período de 1994 a 1997, na cidade de São Paulo, encontrou uma forte associação entre mortalidade e material particulado inalável com diâmetro menor que 10 micra (PM10) que são derivados dos processos de combustão. O estudo mostrou que os níveis diários de CO, SO₂ e PM10, associados à mínima temperatura diária e umidade do ar, apresentaram uma significativa associação com a mortalidade infantil. Os coeficientes (e desvios padrões) desses três poluentes foram 0,0306 (0,0076), 0,0055(0,0016) e 0,0014(0,0006), respectivamente. De acordo com o modelo proposto e considerando a concentração média dos poluentes durante o período de

estudo, as proporções estimadas de mortes por causa respiratória, atribuídas ao CO, SO₂ e PM10, quando considerados individualmente, foram em torno de 15, 13 e 7%, respectivamente.

Estudo semelhante realizado por Freitas et al. (2004) procurou investigar, na cidade de São Paulo, os efeitos de curto prazo da poluição atmosférica na morbidade respiratória de menores de 15 anos e na mortalidade de idosos (>64 anos), no período de 1993 a 1997, em relação à variação diária de poluentes atmosféricos PM10, CO e O₃. O estudo “constatou associações estatisticamente significativas entre PM10, CO e O₃ e internações por doenças respiratórias em menores de 15 anos. O aumento percentual do risco relativo (RR%) para incrementos dos poluentes do 10^o ao 90^o percentil foi de 10,04% (95% IC:7,75-12,38) para o PM10; 6,14% (95% IC: 3,64-8,61) para o CO e 2,5% (95% IC:0,26-4,79) para o ozônio” (FREITAS, et al.2004, p.5).

“As mortes em idosos mostraram-se estar associadas com PM10 [Aumento %: 8,09 (95% IC: 6,42-9,79)] na defasagem de um dia, apresentando efeito desde a introdução do poluente no dia, com incremento do coeficiente de dose-resposta na defasagem (*lag*) de um dia e decréscimo nas estruturas de defasagem anteriores. Quanto à relação entre CO e mortes, foi observado o mesmo comportamento [aumento %: 7,92 (95% IC: 6,28-9,59)] na defasagem de um dia. Não foi encontrada associação significativa entre mortes em idosos e níveis de ozônio”(FREITAS, et al. 2004, p.5).

Associados aos efeitos da poluição na saúde da população, podem também ser avaliados os custos das doenças decorrentes e, para Miraglia, Saldiva e Böhm (2005), é importante que se determine as estimativas de custos dos efeitos perigosos das doenças com a finalidade de se estabelecer prioridades com ações preventivas e de gerenciamento da saúde pública. Avaliam-se os impactos da poluição nos custos de saúde, quantificando-se o número de eventos associados à poluição do ar estimando-se os respectivos custos em termos de despesas com saúde (morbidade) e valor das perdas de vidas (mortalidade). Os autores citados, com o objetivo de obter um indicador padrão, aplicaram a métrica econômica *Disability Adjusted Life Years* (DALY), criada pela Organização Mundial de Saúde, para identificar quanto se perde

por uma incapacidade de saúde das pessoas. O método DALY tem dois tipos de componentes: um que se refere aos Anos de Vida Perdidos em razão de morte prematura (YLLs) e outro que se refere aos Anos de Vida Vividos com doença (YLDs).

Considerando as doenças respiratórias, acidentes vasculares cerebrais e cardíacos em idosos e as respiratórias em crianças, Miraglia, Saldiva e Böhm (2005) obtiveram os valores de 14.290 YLLs e 13.922 YLDs, ambos atribuíveis à poluição do ar. “Estabelecendo-se uma relação entre o valor estatístico de uma vida (VOSL) e o DALY correspondente, pode-se obter uma estimativa do custo indireto de saúde atribuível à poluição do ar. Levando-se em conta que a expectativa de vida de um cidadão brasileiro nascido na região sudeste em 1990 [67,53 anos de idade (IBGE 1995)], o VOSL para a cidade de São Paulo de US\$ 7714 (Seroa da Motta e Mendes 1996) e, o DALY total atribuível à poluição do ar obtida neste estudo (28.212), o custo anual total de saúde devido à poluição do ar monta em US\$ 3.222.676. Se considerarmos um VOSL americano [US\$500.000 (Dillingham 1979)], esse custo anual montaria em US\$ 208.884.940” (MIRAGLIA; SALDIVA; BÖHM, 2005, p. 674) – em tradução livre.

Em termos oficiais, o Ministério dos Transportes toma como referência para orientação e evolução de sua política ambiental os preceitos básicos de desenvolvimento sustentável, tendo como referência inicial os conceitos básicos de sustentabilidade, apresentados no documento Agenda 21 Brasileira – Bases de Discussão (2000) e, os resultados de estudos realizados no âmbito da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE.

Dos diversos referenciais conceituais relacionados aos diferentes aspectos da sustentabilidade e ao transporte ambientalmente sustentável apresentados no documento Política Ambiental do Ministério dos Transportes (sem data), elaborado pela Comissão Permanente do Meio Ambiente – CPMA, realça-se que o conceito básico de sustentabilidade ambiental refere-se à manutenção da capacidade de sustentação dos ecossistemas, o que implica a capacidade de absorção e recomposição dos ecossistemas em face das interferências antrópicas.

O projeto da OCDE tem duas premissas de referência: (a) que as estratégias para o transporte ambientalmente sustentável, para serem bem sucedidas exigem um conceito qualitativo e um conjunto de metas passíveis de quantificação; e (b) que as metas quantificadas devem ser em número reduzido e refletir valores e tendências críticas de qualidade ambiental. Maiores detalhes podem ser vistos no sítio do Ministério dos Transportes, www.transportes.gov.br, pesquisar em “Meio Ambiente” e, na seqüência, “Política Ambiental”.

O referido projeto apresenta o seguinte conceito para transporte ambientalmente sustentável: “transporte que não coloque em risco a saúde pública ou ecossistemas e que atenda às necessidades de mobilidade de forma consistente com (a) o uso de recursos renováveis em níveis abaixo de suas taxas de regeneração e (b) o uso de recursos não-renováveis em níveis abaixo do desenvolvimento de substitutos renováveis”.

No âmbito desse projeto, os tipos de impactos dos transportes sobre o meio ambiente relacionados com as emissões atmosféricas, foram classificados em três categorias: locais e regionais, globais e, locais e regionais, não decorrentes das emissões atmosféricas. Na seqüência, foram estabelecidos seis critérios de sustentabilidade ambiental para os transportes:

- redução das emissões de óxidos de nitrogênio de fontes de transporte, de forma a permitir o alcance de padrões de qualidade do ar para dióxido de nitrogênio, ozônio e deposição de nitrogênio;
- redução das emissões de compostos orgânicos voláteis (COV) a um determinado nível de forma a evitar níveis excessivos de ozônio; redução das emissões de COV carcinogênicos a um nível de risco aceitável;
- redução das emissões de material particulado a níveis que evitem a contaminação do ar;
- controle das emissões de dióxido de carbono, de forma a atender valores *per capita* consistentes com as metas estabelecidas internacionalmente;
- controles do ruído veicular e do tráfego de forma que os níveis resultantes de exposição não representem risco à saúde nem causem incômodos graves;

- uso adequado do solo, de forma que a área de influência dos sistemas de transportes atenda aos objetivos e restrições de proteção de ecossistemas.

“Resumindo, o setor de transporte deve satisfazer três requisitos básicos. Primeiramente, ele deve assegurar a melhoria da capacidade existente de manutenção do padrão de consumo material. Isto se refere ao conceito de sustentabilidade econômico-financeira. Em segundo lugar, ele deve gerar uma melhoria na qualidade de vida e não se ater às questões de circulação, o que está relacionado com a sustentabilidade ambiental. Por fim, os benefícios devem ser repartidos de maneira eqüitativa entre todos os setores da sociedade, caracterizando a sustentabilidade social” (RIBEIRO, 2003, p.30).

3. OBJETIVOS

3.1 GERAL

O objetivo geral do trabalho é verificar a possibilidade de aplicação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) como instrumento gerador de recursos financeiros, complementares, ao financiamento para a implantação de projetos metroferroviários como, p.ex., a Linha 4 do Sistema Metroviário de São Paulo, em implantação, entre outros projetos futuros a serem desenvolvidos e/ou implantados.

Espera-se que com o resultado do presente trabalho de pesquisa, seja possível indicar/comprovar o uso do MDL como instrumento auxiliar ao financiamento direto ou indireto de projetos de transporte urbano de passageiros na cidade de São Paulo e para isso será avaliado o uso ou eventual adequação de metodologias aprovadas pelo Comitê Executivo, como é o caso da AM0031 - Metodologia de Base para Projetos de Trânsito Rápido com Ônibus ou submetidas à aprovação como a NM 0229 – Metodologia para Projetos de Transporte Rápido de Massa.

O MDL consiste na criação de instrumentos de financiamento de projetos que permitam mitigar o efeito estufa por meio da implementação, nos países em desenvolvimento, de projetos que contemplem a redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE) ou que visem a captura de CO₂, o chamado seqüestro de carbono.

3.2. ESPECÍFICOS

O objetivo específico é:

Avaliar, verificar e se necessário adequar metodologia já aprovada ou submetida à aprovação, com a finalidade da obtenção de créditos decorrentes da redução de emissão de GEE, na área de transporte urbano.

Nesse sentido, são consideradas as metodologias AM0031 e a NM 0229. A primeira já está aprovada pelo *executive board* do MDL e a segunda, em análise pelo painel.

A metodologia AM0031, já aprovada pelo Comitê Executivo do MDL da UNFCCC, é aplicável a projetos cujas atividades reduzem as emissões pela construção e operação de Sistemas de Trânsito Rápido por Ônibus – TRO, mais conhecido em inglês por *Bus Rapid Transit System – BRT*. Ela também é aplicável para extensões de projetos existentes bem como para expansões pela adição de novas linhas.

A metodologia NM 0229 é baseada em grande parte na AM0031 e é aplicável a sistemas de transporte de passageiros sobre trilhos; o passageiro realiza somente parte da sua viagem por um modo de transporte, utilizando-se de outro, no trecho subsequente; a metodologia é concebida para alterações parciais no sistema de transporte ou extensões tais como a introdução de faixas segregadas para ônibus, sistemas de VLTs ou linhas metroviárias, ou a extensão de uma linha existente.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Protocolo de Quioto e sua ratificação

Durante os anos 80 foi ficando cada vez mais evidente, em termos científicos, a associação entre as emissões de gases de efeito estufa, causadas por atividades antrópicas, e o aquecimento global, despertando o interesse público para o problema das mudanças climáticas e suas futuras implicações no ambiente global.

Em decorrência, nos anos 90, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Organização Meteorológica Mundial (OMM) criaram um grupo de trabalho intergovernamental que se encarregou de preparar as negociações para a assinatura de um tratado mundial para cuidar do problema.

Dos progressos realizados, na área científica pode-se citar a criação do Painel Intergovernamental em Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) e, na área política, o estabelecimento, pela ONU, do Comitê Intergovernamental de Negociação para a Convenção-Quadro sobre Mudança do

Clima (INC/FCCC), que mais tarde culminou na criação da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – CQNUMC (*UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change*).

A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – CQNUMC, foi aberta às assinaturas de todos os chefes de estado presentes durante a Cúpula da Terra no Rio de Janeiro, na Eco-92, quando 154 países, mais a União Européia, assinaram a convenção, entrando em vigor em 21 de março de 1994, com a missão de reduzir a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera e controlar o aquecimento global.

Em 1977, no período de 1 a 10 de dezembro, na cidade de Quioto no Japão, contando com representantes de 159 nações, foi realizada a terceira Conferência das Partes - COP 3, que culminou na adoção, por consenso, do protocolo que ficou como um dos marcos mais importantes desde a criação da CQNUMC no combate à mudança climática.

O papel da COP é promover e revisar a implementação da UNFCCC, revisar compromissos existentes periodicamente levando em conta os objetivos da convenção, divulgar achados científicos novos e verificar a efetividade dos programas de mudanças climáticas nacionais.

O Protocolo de Quioto, texto do Ministério da Ciência e Tecnologia (s/ data), definiu que os países industrializados (Anexo I) reduziram em pelo menos 5,2% suas emissões combinadas de gases de efeito estufa em relação aos níveis de 1990. A União Européia assumiu o compromisso de reduzir em 8%; os Estados Unidos assumiram em uma redução de 7%; o Japão concordou em reduzir 6%. Alguns países como a Rússia e a Ucrânia não assumiram compromissos de redução e outros como Islândia, Austrália e Noruega ainda teriam permissão para aumentar suas emissões.

Com a ratificação do acordo pela Rússia, formalizada em 18 de novembro de 2004, atingiu-se o mínimo de 55 países parte da Convenção, englobando partes do Anexo I que representam pelo menos 55% dos níveis das emissões totais de dióxido de carbono nos padrões de 1990, possibilitando, assim, o efetivo desenvolvimento do

mercado de créditos de carbono, viabilizando a aprovação de projetos já em andamento.

O Protocolo de Quioto entrou em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005, noventa dias após a Rússia ter formalizado sua adesão e quando isso ocorreu, o protocolo contava com 141 países correspondendo a 61,6 % das emissões globais. A íntegra do texto do protocolo está disponível no domínio de internet do Ministério da Ciência e Tecnologia, www.mct.gov.br/clima/quioto/protocol.htm .

Os países desenvolvidos listados no Anexo B do protocolo devem cumprir suas metas de redução de emissões – em média 5% em relação aos níveis de 1990 – no decorrer do chamado primeiro período de compromisso, que corresponde aos anos de 2008 a 2012. Para o segundo período que se inicia após 2012, ainda não foram estabelecidas metas de redução de emissões.

Para que as metas sejam atendidas, o protocolo estabeleceu mecanismos de flexibilização, que são arranjos técnico-operacionais regulamentados pelo próprio protocolo, para utilização por parte de empresas ou países, que oferecem facilidades para que as partes (países) incluídas no Anexo B possam atingir limites e metas de redução de emissões. Tais instrumentos também têm o propósito de incentivar os países emergentes a alcançar um modelo adequado de desenvolvimento sustentado. Há três mecanismos de flexibilização previstos: Comércio de Emissões, que é realizado entre países listados no Anexo B, de maneira que um país, que tenha diminuído suas emissões para baixo de sua meta, transfira o excesso de suas reduções para outro país que não tenha alcançado tal condição; Mecanismo de Desenvolvimento Limpo; e Implementação Conjunta – implantação de projetos de redução de emissões de GEEs em países que apresentam metas no âmbito do protocolo. Apenas o MDL aplica-se ao Brasil.

4.2 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

“O MDL é um instituto jurídico embaixador de projetos que, qualificados como projetos de MDL, tornam-se fontes de direito e de deveres a empreendedores e a terceiros que deles participem. Para compreender a profundidade dessa assertiva, faz-

se necessário entender no que exatamente consiste o MDL e qual o grau de liberdade que participantes de projetos que envolvem o MDL têm no estabelecimento de suas relações jurídicas” (FRANGETTO; GAZANI, 2002, P.57).

Foram então estabelecidos mecanismos de flexibilização, entre eles o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, previsto no Artigo 12 do referido Protocolo. Pelo MDL, cada tonelada de CO₂ deixada de ser emitida ou retirada da atmosfera, por um país em desenvolvimento, poderá ser negociada no mercado mundial, criando um novo atrativo para a redução das emissões globais. Os países do Anexo I estabelecerão em seus territórios metas para a redução de CO₂ junto aos seus principais emissores. Empresas que não conseguirem reduzir suas emissões, poderão comprar Certificados de Emissões Reduzidas (CER) em países em desenvolvimento e usá-los para cumprir suas obrigações. Os países em desenvolvimento, por sua vez, deverão utilizar o MDL para promover o seu desenvolvimento sustentável.

O objetivo principal do MDL é prestar assistência aos países em desenvolvimento na busca de sustentabilidade econômica, social e ambiental, bem como proporcionar aos países considerados desenvolvidos, a oportunidade de cumprir o Protocolo de Quioto, no que diz respeito à limitação e redução da emissão de GEE, de acordo com Ferreira (2004).

Os projetos de MDL, em princípio, são divididos nas seguintes modalidades: (a) fontes renováveis e alternativas de energia, (b) eficiência/conservação de energia e (c) reflorestamento e estabelecimento de novas florestas.

Durante a COP 7 foi criado o Conselho Executivo do MDL, decisão fundamental para a viabilização do artigo 12.10 do referido Protocolo (UNFCCC, 2001), que prevê que os créditos das reduções certificadas de emissões podem advir a partir de 2000. O Conselho Executivo é o órgão da Convenção-Quadro das Nações Unidas, que supervisiona o funcionamento do MDL. O Conselho Executivo, formado por membros representantes dos países integrantes do protocolo, credencia as Entidades Operacionais Designadas e emite os certificados para os projetos que cumpriram todas as etapas previstas no MDL.

A participação em um projeto de MDL deve ser voluntária, obedecendo regras estabelecidas nas COPs. Em primeiro lugar, as Partes interessadas devem designar uma autoridade nacional – Autoridade Nacional Designada (AND) - que será responsável pela aprovação ou não dos projetos de MDL no país hospedeiro. No caso brasileiro, o órgão que corresponde à AND é a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, criada em 7 de julho de 1999 com a finalidade de articular as ações de governo decorrentes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e seus instrumentos subsidiários de que o Brasil seja parte.

O MDL deve abarcar atividades de projeto entendidas como integrantes de futuros empreendimentos projetados e implantados dentro de diretrizes que visem a redução das emissões de GEE e/ou remoção de CO₂. Somente determinados gases de efeito estufa são considerados para efeito de MDL, conforme o Anexo A do Protocolo, quais sejam: CO₂ (dióxido de carbono), CH₄ (metano), N₂O (óxido nitroso) e SF₆ (hexafluoreto de enxofre), acompanhado por suas famílias de gases hidrofluorcarbonos (HFCs) e perfluorcarbonos (PFCs).

“As quantidades de redução da emissão de GEE, obtidas em um projeto para o MDL, resultam em Reduções Certificadas de Emissões – RCEs, que são medidas em toneladas métricas de CO₂ equivalente. As RCEs são calculadas de acordo com o potencial de aquecimento global (*Global Warming Potencial –GWP*), índice divulgado pelo Painel Inter-governamental sobre Mudança Climática (IPCC), utilizado para uniformizar as quantidades dos diversos GEE em termos de CO₂ equivalente, possibilitando que reduções de diferentes GEE sejam contabilizadas” (FERREIRA, 2004, p.4). No caso do seqüestro ou remoção de CO₂, a unidade específica para o índice, ainda se encontra em fase de definição.

Ainda segundo Ferreira (2004), as RCEs são expressas em certificados que representam créditos que podem ser utilizados pelos países desenvolvidos que tenham ratificado o Protocolo, como forma de cumprimento parcial de suas metas de redução de emissão de GEE. Por serem títulos negociáveis, a exemplo de ações e outros títulos mobiliários, esses certificados de redução de emissão despertam amplo interesse do mercado financeiro, sendo muitas vezes chamados de “*commodities*” ambientais.

“O Protocolo de Quioto é claro quando descreve que as reduções de emissões resultantes de cada atividade de projeto devem ser certificadas com base em reduções que sejam adicionais às que ocorreriam na ausência do projeto, o chamado cenário de referência. Assim, o resultado quantitativo de redução de emissão de GEE é derivado da diferença entre o cenário de referência e o cenário do projeto, tendo-se como resultado a quantidade de toneladas de CO₂ equivalente a ser certificada” (FERREIRA, 2004, p.4) .

4.3 Ciclo de Projeto para o MDL

Na fase de configuração de um projeto é necessário estabelecer a adicionalidade e a linha de base (*baseline*) do projeto, além do método de monitoramento que será utilizado para verificar o cumprimento das metas de redução das emissões e/ou seqüestro de carbono. As atividades de um projeto de MDL são consideradas adicionais se as emissões antropogênicas de GEE forem menores que as que ocorreriam na ausência do projeto. No caso de seqüestro de carbono, se o seqüestro for maior do que aquele que ocorreria na ausência do projeto. A linha de base de um projeto de MDL é o cenário que representa as emissões antropogênicas de GEE que ocorreriam na ausência do projeto.

Para auxiliar as Partes na apresentação das informações necessárias, o Comitê Executivo do MDL (*Executive Board - EB*) desenvolveu um documento de base denominado Documento de Concepção do Projeto – DCP (*Project Design Document – PDD*). Esse documento, elaborado pelo proponente (empresa) contém como informações: descrição geral do projeto; metodologia de linha de base a ser utilizada; prazo do projeto; metodologia e plano de monitoramento; estimativa de emissões de gases de efeito estufa; impactos ambientais do projeto; comentários dos participantes envolvidos; informações sobre fontes de financiamento público de partes do Anexo I para o projeto, que são os países desenvolvidos listados na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. O formulário para elaboração do DCP encontra-se disponível no sítio www.mct.gov.br/clima/quioto/pdf/DCP.pdf .

A Entidade Operacional Designada – EOD (*Designated Operational Entity – DOE*, selecionada pelos participantes do projeto (PP) para validá-lo, deve revisar o DCP e outros documentos relevantes, tais como comentários das partes interessadas – *stakeholders* – e possíveis impactos ambientais do projeto. A Entidade Operacional Designada é qualificada pela Conferência das Partes – COP, por recomendação do Conselho Executivo do MDL, para validar projetos de MDL propostos, ou verificar e certificar reduções de GEEs resultantes do projeto. Para atuar no Brasil, a EOD deve, adicionalmente, ser reconhecida pela Autoridade Nacional Designada – AND e estar plenamente estabelecida no país. A lista atualizada das EODs credenciadas pode ser obtida no sítio <http://cdm.unfccc.int/DOE/list>.

A Autoridade Nacional Designada – AND deve aprovar o projeto proposto, uma vez que é a entidade governamental de um país formalmente indicada para revisar e conferir a aprovação nacional aos projetos propostos em seu território, no âmbito do MDL. Essa aprovação constitui um dos requisitos para que o projeto possa ser encaminhado ao Conselho Executivo do MDL. No Brasil, a AND é a Comissão Interministerial de Mudanças Globais do Clima, constituída por representantes dos seguintes ministérios: Ciência e Tecnologia (coordenador da comissão); Relações Exteriores; Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Transportes; Minas e Energia; Planejamento, Orçamento e Gestão; Meio Ambiente; Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; Cidades; Fazenda e Casa Civil da Presidência da República.

O projeto deve ser em seguida registrado no Conselho Executivo do MDL, que é o Órgão da Convenção-Quadro das Nações Unidas, que supervisiona o funcionamento do MDL. O Conselho Executivo, formado por membros representantes dos países integrantes do protocolo, credencia as Entidades Operacionais Designadas e emite os certificados para os projetos que cumpriram todas as etapas previstas do MDL.

Na seqüência, o proponente do projeto deve desempenhar a atividade de monitoramento, coletando informações sobre o projeto objetivando a mensuração das emissões antrópicas de GEEs do projeto. A consistência dos dados contidos no relatório de monitoramento deve ser verificada e “certificada” por uma entidade independente (EOD), para ser encaminhada ao Conselho Executivo, permitindo que as RCEs correspondentes possam ser emitidas.

Resumidamente, o ciclo do projeto consiste de acordo com Lehmen e Valente (2005):

i) elaboração do Documento de Concepção do Projeto (DCP), contendo informações sobre as atividades do projeto, participantes, métodos, cálculo de fugas, período de obtenção de créditos, monitoramento, relatório de impactos ambientais e financiamentos, dentre outras;

ii) validação e aprovação, em que, com base no DCP, a Entidade Operacional Designada – EOD do país proponente avalia e valida a atividade de projeto de MDL proposta;

iii) registro, correspondente à aceitação formal do projeto pelo Conselho Executivo, com base no relatório e validação da EOD;

iv) monitoramento, conforme o plano de monitoramento registrado, para verificação/certificação e emissão de Reduções Certificadas de Emissões – RCEs, que são títulos negociáveis;

v) verificação/certificação, pela EOD, se as reduções de emissões de gases de efeito estufa monitoradas alcançaram os resultados previstos e, em caso afirmativo, a certificação de que a atividade atingiu os resultados declarados no período e enviada ao Conselho Executivo; e

vi) emissão de RCEs, pelo Conselho Executivo, correspondente ao total das emissões reduzidas obtidas pelas atividades de projeto de desenvolvimento de MDL.

4.4 Aquecimento Global e o Transporte Urbano nas Cidades

Nos últimos anos, o aumento nas emissões de CO₂ pelos meios de transporte na Europa, tem ameaçado as metas de corte dos GEEs. Um acordo feito com a indústria automobilística, há nove anos, previa que até 2008 a redução das emissões para carros novos chegaria a 140 g de CO₂ por km. Verifica-se no presente que se chegou

até 162 g/km, considerando-se valores de 2005 (O Estado de São Paulo, 7 fev 2007. p.A14).

A Comissão Europeia (CE) órgão executivo da União Europeia, pediu aos seus membros, no mês de janeiro de 2007, uma redução das emissões de gases do efeito estufa em pelo menos 20 % até o ano 2020, sugerindo aos países mais desenvolvidos do continente que procurassem alcançar 30 %. A proposta está num relatório que enumera ações necessárias para combater o aquecimento da Terra a partir de 2012, quando terminarão os compromissos do Protocolo de Quioto. A meta é evitar que a temperatura global aumente mais de 2° C, em comparação com 1990. O relatório também apresenta dois cenários possíveis com relação ao impacto da mudança climática sobre a saúde dos europeus. Se, a partir de 2071, a temperatura global aumentar 3° C em média, ocorrerão, anualmente na Europa, 86 mil mortes a mais do que as registradas em 1990, devido ao calor. Se o aumento for de 2,2° C, o número adicional de mortos será de 36 mil (O Estado de São Paulo, 11 jan 2007. p. A14).

Segundo o prof. José Goldenberg, em artigo na Revista *Science* de fevereiro de 2007, citado no jornal O Estado de São Paulo, Atualmente, o álcool substitui 40% da gasolina no Brasil. Para que o País substituísse totalmente a gasolina seria necessário triplicar o cultivo da cana de açúcar, que hoje ocorre em 2,5 milhões de hectares, sem necessidade de desmatar mais florestas, uma vez que só no estado de São Paulo há 10 milhões de hectares de pastagem. A principal vantagem do álcool de cana, em comparação com o de milho, produzido nos Estados Unidos e o de beterraba, produzido na Europa, é que em seis meses as plantações de cana equilibram o que é emitido de CO₂ pela queima de etanol O Estado De São Paulo, 9 fev 2007. p. B6).

Ao longo de 2008, em algum momento, os habitantes das cidades ultrapassarão os que vivem nas zonas rurais. Ocupando, atualmente, 0,4 % da superfície do planeta, as cidades são responsáveis pela emissão direta e indireta de 75 % dos gases do efeito estufa. A maioria das emissões vem dos países ricos, porém, a quota do grupo dos países em desenvolvimento cresce rapidamente, uma vez que a nível global, 4 de 5 habitantes de cidades, estarão vivendo em um dos países desse grupo (O Estado de São Paulo, 11 jan 2007. p. A14).

Com o crescimento, as cidades vêm consumindo os recursos naturais em um ritmo muito elevado e o aumento da concentração de GEEs na atmosfera é apenas um dos sintomas desse consumo, não compensado pelo ciclo natural. Das 33 cidades do planeta que terão pelo menos 8 milhões de habitantes em 2015, pelo menos 21 delas se encontram em regiões costeiras e precisarão montar estruturas especiais para evitar uma inundação esperada pelo aumento do nível dos oceanos, causado pelo derretimento do gelo no Ártico. Com 0,4 % da área do planeta, cidades emitem 75% do gás (O Estado de São Paulo, 11 jan 2007. p.A14).

Foi constatado que “a mancha urbana metropolitana da cidade do Rio de Janeiro cresceu 42.000 hectares, ou seja, mais de 55% sobre a área urbana de 1975. A população da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) aumentou em 40% no período, atingindo 10,5 milhões de habitantes, em 2000. Novas zonas residenciais e comerciais imensas foram criadas e várias indústrias se localizaram em distritos afastados dos bairros de moradia” (SECTRAN-RJ,2000). Documento da Secretaria de Transportes do Estado do Rio de Janeiro – SECTRAN, indica que a consequência não poderia ser diferente: drástica queda do volume de passageiros transportados por todos os modos (trens, barcas e metrô); aumento maior do que seria razoável da participação dos ônibus na matriz de transportes coletivos de passageiros, que atingiu cerca de 80%, com conseqüente aumento da poluição e dos congestionamentos; aumento expressivo do transporte individual, através de carros particulares e táxis; e, finalmente, as vans, surgidas no vácuo deixado pelo mau funcionamento dos modos de transporte de maior capacidade (metrô, trens de subúrbio, barcas e ônibus). O Tabela 4.4.1 abaixo mostra as reduções por modo de transporte (colunas 2 e 3), e foi incluída a coluna 4, para mostrar a situação atual.

Tabela 4.4.1 - Volume Passageiros/Dia Transportados por Modos – Cidade do Rio de Janeiro			
Unidade=passageiros/dia			
Modo de Transporte	Ano/Qde.	Ano/Qde.	Ano/Qde.
Por trem	1984 / 1.200.000	2000 / 300.000	2007 / 500.000
Por barca	1973 / 160.000	2000 / 100.000	2007 / 70.000
Por metrô	1983 / 500.000	2000 / 400.000	2007 / 400.000

Fonte: SECTRAN – RJ e Operadoras p/ coluna 4

Como decorrência, a qualidade de vida da população cai, pelo mau funcionamento do sistema de transporte urbano da cidade: perdas de tempo, esperando a condução ou parado em congestionamentos; desgaste físico e psicológico (com reflexos sobre a produtividade no trabalho e no estudo); medo e insegurança; desconfortos causados por temperatura, vibração, ruído e deslocamentos bruscos; restrições ao orçamento familiar para consumo de bens e serviços, em decorrência de gastos elevados com o transporte.

Em termos ambientais, a principal causa das emissões de CO₂, o principal gás de efeito estufa, é a queima de combustíveis fósseis. O setor de transporte rodoviário urbano é um dos que mais consome esse tipo de combustível sendo grande responsável pela poluição local emitindo além do CO₂, o monóxido de carbono, os óxidos de nitrogênio, os óxidos de enxofre, os aldeídos e o material particulado.

Para reduzir as emissões nas grandes cidades faz-se necessário uma análise qualitativa e quantitativa do setor rodoviário urbano via, respectivamente, o estudo da distribuição dos modos de transportes de passageiros e o consumo de combustíveis fósseis do município, que servirá de base para a contabilização das emissões de CO₂ do setor segundo Ribeiro e De Mattos, (sem data).

Esse estudo pode ser feito p. ex., analisando-se a matriz de transportes, no caso da cidade do Rio de Janeiro, pela sua distribuição dos modos de transportes (barcas,

metrô, trens, ônibus); pela avaliação de sua frota de veículos considerando as classes (passeio, comercial leve, transporte coletivo, transporte de carga e bicicletas/triciclos) e o tipo de combustível utilizado (gasolina, álcool, diesel e outros); e pela avaliação do consumo de combustíveis fósseis líquidos e gasosos e álcool etílico, de acordo com Ribeiro e De Mattos, (sem data).

A seguir seriam calculadas/contabilizadas as emissões de CO₂ do setor rodoviário no município, determinando-se o volume de CO₂ ou de carbono C contido no CO₂ emitido do derivado de petróleo. O governo brasileiro adota as Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa de 1996 de acordo com o método do *IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change*.

No Brasil, a CETESB foi incumbida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA de coordenar o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, encarregando-se de estimar as emissões de gases e partículas poluentes emitidas por frotas de veículos em condições reais de utilização. Foi então desenvolvida uma metodologia simplificada, padronizada, para o cálculo das emissões de GEE de veículos automotores rodoviários, para todos os combustíveis comerciais e todas as categorias de veículos em circulação no Brasil.

Pelo uso desse método de cálculo, concluiu-se, conforme Ribeiro e De Mattos, (sem data), que as emissões do setor de transporte rodoviário, na cidade do Rio de Janeiro, é a mais impactante para o meio ambiente. As emissões de CO₂ para esse setor variaram de 54,6% a 60,6% do total de emissões de combustíveis fósseis entre 1990 e 1998. Esses autores sugerem ainda, que:

“caso o Brasil seja obrigado, no futuro, a diminuir as suas emissões de gases de efeito estufa, em função de acordos internacionais, o setor de transportes rodoviário deverá ser prioritário. A definição de estratégias políticas e planos de abatimento/mitigação das emissões de efeito estufa para este setor são, portanto, de extrema importância.”

4.5 Caracterização (Perfil) do setor metroferroviário brasileiro

As 12 regiões metropolitanas brasileiras que dispõem de sistema de transporte metroferroviário são: São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Salvador, João Pessoa, Maceió, Natal, Fortaleza, Brasília e Terezina.

“Segundo levantamento realizado pelo Ministério das Cidades e pela Associação Nacional de Transportes Públicos – ANTP, em 2003 foram realizadas um total de 43 bilhões de viagens no país, sendo cerca de 32% através de transporte coletivo. Desse total, 1,3 bilhão foi transportado pelo sistema metroferroviário, representando aproximadamente 3% do total de viagens, conforme Tabela 4.5.1, abaixo. Estima-se que cerca de 40 milhões de pessoas residem nos municípios em que as linhas dos sistemas metroferroviários prestam serviço, porém cerca de 2,5 milhões utilizam o transporte sobre trilhos, ou seja, aproximadamente 6,3 % dessa população” (RODRIGUES, 2005, p. 6).

Ainda segundo esse autor, os sistemas em operação comercial têm uma extensão total de 854,4 km composta por 28 linhas com 376 estações. Dessas linhas, 20 são eletrificadas e as outras oito não. Estas têm composições que empregam o diesel e localizam-se, basicamente, no Nordeste.

Tabela 4.5.1 - Passageiros Transportados por ano pelas Operadoras em milhões (total de entradas)		
OPERADORA	Pass. Transportados	%
Metrô - SP	502,7	39,3
CPTM - SP	277,4	21,7
Opportrans - RJ	120,3	9,4
SuperVia - RJ	94,9	7,4
CBTU – J. Pessoa	92,7	7,2
Metrofor – Fortaleza	79,8	6,2
Metrorec - Recife	42,0	3,3
Trensurb – Porto Alegre	41,3	3,2
Demetro – B. Horizonte	29,4	2,3
TOTAL	1280,5	100,0

Fonte: Rodrigues (2005)

4.6 Considerações sobre Metodologias para a linha de base ou cenário de referência

A linha de base ou cenário de referência do projeto de MDL é o nível atual e a evolução das emissões de GEEs que ocorreriam caso o projeto não fosse implantado. Utiliza-se esse cenário para o cálculo da redução de emissões (créditos) a serem gerados pelo projeto. A linha de base fundamenta-se em metodologia pré-aprovada pelo Painel de Metodologia do MDL (*Meth Panel*), que é um grupo formado por cientistas de diversos países que objetiva dar suporte técnico ao Conselho Executivo, analisar e propor recomendações sobre novas metodologias de linha de base e monitoramento encaminhadas ao conselho para aprovação, no âmbito do MDL. A lista atualizada de metodologias de linha de base aprovadas encontram-se no sítio <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/approved.html>.

Se o promotor do projeto quer usar metodologias novas para a definição da linha de base ou do plano de monitoramento então a metodologia tem de ser aprovada

previamente ao projeto ser submetido ao processo de validação. A Autoridade Nacional Designada, responsável pela validação do projeto, envia as metodologias novas para o Conselho Executivo que as submeterá ao Painel de Metodologias para que este produza uma recomendação sobre a sua aprovação.

Cumprе salientar que há uma diferença importante entre o que é uma linha de base e uma metodologia de linha de base. A metodologia é usada para construir a linha de base usando uma das seguintes abordagens:

- emissões atuais ou históricas;
- referência às emissões de uma tecnologia que representa uma solução economicamente atrativa, tendo em consideração as barreiras de investimento;
- referência à média de emissões provenientes de atividades semelhantes que ocorreram nos 5 anos anteriores, em circunstâncias sociais, econômicas, ambientais e tecnológicas semelhantes.

Importante considerar também o conceito de limite do projeto (*Project Boundary*). O limite do projeto abrange os aumentos e reduções do GEEs que são atribuíveis ao projeto, de forma a que se possa calcular as reduções totais, p. ex., uma estação para produção de biomassa utilizando resíduos agrícolas substitui eletricidade proveniente de carvão podendo reclamar créditos pela redução de emissões mas, terá também de levar em consideração as emissões resultantes do transporte da biomassa até a estação, que são as perdas.

As perdas são as emissões que ocorrem fora dos limites do projeto mas que são atribuídas a ele. Como por exemplo, pode ocorrer que um projeto de eficiência energética de grande escala pode levar à redução dos preços de eletricidade conduzindo a um aumento do consumo energético e como consequência, um aumento dos GEEs.

4.7 Projetos Metroferroviários e o MDL

O transporte metroferroviário, dentro do planejamento urbano, planejado (conscientemente) ou não, tem caráter altamente estruturador. Na sua área de influência, ele permite que seja organizada a integração dos vários modos de transporte – ônibus, vans, carros particulares, etc - que compartilham as vias públicas : “O processo de planejamento urbano pode ser conduzido por dois instrumentos gerais – o plano diretor e as leis de zoneamento – e um instrumento específico (controle de pólos geradores). Adicionalmente, vários instrumentos podem ser combinados para organizar operações urbanas de renovação ou alteração do uso de uma determinada área (ANTP, 1997, p.32). Entretanto, é o planejamento de transporte que deve definir a infra-estrutura necessária para assegurar a circulação de pessoas e mercadorias, organizando os sistemas de transportes que estarão sujeitos à regulamentação pública, inclusive levando em consideração a tecnologia e o nível de serviço a ser ofertado.

O transporte sobre trilhos, devido à sua alta capacidade de transportar passageiros sem causar interferência no trânsito, permite que haja um aumento da velocidade média do fluxo de tráfego que os demais meios de transportes sob pneus, que empregam fontes a combustão interna. Este aspecto contribui para a redução do consumo de combustíveis fósseis e, conseqüentemente, da emissão de GEEs.

Essa característica faz com que seja possível considerar o uso do MDL tanto em projetos metroferroviários novos como em expansões em geral, associados ao contexto dos mencionados planejamentos urbanos de transporte, bem como na reestruturação e gestão da integração dos diversos modos de transporte de passageiros. Nessa linha, é possível considerar a reestruturação da integração dos demais modos de transportes – ônibus, vans, carros particulares – ao sistema metroferroviário, tendo como resultado a diminuição dos percursos realizados por esses modos, permitindo a redução de emissão de GEEs numa determinada região da cidade.

Até o presente momento não se tem notícia de projetos metroferroviários que requereram o crédito de carbono, por terem apresentado alguma metodologia pré-

aprovada ou nova, ao Conselho Executivo. O Metrô de São Paulo está analisando o assunto, mas, até o presente momento, estudos semelhantes foram realizados por projetos que vieram a ser chamados de Trânsito Rápido por Ônibus - TRO (*Bus Rapid Transit – BRT*). É o caso do projeto do TransMilenio, implantado na cidade de Bogotá em 1999 e, atualmente, com mais de 56 quilômetros de extensão. Nesse projeto, veículos articulados, rodando em faixas exclusivas, com paradas em estações modernas, disponibilizando sistemas modernos de controle de acesso, passaram a operar integrados a um sistema alimentador, que parte dos diversos bairros. Os recursos para a implantação do projeto vieram parte, por lei, através de uma taxa de 5% aplicada sobre o gasto com o consumo de gasolina, que garantiu 25% do total necessário e, o restante, foi assumido pelo governo federal.

Os estudos que estão sendo desenvolvidos pelo Metrô de São Paulo objetivam comprovar se, via a alternativa do MDL, tendo um de seus projetos certificados, seria possível obter recursos financeiros adicionais às fontes convencionais e/ou tradicionais – bancos de fomento, agências de desenvolvimento, governo municipal e federal, entre outros. Segundo Ferreira (2004), estabelecer-se-ia então, um novo conceito para o planejamento de projetos em sistemas metroferroviários, com a possibilidade adicional de ostentar a excelência no desenvolvimento de projetos voltados para o MDL.

Como efeito prático de seus estudos, o Metrô de São Paulo, na condição de proponente de intenção de projetos apresentou, em 2005, quatro possibilidades ao Banco de Projetos. Este Banco, criado em 2005, é um sistema eletrônico de registro de projetos e empreendimentos com potencial de geração de créditos de carbono em ambiente web, que faz parte do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE) que surgiu da convergência de ações do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e da Bolsa de Mercadorias & Futuro (BM&F). Essas ações são voltadas ao aproveitamento das oportunidades de negócios relacionadas à implementação do MDL conferindo, além de visibilidade, o desenvolvimento dessas atividades. Um sistema eletrônico de registro de projetos e empreendimentos com potencial de geração de créditos de carbono dá suporte à iniciativa, que poderá ser acessado por meio dos sítios da BM&F, www.bmf.com.br/carbono, e da BVRJ, www.bvrj.com.br/carbono.

5. MÉTODO E PROCEDIMENTOS

A metodologia AM0031 poderá ou não ser adequada como aplicação do MDL na implantação de projetos específicos de transporte metroferroviário urbano de massa na cidade de São Paulo, embora já tenha sido empregada no Projeto TransMilenio, implantado na cidade de Bogotá, Colômbia.

O TransMilenio é um sistema integrado de transporte de massa realizado por meio de ônibus articulados circulando em faixas exclusivas segregadas. Foi inspirado no sistema de Curitiba e adaptado para a realidade da cidade de Bogotá. Ônibus comuns operados por empresas privadas, que recebem por quilômetro percorrido, alimentam o sistema que tem, atualmente, a extensão de 56 km, um grande terminal para estacionamento e bicicletário. Outros 50 km estão em construção e o projeto prevê que até 2020, 85 % das moradias de Bogotá estarão a menos de 500 metros de uma estação do TransMilenio.

Segundo Custodio e Mongui (2003), o programa TransMilenio foi elaborado com a finalidade de projetar e construir um sistema inovador por ônibus que, viesse a

substituir o sistema existente. Optou-se, portanto, por um novo sistema e não pela reorganização do existente, atitude que foi tomada pelo prefeito na época, Enrique Peñalosa, e julgada corajosa e de visão.

“O município responde pela construção e manutenção da infra-estrutura, inclusive terminais, garagens e espaço para oficinas das empresas operadoras. Empresas privadas, mediante processo de licitação de concessão, compram e operam os veículos. A arrecadação é feita por uma empresa comercial-financeira que recebe o dinheiro arrecadado e procede à sua distribuição entre os agentes do sistema – empresas operadoras e organismo de gestão – e recebe sua quota conforme as regras contratuais estabelecidas nos processos de licitação” (CUSTODIO; MONGUI, 2003, P.12).

A metodologia NM 0229 também será avaliada uma vez que ela é posterior à AM0031 e inclui no seu escopo, sistemas de transporte metroferroviários como os de veículos leves sobre trilhos – VLTs e linhas de metrô. Essa metodologia está sendo elaborada para o projeto Metrobus Insurgentes, da cidade do México.

O projeto Metrobus Insurgentes tem por objetivo implantar um sistema de transporte rápido de massa por ônibus que seja eficiente, seguro, rápido, conveniente, confortável e eficiente, ao longo da Av. Insurgentes, na cidade do México. Não é um sistema tão abrangente quanto o TransMilenio, de Bogotá, uma vez que ele não inclui linhas alimentadoras mas, tem os ingredientes de um transporte rápido por ônibus – TRO. Faixas exclusivas e dedicadas para ônibus serão implementadas ao longo da avenida e na primeira fase, se estenderão por 19,6 km de um total de 34 km. O objetivo é transportar 250.000 passageiros por dia.

Para o desenvolvimento do trabalho, será utilizado, primeiramente, o método de pesquisa indutivo ou seja, partindo-se de dados particulares de projetos metroferroviários específicos, como p. ex. as Linhas 4 dos Metrô de São Paulo e do Rio de Janeiro, e generalizando-os para projetos quaisquer.

Obtidas as respostas, o método dedutivo poderá ser usado subseqüentemente, para analisar projetos genéricos, partindo de seus dados gerais e, conseqüentemente, verificando a aplicabilidade do MDL, para uma determinada particularização.

“Da mesma forma que a investigação científica deve ser conduzida metodicamente, os textos que relatam seus passos ou conclusões devem ser postos em forma lógica” (VARGAS, 1985, p.47). Ainda, segundo esse autor, os textos da natureza obedecem às lógicas dedutivas e indutivas usando, p.ex., a matemática que garante a logicidade.

“De qualquer maneira, é nossa crença que, nas ciências do homem como nas outras, as conclusões obtidas a partir de observação de fatos ou fenômenos só vem a constituir saber científico quando expressadas de forma lógica. Em outras palavras: há necessidade de logicidade em qualquer texto para que seja considerado científico” (VARGAS, 1985, p. 47).

5.1 O emprego de metodologia pré-aprovada ou a proposição de uma nova

De uma maneira geral, a metodologia a ser utilizada para justificar o pedido de obtenção dos créditos de carbono, se encaixará em uma das seguintes alternativas: uma nova, a ser desenvolvida especificamente para o projeto; uma existente e aprovada, que atenda às características do projeto ou, uma existente, mas que foi adequada para justificar a proposição do projeto. De qualquer maneira, o projeto de reorganização do transporte coletivo só terá a sua certificação iniciada quando se utilizar de metodologias que sejam reconhecidas pelos organismos certificadores e que contabilizem as atuais emissões de GEEs, especificamente, dos gases dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O), gerados pela combustão nos veículos automotores, dependendo das características do projeto do sistema de transporte.

5.2 Aspectos quantitativos do problema – variáveis envolvidas e equacionamento

“O desenvolvimento de uma metodologia capaz de quantificar a redução de GEE, proporcionado por um projeto de reestruturação da integração dos demais modos de transporte ao sistema metroviário, mais especificamente ônibus e microônibus, é viável, desde que sejam adotados fatores de emissão para veículos a diesel de fontes e estudos reconhecidos internacionalmente” (FERREIRA, 2004, p. 7).

De uma forma abrangente, a mensuração de redução de emissões deve considerar as provenientes dos ônibus, microônibus, automóveis e de qualquer outro modo que emita os GEEs. Adicionalmente, deve ser também mensurada, as reduções decorrentes do aumento da velocidade média no sistema viário, uma vez que se reduz o número de veículos em circulação nas áreas mais congestionadas. Contrapondo-se à redução, é necessário levar em consideração também o crescimento da frota em circulação, seja pelo crescimento da demanda, seja pelo crescimento do número de veículos licenciados.

No Brasil, para estudos referentes às emissões de gases de veículos automotores, recorre-se à CETESB-SP, órgão com credibilidade e reconhecimento incontestes, sendo de responsabilidade dela o acompanhamento dos testes de emissões veiculares realizados pelas montadoras.

As emissões de GEE por passageiro/km provenientes de automóveis são muito superiores àquelas provenientes dos ônibus, devido à baixa ocupação dos veículos. Um ônibus Padron com capacidade para 75 passageiros, consome combustível à razão média de 4,377 g/pass/km ao passo que, um automóvel, adequadamente regulado, com 1,6 passageiro percorrendo, em média, 8 km com um litro de combustível no trânsito urbano, consome 57,812 g/pass/km. Apenas para efeito ilustrativo, imprecisamente, pode-se considerar que cada proprietário de automóvel que utilizar o seu veículo, emite 13,2 vezes mais que um passageiro de ônibus, uma vez que, a emissão de GEE, é diretamente proporcional à quantidade de combustível consumida.

Conforme Ferreira (2004), diante da ausência de pesquisa nacional para se estimar as emissões em condições reais de utilização dos veículos pesados e, não havendo no Brasil, laboratórios capacitados para o cálculo da emissão de poluentes dos veículos diesel, o setor de Fontes Móveis da CETESB recomenda que:

Uma vez que não existam fatores de emissão levantados localmente, a estimativa das emissões de GEE da frota diesel de ônibus, microônibus e caminhões em circulação no Brasil deve ser feita preferencialmente a partir dos fatores de emissão de CO₂ para veículos europeus com autonomia de consumo assumido de 3,3 km/l ou 29,9 l/100 km, conforme apresentados na tabela 1-39 do *Revised 1996 IPCC*, uma vez que a tecnologia de motorização utilizada no Brasil se assemelha mais à dos veículos que circulam na Europa do que a dos veículos americanos, sendo estimados em 770 g/km o fator de emissão de CO₂ para pesados a diesel.

A recomendação continua:

Caso existam dados confiáveis quanto à quantidade de combustível consumida, esta metodologia de cálculo deve ser usada preferencialmente, em detrimento da adoção de dados baseados em fontes européias, pois representarão melhor a realidade do projeto. Neste caso, deve ser considerado o fator de emissão de 3140 g/kg (gramas de CO₂ por kg de diesel consumido) resultando em 1.131 g/km o fator de emissão de CO₂ para pesados a diesel.

Decorrente do estudo de planejamento do trânsito, considerando o desenvolvimento e a implantação de terminais de integração dos ônibus com o sistema metroferroviário, associados ao redimensionamento dos trajetos das linhas de ônibus, consegue-se a racionalização do sistema integrado, reduzindo-se os percursos e conseqüentemente as emissões de CO₂. Com a informação do consumo médio da frota, do real percurso realizado e conhecendo-se o fator de emissão, obtém-se as toneladas de CO₂ deixadas de serem emitidas.

5.3 A metodologia AM0031 – Metodologia de Base para Projetos de Trânsito Rápido por Ônibus - TRO

A metodologia AM0031 aprovada pelo Comitê Executivo do MDL da *UNFCCC* é aplicável a projetos cujas atividades reduzem as emissões pela construção e operação de Sistemas de Trânsito Rápido por Ônibus – TRO, mais conhecido em inglês por *Bus Rapid Transit System – BRT*. Ela também é aplicável para extensões de projetos existentes bem como para expansões pela adição de novas linhas.

As condições para aplicação da metodologia são:

- O projeto tem um plano preciso para reduzir a capacidade existente de transporte público via sucateamento de veículos existentes, restrições de licenças de circulação, instrumentos econômicos ou outros meios e substituindo-os por um sistema TRO.
- A regulamentação local não restringe o estabelecimento ou a expansão de um sistema TRO.
- O(s) combustível(eis) usado(s) na linha de base e/ou projeto em questão são gasolina sem mistura, diesel, GNL ou GNC. Projetos que utilizam bio-combustíveis seja na linha de base ou no projeto em si, não são elegíveis para usar a metodologia .
- O sistema TRO bem como a linha de base do sistema de transporte público e de outras opções de transporte público são viários. A metodologia exclui da análise sistemas metroferroviários, aéreos e hidroviários.
- O sistema TRO substitui parcialmente ou completamente um sistema de transporte público tradicional em uma dada localidade. A metodologia não pode ser usada em sistemas TRO em áreas onde, presentemente, não exista um sistema de transporte público disponível.
- A metodologia é aplicável se a análise de cenários alternativos possíveis para a linha de base conduz a resultados que indicam que a continuação do sistema atual de transporte público é o cenário que adequadamente representa as emissões antropogênicas por fontes de GEE que ocorreria na ausência da proposta atividade do projeto, i.e. o cenário da linha de base.

A metodologia AM0031 deve ser usada conjuntamente com a metodologia de monitoramento AM0031 – Metodologia de Monitoramento para projetos de Trânsito Rápido por Ônibus.

Um sistema de Trânsito Rápido por Ônibus – TRO é um sistema de transporte urbano de massa estruturado para operar com ônibus objetivando proporcionar um nível de mobilidade rápido, confortável e custo-eficiente. Um sistema TRO pode reduzir a emissão de GEE por meio:

- do uso mais eficiente de combustíveis empregando ônibus novos e maiores,

- da mudança do modo de transporte devido à disponibilidade de um sistema de transporte público mais eficiente e atrativo,
- do aumento da utilização dos veículos que passam a ter as circulações controladas a partir de um gerenciamento centralizado,
- da potencial substituição de combustíveis com baixo teor de carbono.

Um sistema TRO substitui sistemas convencionais de transporte público. O novo sistema de ônibus passa a transportar passageiros que, na sua ausência, utilizar-se-iam do sistema convencional ou de outros modos de transportes como p. ex. os automóveis. A redução ou a retirada de uma quantidade de ônibus do transporte convencional via sucateamento, redução de licenças ou instrumentos baseados em políticas mercadológicas, é parte integrante da metodologia desenvolvida.

Há dois passos relevantes para se determinar a linha de base ou cenário de referência para um projeto do tipo TRO:

- Determinação das emissões por passageiro transportado por categoria de veículo. O cálculo é feito *ex-ante*, incluindo o uso de fator fixo de mudança tecnológica. O fator de emissão da linha de base é adaptado a mudanças potenciais na distância da viagem e o tipo de combustível usado nos automóveis, caso as pesquisas indiquem que mudança na distância de viagem ou tipo de combustível utilizado conduziria a fatores de emissão da linha de base mais baixos.
- Emissões da linha de base: são calculadas *ex-post*, levando-se em consideração os passageiros transportados em decorrência do projeto TRO e a sua divisão modal. Os parâmetros fundamentais da linha de base usados para o cálculo dos fatores de emissão da linha de base, são revisados por meio de pesquisa anualizada e as alterações somente serão aplicadas, se os fatores de emissão da linha de base forem menores que o fator original. Normalmente, a quantidade de passageiros transportados é registrada pela operadora do sistema.

A seqüência usada para se determinar as emissões da linha de base são:

- i. Determinação das categorias de veículos;
- ii. Emissões por quilômetro;

- iii. Emissões por passageiros;
- iv. Fator de melhoramento tecnológico;
- v. Mudança dos parâmetros da linha de base durante o projeto;
- vi. Efeitos políticos;
- vii. Emissões da linha de base.

Com o emprego da metodologia AM0031 consegue-se calcular :

- i. as emissões do projeto em questão;
- ii. as emissões, cadeia acima, durante a construção;
- iii. as emissões, cadeia abaixo, decorrentes da economia de combustível;
- iv. o total de fugas cadeia acima;
- v. emissões de fugas devido à redução dos congestionamentos;
- vi. o total das emissões de fuga;
- vii. emissões da linha de base devido a automóveis e táxis;
- viii. emissões da linha de base devido aos ônibus;
- ix. o total das emissões da linha de base.

Essa seqüência de cálculos deve ser adaptada para ser utilizada na obtenção da estimativa das reduções de emissões em tCO_{2e}. Para isso são empregadas várias fórmulas matemáticas que levam em consideração as diversas variáveis que fazem parte do projeto em consideração.

Em termos genéricos a estimativa das reduções de emissões será o resultado do cálculo onde se subtrai da estimativa de emissões da linha de base, a estimativa das emissões das atividades do projeto que vem a ser a linha metroferroviária implantada associada ao terminal de integração. Adicionalmente subtrai-se ainda a estimativa de perdas de emissões ou seja:

Estimativa das reduções de emissões = Estimativa das emissões da linha de base – Estimativa das emissões das atividades do projeto (metroferroviário) – estimativa de perdas de emissões.

5.4 Formulação Matemática com a Metodologia AM0031

5.4.1 Reduções de emissões

Fórmula 1

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y$$

onde:

ER_y	reduções de emissões no ano y (tCO _{2e})
BE_y	emissões da linha de base no ano y (tCO _{2e})
PE_y	emissões do projeto no ano y (tCO _{2e})
LE_y	emissões de fuga no ano y (tCO _{2e})

5.4.2 Determinação das emissões da linha de base

A seqüência de cálculo, segundo a metodologia AM0031, é mostrada na Tabela 5.4.2 abaixo e, deve-se notar, que há duas trajetórias possíveis, chamadas de I e II:

Tabela 5.4.2 - Metodologia AM0031 – Determinação das Emissões da Linha de Base	
a. Determina-se as categorias de veículos	
b.1 TRAJETÓRIA I – Dados relativos	b.2 TRAJETÓRIA II – Dados Setoriais
b.2 TRAJETÓRIA I – Emissões por quilômetro	b.2 TRAJETÓRIA II – Emissões por passageiro
b.3 TRAJETÓRIA I – Emissões por passageiro	_____
c. Fator de melhoramento tecnológico	
d. Mudança dos parâmetros da linha de base durante o projeto	
e. Efeitos políticos	
f. Emissões da linha de base	

Calcula-se as emissões da linha de base para todos os passageiros transportados. Isso é diferenciado de acordo com o modo de transporte com o qual o indivíduo teria se utilizado, na ausência do projeto. Os passageiros transportados são determinados através do projeto (nível de atividade do projeto). O operador do sistema deverá reportar o total de passageiros transportados pelo projeto.

Fórmula 2

$$BE_y = \sum_i (EF_{P,i,y} \times P_{i,y})$$

Onde:

BE_y = emissões da linha de base no ano "y" (tCO₂)

$EF_{P,i,y}$ = fator de emissão de transporte por passageiro no veículo de categoria "i" no ano "y" (g/passag.)

$P_{i,y}$ = passageiros transportados pelo PROJETO (TRO) no ano "y" que, sem a atividade do projeto teria usado categoria "i", onde i = Z (ônibus, transporte público), T (táxis), C (carros de passageiro) ou M (motocicletas) - (em milhões de passageiros)

Fórmula 3

$$EF_{P,i,y} = EF_{P,i} \times IR_{i,t} \times CD_{i,y}$$

Onde:

$EF_{P,i,y}$ = fator de emissão de transporte por passageiro no veículo de categoria "i" no ano "y" (g/passag.)

$EF_{P,i}$ = fator de emissão de transporte por passageiro antes do início do PROJETO (g/passag.)

$CD_{i,y}$ = fator de correção pela alteração da distância de viagem na categoria "i" para o ano "y", onde i = T (táxis), C (carros passageiro) ou M (motocicletas)

$IR_{i,t}$ = fator de melhoria tecnológica no ano "t" para veículo categoria "i"

T = idade em anos dos dados de consumo de combustível utilizados para o cálculo do fator de emissão no ano "y"

Fórmula 4

$$EF_{P,i} = (EF_{KM,i} \times TD_i) / OC_i$$

Onde:

$EF_{P,i}$ = fator de emissão de transporte por passageiro antes do início do PROJETO, onde i = C (carro passag.), M (motocicletas) ou T (táxis) (g/passag.)

$EF_{KM,i}$ = fator de emissão de transporte por distância da categoria i (gCO₂ / km rodado)

OC_i = taxa de ocupação média da categoria de veículo i (passag.)

TD_i = distância média de viagem para veículo da categoria i (km)

Fórmula 5

$$EF_{P,Z} = (EF_{KM,Z,S} \times DD_{Z,S} + EF_{KM,Z,M} \times DD_{Z,M} + EF_{KM,Z,L} \times DD_{Z,L}) / P_Z$$

Onde:

$EF_{P,Z}$ = fator de emissão de transporte em ônibus antes do início do PROJETO (g/passag.)

$EF_{KM,Z,S}$ = emissões para ônibus pequenos (gCO₂/km)

$DD_{Z,S}$ = distância total rodada por ônibus pequenos (km)

$EF_{KM,Z,M}$ = emissões para ônibus médios (gCO₂/km)

$DD_{Z,M}$ = distância total rodada por ônibus médios (km)

$EF_{KM,Z,L}$ = emissões para ônibus grandes (gCO₂/km)

$DD_{Z,L}$ = distância total rodada por ônibus grandes (km)

P_Z = passageiros transportados por ônibus na linha de base

Fórmula 6

$$EF_{P,i} = [\sum_x (TC_{x,i} \times (EF_{CO_2,x} + EF_{CH_4,x} + EF_{N_2O,x}))] / P_i$$

Onde:

$EF_{P,i}$ = fator de emissão de transporte em veículo categoria i antes do início do PROJETO (g/passag.)

$TC_{x,i}$ = consumo total de combustível do tipo x por categoria de veículo i (litros)

$EF_{CO_2,x}$ = fator de emissão de CO₂ para combustível do tipo x (gCO₂/litro)

$EF_{CH_4,x}$ = fator de emissão de CH₄ para combustível do tipo x (gCO_{2e}/litro, baseado no GWP)

$EF_{N_2O,x}$ = fator de emissão de N₂O para combustível do tipo x (gCO_{2e}/litro, baseado no GWP)

P_i = passageiros transportados pela categoria i na linha de base.

Fórmula 7

$$CD_{i,y} = TD_{i,y} / TD_i$$

Onde:

$CD_{i,y}$ = fator de correção devido à alteração da distância de viagem na categoria i para o ano y, onde i = T (taxis), C(carros de pas.) ou M (motocicletas)

TD_i = distância média de viagem em KM na categoria i antes do início do PROJETO

$TD_{i,y}$ = distância média de viagem em KM na categoria i no ano y

Fórmula 8

$$EF_{km,i} = \sum_x [SEC_{x,i} \times (EF_{CO_2,x} + EF_{CH_4,x} + EF_{N_2O,x}) \times (N_{x,i}/N_i)]$$

onde:

$EF_{km,i}$ = fator de emissão de transporte por distância do veículo de categoria i (gCO₂/km rodado)

$SEC_{x,i}$ = consumo específico de energia do combustível tipo x no veículo categoria i (l/km)

$EF_{CO_2,x}$ = fator de emissão de CO₂ para combustível do tipo x (gCO₂/l)

$EF_{CH_4,x}$ = fator de emissão de CH₄ para combustível do tipo x (gCO₂e/l baseado no GWP)

$EF_{N_2O,x}$ = fator de emissão de N₂O para combustível do tipo x (gCO₂e/l baseado no GWP)

N_i = número total de veículos da categoria i

$N_{x,i}$ = número de veículos da categoria i usando combustível do tipo x

Fórmula 9

$$P_{i,y} = P_y \times S_{i,y}$$

Onde:

$P_{i,y}$ = passageiros transportados pelo PROJETO os quais com a não existência da projeto teria se utilizado de transporte do tipo i, onde i = Z (ônibus, transporte público), T (táxis), C (carros de pas.) M (motocicletas), NMT (transporte não motorizado) e IT (transporte induzido, i.e., não teriam viajado com a não existência do projeto) (MILHÕES)

P_y = total de passageiros transportados pelo PROJETO monitorado no ano y (milhões)

$S_{i,y}$ = parcela dos passageiros transportados pelo PROJETO os quais com a não existência da projeto teria se utilizado de transporte do tipo i, onde i = Z (ônibus, transporte público), T (táxis), C (carros de pas.) M (motocicletas), NMT (transporte não motorizado) e IT (transporte induzido, i.e., não teriam viajado com a não existência do projeto) (%)

5.4.3 Emissões das atividades do projeto

As emissões do projeto são somente as relativas ao novo sistema de transporte. É necessário incluir todas as emissões das viagens realizadas no novo sistema (i.e., as realizadas nas linhas tronco e nas alimentadoras).

O total das emissões pode ser calculado, de uma, entre duas alternativas, dependendo da disponibilidade de dados. Se existem registros, a qualidade dos dados para ambas as alternativas é igual.

Alternativa A: Uso de dados de consumo de combustível

Esta alternativa é baseada no total de combustível consumido

Fórmula 10

$$P_y = \sum_x [TC_{PJ,x,y} \times (EF_{CO_2,x} + EF_{CH_4,x} + EF_{N_2O,x})]$$

Onde:

PE_y = emissões do PROJETO no ano y (tCO₂e)

$TC_{PJ,x,y}$ = consumo total de combustível do tipo x no ano y pelo PROJETO (milhões)

$EF_{CO_2,x}$ = fator de emissão de CO₂ para o combustível tipo x (gCO₂/l)

$EF_{CH_4,x}$ = fator de emissão de CH₄ para o combustível do tipo x (gCO₂e/l, baseado no GWP)

$EF_{N_2O,x}$ = fator de emissão de N₂O para o combustível do tipo x (gCO₂e/l, baseado no GWP)

Alternativa B: Uso de dados do consumo específico de combustível e de distância.

Esta alternativa usa como base, dados de eficiência de combustível (i.e., consumo por quilômetro rodado).

Fórmula 11

$$EF_{KM,j,i} = \sum_x [SEC_{j,x,y} \times (EF_{CO_2,x} + EF_{CH_4,x} + EF_{N_2O,x})]$$

onde:

$EF_{KM,j,i}$ = fator de emissão de transporte por distância para ônibus do PROJETO de categoria j no ano y (gCO₂e/km)

$SEC_{j,x,y}$ = consumo específico de energia do combustível tipo x de ônibus do projeto de categoria j no ano y (l/km)

$EF_{CO_2,x}$ = fator de emissão de CO₂ para combustível do tipo x (gCO₂e/l)

$EF_{CH_4,x}$ = fator de emissão de CH₄ para combustível do tipo x (gCO₂e/l, baseado no GWP)

$EF_{N_2O,x}$ = fator de emissão de N₂O para combustível do tipo x (gCO₂e/l, baseado no GWP)

5.4.4 Fugas

Fugas são emissões que, apesar de não esperadas, são potencialmente previstas, além de serem mensuráveis e atribuíveis à atividade do projeto.

As seguintes fontes de fuga são consideradas:

1. emissões, cadeia acima, devido à:
 - construção de faixas exclusivas para o projeto TRO;
 - redução do período de vida, por substituição prematura de ônibus;
 - efeito do ciclo de vida, em razão do uso reduzido de combustível;
2. mudança do fator de carga da linha de base do sistema de transporte, i.e., o projeto potencialmente influencia a taxa de ocupação dos veículos restantes e
3. redução do congestionamento nas vias restantes, aumentando a velocidade média dos veículos, mais o efeito *rebound*

5.4.4.1 Fugas Cadeia Acima

- a) Emissões devido às obras (construção).

Fórmula 12

$$LE_{CON,y} = \frac{(CEM \times EF_{CEM} + ASP \times EF_{ASP}) \times DT}{Y}$$

Onde:

$LE_{CON,y}$ = emissões de fuga devido à construção no ano y (tCO₂e)

CEM = cimento usado na construção (toneladas/km de faixa da via tronco)

EF_{CEM} = fator de emissão específico para o cimento (tCO₂e/t de cimento)

ASP = asfalto utilizado na construção (t/km de faixa da via tronco)

EF_{ASP} = fator de emissão específico para o asfalto (tCO₂e/t asfalto)

DT = distância das faixas das vias tronco, construídas no PROJETO (km), baseado nos quilômetros multiplicados pelo número de faixas das vias- tronco

Y = anos do período de crédito do PROJETO

b) Emissões devido à retirada de veículos de circulação

Fórmula 13

$$LE_{LSP,y} = [\sum_{w=1 \text{ até } y} BSCR_w \times EF_{BM} \times (BA_{BL} - BA_{PJ}) / BA_{BL}] Y$$

onde:

$LE_{LSP,y}$ = emissões de fuga relativas à redução do intervalo de vida dos ônibus no ano y (tCO₂e)

$BSCR_w$ = unidades sucateadas de ônibus pelo PROJETO no ano w, onde w = 1 a y (NB: se os ônibus não forem sucateados, adota-se o número estimado de ônibus retirados (aposentados))

EF_{BM} = fator de emissão relativo à fabricação de ônibus (tCO₂e por ônibus)

BA_{BL} = idade média quando os ônibus são substituídos/aposentados no cenário da linha de base (anos)

BA_{PJ} = idade média dos ônibus sucateados durante a atividade do PROJETO (anos)

Y = anos de crédito do PROJETO

c) Emissões decorrentes de combustível economizado

Fórmula 14

$$LE_{UFP} = (PE_y - BE_y) - UEF$$

Onde;

LE_{UFP} = emissões de fuga relativas às emissões da produção de combustível cadeia acima no ano y (tCO₂)

PE_y = emissões do Projeto no ano y (tCO₂e)

BE_y = emissões da linha de base no ano y (tCO₂e)

UEF = multiplicador das emissões cadeia acima, baseado no fator default da literatura (%)

d) Sumário das emissões cadeia acima

Fórmula 15

$$LE_{UP,y} = LE_{CON,y} + LE_{LSP,y} + LE_{UFP,y}$$

Onde:

$LE_{UP,y}$ = emissões de fuga relativas ao processos cadeia acima no ano y (tCO₂e)

$LE_{CON,y}$ = emissões e fuga relativas à construção no ano y (tCO₂e)

$LE_{LSP,y}$ = emissões de fuga relativas à redução do intervalo de vida dos ônibus no ano y (tCO₂e)

$LE_{UFP,y}$ = emissões de fuga relativas às emissões da produção de combustível cadeia acima no ano y (tCO₂e)

5.4.4.2 Fugas devido à alteração no fator de carga

O projeto pode causar um impacto negativo no fator de carga de táxis ou na frota restante dos ônibus convencionais. Monitora-se as alterações do fator de carga na linha de base do sistema público de transporte

Fórmula 16

$$ROC_{i,y} = OC_{i,y} / OV_{i,y}$$

Onde:

$ROC_{i,y}$ = taxa de ocupação média relativa à capacidade na categoria i no ano y, onde i = Z (ônibus) ou T (táxis)

$OC_{i,y}$ = ocupação média do veículo da categoria i no ano y (pessoas)

$CV_{i,y}$ = capacidade média do veículo i no ano y (pessoas)

Fórmula 17

$$LE_{LF,Z,y} = EF_{KM,Z} \times VD_Z \times N_{Z,y} \times [1 - (ROC_{Z,y} / ROC_{Z,0})]$$

Onde:

$LE_{LF,Z,y}$ = emissões de fuga relativas à alteração do fator de carga em ônibus no ano y (tCO₂e)

$EF_{KM,Z}$ = fator de emissões de transporte da linha de base por distância para ônibus (gCO₂e/km)

VD_Z = distância anual rodada por veículo para ônibus antes do início do PROJETO, determinada ex-ante com a fórmula 18 (km)

$N(Z,y)$ = número de ônibus no sistema convencional de transporte operando no ano y

$ROC(Z,y)$ = taxa de ocupação média relativa à capacidade dos ônibus convencionais no ano y, baseada em estudos recentes de taxas de ocupação

$ROC(Z,0)$ = taxa de ocupação média relativa à capacidade de ônibus antes do início do projeto

Fórmula 18

$$VD_Z = \sum_{k=S,M,L} DD_{Z,k} / \sum_{k=S,M,L} N_{Z,k}$$

Onde:

VD_Z = distância rodada por ônibus antes do início do PROJETO (km)

$DD_{Z,k}$ = distância total rodada pelos ônibus do tamanho k (km)

$N_{Z,k}$ = número de ônibus no sistema de transporte convencional do tamanho k

Fórmula 19

$$LE_{LF,T,y} = EF_{KM,T} \times VD_T \times N_{T,y} \times [1 - (OC_{T,y} / OC_{T,0})]$$

$LE_{LF,T,y}$ = emissões de fuga relativas à alteração do fator de carga em taxis no ano y (tCO₂e)

$EF_{KM,T}$ = fator de emissão de transporte por distância de taxi da linha de base (gCO₂e/km)

VD_T = distância rodada por taxi em média antes do início do PROJETO (km)

$N_{T,y}$ = número de taxis operacionais no ano y

$OC_{T,y}$ = taxa de ocupação média de taxi para o ano y (passageiros somente; o motorista não é contado)

$OC_{T,0}$ = taxa de ocupação média de taxi antes do início do PROJETO (passageiros somente; o motorista não é contado)

Nota:

Se $OC_{T,0} - OC_{T,y} < 0$ ou $= 0,1$ então $LE_{LF,T,y} = 0$, i.e., se a taxa de ocupação de taxi não é reduzida abaixo de 0,1, então o PROJETO não teve efeito negativo (fuga).

5.4.4.3 Fugas devido à redução de congestionamento (efeito “rebote” e alteração da velocidade dos veículos)

Fórmula 20

$$ARS_y = \sum_{w=1..y} BSCR_w / N_z \times SRS - (RSB - RSP / RSB)$$

Onde:

ARS_y = espaço viário adicional disponível no ano y (%)

$BSCR(w)$ = unidades de ônibus sucateadas pelo PROJETO no ano w, onde $w= 1$ a y (NB: se os ônibus não forem sucateados, utiliza-se a quantidade de ônibus aposentados/retirados)

N_z = número de ônibus em uso na linha de base

SRS = parcela do espaço viário utilizado pelo transporte público na linha de base (%)

RSB = espaço viário total disponível na linha de base (faixas-km)

RSP = espaço viário total disponível no PROJETO (= $RSB -$ quilômetros de faixas que foram reduzidas devido às faixas de ônibus dedicadas) (faixas-km)

Se $ARS_y < 0$, então tem-se uma redução do espaço viário naquele ano, e, portanto, um aumento de emissões devido à redução da velocidade do veículo mas, redução das emissões devido a um efeito “rebote” negativo.

Fórmula 21

$$SRS = DD_z / (DD_z + DD_T + DD_c)$$

Onde:

SRS = parcela do espaço viário utilizado pelo transporte público na linha de base (%)

$DD(Z)$ = distância total rodada pelo ônibus da linha de base do transporte público (km)

$DD(T)$ = distância total rodada em km pelos táxis na linha de base (km)

$DD(C)$ = distância total rodada em km pelos carros de passageiro na linha de base (km)

Fórmula 22

$$LE_{TRIPS,y} = ITR \times ARS_y \times TD_C \times EF_{KM,C} \times D_y$$

Onde:

$LE_{TRIPS,y}$ = emissões de fuga relativas a viagens adicionais e/ou mais longas no ano y (tCO₂e)

ITR = fator de elasticidade para viagens adicionais e/ou mais longas: o fator é fixado em 0,1

ARS_y = espaço viário adicional disponível (%)

TR_C = número de viagens adicionais realizadas pelos carros de passageiros da linha de base (qde.)

TD_C = distância da viagem média para carros de passageiros (km)

$EF_{KM,C}$ = fator de emissão de transporte por distância de carros de passageiros antes do início do PROJETO (gCO₂e/km) (ver Fórmula 2)

D_y = número de dias que os ônibus operam no ano y

Fórmula 23

$$LE_{SP,y} = TR_C \times TD_C \times (EF_{KM,VP,C} - EF_{KM,VB,C}) \times DW_y$$

Onde:

$LE_{SP,y}$ = emissões de fuga relativas à alteração da velocidade do veículo no ano y (tCO₂e)

TR_C = número de viagens diárias realizadas pelos carros de passageiros da linha de base (qde.)

TD_C = distância da viagem média por carros de passageiro (km)

$EF_{KM,VP,C}$ = fator de emissão de transporte por distância para carros de passageiro na velocidade do PROJETO (gCO₂/km)

$EF_{KM,VB,C}$ = fator de emissão de transporte por distância para carros de passageiro na velocidade da linha de base (gCO₂/km)

DW_y = número de dias por ano no ano y

Fórmula 24

$$EF_{KM,m,C} = 135,44 - 2,314 \times V + 0,0144 \times V^2$$

Onde:

$EF_{KM,m,C}$ = fator de emissão de transporte por distância para carros de passageiro rodando à velocidade m (gCO₂/km)

V = velocidade do veículo (km/h); calculada para a velocidade do projeto (VP) e velocidade da linha de base (VB)

Fórmula 25

$$LE_{CONG,y} = LE_{TRIPS,y} + LE_{SP,y}$$

Onde:

$LE_{CONG,y}$ = emissões de fuga relativas ao congestionamento no ano y (tCO₂e)

$LE_{TRIPS,y}$ = emissões de fuga relativas a viagens adicionais e/ou mais longas no ano y (tCO₂e)

$LE_{SP,y}$ = emissões de fuga relativas à mudança na velocidade do veículo no ano y (tCO₂e)

Fuga total

Fórmula 26

$$LE_y = LE_{UP,y} + LE_{LF,Z,y} + LE_{LF,T,y} + LE_{CONG,y}$$

Onde: $LE(Y)$ = emissões de fuga no ano y (tCO₂e)

$LE_{UP,y}$ = emissões de fuga relativas aos processos cadeia acima no ano y (tCO₂e)

$LE_{LF,Z,y}$ = emissões de fuga relativas à alteração do fator de carga em ônibus no ano y (tCO₂e)

$LE_{LF,T,y}$ = emissões de fuga relativas à alteração do fator de carga em taxis no ano y (tCO₂e)

$LE_{CONG,y}$ = emissões de fuga relativas à redução de congestionamento no ano y (tCO₂e)

Se $LE_y < 0$, então a fuga não é incluída

$LE_y > 0$, então a fuga é incluída.

5.5 A metodologia NM 0229 – Metodologia para Projetos de Transporte Urbano Rápido de Massa

Esta metodologia é baseada, em grande parte na AM0031 com relação à proposta geral, a linha de base e os cálculos para as fugas e as emissões do projeto. As mais importantes diferenças entre as duas metodologias, i.e., entre a proposta (NM 0229) e a já aprovada (AM0031) são:

- i. a NM 0229 é também aplicável para sistemas de transporte de passageiros sobre trilhos, enquanto que a AM0031 é aplicável somente para transporte viário.
- ii. a NM 0229 é para sistemas de transportes nos quais os passageiros realizam somente parte das suas viagens. O trecho restante é realizado utilizando-se do sistema tradicional existente. Na AM0031, o passageiro faz o percurso total no novo sistema de transporte (o sistema TRO de acordo com a AM0031 precisa incluir as linhas alimentadoras).
- iii. Como resultado do item ii, o enfoque considerado na metodologia NM 0229 é o de passageiro-km. Na AM0031, é passageiro-viagem. Isso não se aplica à primeira uma vez que somente parte da viagem é realizada no novo sistema de transporte.
- iv. A nova metodologia é concebida para alterações parciais no sistema ou extensões tais como a introdução de faixas segregadas para ônibus (sistema TRO mas, sem as linhas alimentadoras), sistemas de VLTs ou linhas metroviárias ou a extensão de uma linha existente. A AM0031 é empregada para uma alteração completa de um sistema de transporte público onde um sistema público existente é substituído por um sistema TRO.
- v. As fugas relativas à alteração do fator de carga foram adaptadas às necessidades da nova metodologia. A AM0031 é para as alterações completas do sistema e, portanto, as fugas do sistema como um todo, é monitorada, enquanto que os projetos para os quais essa metodologia é aplicada, são mais localizados. O monitoramento da fuga relativa às alterações dos fatores de carga na parte complementar do sistema de transporte é realizado localmente (área de influência do projeto) e mais o da cidade como um todo.
- vi. A metodologia NM 0229 foi simplificada na sua apresentação, procedimentos e formulações.

A metodologia NM 0229 se destina ao setor de transporte e é aplicável às atividades de projetos que reduzem emissões pela construção de e operação de em faixas segregadas de ônibus, i.e., sistema TRO ou sistemas de transporte urbano de massa, i. e., VLTs, metrô. Aquela metodologia também se aplica para extensões ou ampliações de sistemas TRO existentes ou sistemas sobre trilhos, adicionando novas rotas e linhas.

As seguintes condições de aplicabilidade devem ser consideradas:

- i. o projeto conforma uma nova infra-estrutura consistindo de faixas segregadas para ônibus ou sistemas sobre trilhos. A metodologia não é aplicável para melhorias operacionais de sistemas já existentes e sistemas já operantes metroferroviários ou viários.
- ii. A metodologia é aplicável somente para o transporte de passageiros.
- iii. Todos os combustíveis são elegíveis exceto biocombustíveis para o projeto e a linha de base. Incluem-se como elegíveis a eletricidade para sistemas trólebus e metroferroviários.
- iv. A metodologia exclui a análise de sistemas aéreos e aquaviários.
- v. A metodologia não pode ser aplicada em áreas onde não seja disponível transporte público.
- vi. A metodologia é aplicável, se a análise dos possíveis cenários alternativos da linha de base, conduz ao resultado de que a continuação do atual sistema público de transporte, é o cenário que razoavelmente representa as emissões antropogênicas pelas fontes de gases de efeito estufa, que ocorreria na ausência da atividade do projeto proposto ,i.e., o cenário da linha de base.

Para os cálculos das emissões da linha de base, de acordo com a metodologia, os passos são os seguintes:

- Determinação das categorias de veículos que são consideradas relevantes.

A linha de base é uma continuação do atual sistema de transporte consistindo dos vários modos selecionados pela população: NMT (tráfego não motorizado – a pé ou bicicleta), carros de passageiro, táxis, motos, metrô e trens de subúrbio e o sistema de transporte público por ônibus.

- Cálculo das emissões por quilômetro.

As emissões de gases de efeito estufa por quilômetro são calculadas e fixadas ex-ante para o período do projeto. Seu valor é baseado em dados de consumo específico de combustível da respectiva categoria, multiplicado por um fator anual de melhoria tecnológica.

- Cálculo das emissões por passageiro-km

Passageiros-km (PKM) são definidos como distância média viajada por passageiro, multiplicada pelo número de passageiros. As emissões por PKM são calculadas por categoria de veículo.

- Determinação das emissões da linha de base

As emissões da linha de base para todos os passageiros transportados pelo projeto são então calculadas, diferenciando de acordo com o modo de transporte que a pessoa teria utilizado na ausência do projeto. Os passageiros transportados e suas distâncias percorridas (rodadas) são determinadas pelo projeto (nível de atividade do projeto).

Para os cálculos das emissões do Projeto, parte-se do combustível consumido pelas unidades de transporte do projeto. O projeto considerou o uso de unidades movidas a gasolina, álcool, veículos tipo flex e a GNV (gás natural veicular). Cumpre salientar que a metodologia e a fórmula originalmente empregada para o cálculo, só considerava combustível do tipo fóssil (ônibus movido a diesel), que não é o caso válido para o Brasil e, especificamente a cidade de São Paulo.

Com relação aos cálculos das emissões de fuga, as fontes consideradas foram:

- emissões de fuga cadeia acima (*upstream*) devido às atividades de construção da linha metroviária e às relativas ao sucateamento de ônibus. As emissões relativas à construção e à redução do intervalo de vida são anualizadas baseando-se no período de crédito do projeto.
- emissões de fuga devido ao fator de carga da linha de base do sistema de transporte devido ao projeto, monitoradas durante o projeto.
- emissões de fuga devido à redução do congestionamento nas vias restantes, que provocam uma maior velocidade média dos veículos e, adicionalmente o efeito “rebote” decorrente de uma maior espaço viário disponível, com a implantação do projeto. O impacto total relativo ao congestionamento é calculado ex-ante e não é monitorado.

Subtraindo-se da estimativa total das emissões da linha de base as estimativas totais das emissões relativas ao projeto e às relativas às fugas, obtém-se a estimativa total das reduções das emissões, decorrentes da implantação do projeto da Linha 4 do Metrô de SP.

5.6 Formulação Matemática com a Metodologia NM 0229

5.6.1 Reduções de emissões

Fórmula 1

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y$$

onde:

ER_y reduções e emissões no ano y (tCO₂e)

BE_y emissões da linha de base no ano y (tCO₂e)

PE_y emissões do projeto no ano y (tCO₂)

LE_y emissões relativas a fugas no ano y (tCO₂)

5.6.2 Cálculo das emissões da LINHA DE BASE

Fórmula 2

$$BE_y = \sum_i EF_{PKM,i,y} \times P_{i,y} \times TD_y / 10^6$$

Onde:

BE_y = emissões da linha de base no ano "y" (tCO₂)

$EF_{PKM,i,y}$ = fator de emissão por passageiro-quilômetro de uma categoria de veículo "i" no ano "y" (gCO₂e/PKM)

$P_{i,y}$ = total de passageiros transportados da categoria de veículo "i" pelo PROJETO no ano "y" (passageiros)

TD_y = distância média da viagem de passageiros transportados pelo PROJETO no ano "y" (km)

Fórmula 3

$$EF_{PKM,B,y} = (EF_{KM,BD} \times AD_{BD} \times N_{BD} + EF_{KM,BG} \times AD_{BG} \times N_{BG} + EF_{KM,BGNV} \times AD_{BGNV} \times N_{BGNV}) / P_B \times TD_B$$

$EF_{PKM,B,y}$ = fator de emissão por passageiro-quilômetro de ônibus o ano "y" (gCO₂/PKM)

$EF_{KM,BD,BG,BGNV}$ = fator de emissão por quilômetro de veículo da categoria BD (ônibus diesel),
BG (ônibus a gasolina), BGNV (ônibus a GNV) (gCO₂/KM) = 1.031

$AD_{BD,BG,BGNV}$ = distância média anual rodada pelos ônibus BD,BG,BGNV antes do início do PROJETO (km) = 60.000 km

$N_{BD,BG,BGNV}$ = quantidade de ônibus BD,BG,BGNV antes do início do PROJETO (passageiros) = 1.900

P_B = total de passageiros transportados pelos ônibus antes do início do PROJETO (passageiros) = 53 milhões

TD_B = distância da viagem média por passageiro de ônibus antes do início do PROJETO (km)= 10 km

Fórmula 4

$$EF_{PKM,i,y} = EF_{KM,i,y} / OC_i$$

Onde:

$EF_{PKM,i,y}$ = fator de emissão por passageiro-quilômetro de veículo de determinada categoria "i" no ano "y" (gCO₂/PKM)

$EF_{KM,i,y}$ = fator de emissão por quilômetro de um veículo de determinada categoria "i" no ano "y" em (gCO₂/km)

OC_i = taxa de ocupação média de veículo de categoria "i" antes do início do PROJETO (passageiros)

Fórmula 5

$$EF_{KM,i,y} = \sum_x [SFC_{PJ,x,i} \times NCV_x \times EF_{CO_2,x} \times N_{x,i} / N_i] \times IR_{y,i}$$

Onde:

$EF_{KM,i,y}$ = fator de emissão por quilômetro de um veículo de determinada categoria "i" no ano "y" em (gCO₂/km)

$SFC_{PJ,x,y}$ = consumo específico de combustível de um veículo de determinada categoria "i" usando combustível do tipo "x" antes do início do PROJETO (g/km)

NCV_x = valor calorífico líquido do combustível "x"(J/g)

$EF_{CO_2,x}$ = fator de emissão de carbono para o combustível do tipo "x"(gCO₂/J)

$N_{x,i}$ = qde. de veículos da categoria "i" que usa combustível do tipo "x" antes do início do PROJETO (unidades)

N_i = qde. De veículos da categoria "i" antes do início do PROJETO (unidades)

$IR_{i,y}$ = fator de melhoria tecnológica relativo ao veículo da categoria "i" para o ano "y"

y = ano 1 ... n, relativo ao PROJETO (período de crédito)

5.6.3 Cálculo das emissões do PROJETO

Fórmula 6

$$PE_y = EF_{CO_2,Electricidade,y} \times EE_{ConsumoTotalMETR\hat{O},y} \times EXTLinha4METR\hat{O},y / EXTOTALinhasMETR\hat{O},y$$

Onde:

PE_y = emissões do PROJETO no ano "y" (tCO₂)

$EF_{CO_2,Electricidade,y}$ = fator de emissão de carbono resultante da geração de eletricidade, para o submercado sudeste/centro-oeste, para o ano "y", calculado e divulgado pelo ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico -MCT-Brasil) (tCO₂/MWh)

$EE_{ConsumoTotalMETR\hat{O},y}$ = Consumo total de energia elétrica do Metrô SP, no ano "y" (MWh)

$EXTLinha4METR\hat{O},y$ = comprimento da Linha 4 no ano "y" (km)

$EXTOTALinhasMETR\hat{O},y$ = comprimento total das linhas do Metrô no ano "y" (km)

5.6.4 Cálculos das emissões de FUGA

5.6.4.1 Emissões de fuga relativas à Construção

Fórmula 7

$$LE_{CON,y} = \sum_x (CEM_y \times EF_{CEM} + ASP_y \times EF_{ASP}) / \sum_Y$$

Onde:

$LE_{CON,y}$ = emissões de fuga relativas à construção no ano "y" (tCO₂)

CEM_y = quantidade de cimento utilizada no ano "y" (toneladas)

EF_{CEM} = fator de emissão para o cimento (tCO₂/t cimento)

ASP_y = quantidade de asfalto utilizada no ano "y" (toneladas)

EF_{ASP} = fator de emissão para o asfalto (tCO₂/t asfalto)

Somatório de Y = soma dos anos de crédito do PROJETO (7 anos)

Fórmula 8

$$REMO_y = N_{CAMINHÃO_{estação/túnel,y}} \times D_{dep.entulho} \times EF_{CaminhãoDiesel}$$

Onde:

$REMO_y$ = quantidade de entulho (terra/rocha) removida no ano "y" (toneladas)

$N_{CAMINHÃO_{estação/túnel,y}}$ = quantidade de caminhões usados para a remoção dos entulhos provenientes das construções das estações e do túnel, no ano "y" (unidades)

$D_{dep.entulho}$ = distância ida e volta para depositar o entulho (km)

$EF_{CaminhãoDiesel}$ = fator de emissão relativo ao diesel (tCO₂/t)

Calculando as emissões da construção pela fórmula adaptada

Fórmula 9

$$LE_{CON,y} = [\sum_y (CEM_y \times EF_{CEM} + REMO_y)] / \sum_Y$$

5.6.4.2 Emissões relativas ao “sucateamento” de ônibus

Fórmula 10

$$LE_{SCR,y} = \sum_y (BSCR_y \times EF_{SCR}) / \sum_Y$$

Onde:

$LE_{SCR,y}$ = emissões de fugas relativas ao sucateamento no ano "y" (tCO₂)

$BSCR_y$ = quantidade de ônibus sucateados no ano "y" (unidades)

EF_{SCR} = fator de emissão relativo a ônibus sucateados (tCO₂/ônibus sucateados)

\sum_Y = soma dos anos do período de crédito (7 anos)

Considerações:

Com a futura implantação de um terminal de integração na estação de Butantã e como não será construída a estação de Três Poderes, calcula-se que haverá uma redução de 22.843 km + 5.408 km, ou seja 28.251 km, na quilometragem rodada pelos ônibus, em um total de 27 linhas de ônibus, conforme Ferreira (2004).

Admitindo-se que 250 km/dia são rodados por um ônibus, pode-se calcular que (28.251 km / 250 km/ônibus-dia), ou seja 113 ônibus-dia não são mais necessários. Para a situação brasileira, isso pode ser entendido que 113 ônibus serão deslocados para outro local/região e portanto essa mesma quantia não será comprada. Portanto, esse valor pode ser considerado como a variável BSCR, na fórmula 10.

5.6.4.3 Emissões totais relativas à CADEIA ACIMA

Fórmula 11

$$LE_{UP,y} = LE_{CON,y} + LE_{SCR,y}$$

Onde:

$LE_{UP,y}$ = emissões relativas às fugas cadeia acima no ano "y" (tCO₂)

$LE_{CON,y}$ = emissões de fuga relativas à construção no ano "y" (tCO₂)

$LE_{SCR,y}$ = emissões de fuga relativas ao sucateamento no ano "y" (tCO₂)

5.6.4.4 Emissões devido à alteração do fator de carga dos ônibus

Fórmula 12

$$LE_{LFB,y} = N_{B,y} \times AD_B \times EF_{KM,B,y} \times (1 - OC_{B,y} / OC_B) \times 1/10^6$$

Onde:

$LE_{LFB,y}$ = emissões de fuga devido à alteração do fator de carga dos ônibus no ano "y" (tCO₂)

$N_{B,y}$ = número de ônibus que não fazem parte do PROJETO no ano "y" (qde. Ônibus)

AD_B = distância média anual percorrida pelos ônibus que não fazem parte do PROJETO (km)

$EF_{KM,B,y}$ = fator de emissão por quilômetro dos ônibus da linha de base no ano "y" (gCO₂/km)

$OC_{B,y}$ = taxa de ocupação média dos ônibus que não fazem parte do PROJETO no ano "y" (%)

OC_B = taxa de ocupação média dos ônibus da linha de base antes do início do PROJETO (%)

$$NR_{B,y} > (N_B \times PG + N_B / 40)$$

Onde:

$NR_{B,y}$ = número dos ônibus retirados devido ao PROJETO no ano "y" (qde. ônibus)

N_B = número de ônibus na linha de base na cidade inteira (qde. ônibus)

PG = crescimento da população da cidade (estimada - %)

Considerações:

O crescimento da população foi de 9,25% em 5 anos, cfme. Pesquisa OD 2002, o que dá um crescimento médio anual de 1,85%.

Aplicando-se os valores na fórmula obtém-se:

$$NR_{B,y} = 63.869 \text{ (qde. Ônibus Denatran-Ago2007)} * 0,0185 + 63.869/40 = 2.779 \text{ ônibus}$$

113 ônibus que foram deslocados p/ outro local < 2.779 unidades adicionais requeridas devido ao crescimento da cidade.

Portanto, o fator de carga para a cidade como um todo não será monitorado no PROJETO.

Considerações:

Se $OC(B) - OC(B,y) < 0,1$ então $LE(LFB,y)$ é ajustada para "0", i.e., se a taxa de ocupação dos ônibus é reduzida de menos que 10 pontos percentuais e, nessa situação, fugas relativas ao fator de carga não são incluídas.

A taxa de ocupação na linha de base considerada é de 50%. As fugas serão considerada portanto, se os ônibus remanescentes tiverem fator de carga menor que 40%. Em razão disso, alteração alguma está prevista e a fuga fica projetada como "0".

5.6.4.5 Emissões devido à alteração do fator de carga para táxis

Fórmula 13

$$[(P_{(T,y-1)} \times TD_{(y-1)}) / AD_T \times OC_T] > (NT \times PG + NT/20)$$

Onde:

$P_{(T,y-1)}$ = Passageiros transportados pelo PROJETO que teriam usado taxi na ausência do PROJETO, no ano "y-1" (qde. Passageiros)

$TD_{(y-1)}$ = distância média de viagem por passageiro no ano "y-1" (km)

$AD(T)$ = distância média anual percorrida por taxi (km)

$OC(T)$ = taxa de ocupação dos taxis (qde. Passageiros)

NT = número de taxis na linha de base para a cidade como um todo (qde. Taxis)

PG = crescimento populacional da cidade (estimado %)

Aplicando-se os valores na fórmula obtém-se:

$$(1.000 \times 26 \times 12) \times (6 \times 26 \times 12) / 32.766 \times 50.000 \times 0,8 > 32.766 \times 0,0185 + 32.766/20$$

$$0,45 < 2.244$$

Aproximadamente 1/2 taxi não seria usado pelos passageiros do PROJETO o que é muito menor que os 2244 taxis anuais adicionais do decorrentes do crescimento populacional.

Baseado nisso, não há necessidade de que as fugas devido à alteração do fator de carga de taxi seja monitorada.

As emissões totais devido à alteração do fator de carga é estimada como "0" ex-ante.

5.6.4.6 Emissões causadas pelo efeito "Rebote"

Fórmula 14

$$LE_{REB,y} = ITR \times ARS_y \times N_C \times TD_C \times EF_{KM,C,y} \times 1/10^6$$

Onde:

$LE_{REB,y}$ = emissões de fuga devido ao efeito rebote no ano "y" (tCO₂)

ITR = fator de elasticidade para viagens adicionais e/ou longas

ARS_y = espaço viário adicional disponível no ano "y" (%)

N_C = número de viagens anuais feitas pelos carros antes do PROJETO (viagens)

TD_C = distância média de uma viagem feita pelos carros no PROJETO (km)

$EF_{KM,C,y}$ = fator de emissão por km de carros no ano "y" (gCO₂/km)

Fórmula 15

$$ARS_y \sum_y [BSCR_y/N_B \times SRS_B + R_C/NT_C \times SRS_C + R_T/NT_T \times SRS_T - (RSB - RSP) / RSB]$$

Onde:

ARS_y = espaço viário adicional disponível no ano "y" (%)

$BSCR_y$ = qde. de ônibus retirada ou sucateada pelo PROJETO no ano "y" (ônibus que deixam de ser comprados)

N_B = número de ônibus na linha de base no PROJETO (ônibus)

SRS_B = parte do espaço viário utilizado pelo transporte público na linha de base no PROJETO (%)

R_C = carros retirados pelo PROJETO (carros)

NT_C = número de viagens dos carros na linha de base no PROJETO (carros)

SRS_C = parte do espaço viário utilizado pelos carros na linha de base no PROJETO (%)

R_T = taxis retirados pelo PROJETO (taxis)

NT_T = número de viagens dos taxis na linha de base no PROJETO (taxis)

SRS_T = parte do espaço viário utilizado pelos taxis na linha de base no PROJETO (%)

RSB = espaço viário disponível na linha de base no PROJETO (km)

RSP = espaço viário total do PROJETO disponível (= RSB menos quilômetros de faixas que foram reduzidas devido ao PROJETO) (km)

5.6.4.7 Emissões causadas pela alteração da velocidade do veículo

Fórmula 16

$$LE_{SP} = \sum_{(C,T)} [NT \times TD \times (EF_{KM,VP} - EF_{KM,VB}) \times 1/10^6]$$

Onde:

LE_{SP} = emissões de fuga devido à alteração da velocidade de taxis e carros de passageiros (tCO₂)

NT = número de viagens anuais realizadas por carros/taxis na áreas de influência do PROJETO, antes do PROJETO (viagens)

TD = distância da viagem média realizada por carros/taxis na área de influência do PROJETO, antes do PROJETO (km)

$EF_{KM,VP,C,T}$ = fator de emissão por km dos carros/taxis na velocidade do PROJETO (gCO₂/km)

$EF_{KM,VB,C,T}$ = fator de emissão por km dos carros/taxis na velocidade da linha de base (gCO₂/km)

Fator de emissão da velocidade CORINAIR do veículo

Fórmula 17

$$LE_{KM,V} = 135,44 - 2,314 \times V + 0,0144 \times V^2$$

Onde:

$EF_{KM,V}$ = fator de emissão por km de carros/taxis na velocidade "V" (gCO₂/km)

V = velocidade do veículo (km/h)

As velocidades utilizadas tanto p/ os carros qto. para os taxis será de 25,0 km/h.

Calculando para velocidade V do PROJETO e VB da linha de base:

$EF_{KM,V} = 86,59 \text{ gCO}_2/\text{km}$

$$EF_{KM,VB} = 94,92 \text{ gCO}_2/\text{km}$$

5.6.4.8 Emissões de fuga devido à redução do congestionamento

Fórmula 18

$$LE_{CON,y} = LE_{REB,y} + LE_{SP,y}$$

Onde:

$LE_{CON,y}$ = emissões de fuga devido à redução do congestionamento no ano "y" (tCO₂)

$LE_{REB,y}$ = emissões de fuga devido ao efeito rebote no ano "y" (tCO₂)

$LE_{SP,y}$ = emissões de fuga devido à alteração da velocidade do veículo no ano "y" (tCO₂)

5.6.4.9 Emissões de fuga TOTAIS

Fórmula 19

$$LE_y = LE_{UP,y} + LE_{LF,y} + LE_{CON,y}$$

Onde:

$LE_{UP,y}$ = emissões de fuga no ano "y"(tCO₂)

$LE_{UP,y}$ = emissões de fuga cadeia acima no ano "y" (tCO₂)

$LE_{LF,y}$ = emissões de fuga devido à alteração do fator de carga no ano "y" (tCO₂)

$LE_{CON,y}$ = emissões de fuga devido à redução do congestionamento no ano "y" (tCO₂)

6. RESULTADOS

O formulário desenvolvido e adaptado descrito no item 5.6 permitiu o cálculo das emissões de CO_{2e}, particularizando para a Linha 4 – Amarela, do Metrô de São Paulo.

Pelas razões apresentadas no item 5.5, optou-se por adaptar o formulário da metodologia NM 0229, considerando, onde aplicável, os conceitos e considerações da metodologia AM0031.

O desenvolvimento de todo o processo de cálculo, apresentado no Anexo A, permitiu chegar aos resultados das estimativas das reduções totais de emissões decorrentes da implantação do projeto.

A seqüência estabelecida é a seguinte:

- cálculo das emissões da linha de base,
- cálculo das emissões do PROJETO, no caso a Linha 4 – Amarela,
- cálculo das emissões de fuga e
- obtenção da estimativa de reduções totais de emissões com a implantação da Linha 4 – Amarela.

As tabelas a seguir, apresentam, de maneira sintética, os resultados para cada uma das etapas elencadas.

6.1 Cálculo das emissões totais da Linha de Base

A tabela 6.1 apresenta os resultados dos cálculos para as emissões da linha de base em tCO₂ para o primeiro período de 7 anos de crédito de carbono.

Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
TCO ₂	177.746	177.457	177.258	202.783	202.299	201.805	201.301	1.340.648

6.2 Cálculo das emissões totais do PROJETO

A tabela 6.2 apresenta os resultados dos cálculos obtidos para as emissões do PROJETO em t CO₂, para o primeiro período de crédito de carbono.

Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
TCO ₂	17.233	18.999	20.947	23.094	25.461	28.071	30.948	164.753

6.3 Cálculos das emissões totais relativas às fugas do projeto

Na seqüência, a Tabela 6.3 apresenta os resultados obtidos para o cálculo das emissões totais relativas aos diferentes tipos de fugas do projeto.

Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
TCO ₂	22.085	22.069	22.053	22.036	22.020	22.005	21.989	154.257

6.4 Estimativas das reduções globais de emissões decorrentes da implantação do Projeto

Finalmente, a Tabela 6.4 apresenta os resultados das estimativas de reduções globais de emissões para o primeiro período de crédito de carbono. De fato, são essas toneladas de CO₂ equivalente que poderão ser vendidas.

Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
TCO ₂	138.428	136.388	134.258	157.652	154.818	151.730	148.364	1.021.637

Os resultados obtidos indicam que é possível adequar metodologias elaboradas para sistemas de transportes viários do tipo TRO, p. ex., para serem utilizadas na avaliação de reduções de emissões de GEE em projetos de sistemas de transporte urbano de massa sobre trilhos.

A análise indica que os procedimentos estabelecidos pela metodologia NM 0229 são mais facilmente adequados, desde que algumas adaptações sejam feitas, tanto

no que diz respeito à sua aplicabilidade quanto à adequação das fórmulas matemáticas.

A partir dos conceitos e considerações da metodologia AM0031, já aprovada pelo Conselho Executivo do MDL e, levando em consideração os aspectos mais específicos de um sistema de transporte urbano sobre trilhos, conseguiu-se chegar a um resultado bastante expressivo quando se considera a redução global de emissões quantificadas em tCO₂ equivalentes, para um primeiro período de crédito de carbono.

O valor calculado chegou a 1.021.637 tCO_{2e} que, comercializados pelos valores de mercado praticados, permite que se estime uma receita de 10.216.370 euros, vendendo-se a tonelada a 10 euros. Convertendo esse valor em reais, pela taxa de câmbio de 11 de dezembro de 2007, do Banco Central do Brasil (1 Euro/Comunidade Européia = R\$ 2,59473), tem-se a quantia arredondada de R\$ 26,5 milhões ou US\$ 15,0 milhões (1US\$ = R\$ 1,765), com a venda das reduções certificadas de emissões que são calculadas de acordo com o potencial de aquecimento global –“*Global Warming Potential – GWP*”, índice divulgado pelo Painel Inter-governamental sobre Mudança Climática (IPCC), utilizado para uniformizar as quantidades dos diversos GEE em termos de CO₂ equivalente, possibilitando que reduções de diferentes GEE sejam contabilizadas.

Confirma-se, portanto, que a receita obtida permite o pagamento de parte dos investimentos realizados num determinado projeto de transporte sobre trilhos, pelo uso do mecanismo do MDL.

7. DISCUSSÃO

A metodologia considerada se aplica para atividades de projetos que reduzem a emissão de gases de efeito estufa, decorrentes do transporte de passageiros, pela implantação de sistemas de transporte urbano sobre trilhos, como no caso da Linha 4 - Amarela do Metrô de São Paulo. As reduções de emissão são obtidas pela melhoria da eficiência do transporte de passageiros por quilômetro, com o novo sistema, quando comparado com os sistemas tradicionais que os passageiros utilizariam, caso o novo sistema não tivesse sido implantado.

O indicador usado para demonstrar e calcular as reduções de emissão foi a emissão por passageiro-km (PKM), onde as emissões do projeto por PKM, são comparadas com as emissões por PKM da linha de base, relativas a vários modos de transporte.

Em termos de monitoramento, a metodologia se encarrega de monitorar as emissões da linha de base, as emissões do projeto e as emissões de fuga.

Os dados principais para o monitoramento das emissões da linha de base são o PKM médio do projeto, o número de passageiros do projeto e o modo de transporte que eles teriam que utilizar caso o projeto não fosse implantado. Os quantitativos de passageiros são baseados em dados do projeto e os modos de transporte são baseados numa pesquisa regular dos passageiros que se utilizam do

sistema. A distância percorrida por passageiro também se baseia em uma pesquisa regular com as informações de entrada/saída de estações ou em pesquisa de origem/destino (OD) do projeto. Os fatores de emissão por PKM da linha de base foram determinados antes do início do projeto e não são monitorados anualmente.

As emissões do projeto são monitoradas pelo consumo de combustível ou eletricidade das unidades envolvidas no projeto.

As emissões de fuga são monitoradas pelos relatórios de construção (obras) e de “sucateamento” bem como de pesquisas regulares referentes aos fatores de carga no remanescente transporte público e frota de táxis. A fuga relativa à alteração do congestionamento é calculada ex-ante e é um valor fixo para o período de crédito do projeto.

As seguintes inclusões/alterações foram realizadas nas metodologias, para serem empregadas em sistemas de transporte urbano de passageiro sobre trilhos (STUPST), levando em consideração também as particularidades de projetos implantados no Brasil.

Considerando as particularidades locais temos:

- i. gasolina com mistura de etanol de 20 a 22%
- ii. uso de biocombustível (etanol)

Considerando as inclusões/alterações específicas relativas à implantação de projeto STUPST:

- i. relativas ao cálculo das emissões do PROJETO

O STUPST usa exclusivamente eletricidade como energia de tração. A fórmula 6 para o cálculo das emissões foi alterada para considerar esse aspecto.

- ii. relativas ao cálculo das emissões de fuga

Pela própria particularidade do STUPST, o cálculo das emissões de fuga devido à construção, teve a sua formulação adaptada. Considerou-se, como nas metodologias originais AM0031 e NM 0229, o uso do cimento (no concreto) mas substituiu-se o uso de asfalto por remoção de material devido à escavação do túnel e à construção de estações (fórmula 9).

- iii. relativas ao cálculo das emissões referentes ao “sucateamento” de ônibus

No caso específico da Linha 4, não haverá o sucateamento de veículos como ocorreu nos projetos do TransMilenio – Bogotá (Metodologia AM0031) e Metrobus Insurgentes – México (Metodologia proposta NM 0229). Haverá uma redução do número de veículos (ônibus) que deixarão de circular na área de influência da referida linha metroviária e que serão deslocados para operar em outra região/cidade.

Considerações adicionais:

- i. não foi feita diferenciação com relação às dimensões dos ônibus (bi-articulados, articulados, padron, microônibus) para efeito de fator de emissão a ser utilizado
- ii. não foi incluído o cálculo de emissão considerando o gás metano (CH₄) por serem utilizados veículos (táxis e automóveis) movidos a GNV. A participação no total da frota considerado é da ordem de 7% e as emissões relativas a táxis e automóveis são respectivamente 757 tCO_{2e} e 477 tCO_{2e}, o que representaria 0,7 % do total das emissões da linha de base, em 2009.
- iii. Também não foi incluída a categoria “motocicletas” no cálculo das emissões. A não inclusão se deve ao fato das motocicletas contribuírem para as emissões anuais da linha de base com o percentual que, dependendo das considerações, varia de 0,20 a 0,41 %. As considerações relativas à estimativa desses percentuais estão descritas no Anexo D.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo permitiu concluir que é possível adaptar metodologia já aprovada ou em processo de aprovação, tomando como base as metodologias AM0031 – Metodologia de Base para Projetos de Trânsito Rápido por Ônibus e a NM 0229 – Metodologia para Projetos de Transporte Rápido Urbano Rápido de Massa. A primeira foi aprovada pelo Comitê Executivo do MDL, com o objetivo de calcular as reduções totais de emissões de CO₂, decorrentes da implantação de projetos, e, a segunda, que também diz respeito a sistemas de transporte urbano de passageiro sobre trilhos, encontra-se em processo de aprovação e foi selecionada para o estudo da Linha 4 –Amarela, do Metrô de São Paulo.

De uma maneira diversa das aplicações originais para as quais foram elaboradas, ou seja os projetos de Trânsito Rápido por Ônibus – TRO, as aplicações para projetos metroferroviários fazem uso de grande parte da conceituação originalmente elaborada para aquele tipo de projeto de transporte urbano mas, considera, entre outros, particularidades tais como a inclusão de bio-combustível, gasolina com mistura de etanol e eletricidade.

Caso venha a se confirmar a não aprovação da metodologia NM 0229, uma análise bastante criteriosa deve ser feita, avaliando as principais razões elencadas, que conduziram à necessidade de revisão ou rejeição. Alguns conceitos estabelecidos no corpo da metodologia poderão exigir maior precisão em suas

definições com, p.ex., os limites do projeto e zona de influência, que são usados indistintamente ou se referindo a contextos diferentes.

Recomenda-se também que seja dada especial atenção à pesquisa feita com passageiros, necessária para identificar o modo de transporte em suas diferentes categorias (ônibus, sistema de transporte sobre trilhos, táxis, automóveis, motocicletas, transporte não-motorizado e o trânsito induzido, i.e., passageiros que não teriam viajado caso o projeto não existisse).

Essas pesquisas devem ser feitas obedecendo precisão estatística definida em diretrizes estabelecidas pelo Comitê Executivo.

O presente trabalho é passível de ser complementado à medida que se disponha de dados mais precisos relativos ao projeto da Linha 4, à frota de veículos circulantes na região de influência do trecho da linha metroviária e os resultados da mais recente pesquisa de origem e destino (OD 2007) que está sendo realizada, detalhando as sub-regiões, principalmente a sudoeste e a do centro.

A dissertação procurou mostrar, em detalhes, as considerações do uso e/ou adaptação de metodologias para o caso metro-ferroviário. Conseguiu-se atingir o objetivo geral verificando que o MDL pode ser considerado um instrumento gerador de recursos financeiros, complementares ao financiamento da implantação daqueles tipos de projetos.

O trabalho apresenta um certo ineditismo quando se considera o cálculo das reduções de emissões para projetos de sistemas de transporte urbano de passageiros sobre trilhos – STUPST.

O ineditismo provém da adaptação de uma metodologia que se pretendeu usar para projetos de transporte rápido por ônibus, adaptando-a a projetos do tipo STUPST, no caso, um projeto metroferroviário. Além desse fato, soma-se a consideração das emissões relativas a diferentes tipos de combustíveis em uso no Brasil. A metodologia adaptada foi a NM 0229 que, por sua vez, se baseou na AM 0031.

Nesse sentido, foram feitas considerações relativas aos diferentes veículos – ônibus, automóveis e táxis – que utilizam óleo diesel, gasolina, álcool, GNV e os veículos do tipo flex, todos compartilhando uma determinada região da malha urbana onde se implantará uma linha de metrô. Além disso, por se tratar de um projeto metroviário, onde a fonte de energia propulsora é a eletricidade, o cálculo da emissão do projeto foi devidamente alterado para considerar essa fonte de energia.

Em termos financeiros, o trabalho mostra também que é possível obter um montante significativo de receita financeira, pela possibilidade de comercialização das reduções certificadas de emissão (RCE). No caso da Linha 4 – Amarela do Metrô de São Paulo, as 1.021.637 tCO₂e deixadas de serem emitidas permitem auferir a receita de 10.216.370 milhões de euros, comercializando-as a 10 euros/t. Convertendo esse valor em reais e dólares, obtém-se a quantia de R\$ 26,5 milhões ou US\$ 15 milhões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, C. D. Qualidade do ar e poluição veicular na Região Metropolitana de São Paulo. **Revista dos Transportes Públicos**, São Paulo, ano 26, p. 65-74, 1^o. Trimestre 2004.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **A Crise do Transporte Urbano no Brasil: Ações Imediatas**. São Paulo: 1999. 6 f.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Manual 9 - Integração de transporte público urbano**. São Paulo: ANTP, jun 1996.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Transporte Público Urbano no Brasil – estratégia de promoção** (versão preliminar). São Paulo: 2000. 5 f.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS e INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Redução das deseconomias urbanas com a melhoria do transporte público-Relatório síntese**. Brasília/São Paulo: IPEA/ANTP, ago. 1998.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Transporte Humano-cidades com qualidade de vida**. São Paulo: ANTP, 1997.

BAJAY, S. V.; BERNI, M. D.; PEREIRA, W.A. A. Transportes, energia e meio ambiente. **Revista dos Transportes Públicos**, São Paulo, ano 19, p.15-28, 4º. Trimestre 1997

BANCO MUNDIAL. **Cidades em movimento: estratégia de transporte urbano do Banco Mundial**. São Paulo: Sumatra Editorial, 2003.

BIODINÂMICA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA; AGRAR CONSULTORIA E ESTUDOS TÉCNICOS S/C LTDA. **Relatório de impacto ambiental - Linha 4 do metrô do Rio de Janeiro – Trecho Morro de São João a Jardim Oceânico**. Rio de Janeiro, RJ, ago 2002. 96p.

BOLSA DE MERCADORIAS & FUTURO. **Perguntas frequentes sobre o mercado de carbono**. São Paulo: BM&F, 2005

BRANCO, A. .; BRANCO, G.B.; SCHETINI, M. Energia e poluição no transporte público. **Revista dos Transportes Públicos**, São Paulo, ano 27, p.9-29, 4º. Trimestre 2004

BUAINAIN, A. M. Cidades Insustentáveis. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 30 jan 2007. p. XX

CDM Watch. **Manual para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo** . Novembro 2003

COMISSÃO DE POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DA AGENDA 21 NACIONAL, **Agenda 21 Brasileira – Bases para Discussão**, Brasília, Março 2000.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO – METRÔ, Diretoria de Planejamento e Expansão dos Transportes Metropolitanos-DM. **Aferição da Pesquisa Origem e Destino na Região Metropolitana de São Paulo – RMSPP em 2002. Síntese das Informações**. São Paulo: DM/GTC/TCP, RT – 9.00.00.00 / 1VO-001 rev. 0, Outubro 2003. 65p.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO – METRÔ, Diretoria de Planejamento e Expansão dos Transportes Metropolitanos-DM. **Região Metropolitana de São Paulo – Pesquisa Origem-Destino/1997 – Pesquisa Domiciliar e Linha de Contorno - Síntese das Informações**. São Paulo: DM/GTC/TCP, RT – 8.03.97.000/0V1-003 – Versão 1.0, Fevereiro 1999. 76p.

CONCEIÇÃO, G.M.S.; MIRAGLIA, S.G.E.K.; KISHI, H.S.; SALDIVA, P.H.N.; SINGER, J.M. Air Pollution and Child Mortality: A time-series study in São Paulo, Brazil. **Environmental Health Perspectives**, v.109, s.3, p.347-350, jun. 2001.

DA MOTTA, R. S. **Indicadores ambientais no Brasil: aspectos ecológicos, de eficiência e distributivos**. Rio de Janeiro: IPEA: fev 1996. 94p. (IPEA – Texto para Discussão 403)

CUSTODIO, P.C.; MONGUI, H. Transmilenio – Um novo horizonte para o transporte por ônibus. **Revista dos Transportes Públicos**, São Paulo, ano 25, p.7-30, 1º. Trimestre 2003

ECO, U. **Como se faz uma tese**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1998. 174p.

FERREIRA, L.A.C.; . **Créditos de carbono: transformando a integração em recursos para a expansão**. In: 10ª. SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA, 2004, São Paulo, SP.

FRANGETTO, F.W.; GAZANI, F.R. **Viabilização jurídica do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) no Brasil**. São Paulo: Peirópolis, 2002.

FREITAS, C.; BREMNER, S. A.; GOUVEIA, N.; PEREIRA, L. A. A.; SALDIVA, P. H. N. Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997. **Revista de Saúde Pública**, v.38 n.6, São Paulo, dez 2004.

GASTAL, A . **Diretrizes para Uma política Ambiental Urbana**. Disponível em: < <http://www.eg.fjp.gov.br/gestaourbana/arquivos/modulo07/mod7arq4.html> > Acesso em: 22 out. 2004

GRÜTTER CONSULTING. **BRT Bogotá, Colombia: TransMilenio Phase II – IV**. PDD-Project Design Document – Versión 4.1, September 6th 2006. 110 p.

HAMSTEN, B.; MOCK, H.; SCHUCKERT, M. The development of buses to a zero emission transportation system – Technology and environment. In: 53rd UITP International Congress, may 1999, Toronto, Ontario, Canada.

LEHMEN, A .; VALENTE, H.G. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL): ratificação do protocolo de Kyoto e mercado de créditos de carbono. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 24 mai 2005.

MIRAGLIA, S.G.E.K.; SALDIVA, P.H.N.; BÖHM, G.M. An evaluation of air pollution health impacts and costs in São Paulo, Brazil. **Environmental Management**, v.35,n.5, p.667-676, may 2005.

NIGRIELLO, A. ; PEREIRA, A .L. S.; HIRSCH, H. N. H.; FERREIRA, L.A .C. Linha 4 do Metrô-SP: o adensamento urbano como fonte de oportunidades. **Revista dos Transportes Públicos**, São Paulo, ano 27, p. 59-66, 2º. Trimestre 2005.

NÓBREGA, M. Dar o trânsito como desculpa. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 25 jan. 2007. p.H-4.

PROCONVE – Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/emissoes/proconve.asp> Acesso em: 11 jun 2007.

PROMOT – Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/emissoes/proconve.asp> Acesso em: 11 nov 2007 e <http://www.ibama.gov.br/proconve/login.php> Acesso em: 11 nov 2007.

RIBEIRO, S.K.; DE MATTOS L.B.R. **A importância do setor de transporte rodoviário no aquecimento global – o caso da cidade do Rio de Janeiro**

RIBEIRO, S. K. Consumo de energia e meio ambiente: futuros possíveis. **Revista dos Transportes Públicos**, São Paulo, ano 25, p. 29-38, 3^o. Trimestre 2003.

RODRIGUES, V. Perfil do setor metroferroviário. In: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS – ANTP. **Série Cadernos Técnicos. Vol. 2.** São Paulo: 2005. p. 6-15.

SECRETARIA DE TRANSPORTES DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – SECTRAN. **Consulta geral a homepage oficial.** Disponível em: <http://www.sectran.rj.gov.br> Acesso em 14 dez. 2004.

SALOMÃO, L.A. Transportation and pollution in the Rio de Janeiro metropolitan region. Fev. 2001. Disponível em: <http://www.sectran.rj.gov.br/pub/romeing.asp> Acesso em: 23 fev. 2001.

SECRETARIA DE TRANSPORTES DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Política de transportes de passageiros para a região metropolitana do Estado do Riode Janeiro.** Rio de Janeiro: SECTRAN, 2000.

SZWARC, A .; LOPES, M. A .; RODRIGUES, D. R. S. S. Manutenção de motores diesel e a emissão de fumaça preta. **Revista dos Transportes Públicos**, São Paulo, ano 19, p. 33-44, 1^o. Trimestre 1997.

THOMAS, R. **Economics of traffic congestion.** Inglaterra: The Open University Press, 1977. 38p.

UNFCCC/CCNUCC, **Conference of the Parties (COP), Seventh session,** 29 October – 10 November 2001, Marrakesh, Morocco

UNFCCC/CCNUCC CDM – Executive Board. **Approved baseline methodology AM0031.** Baseline Methodology for Bus Rapid Transit Projects. Sectoral Scope: 07. 28 July 2006. 46p.

UNFCCC/CCNUCC CDM – Executive Board. **Project Design Document Form (CDM PDD) – Version 02 .** BRT Bogotá, Colombia: TransMilenio Phase II to IV, Versión 4.1. September 6th 2006. 110p.

UNFCCC/CCNUCC CDM – Executive Board. **Proposed new baseline and monitoring methodology.** Methodology for Mass Rapid Transit Projects. Version 1.0. May 29th 2007. 40p.

UNFCCC/CCNUCC CDM – Executive Board. **Project Design Document Form (CDM PDD) – Version 03.1** . Metrobus Insurgentes, Mexico City, Version 1.0. May 29th 2007. 53p.

VARGAS, M. **Metodologia da pesquisa tecnológica**. Rio de Janeiro: Editora Globo, 1985. 243p.

VASCONCELLOS, E. A . Transporte e meio ambiente: considerações gerais. **Revista dos Transportes Públicos**, São Paulo, ano 25, p. 9-15, 2^o. Trimestre 2003.

ANEXO A – Cálculos comprobatórios da Redução Total de Emissões

ANEXO A - CÁLCULOS COMPROBATÓRIOS DA REDUÇÃO TOTAL DE EMISSÕES

A1. CÁLCULOS DA EMISSÃO DA LINHA DE BASE

Fórmula (A1.1): Emissões por quilômetro

$$EF_{KM,i,y} = \sum_x (SFC_x \times NCV_x \times EF_{CO_2,x} \times N_{x,i} / N_i) \times IR_{y,i}$$

onde:

$EF_{KM,i,y}$ = fator de emissão por quilômetro de um veículo de determinada categoria "i" no ano "y" em (gCO₂/km)

$SFC_{P,j,x,y}$ = consumo específico de combustível de um veículo de determinada categoria "j" usando combustível do tipo "x" antes do início do PROJETO (g/km)

NCV_x = valor calorífico líquido do combustível "x" (J/g)

$EF_{CO_2,x}$ = fator de emissão de carbono para o combustível do tipo "x" (gCO₂/J)

$N_{x,i}$ = qde. de veículos da categoria "i" que usa combustível do tipo "x" antes do início do PROJETO (unidades)

N_i = qde. de veículos da categoria "i" antes do início do PROJETO (unidades)

$IR_{i,y}$ = fator de melhoria tecnológica relativo ao veículo da categoria "i" para o ano "y"

y = ano 1 ... n, relativo ao PROJETO (período de crédito)

MODOS DE TRANSPORTE INCLUIDOS "i"

	SFC	NCV	EF _{CO2}	N _{x,i}	N(i)	IR(i,2009)	EF(km,i,2009)
carros a gasolina	116	44,3	0,0693	2945464	3937787	0,99	264
carros a álcool	113	29,7	0,0689	85056	3937787	0,99	5
carros flex	113	29,7	0,0689	907266	3937787	0,99	53
carros a GNV	103	47,3	0,0631	285000	3937787	0,99	22
taxis a gasolina	116	44,3	0,0693	1638	32766	0,99	18
taxis a álcool	113	29,7	0,0689	24575	32766	0,99	172
taxis a GNV	103	47,3	0,0631	6553	32766	0,99	61
ônibus a diesel	542	43	0,0741	63639	63689	1	1726

Tabela A1.1: Emissões por Quilômetro (gCO2/km)

Modos de transporte	ANO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
carros a gasolina		264	261	259	256	254	251	249
carros a álcool		5,00	4,95	4,90	4,85	4,80	4,75	4,71
carros flex		53,0	52,5	51,9	51,4	50,9	50,4	49,9
carros a GNV		22,0	21,8	21,6	21,3	21,1	20,9	20,7
taxis a gasolina		18,0	17,8	17,6	17,5	17,3	17,1	16,9
taxis a álcool		172	170	169	167	165	164	162
taxis a GNV		61,0	60,4	59,8	59,2	58,6	58,0	57,4
ônibus a diesel		1726	1709	1692	1675	1658	1641	1625
NMT		0	0	0	0	0	0	0

Fórmula (A1.2): Emissões por PassageiroKm para Carros e Táxis

$$EF_{PKM,i,y} = EF_{KM,i,y} / OC_i$$

onde:

$EF_{PKM,i,y}$ = fator de emissão por passageiro-quilômetro de veículo de determinada categoria "i" no ano "y" (gCO₂/PKM)

$EF_{KM,i,y}$ = fator de emissão por quilômetro de um veículo de determinada categoria "i" no ano "y" em (gCO₂/km)

OC_i = taxa de ocupação média de veículo de categoria "i" antes do início do PROJETO (passageiros)

A taxa de ocupação média usada para carros é de 1,2 passageiro/veículo e para taxi é de 0,8

Tabela A1.2: Emissões por Passageiro-Quilômetro (gCO₂/PKM)

Modos de transporte	ANO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
carros a gasolina		220	218	216	213	211	209	207
carros a álcool		4	4	4	4	4	4	4
carros flex		44	44	43	43	42	42	42
carros a GNV		18	18	18	18	18	17	17
taxis a gasolina		23	22	22	22	22	21	21
taxis a álcool		215	213	211	209	207	204	202
taxis a GNV		76	75	75	74	73	73	72
NMT		0	0	0	0	0	0	0

Fórmula (A1.3a): Emissões por Passageiro-Km para diferentes tipos de ônibus da linha de base

$$EF_{PKM,B,y} = [EF_{KM,BD} \times N_{BD} + EF_{KM,BG} \times AD_{BD} \times N_{BG} + EF_{KM,BGNV} \times AD_{BGNV} \times N_{BGNV}] / P_B \times TD_B$$

onde:

$EF_{PKM,B,y}$ = fator de emissão por passageiro-quilômetro de ônibus o ano "y" (gCO₂/PKM)

$EF_{KM,BD,BG,BGNV}$ = fator de emissão por quilômetro de veículo da categoria BD (ônibus diesel),

BG (ônibus a gasolina), BGNV (ônibus a GNV) (gCO₂/KM) = 1.031

$AD_{BD,BG,BGNV}$ = distância média anual rodada pelos ônibus BD,BG,BGNV antes do início do PROJETO (km) = 60.000 km

$N_{BD,BG,BGNV}$ = quantidade de ônibus BD,BG,BGNV antes do início do PROJETO (passageiros) = 1.900

P_B = total de passageiros transportados pelos ônibus antes do início do PROJETO (passageiros) = 53 milhões

TD_B = distância da viagem média por passageiro de ônibus antes do início do PROJETO (km) = 10 km

Na região metropolitana de São Paulo só circulam ônibus movidos a diesel.

$$EF_{PKM,B,2009} = (1.031 \times 60.000 \times 1.900 + \text{zéro} + \text{zéro}) / 53.000.000 \times 10 = 222$$

Tabela A1.3a: Emissões por Passageiro-Quilômetro de ônibus (gCO₂/PKM)

Modos de transporte ônibus a diesel	ANO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
		222	220	218	215	213	211	209

Fórmula (A1.4): Emissões Totais da Linha de Base

$$BE_y = \sum_i (EF_{PKM,i,y} * P_{i,y} * TD_y / 10^6)$$

onde:

BE_y = emissões da linha de base no ano "y" (tCO₂)

EF_{PKM,i,y} = fator de emissão por passageiro-quilômetro de uma categoria de veículo "i" no ano "y" (gCO₂e/PKM)

P_{i,y} = total de passageiros transportados da categoria de veículo "i" pelo PROJETO no ano "y" (passageiros)

TD_y = distância média da viagem de passageiros transportados pelo PROJETO no ano "y" (km)

Tomando por base a pesquisa de Origem e Destino de 1997 realizada pelo Metrô de São Paulo e aferida em 2002, a divisão dos passageiros transportados por modo de transporte se divide em:

ônibus 24%, automóveis 27%, táxi 1%, metrô + trem 7%, moto 2% e NMT 39%.

A previsão da quantidade de passageiros transportados pelo PROJETO é obtida pelo estudo do Metrô de SP para a Linha 4, onde a demanda pass/dia é de 708.430. Para o ano, chega-se em 221 milhões.

Tabela A1.4a: Modo de transporte

	Porcentagem	Passageiros(milhões)									
		ano2009	ano2010	ano2011	ano2012	ano2013	ano2014	ano			
ônibus	24	53,00	53,52	54,00	62,40	62,88	63,36				
automóveis	27	60,00	60,21	60,75	70,20	70,74	71,28				
taxi	1	2,21	2,23	2,25	2,60	2,62	2,64				
metrô+trem	7	15,50	15,61	15,75	18,20	18,34	18,48				
moto	2	4,42	4,46	4,5	5,20	5,24	5,28				
NMT	39	86,00	86,97	87,75	101,40	102,18	102,96				
TOTAL	100	221,13	223	225	260	262	264				

Tabela A1.4b: Região do PROJETO - Divisão da frota por tipo de combustível e quantidade de passageiros transportados

	Porcentagem	Qde. Passag. (milhões)									
		ano2009	ano2010	ano2011	ano2012	ano2013	ano2014	ano2015	TD(y)	2009	2010
-gasolina	69,39	41,43	41,78	42,15	48,71	49,09	49,46	49,84	6	6	
-álcool	2	1,19	1,20	1,22	1,40	1,41	1,43	1,44	6	6	
-flex	21,37	12,76	12,87	12,98	15,00	15,12	15,23	15,35	6	6	
-GNV	7,4	4,42	4,46	4,50	5,19	5,23	5,27	5,31	6	6	
-gasolina	5	0,11	0,11	0,11	0,13	0,13	0,13	0,13	6	6	
-álcool	20	0,44	0,45	0,45	0,52	0,52	0,53	0,53	6	6	
-GNV	75	1,66	1,67	1,69	1,95	1,97	1,98	2,00	6	6	
-diesel	100	53,07	53,52	54,00	62,40	62,88	63,36	63,84	10	10	

Tabela A1.4c: Calculando as emissões totais na Linha de base BE(y) pela fórmula A4:

Ano	BE(Y)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
2009	177.746	6	6	6	6	6	6	6
2010	177.457	6	6	6	6	6	6	6
2011	177.258	6	6	6	6	6	6	6
2012	202.783	6	6	6	6	6	6	6
2013	202.299	6	6	6	6	6	6	6
2014	201.805	10	10	10	10	10	10	10
2015	201.301							
TOTAL	1.340.648							

A2. CÁLCULOS DAS EMISSÕES DO PROJETO

Ambas as metodologias avaliadas são aplicáveis a projetos baseados no uso de combustível de origem fóssil. A fórmula (A2.1) que se segue, será substituída pela fórmula (A2.1a) que foi elaborada para contemplar o consumo de eletricidade que é a fonte de energia utilizada para alimentar os trens que transportam os passageiros na Linha 4 do Metrô de SP.

Fórmula (A2.1): Emissão total do PROJETO - COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS - "Não será utilizada para efeito do PROJETO Linha 4"

$$PE_y = \sum_x (TC_{PJ,x,y} \times NCV_x \times EF_{CO_2,x})$$

onde:

PE_y = emissões do PROJETO no ano "y"(tCO₂eq)

TC_{PJ,x,y} = combustível total consumido do tipo "x"no ano "y"(toneladas)

NVC_x = valor calorífico líquido do combustível "x"(GJ/t)

EF_{CO₂,x} = fator de emissão de carbono para o combustível do tipo "x" (tCO₂eq/GJ)

Fórmula (A2.1a): Emissão total do PROJETO – ELETRICIDADE

$$PE_y = EF(CO_2, Eletricidade, y) \times EE(ConsumoTotalMETR\acute{O}, y) + EXTLinha4METR\acute{O}, y + EXTOTALlinhasMETR\acute{O}, y$$

onde:

PE_y = emissões do PROJETO no ano "y" (tCO₂)

EF(CO₂, Eletricidade, y) = fator de emissão de carbono resultante da geração de eletricidade, para o submercado sudeste/centro-oeste,

para o ano "y", calculado e divulgado pelo ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico -MCT-Brasil) (tCO₂/MWh)

EE_{ConsumoTotalMETR\acute{O}, y} = Consumo total de energia elétrica do Metrô SP, no ano "y" (MWh)

EXTLinha4METR\acute{O}, y = comprimento da Linha 4 no ano "y" (km)

EXTOTALlinhasMETR\acute{O}, yy = comprimento total das linhas do Metrô no ano "y" (km)

Tabela A2.1a: Suporte

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1o. Período Crédito Carbono (7 anos)									
Previsão crescimento PIB (%)	4,7	4,37	5	5	5	5	5	5	5
EF(CO ₂ , Eletricidade) (tCO ₂ /MWh)	0,1718	0,1793	0,1883	0,1977	0,2076	0,2179	0,2288	0,2403	0,2523
EE(ConsumoTotalMETR\acute{O}) (MWh)	400.000	417.480	438.354	460.272	483.285	507.450	532.822	559.463	587.436
EXTLinha4METR\acute{O} (km)		12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8
EXTOTALlinhasMETR\acute{O} (km)		61,3							
PE(y)=Emissões do PROJETO(tCO₂)			17.233	18.999	20.947	23.094	25.461	28.071	30.948

Considerações:

O fator de emissão de carbono resultante da geração de eletricidade, para o submercado sudeste/centro-oeste, para o ano de 2007, foi estimado em 0,1718 tCO₂/MWh, calculado utilizando-se os dados do SIN-Sistema Interligado Nacional, calculados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS, do MCT. Chegou-se ao valor ponderando-se o valor médio de 2006 por doze meses e o valor médio de 2007, por 9 meses.

Fez-se o mesmo para os dados relativos ao consumo de eletricidade do Metrô SP. O consumo em 2006 foi de 380.000 MWh

Para os diferentes anos futuros, majorou-se o valor 0,1718 pelo percentual da previsão do crescimento do PIB brasileiro.

No presente caso da Linha 4, foi feita uma adaptação para considerar também o uso de combustíveis alternativos.

A3. CÁLCULOS DAS EMISSÕES DE FUGA

Fórmula A3.1a: Emissões da construção

$$LE_{CON,y} = \sum_y (CEM_y \times EF_{CEM} + ASP_y \times EF_{ASP}) / \sum x$$

onde:

$LE_{CON,y}$ = emissões de fuga relativas à construção no ano "y" (tCO₂)

CEM_y = quantidade de cimento utilizada no ano "y" (toneladas)

EF_{CEM} = fator de emissão para o cimento (tCO₂/t cimento)

$ASP(y)$ = quantidade de asfalto utilizada no ano "y" (toneladas)

EF_{ASP} = fator de emissão para o asfalto (tCO₂/t asfalto)

\sum_y = soma dos anos de crédito do PROJETO (7 anos)

O fator de emissão relativo ao cimento usado é 0,99 tCO₂/t de cimento.

Os termos da fórmula relativos ao asfalto não se aplicam ao projeto da Linha 4 do Metrô de SP uma vez que é um empreendimento diferente de um sistema de trânsito rápido de ônibus, onde a fórmula originalmente foi aplicada. Para uma linha de metrô, ocorre a remoção de terra e rocha quando o túnel é perfurado, empregando-se o "megatauzão" (shield) ou quando se emprega os métodos de construção NATM (new austrian tunnelling method) e em trincheira, que também são utilizados na construção da mesma linha.

Em razão disso, adaptamos os termos da fórmula para incluir os valores relativos às remoções de terra/rocha conforme segue.

Fórmula A3.1b: $REMO_y = N \cdot CAMINHÁO_{estação/túnel,y} \cdot X \cdot D_{dep.entulho} \cdot EF \cdot CaminhãoDiesel$

onde:

$REMO_y$ = quantidade de entulho (terra/rocha) removida no ano "y" (toneladas)

$N(CAMINHÁO_{estação/túnel,y})$ = quantidade de caminhões usados para a remoção dos entulhos provenientes das construções das estações e do túnel, no ano "y" (unidades)

$D(dep.entulho)$ = distância ida e volta para depositar o entulho (km)

$EF(CaminhãoDiesel)$ = fator de emissão relativo ao diesel (tCO₂/t)

Tabela A3.1b: Emissões da construção

Ano	Cimento(t) CEM(y)	Entulho(t) REMO(y)	
		Hipótese A	Hipótese B
2009	19.083	4.537	2.269
2010	19.083	4.537	2.269
2011	19.083	4.537	2.269
2012	19.083	4.537	2.269
2013	19.083	4.537	2.269
2014	19.083	4.537	2.269
2015	19.083	4.537	2.269

Calculando as emissões da construção pela fórmula adaptada

$$LE(CON,y) = (\sum_y (CEM_y \times EF_{CEM} + REMO_y)) / \sum_y$$

Tabela A3: Emissões da Construção – TOTAL

Ano	LE(CON,y)
2009	23.429
2010	23.429
2011	23.429
2012	23.429
2013	23.429
2014	23.429
2015	23.429
Total	164.004

Fórmula (A3.2): Emissões relativas ao sucateamento de ônibus

$$LE_{SCR,y} = (\sum_y BSCR_y \times EF_{SCR}) / \sum_y$$

onde:

$LE_{SCR,y}$ = emissões de fugas relativas ao sucateamento no ano "y" (tCO₂)

$BSCR_y$ = quantidade de ônibus sucateados no ano "y" (unidades)

EF_{SCR} = fator de emissão relativo a ônibus sucateado (tCO₂/ônibus sucateado)

Somatório de (y) = soma dos anos do período de crédito 6 anos)

Para o caso da situação da Linha 4 do Metrô de SP, não se aplica o sucateamento de ônibus. A consideração que pode ser feita é a de que a redução da quantidade de ônibus, pela existência da Linha 4, evita que novos ônibus sejam comprados, uma vez que a quantidade reduzida é deslocada para ser usada em outra região/cidade. Nesse sentido, entende-se que a fórmula pode ser empregada.

$LE_{SCR,y} = 113$ (ônibus que deixaram de rodar) * 8 tCO₂/ônibus / 6 anos = 151 tCO₂ / ano de crédito

Tabela A3.2: Emissões relativas ao sucateamento

Ano	LE(SRC,y) (t)
2009	151
2010	151
2011	151
2012	151
2013	151
2014	151
2015	151
Total	1057

Fórmula (A3.3): Emissões Totais relativas à cadeia acima

$$LE_{UP,y} = LE_{CON,y} + LE_{SCR,y}$$

onde:

$LE_{UP,y}$ = emissões relativas às fugas cadeia acima no ano "y" (tCO₂)

$LE_{CON,y}$ = emissões de fuga relativas à construção no ano "y" (tCO₂)

$LE_{SCR,y}$ = emissões de fuga relativas ao sucateamento no ano "y" (tCO₂)

Tabela A3.3: Emissões Totais relativas à cadeia acima

Ano	LE(UP,y) (tCO2)
2009	23.580
2010	23.580
2011	23.580
2012	23.580
2013	23.580
2014	23.580
2015	23.580
Total	165.061

Fórmula (A3.4): Condições para o monitoramento da alteração do fator de carga dos ônibus da cidade como um todo

$$NR_{B,y} = (N_B \times PG + N_B / 40)$$

onde:

$NR_{B,y}$ = número dos ônibus retirados devido ao PROJETO no ano "y" (qde. Ônibus)

N_B = número de ônibus na linha de base na cidade inteira (qde. Ônibus)

PG = crescimento da população da cidade (estimada - %)

Considerações:

O crescimento da população foi de 9,25% em 5 anos, cfme. Pesquisa OD 2002. o que dá um crescimento médio anual de 1,85%.

Aplicando-se os valores na fórmula obtem-se:

$$NR(B,y) = 63.869 \text{ (qde. Ônibus Denatran-Ago2007)} * 0,0185 + 63.869/40 = 2.779 \text{ ônibus}$$

113 ônibus que foram deslocados p/ outro local < 2.779 unidades adicionais requeridas devido ao crescimento da cidade.

Portanto, o fator de carga para a cidade como um todo não será monitorado no PROJETO.

Fórmula (A3.5): Emissões Devido à alteração do fator de carga dos ônibus

$$LE_{LFB,y} = N_{B,y} \times AD_B \times EF_{KM,B,y} \times (1 - OC_{B,y} / OC_B) \times 1/10^6$$

onde:

$LE_{LFB,y}$ = emissões de fuga devido à alteração do fator de carga dos ônibus no ano "y"(tCO₂)

$N_{B,y}$ = número de ônibus que não fazem parte do PROJETO no ano "y"(qde. Ônibus)

AD_B = distância média anual percorrida pelos ônibus que não fazem parte do PROJETO (km)

$EF_{KM,B,y}$ = fator de emissão por quilômetro dos ônibus da linha de base no ano "y"(gCO₂/km)

$OC_{B,y}$ = taxa de ocupação média dos ônibus que não fazem parte do PROJETO no ano "y" (%)

$OC(B)$ = taxa de ocupação média dos ônibus da linha de base antes do início do PROJETO (%)

Considerações:

Se $OC(B) - OC(B,y) < ou = 0,1$ então $LE_{LFB,y}$ é ajustada para "0", i.e., se a taxa de ocupação dos ônibus é reduzida de menos que 10 pontos percentuais e, nessa situação, fugas relativas ao fator de carga não são incluídas.
A taxa de ocupação na linha de base considerada é de 50%. As fugas serão considerada portanto, se os ônibus remanescentes tiverem fator de carga menor que 40%. Em razão disso, alteração alguma está prevista e a fuga fica projetada como "0".

Fórmula (A3.6): Condições para o monitoramento da alteração do fator de carga para taxis

$$\{ [P(T,y-1) \times TD(y-1)] / AD(T) \times OC(T) \} > (NT \times PG + NT/20)$$

onde:

$P(T,y-1)$ = Passageiros transportados pelo PROJETO que teriam usado taxi na ausência do PROJETO, no ano "y-1" (qde. Passageiros)

$TD(y-1)$ = distância média de viagem por passageiro no ano "y-1" (km)

$AD(T)$ = distância média anual percorrida por taxi (km)

$OC(T)$ = taxa de ocupação dos taxis (qde. Passageiros)

NT = número de taxis na linha de base para a cidade como um todo (qde. Taxis)

PG = crescimento populacional da cidade (estimado %)

Aplicando-se os valores na fórmula obtém-se:

$$(1.000 \times 26 \times 12) \times (6 \times 26 \times 12) / 32.766 \times 50.000 \times 0,8 > 32.766 \times 0,0185 + 32.766/20$$

0,45 < 2.244

Aproximadamente 1/2 taxi não seria usado pelos passageiros do PROJETO o que é muito menor que os 2244 taxis anuais adicionais decorrentes do crescimento populacional.

Baseado nisso, não há necessidade de que as fugas devido à alteração do fator de carga de taxi seja monitorada.

As emissões totais devido à alteração do fator de carga é estimada como "0" ex-ante.

Fórmula (A3.7): Espaço viário adicional disponível

$$ARS_y = \sum_y [BSCR_y/N_B \times SRS_B + R_C/NT_C \times SRS_C + R_T/NT_T \times SRS_T - (RSB - RSP) / RSB]$$

onde:

ARS_y = espaço viário adicional disponível no ano "y"(%)

$BSCR_y$ = qde. de ônibus retirada ou sucateada pelo PROJETO no ano "y"(ônibus que deixam de ser comprados)

N_B = número de ônibus na linha de base no PROJETO (ônibus)

SRS_B = parte do espaço viário utilizado pelo transporte público na linha de base no PROJETO (%)

R_C = carros retirados pelo PROJETO (carros)

NT_C = número de viagens dos carros na linha de base no PROJETO (carros)

SRS_C = parte do espaço viário utilizado pelos carros na linha de base no PROJETO (%)

R_T = taxis retirados pelo PROJETO (taxis)

NT_T = número de viagens dos taxis na linha de base no PROJETO (taxis)

SRS_T = parte do espaço viário utilizado pelos taxis na linha de base no PROJETO (%)

RSB = espaço viário disponível na linha de base no PROJETO (km)

RSP = espaço viário total do PROJETO disponível (= RSB menos quilômetros de faixas que foram reduzidas devido ao PROJETO) (km)

Considerações:

Tabela A3.7: Veículos circulando pelas ruas

Categoria	Veículos diários	Fator de expansão	Ocupação total das ruas
Carros pass.	(1) 160.000	6	960.000 51%
taxis	(2) 8.846	6	53.076 3%
caminhões pesados	360	12	12.210 1%
caminhões leves	2035	6	4.320 0,20%
ônibus grandes	12.122	51	618.222 33%
ônibus médios,etc	8.778	25,5	223.839 12%

- (1) obtido: 60 milhões / 1,2 passag./veículo / 26 dias / 12 meses
 (2) obtido: 2,21 milhões / 0,8 passag/veículo / 26 dias / 12 meses
 (3) e (4) obtido: 36,90/63,90=58% 27,00/63,90=42% participações percentuais do número de ônibus grande s e micros na frota SP - Denatran Ago2002007
 1.900 é a qde. de ônibus antes do início do PROJETO que é dividida seg. os percentuais 58% e 42%. A qde. De viagens é obtida considerando-se a extensão de 12,6 km por viagem (que é o comprim. da Linha 4) e 140 km/dia (na Linha), o que implica em 11 = 140/12,8.

Valores obtidos do ARS(y), aplicando-se a fórmula:

$$\text{ARS}(2009) = 0,2331$$

Fórmula (A3.8): Emissões causadas pelo efeito "rebote"

$$LE_{REB,y} = ITR \times ARS_y \times N_c \times TD_c \times EF_{KM,C,y} \times 1/10^6$$

onde:

$LE_{REB,y}$ = emissões de fuga devido ao efeito rebote no ano "y" (tCO₂)

ITR = fator de elasticidade para viagens adicionais e/ou longas

ARS_y = espaço viário adicional disponível no ano "y" (%)

NT_c = número de viagens anuais feitas pelos carros antes do PROJETO (viagens)

TD_c = distância média de uma viagem feita pelos carros no PROJETO (km)

$EF_{KM,C,y}$ = fator de emissão por km de carros no ano "y" (gCO₂/km)

Tabela A3.8a: Emissões por Quilômetro (gCO₂/km)

Modos de transporte	ANO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
carros a gasolina		264	261	259	256	254	251	249
carros a álcool		5,00	4,95	4,90	4,85	4,80	4,75	4,71
carros flex		53,0	52,5	51,9	51,4	50,9	50,4	49,9
carros a GNV		22,0	21,8	21,6	21,3	21,1	20,9	20,7

Tabela A3.8b: Emissões causadas pelo efeito rebote

Ano	LE(REB,y) (tCO2)									
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015			
carros a gasolina	1.539,82	1.524,42	1.509,17	1.494,08	1.479,14	1.464,35	1.449,71			
carros a álcool	0,84	0,83	0,82	0,82	0,81	0,80	0,79			
carros flex	95,20	94,25	93,31	92,37	91,45	90,54	89,63			
carros a GNV	13,39	13,25	13,12	12,99	12,86	12,73	12,60			
Total	1.649,25	1.632,75	1.616,43	1.600,26	1.584,26	1.568,42	1.552,73			

Fórmula (A3.9): Emissões causadas pela alteração da velocidade do veículo

$$LE(SP) = \sum_{C,T} \{NT \times TD \times [(EF_{KM,VP} - EF_{KM,VB}) \times 1/10^6]\}$$

onde:

LE(SP) = emissões de fuga devido à alteração da velocidade de taxis e carros de passageiros (tCO2)

NT = número de viagens anuais realizadas por carros/taxis na área de influência do PROJETO, antes do PROJETO (viagens)

TD = distância da viagem média realizada por carros/taxis na área de influência do PROJETO, antes do PROJETO (km)

EF(KM,VP,C,T) = fator de emissão por km dos carros/taxis na velocidade do PROJETO (gCO2/km)

EF(KM,VB,C,T) = fator de emissão por km dos carros/taxis na velocidade da linha de base (gCO2/km)

Fórmula (A3.10): fator de emissão da velocidade CORINAIR do veículo

$$LE_{KM,V} = 135,44 - 2,314 * V + 0,0144 * V^2$$

onde:

EF_{KM,V} = fator de emissão por km de carros/taxis na velocidade "v" (gCO2/km)

V = velocidade do veículo (km/h)

As velocidades utilizadas tanto p/ os carros qto. para os taxis será de 25,0 km/h.

Calculando para velocidade V do PROJETO e VB da linha de base:

$$EF_{KM,V} = 86,59 \text{ gCO}_2/\text{km}$$

$$EF_{KM,VB} = 94,92 \text{ gCO}_2/\text{km}$$

Calculando as emissões causadas pela alteração da velocidade do veículo LE(SP) (Fórmula (A13), obtem-se:

$$LE(SP) = 60,1 * 6 * (86,59 - 94,92) + 2,21 * 6 * (86,59 - 94,92)$$

$$LE(SP) = - 3.114 \text{ tCO}_2$$

que é a redução da emissão anual devido a um aumento da velocidade do veículo.

Fórmula (A3.11): Emissões de fuga devido à redução do congestionamento

$$LE_{CON,y} = LE_{REB,y} + LE_{SP,y}$$

onde:

$LE_{CON,y}$ = emissões de fuga devido à redução do congestionamento no ano "y" (tCO₂)

$LE_{REB,y}$ = emissões de fuga devido ao efeito rebote no ano "y" (tCO₂)

$LE_{SP,y}$ = emissões de fuga devido à alteração da velocidade do veículo no ano "y" (tCO₂)

O impacto do congestionamento é somente calculado ex-ante a não é monitorado.

Tabela A3.11: Emissões devido à redução de congestionamento (tCO₂)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015 Total
LE(CON,y)	-1.465	-1.481	-1.498	-1.514	-1.530	-1.546	-1.561
							-10.594

Fórmula (A3.12): Totais das emissões de fuga

$$LE_y = LE_{UP,y} + LE_{LF,y} + LE_{CON,y}$$

onde:

$LE_{UP,y}$ = emissões de fuga no ano "y"(tCO₂)

$LE_{UP,y}$ = emissões de fuga cadeia acima no ano "y"(tCO₂)

$LE_{LF,y}$ = emissões de fuga devido à alteração do fator de carga no ano "y"(tCO₂)

$LE_{CON,y}$ = emissões de fuga devido à redução do congestionamento no ano "y"(tCO₂)

Tabela A3.12: Emissões de fugas totais (tCO2)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
LE(y)	22.115	22.099	22.083	22.066	22.050	22.035	22.019

Tabela A3.14: Estimativa das Emissões de Fuga (tCO2)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015 TOTAL
Fugas da Construção	23.429	23.429	23.429	23.429	23.429	23.429	164.004
Fugas relativas ao "Sucateamento"	151	151	151	151	151	151	1057
Fugas devido à alteração do fator de carga	0	0	0	0	0	0	0
Fugas devido ao efeito "rebote"	1.649,25	1.632,75	1.616,43	1.600,26	1.584,26	1.568,42	11.204,10
Fugas devido ao aumento da velocidade	-3.144	-3.144	-3.144	-3.144	-3.144	-3.144	-22.008
Total das Fugas	22.085	22.069	22.053	22.036	22.020	22.005	154.257

Tabela A3.15: Estimativa das Emissões da Linha de Base

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	177.746	177.457	177.258	202.783	202.299	201.805	201.301

Tabela A3.16: Estimativas das Atividades do PROJETO

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	17.233	18.999	20.947	23.094	25.461	28.071	30.948

Tabela A3.17: ESTIMATIVA REDUÇÕES GLOBAIS de EMISSÕES

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	138.428	136.388	134.258	157.652	154.818	151.730	148.364
							1.021.637

ANEXO B – Estimativa do volume de material removido do túnel e das estações da Linha 4, relativo às fórmulas 8 e 9

ANEXO B – Estimativa do volume de material removido do túnel e das estações da Linha 4, relativo às fórmulas 8 e 9

Dados:

- extensão da Linha 4: 12,8 km
- diâmetro do túnel: 10,5 m
- área secção transversal: 87 m²
- densidade do material removido: 1.100 kg/m³

B1. Volume retirado do túnel

Volume do túnel (V_{tu}) = 87m² X 12.800m = 1.113.600 m³

B2. Volume retirado das estações

O volume considerado para uma estação consiste de um paralelepípedo subterrâneo e mais três poços de acesso realizados somente durante a construção, partindo da superfície até a face inferior do paralelepípedo.

As dimensões do paralelepípedo subterrâneo são 20,17m (larg.) X 190m (comp.) X 10m (alt.) enquanto que as dos poços de acesso são 38m de profundidade X 40m de diâmetro.

O volume total (V_T) de material removido para uma estação é igual à soma do volume (V_p) dos 3 poços mais os volumes resultantes da intersecção (V_i) dos poços com o paralelepípedo.

$$V_T = 3 V_p + 2 V_i = 3(\pi D^2/4)h + 2(20,17 \times 25 \times 10) = 3 \times 47.751 + 2 \times 5.043 = 153.339 \text{ m}^3$$

A Linha 4 tem (5 + 6) estações e portanto o volume total removido ($V_{est.}$) é de 1.687.000 m³.

O volume total (V_{tot}) removido para a Linha 4 é a soma do V_{tu} + V_{est} ou seja $1.113.600 \text{ m}^3 + 1.687.000 \text{ m}^3 = 2.800.600 \text{ m}^3$.

B3. Calculo do número de caminhões necessário para a remoção do material

Com o volume total (V_{tot}) e a densidade (d) do material, obtém-se a massa removida (M_{rem}).

$$M_{rem} = d \cdot V_{tot} = 1.100 \text{ kg/m}^3 \times 2.800.600 \text{ m}^3 = 3.080.660 \text{ t}$$

Considerando que um caminhão transporta 10 t, tem-se que a quantidade necessária é de 308.066 caminhões.

B4. Calculo da quantidade de emissões devido à remoção do material em tCO_{2e}

Considerou-se duas possibilidades para a deposição do material. A primeira, é que ela ocorra a uma distância de 50 km, em média, do local de remoção e a segunda, a 25 km.

Para a primeira possibilidade:

$$2 \times 50 \text{ km (ida e volta)} \times 308.066 \text{ (caminhões)} \times 1.031 \text{ gCO}_2\text{e/km} = 31.762 \text{ tCO}_2\text{e}$$

Para a segunda possibilidade:

$$2 \times 25 \text{ km (ida e volta)} \times 308.066 \text{ (caminhões)} \times 1.031 \text{ gCO}_2\text{e/km} = 15.881 \text{ tCO}_2\text{e}$$

Anexo B – Estimativa do volume de material removido do túnel e das estações da Linha 4, relativo às fórmulas 8 e 9

Dados:

- extensão da Linha 4: 12,8 km
- diâmetro do túnel: 10,5 m
- área secção transversal: 87 m²
- densidade do material removido: 1.100 kg/m³

B1. Volume retirado do túnel

Volume do túnel (V_{tu}) = $87m^2 \times 12.800m = 1.113.600 m^3$

B2. Volume retirado das estações

O volume considerado para uma estação consiste de um paralelepípedo subterrâneo e mais três poços de acesso realizados somente durante a construção, partindo da superfície até a face inferior do paralelepípedo.

As dimensões do paralelepípedo subterrâneo são 20,17m (larg.) X 190m (comp.) X 10m (alt.) enquanto que as dos poços de acesso são 38m de profundidade X 40m de diâmetro.

O volume total (V_T) de material removido para uma estação é igual à soma do volume (V_p) dos 3 poços mais os volumes resultantes da intersecção (V_i) dos poços com o paralelepípedo.

$$V_T = 3 V_p + 2 V_i = 3(\pi D^2/4)h + 2(20,17 \times 25 \times 10) = 3 \times 47.751 + 2 \times 5.043 = 153.339 m^3$$

A Linha 4 tem (5 + 6) estações e portanto o volume total removido ($V_{est.}$) é de 1.687.000 m³.

O volume total (V_{tot}) removido para a Linha 4 é a soma do V_{tu} + V_{est} ou seja $1.113.600 m^3 + 1.687.000 m^3 = 2.800.600 m^3$.

B3. Cálculo do número de caminhões necessário para a remoção do material

Com o volume total (V_{tot}) e a densidade (d) do material, obtém-se a massa removida (M_{rem}).

$$M_{rem} = d \cdot V_{tot} = 1.100 \text{ kg/m}^3 \times 2.800.600 m^3 = 3.080.660 t$$

Considerando que um caminhão transporta 10 t, tem-se que a quantidade necessária é de 308.066 caminhões.

B4. Cálculo da quantidade de emissões devido à remoção do material em tCO₂e

Considerou-se duas possibilidades para a deposição do material. A primeira, é que ela ocorra a uma distância de 50 km, em média, do local de remoção e a segunda, a 25 km.

Para a primeira possibilidade:

$$2 \times 50 \text{ km (ida e volta)} \times 308.066 \text{ (caminhões)} \times 1.031 \text{ gCO}_2\text{e/km} = 31.762 \text{ tCO}_2\text{e}$$

Para a segunda possibilidade:

$$2 \times 25 \text{ km (ida e volta)} \times 308.066 \text{ (caminhões)} \times 1.031 \text{ gCO}_2\text{e/km} = 15.881 \text{ tCO}_2\text{e} .$$

**ANEXO C – Estimativa do volume de concreto a ser empregado na
construção da Linha 4**

Anexo C – Estimativa do volume de concreto a ser empregado na construção da Linha 4

Admitiu-se, inicialmente, que toda a linha seria perfurada pelo processo *shield* utilizando-se o “megatatução”.

C1. Volume de concreto do túnel

O túnel é revestido por um anel de 1,5 m da largura, composto de 8 segmentos, pesando 30 t cada anel. Dividindo-se o comprimento da linha pela largura de um anel e multiplicando-se pela massa de cada anel tem-se:

$$(12.800 \text{ m} / 1,5 \text{ m}) \times 30 \text{ t} = 256.050 \text{ t de concreto}$$

C2. Volume e concreto das estações

Admitiu-se que o volume de concreto é de 20.600 m³ baseando-se em dados deduzidos de informações veiculadas pelo Metrô SP.

Como são 11 estações, obtém-se o volume total de $11 \times 20.600 \text{ m}^3 = 226.600 \text{ m}^3$.

Com a densidade de 2,4 t/m³ admitida para o concreto, chega-se em $2,4 \times 226.600 = 543.840 \text{ t de concreto}$.

C3. Massa total de concreto e de cimento

- massa relativa ao túnel = 256.050 t
- massa relativa às estações = 543.840 t
- massa total = 799.890 t

Admitindo-se que o percentual de cimento no concreto seja de 16,7 %, tem-se que a massa de cimento é igual a $0,167 \times 799,890 \text{ t} = 133.582 \text{ t}$. Esse valor é aplicado na fórmula 7, do item 5.6 do texto.

ANEXO D – Estimativas das emissões relativas às motocicletas

ANEXO D – Estimativa das emissões relativas às motocicletas

Segundo o Denatran, em agosto de 2007, a quantidade de motocicletas, motonetas e ciclomotores era de 545.566 unidades, sendo 478.570 relativas à motocicletas, 64.505 à motonetas e 2.491 à ciclomotores.

Como todos os ciclomotores utilizam a gasolina como combustível, calculou-se as *emissões por quilômetro* (gCO_2/km) segundo a fórmula 5 do item 5.6.2 . Para os componentes da fórmula, os valores adotados foram:

- Consumo específico de combustível (SFC) = 116 g/km , para automóveis a gasolina. Admitiu-se que um automóvel, em média, faça 7 km/l e uma motocicleta 30 km/l e, portanto, chegou-se ao consumo de 27 g/km , para motocicleta – $116 \times 7 / 30 = 27$.
- valor calorífico líquido do combustível (NCV) = $44,3 \text{ g/J}$ (p/ gasolina)
- fator de emissão de carbono para a gasolina (EF_{CO_2}) = $0.0693 \text{ gCO}_2/\text{J}$
- quantidade de ciclomotores que usa gasolina antes do início do PROJETO ($N_{x,i}$) = 545.566 unid.
- quantidade de ciclomotores antes do início do PROJETO (N_i) = 545.566 unid.
- Fator de melhoria tecnológica relativo aos ciclomotores ($\text{IR}_{i,y}$) = 0,99

Portanto, calculando-se o fator de emissão para os ciclomotores, $\text{EF}_{\text{KM,moto,y}}$ chega-se em $82 \text{ gCO}_2/\text{km}$. (I)

Na seqüência, calcula-se o *fator de emissão por passageiro-quilômetro* para os ciclomotores, conforme a fórmula 4 do item 5.6.2 . Para os componentes da fórmula, os valores adotados foram:

- fator de emissão por quilômetro para ciclomotores ($\text{EF}_{\text{KM,moto,y}}$) = $82 \text{ gCO}_2/\text{km}$, conforme (I)
- taxa de ocupação média para ciclomotor, antes do início do PROJETO (OC_i) = 1 passageiro

Portanto, calculando-se o fator de emissão por passageiro-quilômetro para os ciclomotores, $\text{EF}_{\text{PKM,moto,y}}$, chega-se em $82 \text{ gCO}_2/\text{PKM}$ (II).

Pela pesquisa OD 1997, aferida em 2002, Tabela 12 , ano 2002, página 34, para a sub-região Oeste, as viagens por modo de transporte “moto” representam 2 %.

Chega-se a esse percentual dividindo-se 53 mil por 3.230 mil, cifra esta que é o total das viagens por todos os modos, na mesma sub-região Oeste.

Por outro lado, a previsão de passageiros transportados pela Linha 4 – Amarela, para o ano de 2009, realizada pelo Metrô é de 221 milhões/ano. Calculando-se 2 % desse montante, chega-se a 4,42 milhões de passageiros como o total de passageiros transportados da categoria moto pelo projeto, no ano 2009 ou seja, o termo $P_{\text{moto}, 2009}$ da fórmula 2 do item 5.6.2, relativa ao cálculo da emissões da linha de base, BE_{2009} .

Calculando-se, então, as *emissões da linha de base para motos*, no ano 2009, tem-se:

$$BE_y = EF_{PKM,i,y} \times P_{i,y} \times TD_y / 10^6$$

Fazendo-se a substituição pelos valores numéricos, tem-se que

$BE_{2009} = EF_{PKM,moto,2009} \times P_{moto,2009} \times TD_{2009} / 10^6$, onde TD é a distância média da viagem de passageiros transportados pelo PROJETO, no ano 2009.

$$BE_{2009} = 82 \times 4,42 \times 10 / 10^6$$

$$\mathbf{BE_{2009} = 3.624 \text{ tCO}_2}$$

Este valor é o da emissão da linha de base, relativo às motos, se 100% do total delas deixassem de usá-la e utilizassem a Linha 4 – Amarela. Isto não é verdade porque a maior parte as utilizam trabalhando como mensageiros.

Fazendo três hipóteses de utilização com os percentuais de 30 %, 20 % e 10 % tem-se respectivamente $0,30 \times 3.624 = 1.087 \text{ tCO}_2$, 725 tCO_2 e 362 tCO_2 , em 2009.

Como em 2009 as emissões da linha de base relativas a diferentes modos de transporte e diferentes tipos de combustíveis é de 117.746 tCO_2 (Anexo A, Tabela A1.4c), pode-se calcular a contribuição à essa emissão de 2009, o relativo ao modo moto relativo às três hipóteses estabelecidas.

Chega-se então aos valores de 0,61 %, 0,41 % e 0,20 % ou $1.087 / 117.746 = 0,61 \%$; $725 / 117.746 = 0,41 \%$ e $362 / 117.746 = 0,20 \%$, respectivamente.

Com esses percentuais pode-se concluir que é pequena a contribuição das motos às emissões da linha de base, para o PROJETO. ANEXO E – Considerações e valores assumidos para os dados/variáveis de entrada

ANEXO E – Considerações e valores assumidos para os dados/variáveis de entrada

A seguir, listam-se e comentam-se considerações e valores assumidos para dados e variáveis iniciais, utilizados nos cálculos, conforme as fórmulas apresentadas e detalhadas no ANEXO A .

E1. Algumas considerações sobre as variáveis da fórmula A1.1 – Emissões por Quilômetro

- SFC = consumo específico de combustível em g/km

Para carros e táxis a gasolina, foi usado o valor constante do PDD – *Project Design Document* referente à Metodologia NM 0229. O valor é obtido dividindo-se a densidade do combustível (kg/l) pela quantidade de quilômetros rodados com um litro do combustível (km/l).

Os valores usados para etanol e GNV são 113 g/km e 103 g/km, respectivamente. Para o etanol, $113 = 0,791 \text{ kg/l} / 7 \text{ km/l}$; para o GNV, $103 = 0,719 \text{ km/l} / 7 \text{ km/l}$.

- NCV = valor calorífico líquido do combustível em J/g

Para carros, táxis e ônibus, foram usados os valores constantes do PDD. Para o etanol, usou-se o valor de 29,7 J/g.

- $EF_{CO_2,x}$ = fator de emissão de carbono para o combustível do tipo “x” em gCO_2/J

Os fatores de emissão para os diferentes tipos de combustíveis em toneladas de carbono por tera-joule (tC/TJ), são:

Gasolina – 18,9

Álcool anidro – 14,81

Álcool hidratado – 14,81

Diesel – 20,2

GNV – 15,3

Convertendo-se em g/J tem-se:

Gasolina – 0,0693

Álcool anidro – 0,0543

Álcool hidratado – 0,0543

Diesel – 0,0741

GNV – 0,0561

À exceção do valor relativo ao álcool, para todos os demais foram usados os valores constantes do PDD. Para o álcool, o valor usado foi de 0,0689. O mais adequado seria utilizar 0,0543 cfme. atrás escrito. Na conversão, usou-se 18,8 tC/TJ quando deveria ter sido utilizado 14,81 tC/TJ, valor este do IPCC, 1996 e MCT, 1999.

E2. Algumas considerações sobre as variáveis da fórmula A1.2 – Emissões por PassageiroKm para carros e táxis

Os valores obtidos decorrem da fórmula anterior dividindo-se os resultados pelas respectivas taxas de ocupação dos tipos de veículos; 1,2 pas/veículo para carro e 0,8 para táxi.

E3. Algumas considerações sobre as variáveis da fórmula A1.3a – Emissões por PassageiroKm para diferentes tipos de ônibus da linha de base

Tomando-se por base Ferreira (2004), a quilometragem percorrida pelos ônibus atendendo aos três futuros terminais urbanos de integração, representando uma situação atual, sem integração, é de 137.058.650 km/ano. O número total de linhas é de 95. Calcula-se, portanto, a quilometragem rodada por linha, por ano que é 1.442.723 quilômetros. Por dia, roda-se 4.624 km/dia/linha que é o resultado da divisão de 1.442.723 por 26 dias no mês x 12 meses. Admitindo-se que cada linha tenha, em média, 20 ônibus, e que cada ônibus roda 231 km/dia.

A quantidade de ônibus é 20 ônibus/linha x 95 linhas = 1.900 ônibus. O total de passageiros transportados pelos ônibus é igual a 1.900 ônibus x 29 passageiros x 26 dias X 12 meses = 17.191.200 pas/ano. Esse resultado foi considerado subestimado e, por comparação com outra estatísticas, o valor mais adequado é de 53 milhões.

E4. Algumas considerações sobre as variáveis da fórmula A2.1a – Emissão total do PROJETO – ELETRICIDADE

De acordo com o Ministério da Ciência e Tecnologia, os fatores de emissão de CO₂ resultantes da geração de energia elétrica verificada no Sistema Interligado Nacional (SIN) do Brasil são calculados a partir dos registros de geração das usinas despachadas centralizadamente pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e, em especial, nas usinas termoeletricas. Essas informações são necessárias aos projetos de energia renovável conectados à rede elétrica e implantados no Brasil no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Quioto.

A sistemática de cálculo dos fatores de emissão de CO₂ foi desenvolvida em cooperação entre o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e o Ministério de Minas e Energia (MME), tendo como base as diretrizes da metodologia ACM0002, aprovada pelo Conselho Executivo do MDL, em Bonn. Alemanha. Coube ao NOS explicar ao grupo as práticas operativas do SIN, reguladas pela ANEEL.

Seguindo essa sistemática, os Fatores de CO₂ passaram a ser calculados pelo NOS para os quatro submercados do SIN (Norte, Nordeste, Sudeste/Centro-Oeste e Sul) a partir de janeiro de 2006 e, assim, passam a ser consultados pelo público interessado e investidores.

O fator de emissão de carbono estimado em 0,1718 t CO₂/MWh foi calculado usando-se os valores do “Fator Médio Mensal” em t CO₂/MWh para a região Sudeste/Centro-Oeste, calculando-se a média aritmética dos meses do ano de 2006 e, da mesma forma, para os 9 meses disponíveis do ano de 2007. Os valores calculados foram 0,1407 e 0,1751 t CO₂/MWh, respectivamente. Finalmente, calculou-se a média ponderada para os valores desses dois anos multiplicando-se 0,1407 por 12 e 0,1751 por 9. O valor final, dividido por 19, chegando-se a 0,1718 t CO₂/MWh.

A previsão de crescimento do PIB utilizada foi 4,7 % para 2007, 4,37 % para 2008 e 5 % para os demais anos, até 2015, o último ano do primeiro período de crédito, de sete anos.

E5. Algumas considerações sobre as variáveis das fórmulas A3.1a – Emissões da construção e A3.1b – Emissões relativas à retirada de terra e entulhos, durante a construção das vias e das estações

Reportar-se aos ANEXOS B e C.

E6. Algumas considerações sobre as variáveis das fórmulas A3.2 – Emissões relativas ao “sucateamento” de ônibus.

A consideração que se faz é a de que, pela construção da Linha 4, reduz-se a quantidade de ônibus que rodam pela sua área de influência, evitando-se que novos ônibus sejam comprados, uma vez que a quantidade reduzida é deslocada para ser usada em outra região/cidade.

Ainda, segundo Ferreira (2004), com a integração dos ônibus com a Linha 4, haverá uma redução da quilometragem percorrida pelos ônibus. As reduções relativas aos futuros terminais de Três Poderes e Butantã, que não existirão mais, montam 5.408 e 22.843 km/dia respectivamente, totalizando 28.251 km/dia. Considerando que um ônibus rode em média 250 km/dia, a quantidade de ônibus que deixaria de ser comprada é de $22.843 / 250 = 113$ unidades.

E7. Para as demais fórmulas, as considerações, quando necessárias, estão apresentadas junto às mesmas, ao longo de todo o ANEXO A .