Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - Simob/ANTP

Nova metodologia adotada para o Simob/ANTP

Maio de 2018

Sistema de Informação da Mobilidade Urbana

ANTP
ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS

Sumário

1. Introdução **2**

2. Nova metodologia **3**

3. Modelos estatísticos desenvolvidos **9**

4. Mensuração e custos dos impactos **13**

5. Estimativa de dados complementares **29**

6. Considerações finais **31**

Referências bibliográficas **32**

Equipe técnica **34**

Índice geral **35**

Índice de tabelas e gráficos **36**

1. Introdução

1.1. Histórico do Simob/ANTP

O Sistema de Mobilidade Urbana - Simob foi desenvolvido nos anos 2004 e 2005 pela Associação Nacional de Transportes Públicos - ANTP, com apoio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES. Ele foi estruturado para coletar informações sobre a mobilidade das cidades com mais de 60 mil habitantes do Brasil, usando a rede de relações da ANTP em todo o país, além de informações disponíveis em estudos e nos "sites" de órgãos locais responsáveis pelo trânsito e pelo transporte coletivo.

A partir deste trabalho a ANTP publicou relatórios anuais de 2003 a 2014, que passaram a ser uma referência para as pessoas que estudam o tema da mobilidade urbana no Brasil – 35% das dissertações de mestrado e das teses de doutorado apresentadas sobre o tema nos centros de transporte em Universidades Federais usaram dados do Simob, assim como muitos documentos governamentais.

A partir de 2015 foi iniciado um processo de revisão dos parâmetros do sistema, para melhor refletir grandes mudanças que ocorreram nas cidades do país e no uso dos modos de transporte. O item a seguir explica as alterações feitas na metodologia.

1.2. Razões para mudança

No período entre 2003 e 2014 a modelagem do Simob/ANTP se baseou em funções derivadas principalmente da pesquisa Origem Destino da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP, realizada periodicamente pela Companhia do Metropolitano de São Paulo - Metrô. A grande variedade nas características dos municípios que compõem a RMSP permitiu que as funções fossem adequadas para estimar a quantidade de viagens realizadas por modo de transporte, para vários grupos de cidades separadas pela população.

Com as mudanças verificadas na mobilidade urbana no país, especialmente do crescimento exponencial no uso da motocicleta e do crescimento importante do uso da bicicleta, passou a ser importante rever as funções de previsão das viagens realizadas. Conforme descrito a seguir, foi realizado um trabalho especial, que analisou novas pesquisas de mobilidade realizadas em grandes cidades do Brasil. Este trabalho permitiu aprimorar as funções existentes, de forma a representar melhor as novas condições de mobilidade urbana no país.

Além deste trabalho, foram modificados os parâmetros de análise da segurança de trânsito e da emissão de poluentes (locais e do "efeito estufa"), e foi incorporada uma análise do nível de ruído, de forma a aproximar o Simob/ANTP de estudos internacionais sobre os temas.

2. Nova metodologia

Para o desenvolvimento da nova metodologia a equipe técnica da ANTP teve o apoio de duas consultoras contratadas no âmbito do Programa STAQ (Sustainable Transport and Air Quality) do Banco Mundial, com recursos do Global Environment Facility – GEF, que auxiliaram no desenvolvimento de temas específicos:

- Parâmetros de modelagem de quantidade de viagens por modo, tempos e distâncias de viagens.
- Redefinição de metodologia e parâmetros para estimativa de quantidade e custos de impactos associados à emissão de poluentes, acidentes de trânsito e ruído.

2.1. Modelagens de demanda

A nova base de dados de referência para o estudo foi formada por pesquisas domiciliares de cinco regiões metropolitanas e um município de porte médio, que permitiram a tabulação dos indicadores por município e sua correlação estatística com suas características demográficas, sociais e econômicas, de modo a gerar funções matemáticas aplicáveis a outros municípios a partir das variáveis selecionadas.

Para a realização dos estudos de parâmetros de mobilidade foram selecionadas cinco bases de dados de pesquisas de origem e destino domiciliares, relacionadas a seguir, com as correspondentes informações de fontes e anos de referência.

Tabela 1
Base de dados do estudo

Base de dados	Ano referência	Organismo
Região Metropolitana de São Paulo	2007	Companhia do Metropolitano de São Paulo
Região Metropolitana de Campinas	2011	Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos - STM
Região Metropolitana de Salvador	2012	Secretaria de Infraestrutura e Transporte da Bahia
Região Metropolitana de Natal	2006	Departamento de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Norte - DER/RN
Município de Ribeirão Preto	2011	Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto

As bases de dados mencionadas foram selecionadas pelas seguintes razões: (i) são pesquisas realizadas com a mesma metodologia, o que proporciona uma comparação de dados com maior confiabilidade; (ii) são fontes de dados disponíveis para consulta pública; (iii) abrangem regiões metropolitanas com municípios de características distintas; (iv) reúnem um conjunto variado de municípios e (v) foram realizadas nos últimos doze anos.

No total, esta base de dados abrange um total de 83 municípios e uma população de aproximadamente 30,9 milhões de habitantes, conforme projeções do IBGE para 2017, o que corresponde a 15% da população brasileira.

A partir da base de dados selecionada foram realizadas as totalizações por município, das viagens por modo de transporte principal[1] e da população por classe de renda. Considerando os valores de viagens, foram calculados alguns subtotais por categorias de modos de transporte, abaixo relacionados:

- não motorizados a pé;
- não motorizado bicicleta;
- motorizado individual condutor de automóvel;
- motorizado individual passageiro de automóvel;
- motorizado individual motocicleta;
- motorizado individual total;
- motorizados por modos coletivos públicos;
- motorizados por modos coletivos privados;
- outros modos.

No caso da população, foi totalizada a sua distribuição por classe social (de "A" a "E"), conforme tabulações de cada pesquisa, as quais seguem o critério da Associação Brasileira de Institutos de Pesquisa de Mercado - Abipeme. O objetivo desta tabulação é de categorizar os usuários de transporte por perfil de renda.

Foram desenvolvidos modelos estatísticos na análise das taxas de mobilidade (total, automóvel, motocicleta, transporte público, a pé, bicicleta) das pesquisas de Origem-Destino, considerando dados secundários disponíveis que pudessem identificar possíveis relações com as taxas de mobilidade. Descrição mais detalhada dos modelos estatísticos encontra-se em capítulo específico deste relatório.

Índices de mobilidade das regiões metropolitanas

Da base de dados foram calculados os indicadores de mobilidade obtidos mediante o quociente da quantidade de viagens em dias úteis pela população de cada município ou região, como mostra a tabela 2. Nesta tabela, os indicadores são apresentados por região, classe de modos de transporte, além do valor total.

[1] O modo de transporte principal corresponde àquele, entre todos os modos de transporte empregados em uma viagem, quando usado mais do que um, no qual a pessoa gastou a maior parte do tempo.

Tabela 2
Índices de mobilidade por região metropolitana da base de estudos e classe de modos de transporte

viagens/habitante/dia

Modo de transporte	Região Metropolitana de Campinas (2011)	Região Metropolitana de Natal (2006)	Ribeirão Preto (2011)	Região Metropolitana de Salvador (2012)	Região Metropolitana de São Paulo (2007)
Não motorizado	0,47	0,71	0,47	0,60	0,67
A pé	0,43	0,62	0,42	0,58	0,65
Bicicleta	0,04	0,09	0,05	0,02	0,02
Motorizado	1,25	0,99	1,39	1,05	1,28
Transporte individual	0,75	0,40	0,99	0,37	0,57
Condutor do auto	0,47	0,24	0,54	0,22	0,37
Passageiro de auto	0,20	0,10	0,25	0,09	0,16
Táxi	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
Moto	0,08	0,05	0,20	0,04	0,04
Transporte coletivo	0,50	0,59	0,40	0,68	0,71
Público	0,31	0,53	0,35	0,60	0,62
Privado	0,19	0,06	0,05	0,08	0,09
Outros	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00
Total	**1,73**	**1,71**	**1,88**	**1,65**	**1,95**

Fonte: Banco de dados das pesquisas Origem Destino consideradas no estudo.

Nesta nova abordagem, as regiões metropolitanas também apresentam indicadores correlacionados com condições sócio econômicas da população das regiões, ainda que já se observe outros fatores, provavelmente correlacionados com as dimensões territoriais e ou complexidades urbanas.

Com efeito, a Região Metropolitana de Natal apresenta o menor indicador de mobilidade motorizada (0,99 viagens/habitante/dia). Já Ribeirão Preto, que é a de "maior nota de classe social", é a de maior índice de mobilidade motorizada com 1,38 viagens/habitante/dia, porém na mobilidade geral o maior índice é da Região Metropolitana de Natal de São Paulo, com 1,95 viagens/habitante/dia).

2.2. Modelagens de tempos médios de viagens

Outro parâmetro considerado nas análises foi o tempo médio das viagens por modo de transporte. Nelas constatou-se a necessidade de tratar diferentemente as viagens locais, ou seja, dentro do próprio município, em comparação às viagens metropolitanas. Quando não se distingue essas viagens das viagens metropolitanas, as médias dos tempos acabam se aproximando entre os municípios, na medida em que as viagens que atravessam as fronteiras da cidade costumam ser bastante significativas, aumentando o tempo médio das viagens.

Desta forma, serão apresentados a seguir os cálculos considerando todas as viagens e, também os tempos médios para as viagens realizadas exclusivamente dentro dos municípios.

Os resultados são apresentados de forma agregada conforme as faixas de população de municípios utilizadas nos estudos da ANTP.

Tempos médios de viagens totais dos municípios

A tabela 3 mostra os tempos médios totais de viagens para grupos de municípios classificados por faixa de população e para os seguintes modos de transporte: a pé, bicicleta, automóvel, ônibus e motocicleta.

O que se verifica pelos dados é que os tempos médios totais não têm muita variação, pois em regiões metropolitanas existem muitas viagens dos municípios em direção ao principal polo regional, aumentando o tempo de deslocamento. Limitando-se as viagens internas aos municípios os resultados são bastante distintos conforme se verá no item seguinte.

Tabela 3
Tempos médios de viagem por faixa de população e modos de transporte

minutos

Faixa de população (hab)	**A pé**	**Bicicleta**	**Auto**	**Ônibus**	**Moto**
Menos de 60 mil	15,6	22,3	29,4	55,4	17,6
De 60 a 100 mil	17,2	23,1	25,9	56,3	20,4
De 100 a 250 mil	17,6	26,3	32,2	55,2	28,3
De 250 a 500 mil	17,1	30,4	31,6	57,5	28,5
De 500 mil a 1 milhão	16,7	29,7	28,6	52,9	23,4
Mais de 1 milhão	16,2	23,4	31,9	60,1	26,7

Fonte: Processamento das pesquisas Origem Destino selecionadas.

Nas viagens metropolitanas os tempos a pé e de bicicleta são praticamente os mesmos para todas as faixas de população. Para as viagens de automóvel o tempo médio varia de 26 minutos a 32 minutos, tendendo a crescer com a faixa de população. O mesmo ocorre com as viagens de motocicleta. Já o comportamento do tempo médio de viagens de ônibus aparentemente não segue a mesma regra das viagens de automóvel e moto.

Tempos médios de viagens internas dos municípios

Para as viagens internas dos municípios, a variação dos tempos médios das viagens motorizadas apresenta tendência de valores crescentes conforme a faixa de população do município.

Tabela 4
Tempos médios de viagens internas dos municípios por faixa de população e modos de transporte

minutos

Faixa de população (hab)	**A pé**	**Bicicleta**	**Auto**	**Ônibus**	**Moto**
Menos de 60 mil	15,4	19,9	14,9	37,0	12,1
De 60 a 100 mil	16,8	23,1	16,2	41,4	12,7
De 100 a 250 mil	17,0	19,3	17,9	37,7	15,4
De 250 a 500 mil	17,2	22,9	21,1	44,8	18,3
De 500 mil a 1 milhão	16,5	32,1	21,8	49,9	14,9
Mais de 1 milhão	16,1	22,5	30,8	58,8	28,7

Fonte: Processamento das pesquisas Origem Destino.

2.3. Estimativas de distâncias médias de viagem

Para a estimativa de distâncias médias de viagens foi utilizado como fonte de dados os modelos de transporte das Regiões Metropolitanas de São Paulo, Salvador e Natal.

Estes modelos fornecem a distância entre as zonas de trafego, com origem e destino nos centróides das zonas e utilizando a rede viária da cidade. As distâncias médias foram estimadas ponderando-se as viagens entre os pares de zona obtidas das pesquisas Origem Destino.

Aqui também foram estimadas as distâncias médias das viagens metropolitanas e das viagens internas de cada município.

Distâncias médias de viagens totais

As estimativas foram realizadas, também, por grupo de municípios agregados por faixa de população como no caso anterior. Deve ser ressaltado que as estimativas tiveram por base apenas três regiões metropolitanas, portanto, algumas faixas de população apresentaram poucas amostras disponíveis.

Como mostram os dados os municípios menores, por serem mais dependentes do principal polo metropolitano, acabam se deslocando a distâncias maiores.

Tabela 5
Distâncias médias de viagens totais por faixa de população e modos de transporte

km

Faixa de população (hab)	**Bicicleta**	**Auto**	**Ônibus**	**Moto**
De 60 a 100 mil	7,10	12,70	19,67	12,33
De 100 a 250 mil	6,96	11,48	16,35	11,96
De 250 a 500 mil	6,81	10,26	13,03	11,60
De 500 mil a 1 milhão	5,67	9,45	12,44	11,09
Mais de 1 milhão	4,52	8,65	11,85	10,59

Distâncias médias de viagens internas

A seguir são apresentados os dados de distância média das viagens internas aos municípios.

Tabela 6
Distâncias médias de viagens internas por faixa de população e modos de transporte

km

Faixa de população (hab)	**Bicicleta**	**Auto**	**Ônibus**	**Moto**
De 60 a 100 mil	5,91	5,21	6,60	6,33
De 100 a 250 mil	6,03	5,61	5,75	7,62
De 250 a 500 mil	4,03	5,37	6,71	5,69
De 500 mil a 1 milhão	4,13	6,39	8,98	7,63
Mais de 1 milhão	4,22	7,42	11,24	9,56

3. Modelos estatísticos desenvolvidos

Este item se refere à aplicação de métodos estatísticos utilizados na análise das taxas de mobilidade (total, automóvel, motocicleta, transporte público, a pé, bicicleta) calculadas através de pesquisas de Origem Destino selecionadas.

Para entender o comportamento das taxas de mobilidade, alguns dados secundários disponíveis que pudessem identificar possíveis relações com as taxas de mobilidade foram coletados:
- área do município (km²);
- população do município;
- PIB do município;
- arrecadação do ICMS do município;
- índice IDH do município;
- total de veículos (automóveis, caminhões, motocicletas e ônibus).

A partir destes dados secundários, novas variáveis auxiliares foram construídas:
- PIB per capita;
- ICMS per capita;
- densidade urbana por mil km²;
- % automóvel;
- % motocicleta;
- veículo/1.000 km²;
- veículo/habitante;
- motocicleta/habitante;
- IDHM;
- ano;
- densidade total por mil km;
- população/milhão.

Os métodos estatísticos empregados na análise de taxas de mobilidade foram: estatísticas descritivas através dos gráficos *box-plot* e modelos de regressão pelo procedimento *stepwise* que foram ajustados para cada taxa de mobilidade.

Os modelos de regressão segundo procedimento *stepwise* para cada uma das taxas de mobilidade apresentaram um bom ajuste e coerência.

Para as estimativas de tempo médio de viagem por segmento modal foi necessário adotar os tempos médios totais (de abrangência metropolitana) e tempos médios internos (dentro dos municípios), uma vez que essas médias são bastante distintas em face à grande quantidade de viagens com destino ao principal polo de cada região metropolitana.

Além disso, particularmente para o modo ônibus foi feita uma separação entre os tempos de viagens totais e os tempos sem as caminhadas no acesso e egresso deste modo.

3.1. Comparação com o modelo anterior

Para efeito de comparação entre a nova metodologia do Simob/ANTP ora apresentada e a metodologia adotada anteriormente foram analisados os dados estimados de demanda anual de passageiros para cada modo agregado.

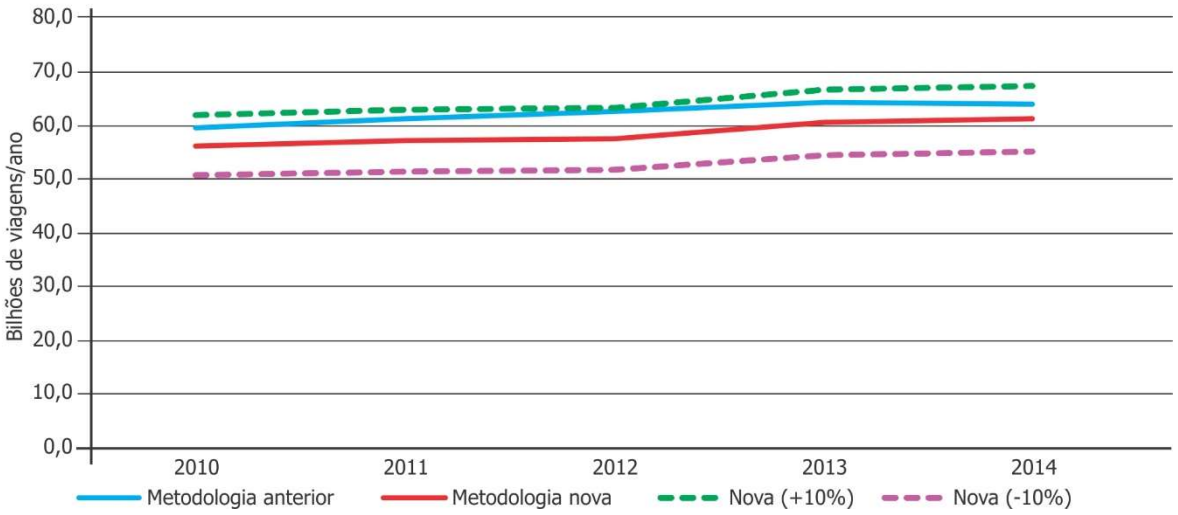
A nova metodologia foi aplicada para dados referentes ao período de 2010-2014, tendo-se assim dados de quantidade de viagens anuais por modo agregado. Com isso foi possível a comparação de resultados entre metodologias neste período.

Nos gráficos 1 e 2 temos a comparação destes resultados para a quantidade total de viagens, para a quantidade de viagens em Transporte Coletivo (ônibus municipais e ônibus metropolitanos), em Transporte Individual Motorizado (automóvel e motocicleta) e em Transporte Não Motorizado (a pé e bicicleta).

Para melhor visualização dos gráficos de comparação foi definida uma faixa de variação dos dados produzidos pela nova metodologia (entre 10% acima e 10% abaixo dos valores obtidos) de forma a permitir uma avaliação de faixa de valores em relação às estimativas obtidas com a aplicação da metodologia anterior.

Assim, o gráfico 1 mostra que a quantidade de viagens totais estimadas através da aplicação da nova metodologia apresenta valores semelhantes àqueles obtidos através da aplicação da metodologia anterior. Note-se que as estimativas obtidas através da aplicação da metodologia anterior (linha azul "cheia") estão contidas dentro da faixa definida pela variação de 10% para mais e 10% para menos em relação às estimativas da nova metodologia (linhas "tracejadas"), apontando comportamento semelhante.

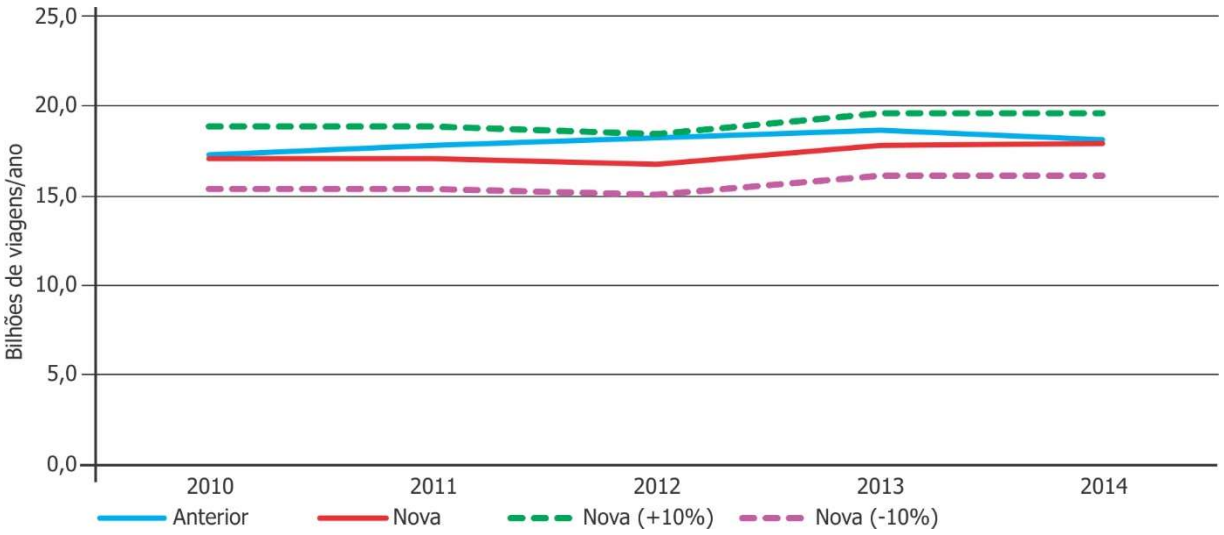
Gráfico 1
Quantidade total de viagens anuais estimadas pelas duas metodologias, 2010-2014



O gráfico 2 apresenta a mesma análise em relação às viagens realizadas em transporte coletivo. Aqui, apesar de uma pequena oscilação, também pode ser observado que as viagens de transporte coletivo estimadas com a metodologia anterior (linha azul "cheia")

estão contidas dentro da faixa definida pela variação de 10% para mais e 10% para menos em relação às estimativas da nova metodologia (linhas "tracejadas"), apontando comportamento semelhante.

Gráfico 2
Quantidade de viagens anuais em transporte coletivo estimadas pelas duas metodologias, 2010-2014



O gráfico 3 mostra o único caso de modo agregado em que as estimativas das duas metodologias diferem. Trata-se da estimativa de viagens de transporte individual. Apesar das estimativas produzidas com a metodologia anterior (linha azul "cheia") estarem integralmente fora da faixa definida pela variação de 10% para mais e 10% para menos em relação às estimativas da nova metodologia (linhas "tracejadas"), os valores apontam para uma aproximação das estimativas ao longo dos anos.

Lembrando que a metodologia anterior utilizou principalmente de dados oriundos da pesquisa Origem Destino realizada pela Metrô de São Paulo no ano de 1997, apesar de muitos municípios da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP possuírem características socioeconômicas semelhantes às de outras cidades brasileiras, permitindo a utilização de funções de geração de viagens agregando os municípios em "clusters"[2], aparentemente houve uma estimativa superior no caso das viagens por transporte individual.

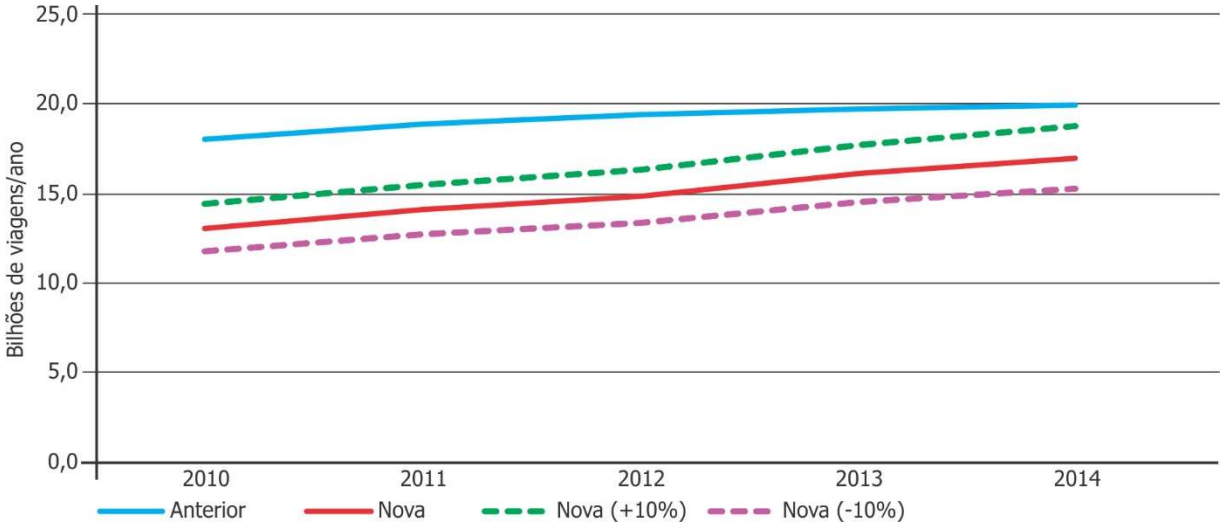
A explicação pode estar no fato de que, apesar das semelhanças de características socioeconômicas, a maioria dos municípios da RMSP está inserida numa dinâmica urbana única, sendo, portanto, diferente de municípios isolados.

A nova metodologia, ao considerar dados de cinco pesquisas Origem Destino, em diferentes regiões do país e com diferentes contextos socioeconômicos, em tese possui

[2] Conforme metodologia disponível no site da ANTP.

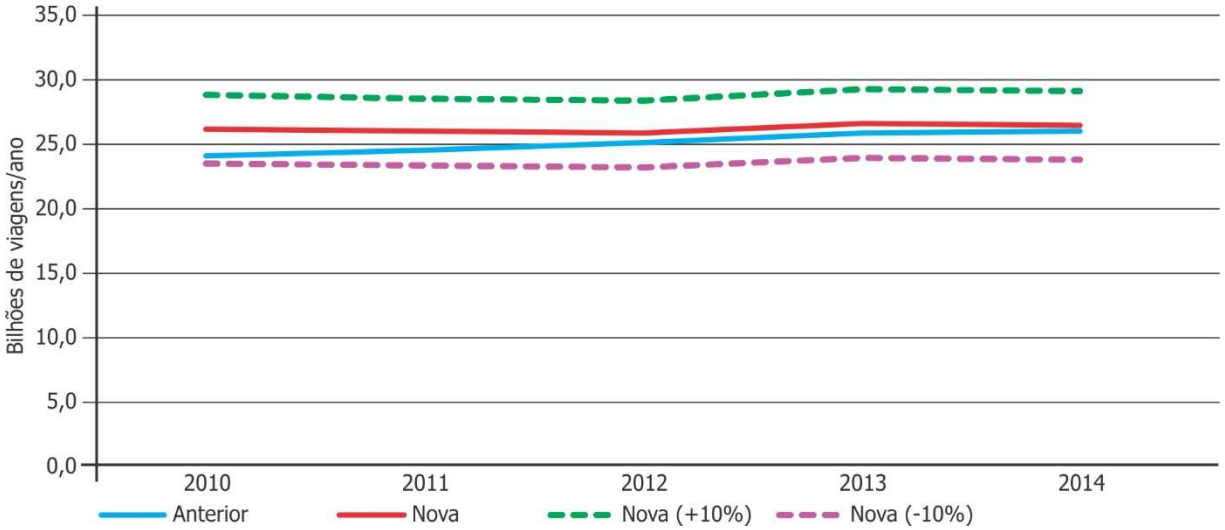
melhor condição de estimativa destes valores, captando menor quantidade de viagens de transporte individual.

Gráfico 3
Quantidade de viagens anuais em transporte individual estimadas pelas duas metodologias, 2010-2014



O gráfico 4 volta a mostrar boa aderência entre os valores estimados para viagens de transporte não motorizado, entre as duas metodologias. De fato, as estimativas obtidas através da aplicação da metodologia anterior (linha azul "cheia") estão contidas dentro da faixa definida pela variação de 10% para mais e 10% para menos em relação às estimativas da nova metodologia (linhas "tracejadas"), apontando comportamento semelhante.

Gráfico 4
Quantidade de viagens anuais em transporte não motorizado estimadas pelas duas metodologias, 2010-2014



4. Mensuração e custos dos impactos

Este item resume os resultados obtidos com a inclusão das novas análises e parâmetros da segurança de trânsito, do tempo de percurso, da emissão de poluentes e do ruído. A análise foi baseada no estudo dos custos das externalidades negativas da mobilidade urbana, como parte do programa STAQ do Banco Mundial, realizado em 2015. O estudo tem o objetivo de sugerir valores médios para uso na avaliação das condições da mobilidade urbana no Brasil, assim como na avaliação de projetos de mobilidade.

O estudo analisou uma ampla literatura internacional sobre o tema, além de estudos nacionais disponíveis. Na análise da experiência acumulada no tema foi possível observar uma ampla gama de situações e propostas, que reflete a dificuldade de expressar todos os impactos em termos monetários. Usando com mais intensidade a literatura de origem europeia – a que mais avançou no estudo do tema – foi possível identificar caminhos e propostas para o caso do Brasil, permitindo que os estudos no país possam ser aprimorados.

4.1. Mensuração de externalidades negativas

Mensurar as externalidades negativas do transporte é um grande desafio, visto que parte dos impactos é subjetiva e os custos tangíveis muitas vezes são intrínsecos a outras causas, ou necessitam de apuração e compilação de vasta quantidade de dados e informações nem sempre disponíveis para permitir quantificações e cálculos de custos. A maior parte das metodologias sobre o tema foi desenvolvida fora do Brasil e, por esta razão, abordam parâmetros e pesquisas de preferência declarada objetivas para determinadas culturas e configurações sociais diferentes das brasileiras. Desta forma, o processo natural seria o de realizar pesquisas e coleta de dados e informações necessários para aplicar os métodos indicados. No entanto, desenvolver esta tarefa demandaria mais tempo e recursos do que aqueles considerados no escopo deste estudo.

Esta limitação conduziu o presente estudo a optar por um dentre dois caminhos: (i) utilizar metodologias menos sofisticadas, porém completamente embasadas em dados e informações brasileiras disponíveis; ou (ii) aplicar uma abordagem mais aprimorada, mas a partir da transferência de resultados de algumas pesquisas internacionais.

A partir destas reflexões, optou-se por aplicar as metodologias de vanguarda, uma vez que o processo de substituir os dados adaptados por pesquisas nacionais poderá ser realizado de forma gradual, de acordo com o aprimoramento da qualidade das informações nacionais.

Dada a falta de metodologia específica e de cuidados especiais na avaliação de impactos nos países em desenvolvimento como o Brasil os benefícios e os ônus dos transportes são distribuídos de forma desigual. Tal discrepância resulta em um déficit na

contabilidade social, em que a sociedade é submetida aos efeitos colaterais das decisões individuas de deslocamento.

Alguns estudiosos indicam que os custos externos destes processos não devem ser considerados, dado que o mercado regularia os custos marginais e equilibraria o balanço da contabilidade social do transporte. No entanto, o mercado apenas mensura os valores ligados à produção, o que não representa os prejuízos cobertos pela sociedade. Sendo assim, o mercado regularia apenas uma parcela dos custos e apenas para determinada função.

Outra razão importante para quantificar e monetizar as externalidades negativas da mobilidade das pessoas está ligada à justificativa e viabilização de projetos, uma vez que por meio da quantificação de custos e benefícios pode-se defender o desenvolvimento ou não de um dado empreendimento de transporte, com base em parâmetros técnicos, econômicos, financeiros, sociais, políticos e ambientais.

Assim, apesar dos custos das externalidades abrangerem custos tangíveis e intangíveis, a demonstração de seus resultados pode mostrar as consequências concretas para as tomadas de decisões, a definição de políticas públicas e a gestão pública e privada do transporte de passageiros.

4.2. Disposição a pagar para reduzir riscos

Embora no Brasil não haja estudos específicos para a valoração do risco da vida empregando os métodos adequados da Valoração Contingente[3] e dos Preços Hedônicos[4], há um número significativo desses estudos realizados em outros países, inclusive países em desenvolvimento. A meta-análise desses estudos indica um padrão razoavelmente consistente de relação entre o PIB per capita do país no qual o estudo foi realizado e a estimativa do VVE ("valor da vida estatística") obtida. Isso sugere que valores estimados para a vida estatística em outros países podem ser "transferidos" para

[3] O método de Valoração Contingente, ou pesquisa de preferência declarada, é uma técnica frequentemente empregada para calcular o valor de variações no risco de morte a que agentes estão expostos. Tal método consiste na aplicação de questionários cuidadosamente elaborados nos quais se pergunta diretamente aos entrevistados: qual o valor que estariam dispostos a pagar (receber) se (caso) ocorresse uma determinada redução (um determinado aumento) no risco ao qual estão expostos?

[4] O Método dos Preços Hedônicos pertence ao conjunto de métodos que se baseia em declarações dos agentes sobre suas preferências, procurando extrair o valor dessas variações a partir do comportamento observado dos indivíduos em relação a tais riscos. Como se assume que tal comportamento é guiado pelas preferências dos indivíduos, diz-se que esses métodos baseiam-se em preferências reveladas (pelo comportamento), ao invés de preferências declaradas. Tais métodos são aplicações da assim chamada metodologia dos preços hedônicos, na qual estima-se de que forma o preço de um bem ou de um serviço é afetado por suas características. Pressupõe-se que os preços de bens, serviços e atividades são formados a partir das características desejáveis desses bens, serviços e atividades. O consumo e a oferta de uma série de bens, serviços e atividades podem ter relação com os riscos às vidas dos indivíduos que os consomem ou os ofertam. Caso se encontre uma relação entre os preços praticados no mercado e os riscos relacionados ao seu consumo ou oferta, essa relação deve refletir o valor que os agentes atribuem a esses riscos.

o Brasil mediante correção que leve em conta as diferenças de renda. Entende-se que esse é o melhor caminho para atribuir-se valor a variações nos riscos à vida no setor de transporte no Brasil. A defesa de Mishan (1971, 705) para o uso de estudos de valoração contingente para determinar o valor da vida estatística quando não estejam disponíveis estimativas baseadas em preferência revelada é clara: *"há mais a ser dito acerca de estimativas grosseiras de um conceito preciso do que acerca de estimativas precisas de conceitos irrelevantes"*.

Com o intuito de sugerir um VVE para o Brasil, foram utilizados os resultados da meta-análise realizada por Miller (2000), a partir de 68 estudos de preferência declarada e de preferência revelada desenvolvidos em 13 países.

A meta-regressão procurou estabelecer a relação entre as estimativas encontradas para o VVE e o PIB per capita de cada país na data de realização do estudo, expresso em dólares americanos (US$) de 1995. O fato de que os estudos foram realizados em diferentes datas contribuiu para aumentar o intervalo dos PIB per capita considerados, em decorrência da variação real dessa variável ao longo do tempo na maioria dos países. Além dessa variável, foram ainda consideradas, para controle de possíveis vieses metodológicos, as seguintes variáveis: uma variável binária para indicar se o estudo considera salários hedônicos;[5] uma variável binária para indicar, no caso de estudos de salário hedônico, se foram considerados os riscos por setor econômico, ao invés dos riscos por ocupação; uma variável binária para indicar se os riscos considerados nos estudos de salários hedônicos incluíam indevidamente riscos exógenos à atividade; uma variável binária para indicar se o estudo é um estudo de valoração contingente e uma variável binária para indicar, em estudos de preços hedônicos relacionados a veículos, se os riscos considerados eram os reais ou invés dos riscos percebidos.

Foram considerados seis modelos de regressão. Os resultados gerais mais notáveis foram:

- a elasticidade do VVE em relação ao PIB per capita variou entre 0,85 e 0,96 (se o PIB per capita cresce 1%, o VVE vai crescer entre 0,85% e 0,96%);
- todos os modelos indicam que os estudos de preços hedônicos que não de salários hedônicos tendem a gerar estimativas do VVE inferiores aos modelos de salários hedônicos e de valoração contingente;
- a maioria dos modelos indica que os estudos de valoração contingente geram estimativas de VVE superiores às estimativas geradas por estudos de salários hedônicos; essa diferença, entretanto, desaparece quando os estudos realizados nos EUA são extraídos da amostra;

[5] O método dos salários hedônicos é uma aplicação do método dos preços hedônicos na qual o preço considerado é o salário. Em particular, os estudos de salários hedônicos têm mostrado consistentemente que há uma relação estatística positiva entre salário e risco à vida relacionado ao posto de trabalho. Para uma apresentação da teoria, uma discussão sobre as dificuldades de sua aplicação e uma resenha dos principais resultados empíricos, ver Viscusi, Joseph E. Aldyand W. Kip. 2003.

- para o modelo de referência do autor, o VVE estimado pelos modelos de salários hedônicos tende a ser 32% superior ao VVE estimado pelos modelos de outros preços hedônicos e o VVE estimado pelos modelos de valoração contingente tende a ser 16% superior ao VVE estimado pelos modelos de salários hedônicos. Estas constatações são compatíveis com a impressão geral de que os estudos de preços hedônicos, que não de salários hedônicos, tendem a subestimar o VVE e de que os estudos de valoração contingente tendem a superestimá-lo.

Os resultados das regressões foram empregados para estimar o valor da vida estatística em diversos países. As estimativas foram geradas a partir da informação dos PIB per capita desses países em 1995 e projetando-se, a partir dos parâmetros obtidos na meta-regressão, o VVE foi estimado por um modelo de salário hedônico, no qual seriam adequadamente considerados os riscos por ocupação. Como foram considerados diversos modelos de regressão, foram também obtidos diversos valores. O autor apresenta o menor e o maior valor obtido, assim como aquele que ele considera a melhor estimativa.

O autor conclui sugerindo que os parâmetros estimados podem ser usados para a transferência das estimativas do valor da vida estatística entre países de maneira confiável:

> O intervalo das estimativas [...] através de regressões é muitas vezes mais estreito do que o intervalo de VVE entre os estudos sobre um país. Este intervalo razoavelmente compacto é encorajador. Combinado com a estabilidade do modelo, ele sugere que uma abordagem de transferência de benefícios pode ser credível para a estimativa VVE. (p. 182).

Entre os países para os quais o autor gera, a partir do resultado de sua análise, intervalos de valores para o VVE, encontra-se o Brasil. O VVE do país, em dólares americanos (US$) de 1995 estaria situado entre US$ 500 mil e US$ 900 mil, com a melhor estimativa igual a US$ 680 mil.

Assim, esta melhor estimativa é sugerida para ser adotada como valor médio da disposição a pagar para evitar uma morte no trânsito para o Brasil, representando o quanto a sociedade apóia que seja investido pelo governo para evitar cada morte. Os custos dos acidentes relacionados a este valor mostrados nos novos relatórios anuais representam os gastos públicos apoiados pela sociedade para combater o problema. O número foi atualizado para dólares americanos (US$) de 2013, com o emprego do Consumer Price Index do US Bureau of Labor Statistics e convertido em reais (R$), de acordo com o câmbio ajustado pelo indicador de paridade de poder de compra e com os indicadores do Banco Mundial.[6] Após esses ajustes, chegou-se a um valor médio da vida estatística no Brasil de R$ 1,669 milhões para o ano de 2013. Tal valor é uma estimativa do valor médio da vida estatística para os brasileiros. Evidentemente, esse valor varia de pessoa para pessoa. Caso se queira levar em consideração essa diferença de valores,

[6]Disponíveis em http://data.worldbank.org/indicator/PA.NUS.PPP/countries?display=default

seria necessário ajustar esse valor básico de acordo com a elasticidade renda do VVE. Nesse caso, recomenda-se utilizar a elasticidade renda de 0,89, estimada por Miller (2000) no modelo em que os PIB's per capita dos países, empregados na estimativa da elasticidade renda, são convertidos em dólares americanos de acordo com a paridade de poder de compra de cada país.

4.3. Mortalidade e morbidade no trânsito

Valor da vida estatística

Para mensurar o custo que um dano à vida tem para a sociedade foi utilizado o VVE com base na disposição a pagar, através da metodologia explicada anteriormente.

Severidade do dano sofrido

O impacto na vida e na sociedade difere de acordo com a severidade do dano sofrido (Jones-Lee, M.; Spackman, M., 2013). O prejuízo decorrente dos danos sofridos se aplica da seguinte forma em termos de porcentagens sobre o VVE:

Tabela 7
Proporção de custos entre feridos e fatalidades

Severidade	**Proporção** (%)
Fatal	100,00
Ferido grave	11,24
Ferido leve	0,87

Fonte: TTC, com base nos dados de Jones-Lee, M.; Spackman, M. (2013).

Custo direto

Os custos diretos dos acidentes de trânsito encerram diversos aspectos que podem ser abordados. O estudo nacional mais coeso sobre valores dos custos diretos de acidentes de trânsito em aglomerações urbanas é a pesquisa "Impactos Sociais e Econômicos dos Acidentes de Trânsito nas Aglomerações urbanas" realizada pela parceria entre o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA e a Associação Nacional de Transportes Públicos- ANTP.

No entanto, o referido trabalho apresenta todos os custos envolvidos no acidente de trânsito. Assim, como o objetivo deste trabalho é estimar apenas os custos externos, foram desconsiderados os custos relativos aos danos materiais, que já estão internalizados. Ademais, foram descontados os valores referentes às indenizações de acordo com a severidade do acidente, conforme tabela 8.

Tabela 8
Indenizações pagas pelo DPVAT (Seguro de Danos Pessoais causados por Veículos Automotores de Vias Terrestres), 2013

Natureza do sinistro	**Valor da indenização** (R$)
Morte	13.845,75
Invalidez	5.148,97
Despesas médicas	1.307,77

Fonte: TTC, com base nos dados da Seguradora Líder, 2013.

Os custos externos foram desagregados, de acordo com a severidade, a fim de se obter os valores por tipo de acidente. Estes valores foram atualizados para dezembro de 2013 utilizando o IPCA, conforme apresentado na tabela 9.

Tabela 9
Custos diretos por vítima de acidente[1] *R$*

Tipo de custo	**Acidente com vítima**		**Morte**	
	Não internado	**Internado**	**Local**	**Internado**
Atendimento médico-hospitalar	1.135,20	83.754,88		83.754,88
Processos judiciais	4.030,36	4.030,36	4.030,36	4.030,36
Previdenciarios	2.694,70	2.694,70	2.694,70	2.694,70
Resgate de vítimas	1.620,19	1.620,19	1.620,19	1.620,19
Reabilitação	1.630,24	1.630,24		
Remoção de veículos	140,27	140,27	140,27	140,27
Atendimento policial	55,79	55,79	55,79	55,79
Agente de trânsito	26,37	26,37	26,37	26,37
Impacto familiar	64,72	64,72	64,72	64,72
Total	11.397,84	94.017,52	8.632,40	92.387,28

1. Valores de dezembro de 2013.
Fonte: TTC, com base nas informações de IPEA/ANTP (2003).

4.4. Tempo de percurso

A recomendação para o Brasil relativamente ao valor do tempo de percurso enquanto não são feitas pesquisas específicas do caso Brasileiro, é, assim como no caso da VVE, a de realizar a transferência de valores já estimados em outros países. Esta abordagem se justifica, pois: (i) qualquer abordagem alternativa seria igual ou mais imprecisa; e (ii) qualquer abordagem alternativa não teria fundamento teórico adequado.

Os valores escolhidos para transferência são aqueles sugeridos pelo HEATCO (Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment) (2006) para esta finalidade. Tais valores foram gerados a partir de um meta-estudo com base em diversas estimativas de custo de transporte consistentes com

as considerações teóricas anteriormente expostas. Os valores apresentados pelo estudo em questão são agregados por motivo de viagem (negócio, viagem pendular, outras viagens), distância (longa distância: acima de 50km e curta distância: abaixo de 50km) e modo de transporte (aéreo, ônibus e automóvel e trem). Para efeito da transferência dos valores estimados, foram aplicados os seguintes ajustes:

- o transporte aéreo foi desconsiderado;
- como não é possível nas bases de dados existentes identificar as viagens realizadas durante a jornada de trabalho, desconsiderou-se, para efeitos dos cálculos do valor do tempo, o valor associado às viagens por motivo negócio;
- o relatório do HEATCO (2006) agrega usuários de automóvel e de trem em uma mesma categoria. Julgou-se, todavia, para o caso do Brasil, que os usuários de trem estão em categoria mais próxima dos usuários dos ônibus. Deste modo, o valor transferido do custo do tempo para usuários de ônibus foi considerado como o custo do tempo para os usuários de transporte público e o valor do custo do tempo para usuários de automóvel e trem foi considerado, após a transferência, como custo do tempo do usuário de automóvel.

A transferência dos valores de custo do tempo apresentados neste documento se deu observando-se as seguintes etapas:

1. Conversão dos valores (apresentados em Euros de 2002) para valores em dólares americanos (US$) de 2002 de acordo com o câmbio ajustado pelo Índice de Paridade do Poder de Compra (PPP);
2. Atualização do valor obtido para dólares americanos (US$) de 2013 de acordo com a variação do *Consumer Price Index* do *US Bureau of Labor Statistics*;
3. Transferência dos valores para Brasil empregando elasticidade unitária em relação ao PIB, tal como recomendam o HEATCO (2006) e Maibach et al (2008); e
4. Conversão dos valores para reais (R$) de 2013 de acordo com a taxa de câmbio ajustada pelo PPP.

O estudo HEATCO, supõe que a variação de valor por modo ocorre devido à diferença de renda, extensão da viagem e motivo da viagem.

Tabela 10
Valor da hora em 2013 (R$)

País	Transpote coletivo	Transporte individual
Mais de 1 milhão	7,10	9,87

Fonte: TTC, com base nas informações do HEATCO (2006).

Ressalta-se que o valor apresentado deve ser utilizado com a finalidade de comparar benefícios financeiros e não se aplica à modelagem.

4.5. Poluição do ar

Considerando que o Material Particulado (MP) está comprovadamente relacionado a graves impactos na saúde das pessoas (Evangelista et al, 2014) a estimativa do impacto ambiental da poluição do ar será limitada a este poluente. Como ele está diretamente ligado ao uso do óleo diesel, a análise deve incidir sobre o transporte público que utiliza esta forma de energia.

No entanto, a associação dos indicadores ambientais e de saúde aos elementos disponíveis das frotas para se estimar o impacto ambiental e em saúde da operação do transporte público, esbarra na ausência ou insuficiência de redes de monitoramento ambiental e mesmo de estudos de dispersão confiáveis e já desenvolvidos para as cidades brasileiras. De maneira geral, mesmo as maiores regiões metropolitanas brasileiras são carentes de estrutura para desenvolver a adequada caracterização dos poluentes atmosféricos estabelecidos na legislação brasileira (IEMA, 2014).

Assim, nenhuma metodologia disponível na literatura científica internacional é capaz de contornar essas barreiras para estimar o impacto em saúde da operação da frota de transporte público.

Nessas condições, alternativamente pode-se lançar mão de estratégias simplificadoras que permitam relacionar as informações existentes, mesmo à custa de alguma imprecisão, mas que permitam gerar informações que orientem o desenvolvimento das políticas públicas nesta área, tendo claras as limitações implícitas.

Parâmetro ambiental

Como parâmetro ambiental sugere-se adotar a concentração média diária anual do *Material Particulado Inalável Fino*, denotado como $MP_{2,5}$ que é o poluente recomendado pela Organização Mundial da Saúde - OMS, para estudos envolvendo poluição e saúde, principalmente em áreas urbanas (WHO, 2006), e fortemente associado a emissões de veículos movidos a óleo diesel (Cetesb, 2015). Saliente-se ainda que o Ozônio é o outro poluente recomendado pela OMS mas, por se tratar de poluente considerado secundário, isto é, gerado por reação fotoquímica de outros poluentes emitidos por diversas fontes, sua associação não é objetiva e direta com os poluentes gerados pelas diversas fontes de emissão, incluindo os da frota diesel.

Estimativa da concentração ambiental atribuível

Como ponto de partida, foi assumida como válida a relação entre concentração ambiente do $MP_{2,5}$ e os dados da frota de São Paulo, dada a existência de informações sólidas e sistemáticas publicadas pela Cetesb.

No relatório "Qualidade do Ar no Estado de São Paulo - 2014" (Cetesb, 2015), capítulo 4.2.1.1 Partículas Inaláveis, o gráfico 7 apresenta a série anual da concentração média de MP_{10}, de onde é adotada para 2014 a concentração média anual do MP_{10} de 36 $\mu g/m^3$,

enquanto no capítulo 4.2.1.2. Partículas Inaláveis Finas, não é informada a média diária anual da concentração do $MP_{2,5}$ mas apenas que esse poluente constitui a fração de 60% desse poluente no MP_{10}.

Assim, pode-se estimar a concentração média diária anual do Material Inalável Fino, $MP_{2,5}$ como igual a 60% média anual do MP_{10} de 36 μg/m³, ou seja, de 21,6 μg/m³.

Ainda do relatório da Cetesb, tabela 16, pág. 53, os ônibus urbanos e micro-ônibus movidos a diesel respondem por 11,15% das emissões de MP_{10}. Ainda de acordo com esse relatório, no capítulo 4.2.1.2. Partículas Inaláveis Finas $MP_{2,5}$, na página 75, a participação de fontes de "ressuspensão" em sua composição não é significativa, informação essa que a partir da tabela 16 para o MP_{10}, excluindo-se a participação dessa fonte, permite associar à frota de ônibus urbanos e micro-ônibus uma participação no $MP_{2,5}$ de 14,87%.

Portanto, no caso de São Paulo, pode-se assumir que a frota de ônibus urbanos e micro-ônibus responde pela concentração ambiental de $MP_{2,5}$ de 3,21 μg/m³.

Para transferir essa relação de frota de ônibus – concentração de $MP_{2,5}$ para outras localidades é necessário definir um fator de proporcionalidade. Neste estudo foi considerado um fator proporcional ao volume de diesel consumido.

Impactos na saúde

Em termos de impactos na saúde, são tradicionalmente considerados os desfechos em doenças (ou morbidade) e mortes (mortalidade).

No Brasil, o SUS é o responsável pelo pagamento de todos os atendimentos em saúde do sistema público de saúde, para o que se estruturou uma base de dados que cobre todo o território nacional, o denominado Datasus, tratado em subitem específico anteriormente e que também cobre os dados de Saúde Suplementar.

Entretanto, por ter sido desenvolvido como sistema para gestão de pagamentos, seu uso em estudos epidemiológicos é restrito, pois não abrange todas as doenças e/ou faixas etárias relacionadas à poluição atmosférica (André et al, 2000).

Os estudos epidemiológicos desenvolvidos no Brasil nos últimos 15 anos e que incluem valoração econômica, de interesse para os gestores públicos nas suas tomadas de decisões, mostram que os valores econômicos dos eventos mórbidos são sempre inferiores a 10% do valor econômico associado às mortes (Sousa e Macedo, 2010; Saldiva et al, 2015).

Em contrapartida, a aplicação do ferramental de cálculo epidemiológico para a morbidade gera um volume de trabalho muito maior do que para a mortalidade (Saldiva et al, 2015, André et al, 2012). Desse modo, dado que serão adotadas hipóteses simplificadoras que geram como contrapartida uma redução na precisão dos resultados, não se justifica incorporar neste trabalho a valoração econômica da morbidade.

Impacto ambiental de mortes

No tocante à mortalidade, os estudos de longa duração conduzidos por diversos pesquisadores foram objeto de uma meta-análise conduzida pela Organização Mundial da Saúde - OMS que publicou em 2006 (WHO, 2006) sua recomendação para análises de impacto ambiental considerando que um acréscimo de 10 μg/m3 na concentração média diária em bases anuais de material particulado inalável fino ($MP_{2,5}$) leva a um aumento de 6% da mortalidade (mortes não violentas).

4.6. Gases de efeito estufa

A abordagem adotada para o caso brasileiro teve como ponto de partida dois estudos: (i) *Handbook on External Costs of Transport*; para a monetarização do impacto dos gases de efeito estufa e (ii) pesquisas da Cetesb, cujos resultados serviram como fonte de dados básicos das emissões.

Monetarização do efeito estufa

No processo de monetizar o impacto gerado pelos gases de efeito estufa está implícita a etapa de compreensão e mensuração de suas consequências na natureza e na sociedade. Assim, os resultados das avaliações e estimações desta externalidade fornecem subsídios consistentes para a formulação de políticas públicas visando à correção dos desequilíbrios ambientais correspondentes.

A estimação do custo do dano envolve riscos relacionados às mudanças climáticas futuras que ainda não podem ser identificadas e avaliadas. Dessa forma, o presente estudo se apoia na avaliação dos custos da redução de uma determinada quantidade de emissões alcançada, denominado de método da redução do custo (*abatement costs approach*[7]).

Para a aplicação do método da redução dos custos, o *Handbook on External Costs of Transport* apoiou-se no trabalho desenvolvido por Kuik et al (2009 apud Ricardo-AEA, CAU, DWI econ, 2014), que abordou a questão da redução dos custos marginais, realizando por sua vez uma análise de outros 26 modelos de estimação da redução dos custos. Essa investigação conferiu ao estudo conduzido por Kuik et al (2009 apud Ricardo-AEA, CAU, DWI econ, 2014) o caráter de uma fonte confiável em termos de médias estimadas.

Há outras premissas a serem consideradas quanto ao emprego desta metodologia, como a meta de estabilização do aquecimento global em 2ºC, o que equivale a uma concentração equivalente de CO_2 máxima de 450 ppm (partes por milhão) que é

[7] Fonte: Kuik*et al.* (2009 apud RICARDO-AEA, CAU, DWI econ, 2014)

também um objetivo defendido pelas Nações Unidas na Convenção-Quadro sobre as Alterações Climáticas.

Por razão do caráter amplo e investigativo do tema, propõe-se uma banda de variação para os custos, uma vez que o efeito estufa é um fenômeno global e a estimativa de um valor exato passaria por inúmeros pressupostos. Esta metodologia produz valores de acordo com o veículo, a macro região e segregados em três grupos, "baixo", "médio" e "alto", essa margem de custos tem o objetivo de abranger diversas hipóteses e fatores de custos que não podem ser determinados

O valor deve ser transferido para o Brasil por meio do índice de inflação europeu (HICP) e transferido para a moeda corrente com base na Paridade do Poder de Compra (PPP). Desta forma, resultaram os valores de emissão de CO_{2eq} no Brasil, conforme ilustra a tabela 11.

Tabela 11
Valor da emissão de CO_{2eq}

Valor em Euros da tonelada de CO_{2eq}

Ano	HICP (%)	Baixo	Médio	Alto
2014	0,6	48,00	90,00	168,00
2013	100,0	47,71	89,46	166,99

Valor em reais da tonelada de CO_{2eq}

Ano	IPCA	Baixo	Médio	Alto
2013	-	101,63	190,55	355,70

Fonte: TTC, com base nas informações da Ricardo-AEA.

Emissão de gases do efeito estufa

A quantificação da emissão de gases de efeito estufa foi baseado na pesquisa da Cetesb, Relatório de Emissão Veiculares 2013, onde são apresentados dados da emissão de CO_{2eq} e da frota do Estado de São Paulo. A partir destes dados foram obtidos os valores emissão individual por tipo de veículo, conforme apresentado na tabela 12.

Tabela 12
Emissão de CO_{2eq} por categoria de veículo, 2013

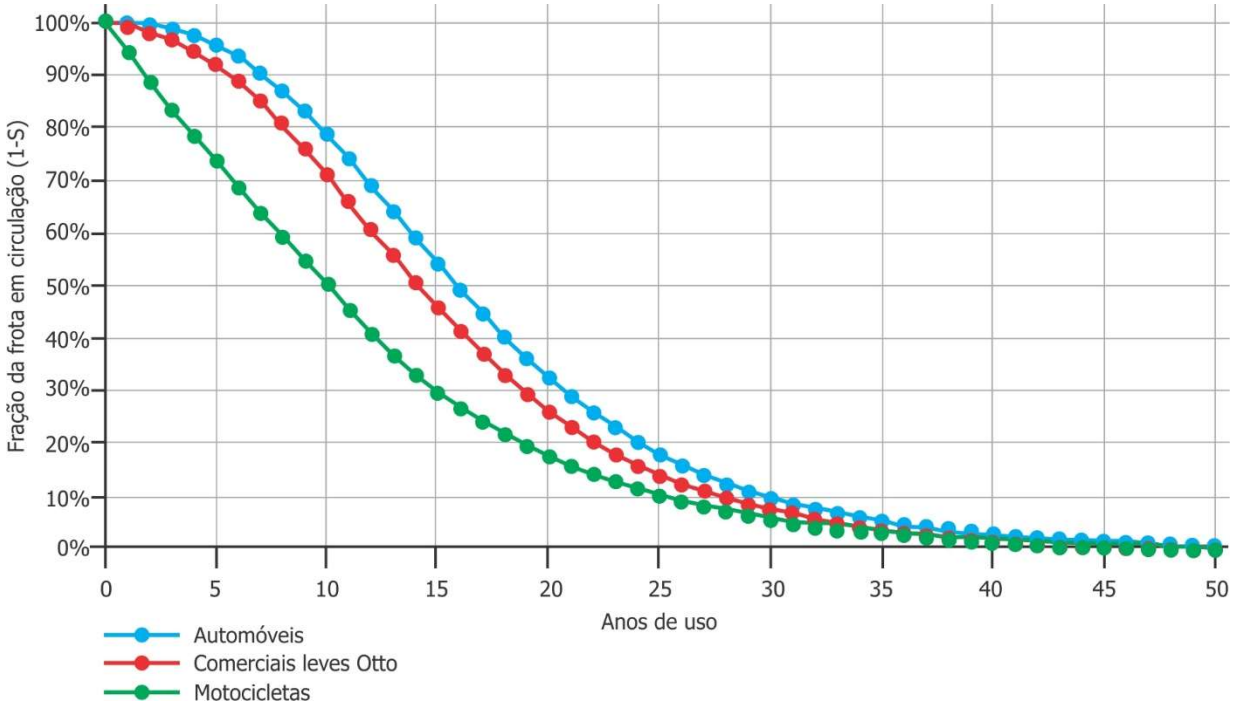
Categoria		Combustível	Emissão de CO_{2eq} (mil t)	Frota
Automóveis		Gasolina C	10.039	3.902.442
		Etanol hidratado	21	363.966
		Flex-gasolina C	5.662	5.550.113
		Flex-etanol hidratado	212	
Comerciais leves		Gasolina C	1.975	674.735
		Etanol hidratado	2	36.295
		Flex-gasolina C	992	794.105
		Flex-etanol hidratado	39	
		Diesel	2.340	343.766
Caminhões	Semileves	Diesel	329	42.355
	Leves	Diesel	1.606	118.449
	Médios	Diesel	931	73.475
	Semipesados	Diesel	5.216	100.998
	Pesados	Diesel	5.276	100.089
Ônibus	Urbanos	Diesel	3.008	63.442
	Micro-ônibus	Diesel	242	13.855
	Rodoviários	Diesel	1.312	28.666
Motocicletas		Gasolina C	1.393	2.215.367
		Flex-gasolina C	125	386.266
		Flex-etanol hidratado	-	
TOTAL			40.720	14.808.384

Notas: 1. Emissões evaporativas incluídas para automóveis e comerciais leves do ciclo otto. 2. MP calculado para veículos flex utilizando Gasolina C. 3. Emissões calculadas pelo método top-down. 4. - Não Disponível.

Fonte: TTC, com base nas informações da Cetesb.

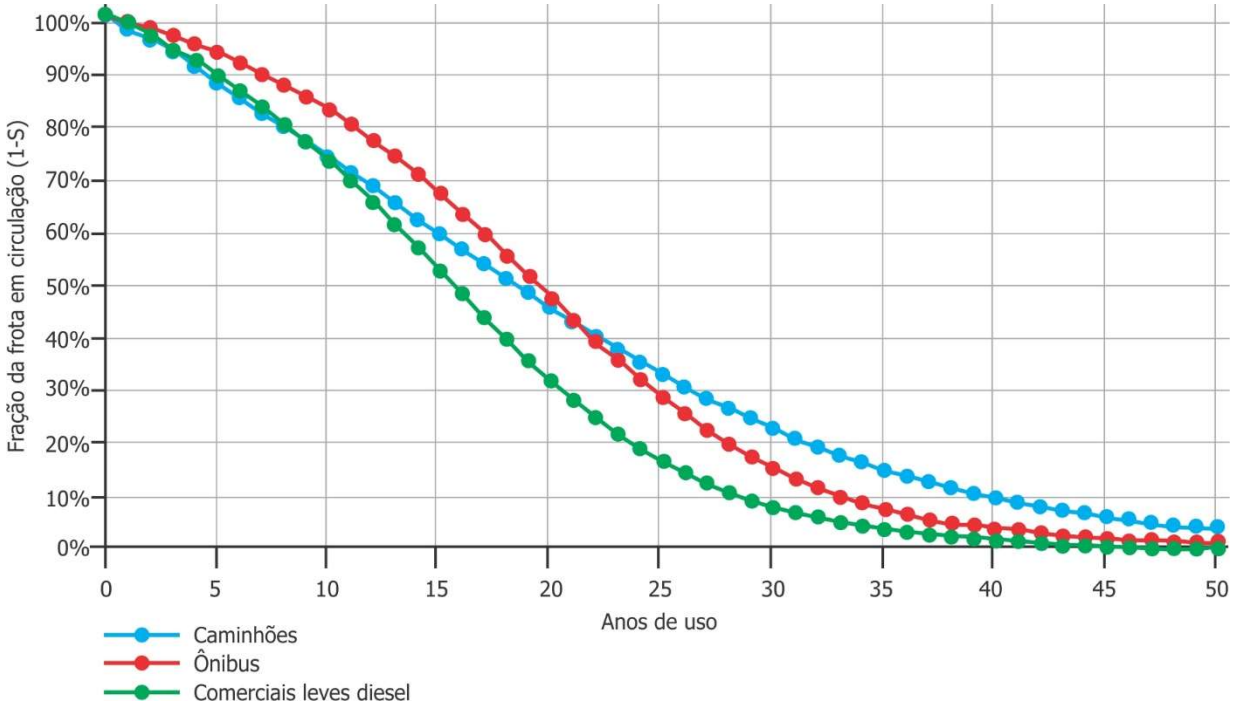
O valor médio publicado pela Cetesb foi multiplicado pela frota para estimar a quantidade de CO_{2eq} emitido em cada macro região do Brasil, conforme indica a tabela 13. No entanto, para utilizar os dados do Departamento Nacional de Trânsito - Denatran foi necessário aplicar uma taxa de sucateamento da frota, ilustradas pelos gráficos 5 e 6, para, desta forma, considerar apenas os veículos em circulação, que representam aproximadamente 70% da frota nominal registrada.

Gráfico 5
Taxa de sucateamento (veículos ciclo Otto), 2013



Fonte: 1º Inventario Nacional de Emissões Atmosféricas (MMA).

Gráfico 6
Taxa de sucateamento (veículo de ciclo à diesel), 2013



Fonte: 1º Inventario Nacional de Emissões Atmosféricas (MMA).

Tabela 13
Emissão de CO_{2eq} por região, 2013

em toneladas

Categoria		Combustível	Brasil	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Automóveis		Gasolina C	49,65	1,68	6,42	26,76	10,73	4,06
		Etanol hidratado	0,11	0,00	0,01	0,07	0,02	0,01
		Flex-gasolina C	10,63	0,39	1,50	5,62	2,06	1,07
		Flex-etanol hidratado	0,40	0,01	0,06	0,21	0,08	0,04
Comerciais leves		Gasolina C	10,04	0,57	1,58	4,84	2,02	1,02
		Etanol hidratado	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
		Flex-gasolina C	2,33	0,14	0,40	1,10	0,42	0,27
		Flex-etanol hidratado	0,09	0,00	0,02	0,04	0,02	0,01
		Diesel	3,26	0,23	0,55	1,34	0,73	0,42
Caminhões	Semileves	Diesel	2,59	0,12	0,38	1,30	0,60	0,19
	Leves	Diesel	12,67	0,60	1,87	6,35	2,93	0,92
	Médios	Diesel	13,54	0,87	2,38	5,44	3,26	1,59
	Semipesados	Diesel	42,78	2,31	4,98	15,01	12,10	8,38
	Pesados	Diesel	13,30	0,55	1,25	5,04	4,34	2,12
Ônibus	Urbanos	Diesel	2,61	0,75	0,79	0,36	0,29	0,43
	Micro-ônibus	Diesel	0,72	0,15	0,28	0,12	0,08	0,09
	Rodoviários	Diesel	1,14	0,33	0,35	0,16	0,12	0,19
Motocicletas		Gasolina C	3,42	0,89	1,13	0,52	0,40	0,49
		Flex-gasolina C	1,00	0,26	0,34	0,14	0,10	0,16
		Flex-etanol hidratado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total			170,30	9,85	24,29	74,43	40,30	21,46

Fonte: TTC, com base nas informações da Cetesb e do Denatran.

Atualização dos custos

A atualização dos custos deve ser aplicada de forma separada, para que cada parâmetro seja atualizado conforme o índice mais adequado, da seguinte maneira:

- Custo do t/CO_{2eq}: atualizar de acordo com índice Norte Europeu HICP; e
- Emissão de gás de efeito estufa: atualizar de acordo com a frota do Denatran e aplicar a taxa de sucateamento.

4.7. Ruído

O ruído ambiental é uma externalidade de alto impacto na sociedade, produzindo detrimentos na qualidade de vida, efeitos na área da saúde e prejuízos na economia. Estes componentes têm o agravante de serem comumente percebidos pela população. Embora de forma empírica e superficial, os envolvidos têm consciência dos danos a que estão sujeitos quando submetidos a ruído ambiental de alta intensidade por longos períodos, Department for Environmental Food & Rural Affairs (2014).

Por estas razões, sua mensuração e aplicação do cálculo do custo de ruído ao caso brasileiro são importantes no equilíbrio da contabilidade social. Por outro lado, a complexidade do tema, seu caráter abstrato e sua natureza física exigem informações e medições que não estão levantadas no Brasil, o que dificulta a sua aplicação no cenário nacional.

Frente a isso, a possibilidade sugerida é a da conversão dos valores estimados para a União Europeia para as condições brasileiras. Apesar das diferenças socioeconômicas, os níveis de pressão sonora das grandes cidades brasileiras são semelhantes às da Espanha, como indica a tabela 12.

Tabela 12
Níveis de pressão sonora em diversas cidades

País	Cidade	Data	Nível de pressão sonora
Espanha	Madrid, Barcelona e Valência	1991	Acima de 70 dB(A)
	Terrassa	1998	Entre 60 e 75 dB(A)
Índia	Calcutá	1997	Entre 81,3 e 91,1 dB(A)
Argentina	La Plata	1998	Entre 68,6 e 78,9 dB(A)
Polônia	Cracóvia	1995	Entre 54 e 65 dB(A)
Brasil	Rio de Janeiro/RJ (Copacabana)	1991	Entre 72 e 82,5 dB(A)
	Belo Horizonte/MG	1997	Entre 71,7 e 85,5 dB(A)
	Porto Alegre/RS	1995-96	Entre 57,6 e 82,6 dB(A)
	Santa Maria/RD	1998	Entre 68,9 e 80,2 dB(A)

Fonte: Nunes, 1999.

Valoração do ruído

A valoração do custo do ruído tem como base a metodologia apresentada no trabalho "*Update of Handbook on External Costs of Transport*", coordenado pela Ricardo-AEA no ano de 2014. Neste estudo são apresentados valores referentes ao impacto do ruído, classificados por modo de transporte (automóvel, motocicleta e ônibus), densidade populacional e período do transtorno.

Para que o objeto de estudo possa ser classificado de forma adequada, os autores apresentaram uma serie de condicionantes que classificam cada situação. Esta orientação é apresentada na tabela 15.

Tabela 15
Premissas para classificação

Tipo de área	Período	Densidade do tráfego	Volume do tráfego	Participação de veículos pesados	Velociada-de média	Distância da via	Densidade de ocupação	Densidade habitacional
Rural	Diurno	Leve	2.400	15,00	120	100	10,00	500
		Denso	6.900	15,00	120	100	10,00	500
	Noturno	Leve	2.400	15,00	120	100	10,00	500
		Denso	6.900	15,00	120	100	10,00	500
Suburbano	Diurno	Leve	1.200	10,00	80	20	50,00	700
		Denso	4.800	10,00	80	20	50,00	700
	Noturno	Leve	1.200	10,00	80	20	50,00	700
		Denso	4.800	10,00	80	20	50,00	700
Urbano	Diurno	Leve	800	5,00	40	10	100,00	3.000
		Denso	2.650	5,00	40	10	100,00	3.000
	Noturno	Leve	800	5,00	40	10	100,00	3.000
		Denso	2.650	5,00	40	10	100,00	3.000

Fonte: TTC, com base nas informações da Ricardo-AEA.

Os resultados do trabalho foram atualizados para o ano de 2013 através do índice de inflação europeu HICP (EU-28[8]) e transferido para dólares com base na Paridade do Poder de Compra (PPP). Após este processo os valores foram transferidos para a moeda corrente no Brasil, o real.

Tabela 16
Custo do ruído no Brasil, 2013

R$ por 1.000 veículos por quilômetro

Modo	Período	Tipo de tráfego	Densidade populacional		
			3.000/km²	700/km²	500/km²
Automóvel	Diurno	Denso	21,22	1,18	0,24
		Leve	61,63	3,30	0,47
	Noturno	Denso	38,90	2,12	0,24
		Leve	94,07	6,13	0,94
Motocicleta	Diurno	Denso	42,67	2,59	0,24
		Leve	103,26	6,60	0,94
	Noturno	Denso	77,56	4,48	0,47
		Leve	188,13	12,26	1,141
Ônibus	Diurno	Denso	106,33	5,89	0,94
		Leve	258,39	16,50	1,89
	Noturno	Denso	194,03	10,84	1,65
		Leve	470,33	30,65	3,54

Fonte: TTC, com base nas informações da Ricardo-AEA.

[8] EU-28: Grupo de 28 países que oficialmente formam a União Europeia.

5. Estimativa de dados complementares

5.1. Dados gerais

Para a elaboração das análises previstas no Simob/ANTP é preciso estimar alguns dados complementares que não são obtidos nas modelagens de demanda, tempos e distâncias, e nem são adotados com metodologias obtidas de outros estudos.

A estratégia adotada para a estimativa destes dados complementares foi a análise estatística do banco de dados do próprio Simob/ANTP, que recebeu informações anuais de dados de transporte coletivo e trânsito de diversas cidades no período entre 2003 e 2014. Assim, foram gerados índices para cada dado estimado e para cada cidade, de forma a configurar um conjunto de estimadores próprios. Para as cidades que nunca informaram dados ou para as cidades incluídas no universo do Simob/ANTP a partir de agora (2014) foram adotados estimadores médios por faixa de população, também obtidos com análise estatística do banco de dados do Simob/ANTP.

A tabela 17 mostra os principais dados complementares estimados e o respectivo índice estimador.

Tabela 17
Dados complementares estimados

Dado complementar	Estimador utilizado
Frota de ônibus municipal	Frota de ônibus municipal/1.000 habitantes
Quilometragem de ônibus municipal	PMA (Percurso médio anual de cada ônibus)
Recursos humanos nos ônibus municipais	Recursos humanos nos ônibus municipais/ônibus
Quantidade de táxis	Quantidade de táxis/1.000 habitantes
Interseção semafórica	Interseção semafórica/1.000 habitantes

5.2. Segurança de trânsito

Entre as novidades mais importantes da nova metodologia adotada para o Simob/ANTP é uma análise dos dados disponíveis de acidentes de trânsito, procurando não só aperfeiçoar as estimativas de custo relacionadas aos acidentes como também utilizar os dados para análises de risco de utilização de cada modo.

Através das tabulações de dados do banco Datasus (Ministério da Saúde) pode-se apurar a quantidade de acidentes de trânsito por tipo, inclusive o modo envolvido. Uma análise estatística prévia do Banco do Datasus havia concluído inconsistência em relação aos seus dados desagregados (específicos por tipo e modo), no entanto, dada a relevância do tema nos estudos de segurança de trânsito, optou-se por utilizar a informação do modo envolvido considerando a participação percentual identificada por

município e aplicada sobre os valores totais, obtidos no sistema Sistema de Informação de Mortalidade - SIM do Datasus.

Considerando os dados de acidentes por modo e os dados compilados de população e frota, disponíveis em outras fontes, o Simob/ANTP passa a produzir os indicadores de acidentes de trânsito por habitantes e por frota para o universo considerado.

Além destes indicadores, que podem ser obtidos diretamente nas fontes de dados (Datasus /MS, FIBGE e Denatran), o Simob/ANTP passa a produzir um indicador muito importante e de difícil obtenção: a relação entre acidentes de trânsito e a quantidade de quilometragem percorrida por cada modo. Trata-se de importante indicador de exposição ao risco no uso de cada modo na mobilidade urbana. O Simob/ANTP consegue produzir este indicador pois no conjunto de suas estimativas da mobilidade urbana encontra-se a quilometragem percorrida por cada modo.

Desta forma, a partir da adoção da nova metodologia, serão produzidos indicadores de acidentes de trânsito por habitante, por frota e por quilômetro, para cada modo e por porte de município (faixa de população). Estes indicadores permitirão um acompanhamento da evolução destes indicadores ao longo dos anos, além de servirem como subsídio ao estudo e pesquisa sobre este tema no Brasil.

6. Considerações finais

A nova metodologia adotada para o Simob/ANTP mostrou-se muito importante por melhorar a estimativa dos valores referentes a viagens das pessoas, por meio da inclusão de outras pesquisas que antes não existiam. As diferenças em relação à metodologia anterior são naturais em análises que procuram estimar valores a partir de uma quantidade limitada de informações. O Simob/ANTP passará a usar os novos parâmetros nos relatórios a partir do ano de 2014, estando prevista a divulgação dos relatórios referentes aos anos de 2014, 2015 e 2016 no meio do primeiro semestre de 2018, e a divulgação do relatório referentes ao ano de 2017 ao final do primeiro semestre de 2018.

Entre as principais novidades da nova metodologia do Simob/ANTP estão as seguintes:

- novas funções de estimativa de viagens, tempos e distâncias por modo;
- novos critérios e parâmetros de estimativa de impactos causados pela mobilidade urbana, em especial quanto aos valores monetários associados a morte e a nova metodologia de estimativa de impactos associados à emissão de poluentes locais;
- incorporação de dados e análises mais específicas da temática relacionada à segurança de trânsito.

Com estas novidades a expectativa da ANTP é poder oferecer um material mais rico e diverso sobre a temática da mobilidade urbana no Brasil, permitindo a difusão de informações e fomentando a melhoria da qualidade nos processos de tomada de decisão em políticas públicas relacionadas com o tema, bem como, em especial, oferecendo uma melhor fonte de informações para estudos e pesquisas na área.

A ANTP sugere que os parâmetros novos definidos sejam usados no Brasil em estudos semelhantes, para poder dar homogeneidade e permitir comparações entre análises e propostas relativas à política de mobilidade urbana.

Referências bibliográficas

ANDRÉ, PA; BRAGA, ALF; LIN, CA; CONCEIÇÃO, GMS; PEREIRA, LAA; MIRAGLIA, SGE; BÖHM, GM. *Environmental epidemiology applied to urban atmospheric pollution: a contribution from the Experimental Air Polluition Laboratory* (LPAE). Cad Saúde Pública. 2000; 16:619-28.

ANDRÉ, PA; VERAS,MM; MIRAGLIA, SGE; SALDIVA, PHN. *Lean technology and human health: a case study in six Brazilian metropolitan regions*. Clinics. 2012; 67(6):639-45.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2014*, Série Relatórios. São Paulo: CETESB, 2015.

Department for Environmental Food & Rural Affairs. *Environmental Noise: Valuing impacts on sleep disturbance, annoyance, hypertension, productivity and quiet*. Londres, 2014.

EVANGELISTA, Wellington S.; EVANGELISTA, Weudes S.;FREZZA, C.; BARBOSA, F. O.; VELOSO, E. A. *Benefícios Socioeconômicos de Tecnologias Aplicadas aos Sistemas de Transportes*. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 28, 2014, Curitiba. Anais... Curitiba: ANPET, 2014, p. 5.

HEATCO. *Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment*. Alemanha, 2006.

IEMA - Instituto de Energia e Meio Ambiente. *1º Diagnóstico da rede de monitoramento da qualdiade do ar no Brasil*. Disponível em: http:/www.energiaeambiente.org.br/index.php/2014/08/1 o-diagnostico-da-rede-de-monitoramento-da-qualidade-do-ar-no-brasil/. Acesso em: out. 2015.

JONES-Lee, M.; SPACKMAN, M. *The development of road and rail transport safety valuation in the United Kingdom*. Research in Transportation Economics. V. 43, 2013, p. 23-40.

KUIK et al. *Marginal abatement costs of greenhouse gas emissions: a meta-analisys*. 2009 *apud* RICARDO-AEA, CAU, DWI econ. *Update of the handbook on external costs os transport*. Report for teh European Comission, ED 57769 - Issue Number 1, jan., 2014.

MÁCA, V.; MELICHAR, J; ŠČASNÝ, M. *Literature Review of Theoretical Issues and Empirical Estimation of Health End-Point Unit Values: Noise* (HEIMTSA Deliverable D.4.1.1), 2008.

MILLER, T. *Variations between countries in values os statistical life*. In: Journal of Transport, Economics and Policy, 34 (2), 169-188, 2000, apud CRAVIOTO, J. et al. *Road Transport externalities in Mexico: estimates and international comparisons*. Transport Policy Journal, nº 30. Elsevier, 2013.

MISHAN, E. J. *Evaluation of Life and Limb: A theoretical Approach*. Journal of Political Economy 79 (4). The University of Chicago Press, 1971, p. 687-705. Disponível em http://www.jstor.org/stable/1830825. Acesso em: out. 2015.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. 1º Inventario Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários: Relatório Final, 2011.

NUNES, M. F. O. *Poluição Sonora em Centros Urbanos: O Ruído de Tráfego Veicular*. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 19., 1999. Rio de Janeiro. *Anais*... Rio de Janeiro, 1999

RICARDO-AEA: Korzhenevtch, A; Dehnen, N; Bröcker, J.; Holtkamp, M; Mier, H; Gibson, G; Varma, A; Cox, V. *Update of the Handbook on External Costs os Transport*. Londres, 2014.

SALDIVA, P. H. N.; ANDRÉ, P. A.; VORMITAG, E. M. P. A. A.; RODRIGUES, C. G.; CAVALCANTI, J. A.; SCHREMPP, L. P. *Avaliação dos impactos em saúde pública e sua valoração devido à implementação pregressiva do componente biodiesel na matriz energética de transporte*. Instituto Saúde e Sustentabilidade. 2015.

SOUSA, E. L. L. e MACEDO, I. C. *Etanol e Bioeletricidade - A cana-de-açucar no futuro da matriz energética*. Luc Projetos de Cominicação, Capítulo 4 - O etanol e a saúde. 2010; 98-135.

VISCUSI, W.K.; ALDY, J.E.. *The Value os a Statistical Life: A Critical Review of Market Estimates Throghout the World*. The Journal os Risk and Uncertainty 1 (27), 2003, p. 5-76. Disponível em http://link.springer.com/article/10.1023%-2FA%3A1025598106257. Acesso em: out. 2015.

WHO - World Health Organization. *Air Quality Guidelines - Global Update 2005*. Regional Office for Europe, 2006, p. 135-152 and 217-316.

Equipe técnica

Presidente da ANTP	Ailton Brasiliense Pires
Superintendente da ANTP	Luiz Carlos Mantovani Néspoli
Coordenação geral	Eduardo Alcântara Vasconcellos
Coordenação técnica	Adolfo Mendonça

Consultoras contratadas pela ANTP no âmbito do Programa STAQ (Sustainable Transport and Air Quality) do Banco Mundial, com recursos do Global Environment Facility – GEF, que auxiliaram no desenvolvimento da nova metodologia adotada:

- Oficina Engenheiros Consultores Associados
  Parâmetros de modelagem de quantidade de viagens por modo, tempos e distâncias de viagens.
- TTC Engenharia de Tráfego e Transportes
  Redefinição de metodologia e parâmetros para estimativa de quantidade e custos de impactos associados à emissão de poluentes, acidentes de trânsito e ruído.

Índice geral

1. Introdução **2**
1.1. Histórico do Simob/ANTP **2**
1.2. Razões para mudança **2**
2. Nova metodologia **3**
2.1. Modelagens de demanda **3**
Índices de mobilidade das regiões metropolitanas 4
2.2. Modelagens de tempos médios de viagens **6**
Tempos médios de viagens totais dos municípios 6
Tempos médios de viagens internas dos municípios 7
2.3. Estimativas de distâncias médias de viagem **7**
Distâncias médias de viagens totais 7
Distâncias médias de viagens internas 8
3. Modelos estatísticos desenvolvidos **9**
3.1. Comparação com o modelo anterior **10**
4. Mensuração e custos dos impactos **13**
4.1. Mensuração de externalidades negativas **13**
4.2. Disposição a pagar para reduzir riscos **14**
4.3. Mortalidade e morbidade no trânsito **17**
Valor da vida estatística 17
Severidade do dano sofrido 17
Custo direto 17
4.4. Tempo de percurso **18**
4.5. Poluição do ar **20**
Parâmetro ambiental 20
Estimativa da concentração ambiental atribuível 20
Impactos na saúde 21
Impacto ambiental de mortes 22
4.6. Gases de efeito estufa **22**
Monetarização do efeito estufa 22
Emissão de gases do efeito estufa 23
Atualização dos custos 26
4.7. Ruído **26**
Valoração do ruído 27
5. Estimativa de dados complementares **29**
5.1. Dados gerais **29**
5.2. Segurança de trânsito **29**
6. Considerações finais **31**
Referências bibliográficas **32**
Equipe técnica **34**
Índice geral **35**
Índice de tabelas e gráficos **36**

Índice de tabelas

Tabela 1
Base de dados do estudo 3
Tabela 2
Índices de mobilidade por região metropolitana da base de estudos e classe de modos de transporte 5
Tabela 3
Tempos médios de viagem por faixa de população e modos de transporte 6
Tabela 4
Tempos médios de viagens internas dos municípios por faixa de população e modos de transporte 7
Tabela 5
Distâncias médias de viagens totais por faixa de população e modos de transporte 8
Tabela 6
Distâncias médias de viagens internas por faixa de população e modos de transporte 8
Tabela 7
Proporção de custos entre feridos e fatalidades 17
Tabela 8
Indenizações pagas pelo DPVAT, 2013 18
Tabela 9
Custos diretos por vítima de acidente 18
Tabela 10
Valor da hora em 2013 19
Tabela 11
Valor da emissão de CO_{2eq} 23
Tabela 12
Emissão de CO_{2eq} por categoria de veículo, 2013 24
Tabela 13
Emissão de CO_{2eq} por região, 2013 26
Tabela 12
Níveis de pressão sonora em diversas cidades 27
Tabela 15
Premissas para classificação 28
Tabela 16
Custo do ruído no Brasil, 2013 28
Tabela 17
Dados complementares estimados 29

Índice de gráficos

Gráfico 1
Quantidade total de viagens anuais estimadas pelas duas metodologias, 2010-2014 10
Gráfico 2
Quantidade de viagens anuais em transporte coletivo estimadas pelas duas metodologias, 2010-2014 11
Gráfico 3
Quantidade de viagens anuais em transporte individual estimadas pelas duas metodologias, 2010-2014 12
Gráfico 4
Quantidade de viagens anuais em transporte não motorizado
estimadas pelas duas metodologias, 2010-2014 12
Gráfico 5
Taxa de sucateamento (veículos ciclo Otto), 2013 25
Gráfico 6
Taxa de sucateamento (veículo de ciclo à diesel), 2013 25