RAFAEL BARROS DE CAMARGO

BENEFÍCIOS SOCIOECONOMICOS DO TRANSPORTE PÚBLICO: Análise sobre os benefícios socioeconômicos e ambientais gerados pelo transporte público municipal na Cidade de São Paulo

SÃO PAULO

2023

RAFAEL BARROS DE CAMARGO

BENEFÍCIOS SOCIOECONOMICOS DO TRANSPORTE PÚBLICO: Análise sobre os benefícios socioeconômicos e ambientais gerados pelo transporte público municipal na Cidade de São Paulo

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de especialista em Planejamento e Gestão de Cidades.

SÃO PAULO

2023

RAFAEL BARROS DE CAMARGO

BENEFÍCIOS SOCIOECONOMICOS DO TRANSPORTE PÚBLICO: Análise sobre os benefícios socioeconômicos e ambientais gerados pelo transporte público municipal na Cidade de São Paulo

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de especialista em Planejamento e Gestão de Cidades.

Áreas de concentração: Mobilidade Urbana, Planejamento Urbano; Meio Ambiente; Acessibilidade

Orientadora: Profª MSc. Maria Teresa Diniz dos Santos Maziero

SÃO PAULO

2023

Catalogação-na-publicação

Camargo, Rafael
BENEFÍCIOS SOCIOECONOMICOS DO TRANSPORTE PÚBLICO: Análise sobre os benefícios socioeconômicos e ambientais gerados pelo transporte público municipal na Cidade de São Paulo / R. Camargo -- São Paulo, 2023.
77 p.

Monografia (Especialização em Planejamento e Gestão de Cidades) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.Mobilidade Urbana 2.Planejamento Urbano 3.Meio Ambiente 4.Acessibilidade I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

AGRADECIMENTOS

É com imensa gratidão e satisfação que expresso meus sinceros agradecimentos nesta monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, visando à obtenção do título de especialista em Planejamento e Gestão de Cidades.

Eu começo o meu agradecimento de forma especial à minha esposa, Beatriz Brandão Mesquita. Seu apoio incondicional, encorajamento constante e compreensão durante toda essa jornada foram fundamentais para que eu pudesse me dedicar a este projeto acadêmico. Sua presença ao meu lado, mesmo nos momentos mais desafiadores, me fortaleceu e me motivou a seguir em frente. Sou imensamente grato por compartilhar a vida com você.

Um agradecimento aos professores do PECE-POLI, cujo a experiência acadêmica e profissional repassadas aos alunos nos fizeram evoluir a cada aula e como profissionais e seres humanos melhores. Em especial, um agradecimento à Professora Orientadora Maria Teresa Diniz, com sua orientação assertiva foi de valor inestimável para o desenvolvimento desta monografia.

Além deles, um agradecimento ao meu grupo de estudos, formado por Ligia Maura Basso Lamberti, Nathaly Pereira Silva, Thaís Mara Ramos e Thiago Ferrarezi e Vanusa Murta Agrelli. Nossa parceria foi fundamental para trocas de ideias, discussões profundas e apoio mútuo ao longo deste percurso. Agradeço por todo o empenho, colaboração e amizade compartilhados.

Por fim, expresso minha gratidão a todos os familiares, amigos e colegas da SPTrans que, de alguma forma, contribuíram para o meu crescimento pessoal e acadêmico ao longo dessa jornada. Seus encorajamentos, palavras de estímulo e apoio foram de grande importância para minha motivação e perseverança.

Que este trabalho possa contribuir de forma significativa para o desenvolvimento e aprimoramento do Planejamento e Gestão de Cidades, e que juntos possamos construir um futuro melhor para as comunidades que servimos.

Muito obrigado.

Rafael Barros de Camargo

RESUMO

O transporte público é responsável por um papel fundamental no desenvolvimento econômico e social das cidades, pois possibilita que as pessoas tenham acesso a empregos, lazer, saúde, compras e outras necessidades pessoais. Na cidade de São Paulo, o Sistema de Transporte Público Municipal desempenha um papel significativo no deslocamento dos cidadãos.

Aa importância do transporte público como um componente essencial para a mobilidade urbana e destacam a necessidade contínua de investimentos e melhorias nesse setor, a fim de atender às demandas da população e promover uma cidade mais sustentável e acessível.

Este trabalho buscou demonstrar que o transporte público extrapola as dimensões da mobilidade urbana, pois impacta diretamente na qualidade de vida e na saúde das pessoas. Mensurar em valores monetários a importância do transporte público para a vida das pessoas e para a economia da Cidade de São Paulo se faz um desafio, tendo em vista as diversas dimensões que o transporte público tramita.

Entretanto, através das pesquisas realizadas, foi possível identificar uma metodologia utilizada pelo Metro-SP, que, após ajustes necessários para sua aplicação ao transporte sobre pneus, poderá ser utilizada para a Cidade de São Paulo.

Nesse sentido, além dos aspectos elencados pelo Metro-SP, a pesquisa proporcionou expandir a análise para fatores que se relacionam com transporte público por ônibus, como o impacto do ruído na vida das pessoas, o acesso à diversas oportunidades proporcionado pelo transporte por ônibus e a redução da obesidade que é associada a caminhada que as pessoas fazem para chegar ao trabalho e retornar aos seus lares, quando utilizam o transporte público frequentemente.

Palavras-Chave: mobilidade urbana, planejamento urbano; meio ambiente; acessibilidade

ABSTRACT

Public transport is responsible for a key role in the economic and social development of cities, as it enables people to access jobs, leisure, health, shopping and other personal needs. In the city of São Paulo, the Municipal Public Transport System plays a significant role in the movement of citizens.

As the importance of public transport as an essential component for urban mobility and highlight the continuous need for investments and improvements in this sector, in order to meet the demands of the population and promote a more sustainable and accessible city.

This work sought to demonstrate that public transport goes beyond the dimensions of urban mobility, as it directly impacts people's quality of life and health. Measuring in monetary values the importance of public transport for people's lives and for the economy of the City of São Paulo is a challenge, in view of the various dimensions that public transport handles.

However, through the research carried out, it was possible to identify a methodology used by Metro-SP, which, after necessary adjustments for its application to transport on tires, can be used for the City of São Paulo.

In this sense, in addition to the aspects listed by Metro-SP, the research led the analysis for factors that are related to public transport by bus, such as the impact of noise on people's lives, access to the various opportunities provided by transport by bus and the reduction in obesity that is associated with the walk people take to get to work and back home when they use public transport frequently.

Keywords: urban mobility, urban planning; environment; accessibility

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Divisão modal das viagens motorizadas – 1967 a 2017 14

Figura 2 - Mapa da população atendida em até 300 metros pelo Sistema Municipal de Transporte 16

Figura 3 - Pirâmide de transações por idade e gênero em novembro/2022.....17

Figura 4 - Mapa de linhas e pontos de conexões do Sistema Noturno 18

Figura 5 - Terminais e Corredores da Cidade de São Paulo 19

Figura 6 - Benefícios sociais gerados pela operação do Metro-SP 20

Figura 7 – Planilha de benefícios sociais gerados pela operação do Metro-SP 21

Figura 8 - Acesso a empregos na Cidade de São Paulo 45

Figura 9 - Gráfico de veículos que eventualmente deixariam de circular na Cidade em função da operação do Sistema Municipal de Transporte.....46

Figura 10 - Gráfico de volume de veículos e índice de lentidão na Cidade de São Paulo 47

Figura 11 - Gráfico de frota operacional e pessoas transportadas pela Frota Municipal do Sistema de Transporte Público de São Paulo 48

Figura 12 - Percentual de pessoas e frota de veículos circulantes na Cidade de São Paulo 49

Figura 13 – Quantidade de ônibus municipais e veículos automotores em circulação na cidade de São Paulo 50

Figura 14 – Modelo proposto de estimativa de valoração dos benefícios socioeconômicos do transporte coletivo por ônibus 51

Figura 15 – Benefícios Sociais do Metro-SP.....52

Figura 16 - Demonstrativo de Resultados do Exercício – DRE do ano de 2021 53

Figura 17 – Evolução do Índice de óbitos a cada 10.000 veículos e frota deve veículos.....54

Figura 18 -Custo médio do componente relacionado às pessoas de acordo com a gravidade do acidente (sinistro) 55

Figura 19 - Custo médio do componente relacionado aos veículos e às instituições de acordo com a gravidade do acidente 56
Figura 20 - Atualização do custo de acordo com o IPCA (calculadora do IBGE) 57
Figura 21 - Evolução dos gases do efeito estufa 58
Figura 22 - Níveis de detalhamento dos modelos de simulação.....65
Figura 23 - Rede de Transporte da Região Metropolitana de São Paulo no modelo de simulação de demanda em quatro etapas 67
Figura 24 - Estrutura de tomada de decisão no processo de planejamento de transportes. 68
Figura 25 – Demonstrativo de microssimulação 69
Figura 26 – Demonstrativo de mesossimulação 70
Figura 27 – Demonstrativo de modelo para valoração dos benefícios socioeconômicos do transporte coletivo por ônibus 71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Contribuição para o aquecimento global por tipo de gás e suas origens 35

Tabela 2 – Quantidade de pessoas e veículos circulantes na Cidade de São Paulo 48

Tabela 3 – Valor médio de revende de combustível no município de São Paulo 59

Tabela 4 – Níveis de pressão sonora medidos 61

Tabela 5 –Premissas para classificação do impacto do ruído 61

Tabela 6 –Custo do ruído – R$ por 1.000 veículos por quilômetro 62

SUMÁRIO

SUMÁRIO 11
Introdução 13
1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA 15
1.1 O Sistema Municipal de Transporte por ônibus 15
2. VALORAÇÃO DO SERVIÇO DE TRANSPORTE PÚBLICO 19
2.1 Benefícios Sociais do Metrô de São Paulo 20
2.2 Redução de sinistros e perdas de vidas 21
3. ESTUDO DOS CUSTOS DAS EXTERNALIDADES NEGATIVAS 21
3.1 Valor da vida estatística 22
3.2 Capital Humano 23
3.3 Valoração contingente ou preferência declarada 23
3.4 Diferenciais compensatórios ou Preços Hedônicos 24
3.5 Mortalidade e morbilidade no trânsito 26
3.6 Custos Diretos 29
3.7 Tempo de Percurso 31
3.8 Poluição do ar 32
3.9 Gases do Efeito Estufa 34
3.10 Ruído 36
3.10.1 Ruído ambiental: valoração dos impactos sobre perturbação do sono, aborrecimento, hipertensão, produtividade e silêncio 38
4. ANÁLISE DAS VARIÁVEIS RELACIONADAS AO TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS 41
4.1 Acessibilidade a oportunidades 41
4.2 A possível inserção de automóveis particulares 45
5. MODELO PROPOSTO 51
5.1 Redução dos custos de manutenção e operação de vias 52
5.2 Redução de Sinistros (Acidentes) de trânsito 53
5.3 Redução de emissões atmosféricas 57
5.4 Redução do consumo de combustível 59
5.5 Redução dos custos operacionais 59
5.6 Redução dos tempos de viagem 60
5.7 Redução de problemas com saúde 60

5.8 Aumento das barreiras e exclusão social 62
5.9 Aumento da obesidade 63
5.10 Simulação de demanda de transportes em 4 etapas 64
5.10.1 Nível Macroscópio 65
5.10.2 Nível Microscópio 68
5.10.3 Nível Mesoscópio 70
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 72
7. BIBLIOGRÁFIA 75

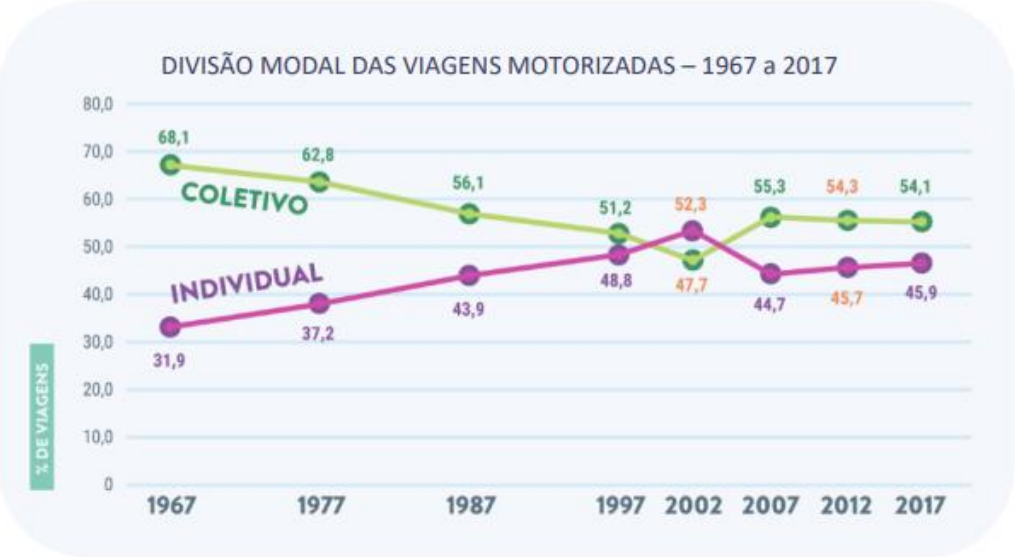
Introdução

O transporte público é caracterizado por ser um dos vetores de desenvolvimento econômico e social das Cidades, pois é o meio que possibilita as pessoas acessarem às oportunidades de emprego, lazer, saúde, compras e demais necessidades pessoais de seus interesses. Na Cidade de São Paulo, o Sistema de Transporte Público Municipal é fortemente responsável pelo deslocamento dos cidadãos. De acordo com dados extraídos da Pesquisa Origem e Destino (OD) do Metrô-SP, realizada em 2017, considerando os modos principais das viagens com origem ou destino na capital, 29,6% das viagens foram realizadas em transporte individual motorizado, 28,8% em transporte individual não motorizado e 41,5% em transporte coletivo, sendo praticamente metade das viagens de transporte coletivo realizadas nos ônibus municipais. Ainda nesse sentido, de acordo com a SPTrans, 95,5% da população de São Paulo tem acesso ao transporte em até 300 metros de sua residência.

De acordo com a Pesquisa Origem e Destino de 2017 (OD-2017), 54,1% das viagens motorizadas são realizadas pelo modo coletivo (que considera ônibus, metrô e trem) e 45,9% por modo individual. Em relação à utilização do sistema viário, observa-se nesta pesquisa que, em 2017, foram realizadas 8,3 milhões de viagens tendo o ônibus como modo principal e 11,3 milhões, os veículos particulares.

Já a CET-SP informa, no Boletim Diário de Mobilidade e Transportes – Covid-19, que circulam em dias úteis na cidade entre 5 e 7 milhões de veículos para uma frota de ônibus municipais de, aproximadamente, 12 mil ônibus.

Figura 1 – Divisão modal das viagens motorizadas – 1967 a 2017



Fonte: Metro-SP, 2017 - Pesquisa Origem e Destino

Apesar da importância que tem o Sistema Municipal de Transporte por ônibus, ainda se nota a necessidade de aperfeiçoar a estimativa do valor socioeconômico que este modo de transporte oferece à cidade, até para justificar os mais de R$ 8,17 bilhões que a Prefeitura de São Paulo tem previstos para 2023, de acordo com dados obtidos do Caderno do Orçamento 2023 da Prefeitura Municipal de São Paulo, que trata-se de um resumo da Lei Orçamentária Anual (LOA), sendo a 4º maior despesa orçamentária, com 8,52% do orçamento total da Prefeitura.

De acordo com Alencar e Flores (2012), os benefícios associados aos sistemas de transporte são caracterizados entre benefícios diretos e indiretos, sendo que os diretos são traduzidos pelos benefícios econômicos gerados internamente aos sistemas de transportes e os benefícios indiretos estão relacionados aos impactos produzidos sobre o meio ambiente urbano.

Este trabalho tem como objetivo mensurar o benefício socioeconômico do Sistema Municipal de Transporte por ônibus, traçando os prejuízos gerados à população caso o sistema de transporte deixasse de operar na Cidade.

1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa bibliográfica desempenhou um papel fundamental na elaboração da monografia, foram consultadas e analisadas publicações já existentes, como livros, artigos científicos, relatórios e teses, relacionadas ao tema em questão. Essa pesquisa bibliográfica permitiu a obtenção de embasamento teórico sólido, fornecendo referências e contribuições relevantes para a fundamentação teórica do trabalho. Além disso, a consulta às fontes bibliográficas foi fundamental para identificar estudos anteriores e abordagens teóricas relevantes, permitindo uma contextualização adequada do tema e o estabelecimento de bases sólidas para a monografia. A pesquisa bibliográfica foi uma etapa essencial do processo de pesquisa, enriquecendo o trabalho e garantindo sua consistência e validade.

1.1 O Sistema Municipal de Transporte por ônibus

A Constituição Federal, em seu artigo 30, estabelece que os municípios têm a competência de organizar e prestar o serviço de Transporte Público (diretamente ou sob regime de concessões e/ou permissões), devido ao seu caráter essencial. Segundo Barcellos, 2014, o Sistema de Transporte Público na Cidade de São Paulo obedece aos termos estabelecidos na Lei Municipal 13.241 de 12 de dezembro de 2001. Ainda segundo a autora, em 2002 foram aprovados os programas para bilhetagem eletrônica, que viria a substituir os antigos passes de papel, a modernização da rede de trólebus e de desenvolvimento tecnológico, e no ano seguinte, entrou em operação o então Novo Sistema Interligado do Transporte Público.

> Essa rede permitiu um deslocamento mais rápido e a racionalização do uso dos meios de transporte na cidade. O sistema é composto por dois subsistemas, o estrutural, com linhas operadas por veículos de médio e grande porte para atender altas demandas e integrar diversas regiões às áreas centrais da cidade. O outro sistema é o local, que alimenta a malha estrutural e atende aos deslocamentos internos nos subcentros com linhas operadas por ônibus comuns e veículos de menor porte, como micro e miniônibus (BARCELLOS, 2014).

De acordo com a SPTrans, em seu Relatório Integrado da Administração, informa, atualmente, o Sistema Municipal de Transporte por ônibus é responsável pela movimentação de 2,5 milhões de pessoas durante dias úteis. Para isso, são utilizados 11,9 mil ônibus municipais, em cerca de 1,3 mil linhas em toda a Cidade, sendo que, destas, 150 linhas funcionam exclusivamente das 00h às 04h, o que torna o Sistema Municipal de Transporte por ônibus operante em 24h por dia, 7 dias da semana.

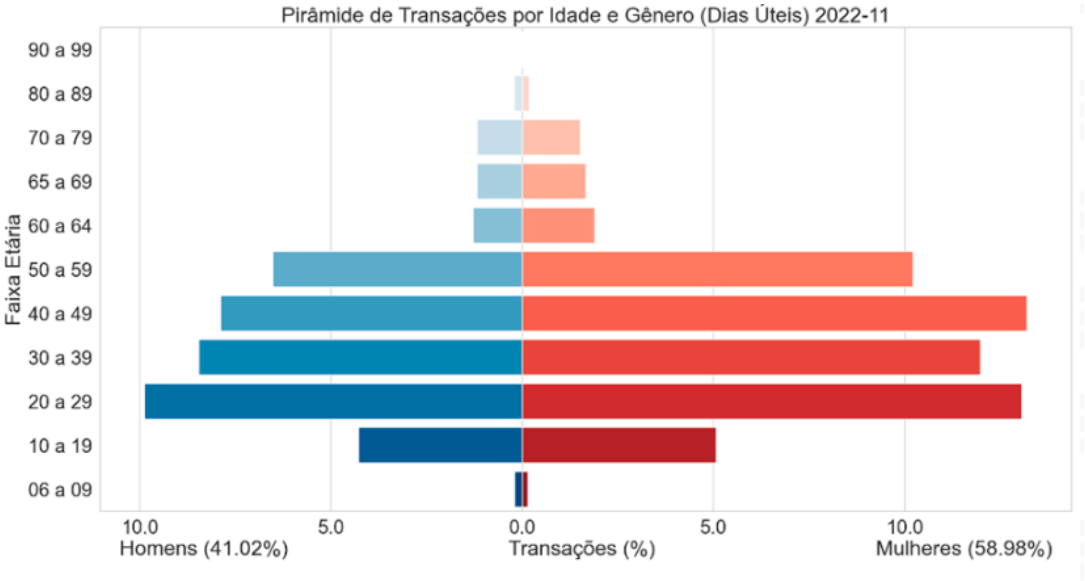
Os mais de 2,5 milhões de pessoas que utilizam o Sistema diariamente, realizam cerca de 7 milhões de embarques nos ônibus municipais. A SPTrans informa que 95,6% da população de São Paulo tem acesso a um ponto de ônibus em até 300 metros em linha reta (distância euclidiana), conforme demonstrado na imagem apresentada a seguir. A SPTrans ainda esclarece que os distritos que possuem menor atendimento, como Marsilac e Parelheiros, têm como características comuns, possuírem grande parte de seu território considerado como área de preservação ambiental, além de baixa densidade populacional.

Figura 2 - Mapa da população atendida em até 300 metros pelo Sistema Municipal de Transporte

Fonte: SPTrans, 2023, Relatório Integrado da Adminitração

Em relação a quem utiliza o Sistema de Transporte Municipal, a SPTrans informou que, 60% das viagens realizadas com Bilhete Único, em dias úteis de novembro/2022, foi de mulheres, sendo a maioria destas na faixa etária entre 20 e 49 anos, conforme demonstrado na imagem a seguir.

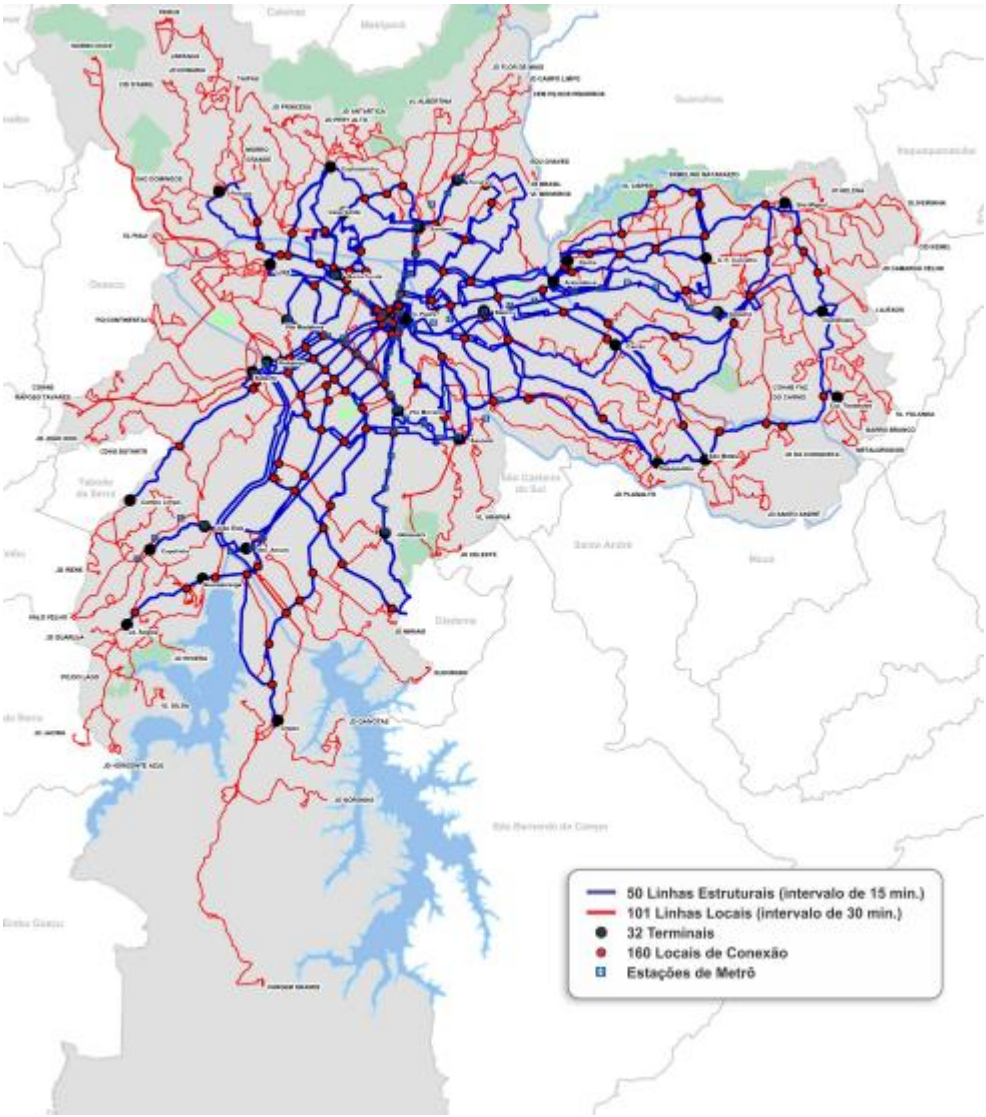
Figura 3 - Pirâmide de transações por idade e gênero em novembro/2022



Fonte: SPTrans, 2023, Relatório Integrado da Administração.

Além disso, o Sistema Municipal de Transporte conta com o Sistema Noturno, que é caracterizado por um conjunto de 150 linhas que atendem todas as regiões da Cidade, fazendo conexões em terminais e/ou locais de conexão, além de atender aos passageiros do Metrô-SP, que não opera nesse horário. O mapa a seguir demonstra a rede de transporte do Sistema Noturno.

Figura 4 - Mapa de linhas e pontos de conexões do Sistema Noturno



Fonte: SPTrans, 2023, Relatório Integrado da Administração

De acordo com a SPTrans, para melhor desempenho operacional do Sistema Municipal de Transporte e visando uma melhor condição de conforto às pessoas que utilizam os ônibus. a infraestrutura do transporte possui 31 terminais municipais e 13 corredores de ônibus municipais, conforme demonstrado na imagem a seguir.

Figura 5 - Terminais e Corredores da Cidade de São Paulo

Fonte: SPTrans, 2023, Relatório Integrado da Administração

2. VALORAÇÃO DO SERVIÇO DE TRANSPORTE PÚBLICO

De acordo com Haddad (2006) investimentos em melhorias no transporte são importantes para gerar crescimento econômico regional e nacional, reduzindo os custos das empresas e expandindo oportunidades, o que potencializa o aumento da renda e a melhoria de vida dos habitantes da região.

O Sistema de transporte, para ser atrativo à população, segundo Arbex (2015), deve ter uma boa avaliação dos seus atributos de qualidade, em especial, os listados por Ferraz e

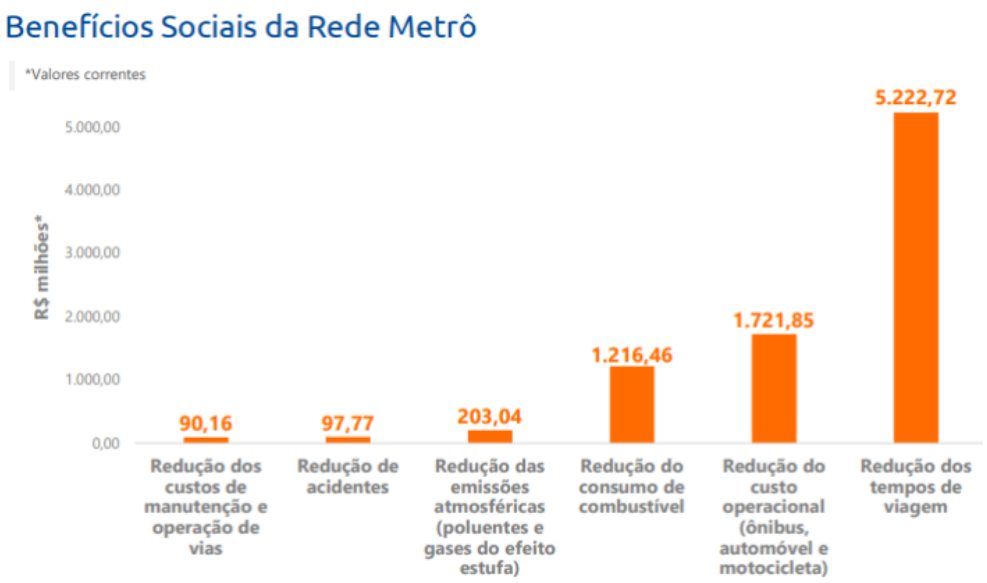
Torres (2004), que identificam a frequência do atendimento, o tempo de viagem, a ocupação dentro dos veículos, a confiabilidade do sistema, a conectividade da rede e informações precisas. Beirão e Cabral (2007), através de pesquisa qualitativa, identificaram que as grandes barreiras para a utilização do transporte público são os longos tempos de viagens, a lotação dos veículos, a falta de transporte direto para o destino das pessoas, a falta de confiabilidade da oferta e as dificuldades de informação.

2.1 Benefícios Sociais do Metrô de São Paulo

O Metro-SP (2022) informou que os benefícios socioeconômicos gerados pela rede, que retratam a melhoria na qualidade de vida das pessoas da metrópole pela operação do Metrô, em 2021, foi de 8,6 bilhões de reais. O Metro-SP esclarece que esses valores não são contabilizados no caixa da empresa, sendo um valor hipotético, de aumento dos custos à população, caso o Metro deixasse de existir.

O gráfico a seguir, demonstra os valores estimados de benefícios sociais gerados pela operação do Metro-SP em 2021.

Figura 6 - Benefícios sociais gerados pela operação do Metro-SP



Fonte: Metro-SP, 2022

Figura 7 – Planilha de benefícios sociais gerados pela operação do Metro-SP

Benefícios sociais do Metrô (valores de 2021)		Unidades	Quantidade (mil)	R$ (milhões)
Redução dos custos de manutenção e operação de vias		-	-	90,16
Redução de acidentes		acidentes	3	97,77
Redução das emissões atmosféricas	Total	toneladas/ano	577	203,04
	Poluentes (CO, COV, NOX, MP e SOX)	toneladas/ano	5	33,46
	Gases do efeito estufa (CO_2)	toneladas/ano	572	169,58
Redução do consumo de combustível	Total	litros/ano	258.957	1.216,46
	Diesel	litros/ano	118.325	528,41
	Gasolina	litros/ano	77.715	426,96
	Etanol	litros/ano	62.917	261,08
Redução do custo operacional	Total	km/ano	1.129.588	1.721,85
	Ônibus	km/ano	186.537	437,83
	Automóveis	km/ano	764.735	251,18
	Motocicletas	km/ano	178.316	32,84
Redução dos tempos de viagem	Total	horas/ano	359.600	5.222,72
	Ônibus	horas/ano	235.785	2.827,52
	Automóveis	horas/ano	121.682	2.369,64
	Motocicletas	horas/ano	2.132	25,57
TOTAL				8.552,00

Fonte: Metro-SP, 2022

2.2 Redução de sinistros e perdas de vidas

A valoração da diminuição de acidentes ocorre em função da (i) diminuição nos gastos hospitalares e de indenizações (ii) diminuição da perda econômica da interrupção temporária ou permanente da vida. De acordo com ANTP, no Estudo do custo das externalidades negativas da mobilidade das pessoas nos vários modos de transporte no Brasil, o valor da vida é infinito e não pode ser expressado por valores, o que encerra um debate filosófico e ético. Por conta disso, as teorias econômicas para valoração da vida são hipóteses para internalizar os impactos sobre a vida, expressando em grandezas que permitam ser comparadas e subsidiar ações futuras. Assim, é utilizado o "valor da vida estatística", sendo este termo desvinculado do "valor da vida" a fim de se valorar o impacto que o dano à uma vida causa a sociedade.

3. ESTUDO DOS CUSTOS DAS EXTERNALIDADES NEGATIVAS

No mês de dezembro de 2015, a Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), em colaboração com o Banco Mundial (WB – sigla em inglês para World Bank), lançou estudo

dedicado aos custos das externalidades negativas decorrentes da mobilidade das pessoas nos diversos modos de transporte. Esse estudo aborda elementos cruciais, como o valor estático da vida, a emissão de poluentes e a geração de ruídos, dentre outros fatores. Sua abordagem consiste em avaliar e ilustrar métodos para a quantificação do impacto de tais fatores na sociedade.

No âmbito desse estudo, serão abordados os aspectos propostos pela ANTP, que têm relação direta com a qualidade de vida das pessoas, vinculados às condições do transporte público nas regiões urbanas das Cidades.

3.1 Valor da vida estatística

O valor da vida é um tema filosófico e ético complexo, que não pode ser quantificado em termos monetários, como exposto por Alexandre de Sousa Pinto no Fórum de Economia da Saúde. Segundo ele, embora seja desafiador aceitar plenamente todas as implicações, saúde e vida são de valor inestimável.

Nesse contexto, teorias econômicas são ferramentas que procuram avaliar os impactos na vida humana de maneira sintética e comparável. Isso possibilita fundamentar decisões através de quantificações padronizadas, desvinculando o valor estatístico da vida do seu valor intrínseco. Essa abordagem considera o dano a uma vida como uma medida do impacto causado à sociedade. O valor da vida estatística – VVE- é caracterizado pela disposição que um grupo de indivíduos com as mesmas características está disposto a pagar pela redução de morte nesse mesmo grupo. Assim, para melhor demonstrar o conceito do VVE, considera-se que para que o risco de morte seja reduzido de um pequeno montante “delta P”, uma pessoa esteja disposta a pagar um determinado valor (VC). Assim, o VEE é dado por:

$$VVE = \frac{VC}{\blacktriangle P}$$

Os métodos mais empregados para realizar a estimativa do VVE são: (i) Capital humano, (ii) pesquisas de disposição a pagar e de preferência declarada e (iii) os métodos dos diferenciais compensatórios, conforme demostramos a seguir:

3.2 Capital Humano

Este método consiste em calcular o valor presente da vida estatística considerando a renda do indivíduo. Entretanto, de acordo com Linnerooth (1979), em sua revisão teórica sobre o método em questão, considerou para este método representasse realidade seria necessária existência de tais condições:

1) As preferências dos consumidores estejam condicionadas somente ao que pode ser adquirido pela renda do indivíduo, o que não considera as atividades de lazer, relações afetivas e etc.
2) Não exista qualquer altruísmo nas preferências dos indivíduos, em particular, que as pessoas não consideram deixar herança para os familiares e pessoas próximas;
3) Que os indivíduos sejam isentos em relação ao risco; e
4) Que cada pessoa considere que qualquer situação em que o valor presente descontado de sua renda futura esperado seja superior a zero.

Conforme demonstrado acima, as condições consideradas no método de capital humano são extremamente restritivas. A relação entre os fluxos de renda esperada de um indivíduo e o seu VVE desaparecem quando ao menos uma condição não aconteça, o que torna o método complexo e perde a aplicabilidade.

3.3 Valoração contingente ou preferência declarada

Este método consiste na aplicação de um questionário detalhado onde se pergunta aos entrevistados o quanto de dinheiro que a pessoa estaria disposta a pagar (ou receber) caso ocorresse uma determinada redução (ou um aumento) no risco ao qual estão expostos. Este método procura mensurar um valor econômico a bens que não tem valor de mercado, como novos produtos e bens públicos.

No que pese a utilização deste método ser constantemente empregada, há divergência quanto a sua aplicação pelos economistas, sendo que os críticos em relação ao método apontam as condições abaixo como dois vieses principais:

1) A natureza hipotética da pesquisa, onde são considerados itens que o entrevistado nunca utilizou e fora de um contexto de mercado, eleva o grau de erro do método e está

sujeita a viés. De acordo com Hausman (2012, 45-46), o entrevistado tende a atribuir um valor superestimado ao item avaliado, tornando um viés positivo; e

2) Também em decorrência da natureza hipotética do questionário e como o item é enquadrado na entrevista, o valor atribuído ao item pelo entrevistado pode ser elevado.

Todavia, as críticas devem ser analisadas com referência aos avançados estudos na metodologia de disposição a pagar, conforme descrito por Carson (2012) e Zhao (2012), que concluíram, com base em uma avaliação equilibrada que:

a) há experimentos que buscam comparar os valores declarados nas pesquisas com os valores efetivamente pagos, entretanto não são conclusivos;

b) Os valores estimados por este método, que são baseados em preferências declaradas nas pesquisas, são compatíveis com métodos de diferenciais compensatórios, o qual considera o comportamento efetivo dos agentes;

c) O valor estimado por este método quando o processo foi bem elaborado, apesar do que pensam os críticos, são consistentes com os resultados de variação compensatória e variação equivalente; e

d) Este método tem se conformado, cada vez mais, às melhores práticas conhecidas.

3.4 Diferenciais compensatórios ou Preços Hedônicos

Este método procura extrair a valoração para variações no risco à vida a partir do comportamento observado dos indivíduos em relação a tais riscos, tornando assim, o método baseado em preferências reveladas pelo comportamento do indivíduo. De acordo com a ANTP (2015) essa técnica é a mais bem vista pelos economistas em relação aos outros métodos, provavelmente, por considerar no comportamento revelado pelos agentes.

Tal método de aplicação, intitulado de metodologia de preços hedônicos, atribui o quanto o preço de um bem ou serviço é afetado por suas características, definindo como os “preços implícitos dos atributos”. Este método considera que o consumo e a oferta de uma série de bens e serviços podem ter relação com riscos à vida dos indivíduos que os consomem. Quando se encontra uma relação entre os preços praticados no mercado e os riscos relacionados ao seu consumo à sua oferta, essa relação reflete o valor que os agentes econômicos atribuem a esses riscos.

Segundo Rosen (1974, 34) essas técnicas passaram a ser conhecidas como regressões hedônicas e têm como finalidade determinar os preços hedônicos que são revelados aos agentes econômicos a partir da observação dos preços dos produtos e das quantidades ofertas e características associadas a estes produtos. Entretanto, uma das limitações deste método é que não corresponde nem à função oferta nem à função demanda, sendo uma "função envelope" que não pode sozinha identificar a estrutura das preferências do consumidor e das tecnologias do produtor.

Porém, o autor demonstra que a função hedônica em relação às características consideradas corresponde tanto ao custo marginal de oferecimento dessas características para os produtores quanto à disposição marginal a pagar pelos compradores, tendo como consequência que a utilização desse método, na análise do custo-benefício, é pertinente para avaliar os impactos marginais nas condições iniciais de produção e consumo dos bens. De acordo com Rose (1974, 34), essa carência na metodologia não reflete problema para se estimar o custo de variação no risco à vida, haja vista que os impactos do projeto sobre esse risco podem ser considerados relativamente pequenos.

Há de se destacar que, como qualquer outro método estatístico, para o bom resultado da sua aplicação é necessário se obter uma base de dados com qualidade. Ainda nesse sentido, a ausência de informações relevantes pode gerar vieses nos valores estimados. Viscusi et al. (2003) citam dois problemas para aplicação da técnica de difícil tratamento:

1) Possibilidade de os agentes perceberem riscos de maneiras diferentes do modo em que foi mensurado nos estudos hedônicos, a partir de estatísticas de acidentes e fatalidades, podendo se obter diferenças entre as percepções que são subjetivas e as medidas objetiva adotadas ao risco. Ainda nesse sentido, é a usual associação dos valores dos riscos à média do setor econômico, o que decorre em alguns trabalhadores arcarem com riscos diferentes da média.

2) Omissão de variáveis relevantes na regressão estatística do efeito do risco sobre o salário do trabalhador, o que pode resultar em estimativas inconsistentes caso variáveis relevantes sejam omitidas tenham correlação com as variáveis consideradas.

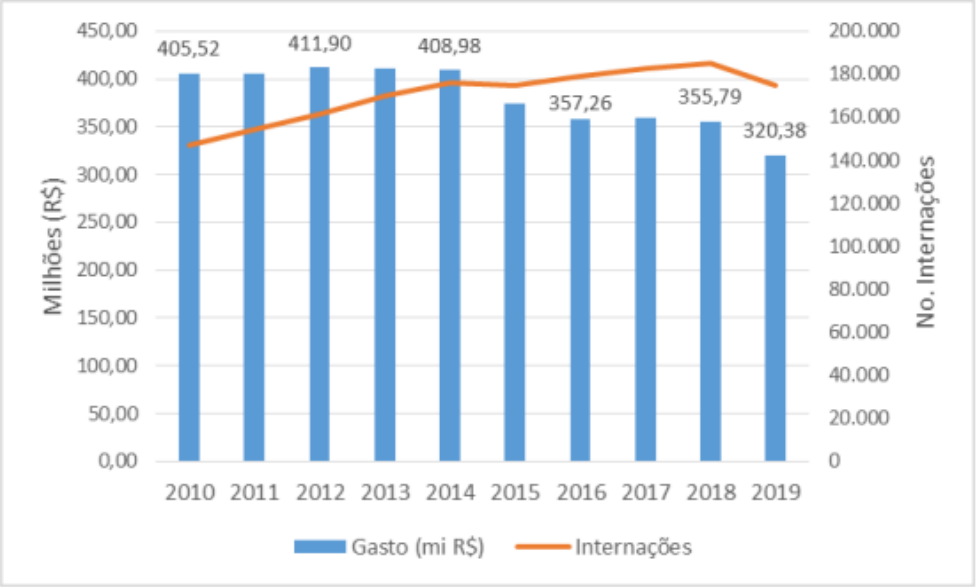
3.5 Mortalidade e morbilidade no trânsito

Segundo a Organização Pan-Americana da Saúde – OPAS, os sinistros no trânsito são a principal causa de morte entre crianças e jovens de 5 a 29 anos, sendo que 93% destas mortes ocorrem em países de baixa e média renda, mesmo que estes países concentrem apenas 60% dos automóveis do mundo, e chegam a custar cerca de 3% do PIB desses países.

De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, no "Balanço da 1ª década de ação pela segurança no trânsito no Brasil e perspectivas para a 2ª década", publicado em 2023, que coletou dados de mortalidade obtidos a partir do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), uma plataforma do Ministério da Saúde, o período entre 2010 e 2019 houve um total aproximado de 392 mil óbitos decorrentes de sinistros de transporte terrestre em todo o território brasileiro. Esse escopo abrange uma ampla gama de ocorrências, como atropelamentos, incidentes envolvendo bicicletas, motocicletas, automóveis, caminhonetes, caminhões, ônibus, além de outros tipos de veículos terrestres, tais como veículos de serviço e aqueles empregados em atividades fora de estrada.

Ainda de acordo com este balanço, foi feito acompanhamento das internações e gastos do Sistema Único de Saúde em decorrência dos sinistros de trânsito, onde se verifica que para cada morte no trânsito houve 4,33 internações no SUS. Os valores gastos pelo SUS nessa década foi de 3,8 bilhões de reais, sendo o ano com maior gasto foi o de 2012, com 411,9 milhões (valores atualizados pelo IPCA para maio/2023), com cerca de 400 mil internações por ano, conforme pode ser observado no gráfico a seguir.

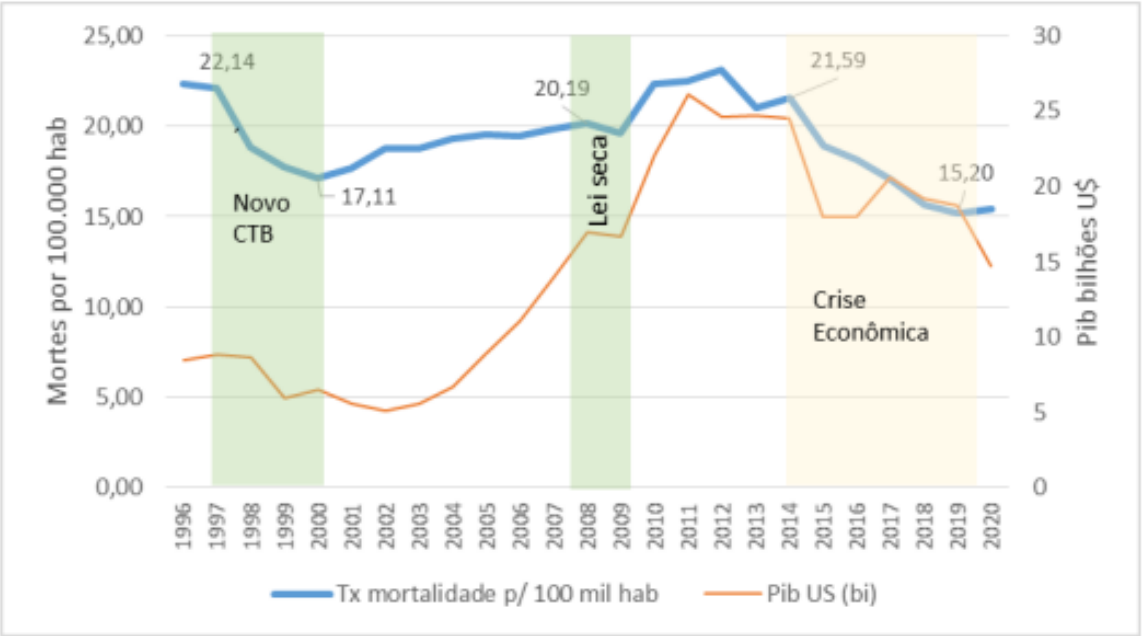
Figura 8 – internações e valores gastos pelo SUS em decorrência de sinistros de trânsito



Fonte: IPEA, 2023

Apesar do gráfico demonstrar uma redução na queda das internações e consequentemente dos valores gastos no SUS em decorrência de sinistros de trânsito, o IPEA alerta que essa queda está relacionada com o início da crise econômica em 2015, demonstrando a relação entre a taxa de mortalidade por sinistros e o PIB brasileiro, com valores expressos em dólar, conforme gráfico a seguir:

Figura 9 – relação entre a taxa de mortalidade no trânsito e o Pib brasileiro (em dólar)



Fonte: Ipea, 2023

Antes da pandemia do Covid-19, de acordo com o relatório Radar 67 do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea, de setembro de 2021, o Brasil ocupava a quinta posição no ranking mundial de mortalidade por sinistros de trânsito, com cerca de 40 mil mortes anuais além de mais de 300 mil lesões graves. Durante a pandemia de COVID-19, esse número reduziu para cerca de 30 mil mortes anuais, atribuída ao isolamento social e à redução das viagens motorizadas. A taxa de mortalidade por sinistros de trânsito no Brasil, que gira em torno de 22 mortes a cada 100 mil habitantes, supera a média mundial de 18 mortes a cada 100 mil habitantes, sendo o dobro das nações desenvolvidas.

Nesse sentido, a Associação Nacional de Transportes Públicos – ANTP em colaboração com o Banco Mundial, no "Estudo do custo das externalidades negativas da mobilidade das pessoas nos vários modos de transporte no Brasil", de dezembro/2015, informou que os sinistros causam danos irreparáveis à sociedade e impactos significativos à economia nacional, sendo importante mensurar, em termos monetários, o valor dos sinistros e explicitar os prejuízos da mortalidade e da morbilidade no trânsito brasileiro. Ainda de

acordo com a ANTP, além do valor estatístico da vida, o qual abordamos anteriormente, outra maneira de mensurar o gasto despendido com sinistros de trânsito é pelo custo direto.

Cabe destacar que das mortes decorridas de sinistros de trânsito, de acordo com dados do "Balanço da 1ª década de ação pela segurança no trânsito no Brasil e perspectiva para a 2ª década", do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (2023), a motocicleta tem sido a maior vilã em termos de quantidade de sinistros fatais. Comparando a quantidade de mortes da década de 2010-2019 em relação à década anterior, verifica-se que houve um aumento de 103,6%, passando de 58.310 para 118.720 mortes, representando 30,2% do total de mortes. Por outro lado, os ônibus tem sido o modal que menos ocasionou óbitos no trânsito, com 1.802 mortes na década de 2010-2019, o que representou 0,5% do total de mortes. Os valores por modo de transporte e seus percentuais podem ser verificados na imagem a seguir:

Figura 10 – óbitos no trânsito por modo de transporte terrestre

	Década 2010 a 2019		Década 2000 a 2009		
Modo	Mortes	(%)	Mortes	(%)	Variação (%)
Pedestre	75.648	19,3%	96.917	28,0%	-21,9%
Bicicleta	13.785	3,5%	13.717	4,0%	0,5%
Moto	118.720	30,2%	58.310	16,8%	103,6%
Auto/leve	91.940	23,4%	72.462	20,9%	26,9%
Caminhão	8.111	2,1%	6.598	1,9%	22,9%
Ônibus	1.802	0,5%	1.650	0,5%	9,2%
Outros	82.923	21,1%	96.497	27,9%	-14,1%
Total	392.929	100,0%	346151	100,0%	13,5%

Fonte: Ipea 2023 – apud Datasus

3.6 Custos Diretos

De acordo com a ANTP, os custos diretos são obtidos pela somatória de todos os custos diretos associados aos acidentes de trânsito e podem ser apurados através de pesquisa de mercado ou por resultados de entrevistas. Segundo o IPEA-ANTP (2003), em seu relatório "Custos dos Acidentes de Trânsito no Brasil: Estimativa Simplificada com base nas atualizações das pesquisas do IPEA sobre custos dos acidentes nos aglomerados Urbanos

e Rodovias", em geral, são considerados os itens destacados abaixo para mensuração dos custos diretos:

a) Custos da perda de produção: é o custo estimado pela interrupção das atividades laborais de trabalhadores dos mercados formal e informal, de maneira permanente ou temporária;

b) Custos dos danos dos veículos: é o custo do reparou ou da substituição das peças dos veículos que foram danificadas nos sinistros de trânsito;

c) Custo médico-hospitalar: considera os valores gastos com recursos humanos e materiais de atendimentos e tratamento das vítimas durante o período de internação, incluindo a reabilitação dos pacientes;

d) Custo de processos judiciais: são os valores gastos com despesas judiciais decorrentes dos sinistros de trânsito

e) Custo do congestionamento: refere-se ao valor monetário do tempo perdido dos ocupantes dos veículos retidos e ao aumento do custo de operação, recorrente do congestionamento gerado pelo sinistro de trânsito;

f) Custo previdenciário: são os valores pagos pela Previdência Social às vítimas do sinistro de trânsito, considerando os períodos de invalidez temporária e permanente;

g) Custo do resgate das vítimas: trata-se do custo de resgate das vítimas do local do acidente ao hospital ou pronto-socorro, com a destinação de equipe especializada e utilização de veículo de atendimento à emergência.

h) Custo de remoção de veículos: abrange os custos para remoção do veículo do local do sinistro, considerando a utilização de veículo guincho, valor do aluguel do veículo e valor do tempo do serviço do profissional, para destinação do veículo à uma oficina, pátio ou delegacia;

i) Custo dos danos ao mobiliário urbano e à propriedade de terceiros: trata-se do custo de reposição e recuperação de equipamentos urbanos e de propriedades danificadas pelo sinistro de trânsito;

j) Custo de outro meio de transporte: despesas para suprir a necessidade de locomoção no período em que os veículos estão em manutenção ou recuperação;

k) Custo dos danos à sinalização de trânsito: são os valores gastos para reparo ou reposição da sinalização danificada em função dos sinistros, considerando postes, placas de sinalização e equipamentos semafóricos;

l) Custo de atendimento policial e dos agentes de trânsito: levantamento das horas de trabalho prestadas por policiais e/ou agentes de trânsito para atendimento às vítimas dos sinistros de trânsito, local do acidente, delegacias ou hospitais;

m) Impacto familiar: são gastos referentes ao tempo despendido pelos familiares, perda de produção e despesas para adaptações na estrutura familiar devido ao sinistro, como transporte e moradia.

3.7 Tempo de Percurso

De acordo com ANTP (2015), entre os custos não explícitos do transporte de passageiros, possivelmente o tempo de percurso é o mais relevante. Entretanto, para efetuar sua correta avaliação é necessário que haja superação de dificuldades de caráter teórica e prática. A avaliação deve considerar os custos das atividades não realizadas ao longo do processo de transporte que poderiam ser exercidas diversas atividades de trabalho que iriam gerar valor pecuniário para o próprio passageiro ou para o seu empregado. Entretanto, deste custo, deve ser descontado o valor das atividades exercidas, em muitos casos, pelos passageiros ao longo do processo do transporte, que também possuem valor, como ler um livro ou falar com outras pessoas pelo celular. Nesse caso, a estimativa do custo do transporte deve incorporar somente a diferença entre os valores.

Para os casos de viagens fora do horário de trabalho, considera-se que boa parte das atividades não possuem valor de mercado, sendo que o passageiro possa ter que sacrificar o seu tempo de sono ou de alguma atividade de lazer que seria efetuada no intervalo de tempo de deslocamento.

Além desses, deve ser considerado o valor do eventual desconforto imposto ao passageiro. De acordo com estudo elaborado pelo Banco Mundial, 2005, o modelo ideal de avaliação do valor monetário do tempo de viagem é aquele que maximiza o bem-estar do usuário, entendendo que há o aumento da satisfação do passageiro quando da possibilidade de elaboração de atividades de lazer e de consumo.

De acordo com a Associação Nacional de Transportes Públicos – ANTP, no “Estudo do custo das externalidades negativas da mobilidade das pessoas nos vários modos de

transporte no Brasil" (2015), algumas maneiras que podem ser empregadas para valoração do tempo de percurso, conforme descrito a seguir:

> **Renda**: É possível fazer a relação do valor do tempo despendido em uma viagem ao salário ou renda do indivíduo. Há estudos que recomendam utilizar um valor médio para toda a população e outros que sugerem avaliar de acordo com base em faixas de renda. Em estudo publicado pelo Banco Mundial, 2005, há a recomendação de classificar as viagens por modo e por setor de trabalho para que se encontre o melhor resultado da associação do tempo x renda. Para as viagens em que o motivo não seja trabalho, deve ser atribuídos coeficientes para diferenciar o valor da hora de adultos e de crianças.
>
> **Preferência declarada**: A partir da aplicação de pesquisa onde o usuário informa (declara) qual é a melhor opção para ele, são apresentadas alternativas hipotéticas onde são atribuídos valores para a escolha por caminhos mais lentos/baratos ou mais rápidos/caros.
>
> **Preferência declarada e revelada**: Esta metodologia possibilita a associação da pesquisa de preferência declarada à pesquisa de preferência revelada, ajustando-se os valores encontrados. Em uma primeira abordagem inclui-se variáveis como modo e condições da viagem e para obtenção de resultados mais apurados devem ser consideradas variáveis como renda, situação socioeconômica, características e o motivo da viagem. O Banco Mundial (2005) recomenda que a utilização desse método seja para mensurar o tempo das viagens que não são realizadas pelo motivo trabalho. (ANTP, 2015)

3.8 Poluição do ar

De acordo com a ANTP (2015), a emissão de poluentes na atmosfera é um dos fatores de externalidades negativas mais discutidos na economia clássica, pois a ação de um sujeito provoca impactos sobre o bem-estar de outras pessoas que não participaram da ação e também não são ressarcidas por esses danos. Segundo Mankiw (2004) essa condição é denominada "falha de mercado".

A emissão de poluentes atmosféricos é um conjunto de externalidades negativas que podem ser provocadas por fontes fixas ou fontes móveis. As fontes fixas mais comuns são as indústrias e as queimas resultantes de processos agrícolas. Já as variáveis, tem como principal fonte o transporte de passageiros, seja por meio rodoviário, ferroviário, aéreo ou aquático.

A ANTP (2015) ainda recomenda considerar os seguintes fatores para a avaliação do impacto das emissões:

- A composição da frota de veículos e seus fatores de emissão por tipo de poluente;
- Fluxos de tráfego e velocidade média de cada modo de transporte; e
- Condição de dispersão dos poluentes na atmosfera. (ANTP, 2015)

Para a aferição dos custos das externalidades negativas das emissões de poluentes na atmosfera pertinentes aos veículos de transporte de passageiros, a maioria dos efeitos é considerado sobre a saúde humana. A estimativa desses impactos foi mensurada com os seguintes elementos:

- **Material Particulado – MP**: trata-se de partículas sólidas ou líquidas de diversas dimensões (desde 2,5 µm, fração fina, a 10 µm, fração grossa) suspensas no ar. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2015) podem ter fatores prejudiciais à saúde humana, como câncer respiratório, arteriosclerose, agravamento de sintomas de asma, inflamação do pulmão, aumento das internações hospitalares, podendo, inclusive, levar à morte.
- **Óxido de Nitrogênio – NO:** gás poluente de ação altamente oxidantes que em altas concentrações ocasiona efeitos nocivos à saúde humana, como problemas respiratórios, pulmonares e agravamento às respostas das pessoas sensíveis à alergia. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2015), em relação ao meio ambiente pode ocasionar a formação do smog (poluição do ar visível) fotoquímico e chuvas ácidas.
- **Óxido de Enxofre (ou óxido de sulfúrico) – SO:** trata-se de um gás tóxico e incolor que causa agravamento dos sintomas de asma e em relação ao meio ambiente pode reagir com água na atmosfera e formar chuva ácida.
- **Componentes Orgânicos Voláteis – COV:** São aldeídos (RCHO), acetonas (C3H6O) que são resultantes da oxidação, desidrogenação e proxidação parcial dos álcoois ou de reações fotoquímicas na atmosfera envolvendo hidrocarbonetos e hidrocarbonetos (HC) que se apresentam em forma de gases, partículas finas ou gotas. Estes componentes afetam a saúde humana causando irritação das mucosas, dos olhos, do nariz e das vias respiratórias em geral, além de potencial crises

asmáticas. Também são precursores da formação do ozônio troposférico e apresentam potencial causador de efeito estufa.

A ANTP (2015) ainda destaca que a poluição do ar ocasiona uma série de prejuízos para os indivíduos e para a sociedade, que podem ser relacionados aos custos tangíveis e intangíveis, conforme descreve-se abaixo:

- **Custos tangíveis:** Trata-se dos gastos envolvendo o tratamento das doenças, como despesas médias, perda de produtividade por meio do valor da renda média perdida; e
- **Custos intangíveis:** Esta parcela é calculada por meio dos resultados das pesquisas de preferência declarada, mais precisamente da metodologia de disposição a pagar. Esta metodologia tem o objetivo de estimar um valor estatístico da vida, que incorpora os custos individuais e sociais da poluição do ar.

De acordo com a ANTP (2015) com essa metodologia é possível estimar a quantidade de mortes anuais ocorridas em função da emissão de Material Particulado MP10 emitido pelo transporte rodoviário de passageiros, e para cada morte, relacionar um fator causal.

3.9 Gases do Efeito Estufa

Segundo ANTP no “Estudo do custo das externalidades negativas da mobilidade das pessoas nos vários modos de transporte no Brasil” (2015), os gases do efeito estufa (GEE) referem-se à matéria gasosa emitida no ambiente que, associada a outros gases já constantes na atmosfera e devido à radiação solar, contribuem para o processo de dissipação do calor da terra, o que produz o efeito estufa.

Pode-se dizer também que o efeito estufa é uma externalidade negativa gerada por fontes fixas ou móveis de poluentes da atmosfera, que acelera o processo natural da terra e gera o aumento da temperatura global, alterando o regime climático terrestre.

De acordo com dados da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, divulgados no Programa Estadual de Mudanças Climáticas do Estado de São Paulo – PROCLIMA (2023), verifica-se que 60% dos gases do efeito estufa são compostos por dióxido de carbono (CO2), que tem origem do uso dos combustíveis fósseis, seguido com

20% do gás metano (CH4), 6% do óxido nitroso (N2O) e os demais 14% distribuídos nos gases halogenados, como o hidrofluorcarbonetos (HFC), perfluocarbonos (PFC) e hexafluoreto de enxofre (SF6), conforme demonstrado na tabela a seguir:

Tabela 1 – Contribuição para o aquecimento global por tipo de gás e suas origens

Gás	Contribuição para o aquecimento global (%)	Principais fontes de emissão
Dióxido de carbono (CO2)	60%	Uso de combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo, gás natural, turfa), deflorestação e alteração dos usos do solo
Metano (CH4)	20%	Produção e consumo de energia (incluindo biomassa), atividades agrícolas, aterros sanitários e águas residuais
Óxido Nitroso (N2O)	6%	Uso de fertilizantes, produção de ácidos e queima de biomassa e combustíveis fósseis
Halogenados - hidrofluorcarbonetos (HFC), - perfluocarbonos (PFC) e hexafluoreto de enxofre (SF6)	14%	Indústria, refrigeração, aerossóis, propulsores, espumas expandidas e solventes

Fonte: Cetesb, 2023 – adaptada pelo autor

Conforme informado pela ANTP (2015), o manual europeu de custos externos de transporte, que foi elaborado pela Consultoria de Meio Ambiente, Estratégica e de Engenharia, Ricardo-AEA em 2014, associada a Agência de Meio Ambiente da Europa (AEA – European Environment Agency), que descreve duas metodologias com maior frequência de utilização para avaliação do custo das emissões dos gases do efeito estufa, conforme demonstrado a seguir:

- **Método do custo do dano**: Considera que não há esforços para reduzir o ritmo das mudanças climáticas, fazendo a estimação dos custos totais dos danos causados pelo DEE. A ANTP (2015) destaca que a metodologia apresenta alto grau de

incerteza, devido aos percursos globais dos efeitos e os danos a longo prazo dessa emissão desses gases, além de envolver; e,

- **Método da redução do custo:** De acordo com a ANTP (2015) este método apoia-se na avaliação dos custos de uma determinada quantidade de emissões alcançada, facilitando a disposição a pagar por certo nível de redução dessas emissões, nos casos de metas de reduções de poluentes refletirem o desejo da sociedade.

3.10 Ruído

A ANTP (2015) informa que as pesquisas referentes ao nível de ruído como uma externalidade negativa do transporte são relativamente novas, sendo sua maioria realizada no século XXI. Entretanto, destaca que as metas das pesquisas têm sido alcançadas e especialistas já chegaram em alguns consensos, principalmente na esfera conceitual.

Um dos principais entendimentos entre os especialistas é que a exposição à intensidade sonora está cada vez maior e mais constante na vida das pessoas, o que torna os resultados dessa exposição cada vez mais evidentes e alcançam escalas expressivas na sociedade.

De acordo com a ANTP (2015), a população tem a percepção em seu cotidiano da relação causa-efeito da exposição ao ruído (causa) e degradação de aspectos da qualidade de vida (efeito), tanto em fatores da saúde das pessoas, quanto da economia. Entretanto, a complexidade do tema, a própria natureza do som e as especificidades culturais são obstáculos para apuração do impacto e a estimativa do custo proveniente do ruído, o que torna os resultados finais encontrados objetos constantes de divergências entre os especialistas.

A RICARDO-AEA (2014) elaborou material com objetivo de mensurar em valores monetários os danos causados pela exposição a ruídos. Foi considerada que esta exposição é a externalidade mais perceptiva pela população, apesar de não ser a mais severa. Para mensuração do valor, foi utilizado conceito de “Valor Hedônico”, apresentado no caderno “Metodologia integrada de saúde e meio ambiente e ferramentas para avaliação de cenários” traduzido de “Health and environment integrated methodology and toolbox for scenario assessment” HEIMTSA Project (2008). Além disso, considera-se a relevância do

material elaborado por Stale Navrud (2002), o qual se baseia na abordagem de pesquisas de preferência declarada como seu método central.

Considera-se que a exposição ao ruído potencializa à população a obter doenças, como stress, hipertensão e demais problemas cardiovasculares. A estimativa do custo da exposição ao ruído é calculada tendo como principais fontes os custos médicos, o valor da morte prematura e a perda de produtividade

De acordo com a ANTP (2015) para quantificar os efeitos da exposição ao ruído foi utilizada, entre outros, o estudo *External Costs of Transport in Europe (CE Delft et al. (2011))*, que relaciona a quantidade de decibéis à qual a pessoa está exposta e os seus efeitos, adotando-se categorias de classificação do impacto causado, conforme descrito a seguir:

- Exposição a ruídos menor do que 55 decibéis: Nível aceitável

Tabela 2 – Efeitos da exposição ao ruído

Nível de exposição ao ruído	**Efeitos às pessoas**
Menor do que 55 decibéis	Aceitável
Entre 55 e 60 decibéis	Incômodo
Entre 60 e 85 decibéis	Potencial impacto na saúde (stress, hipertensão, problemas cardiovasculares e má qualidade do sono)
Acima de 85 decibéis	Danos à audição

Fonte: ANTP (2015), adaptada pelo autor

O estudo destaca ainda que a forma do impacto da exposição ao ruído depende de outros fatores ambientais e sociais, pois para a estimação dos fatores, deve-se considerar critérios de dispersão do ruído e em quais níveis a população fica exposta, o que pode promover nuances nos resultados apresentados na Europa. Por conta disso, a ANTP (2015) considera que, devido à ausência desses estudos no Brasil, foi utilizada como premissa a metodologia da CE Delft et al. (2011).

Além disso, devido às especificações urbanísticas, físicas e culturais caracterizarem-se como potenciais obstáculos para a estimativa dos valores, a ANTP tratou a valoração da externalidade negativa com duas diferentes metodologias: de custos marginais e de custos médios. Esta abordagem se deu por determinar cenários de custos marginais, com base

em estudos já realizados em pesquisas realizadas em determinados países, e com base nos dados obtidos, extrapolar para outros países a partir do custo médio.

De acordo com a ANTP (2015), os estudos de custo marginais foram baseados na *Impact Pathway Approach* (Nevrud, 2002), que segue linha metodológica semelhante à de emissão de poluentes. Também foram considerados os trabalhos alemães para valorar os custos marginais RLS-90: Richtlinienfürden Lärmschutz na Straßen e Stairrs (2002). Com o objetivo de sistematizar a aplicação do custo marginal, simplificando as especificações de cada região, foi categorizado em três cenários de custos médios, agregando situações padrões na Europa, sendo: (i) áreas urbanas (3.000 hab./km), (ii) áreas suburbanas (700 hab./km) e (iii) áreas rurais (500 hab./km). UK Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2014 - impact of noise

Assim, os custos médios foram estimados para cada país por associação ao Produto Interno Bruto (PIB) per capta, relação direta que se justifica, no caso, devido à similaridade e relativa uniformidade dos países presentes na União Europeia.

3.10.1 Ruído ambiental: valoração dos impactos sobre perturbação do sono, aborrecimento, hipertensão, produtividade e silêncio

De acordo com ANTP (2015), o Departamento de Meio ambiente, Alimentação e Assuntos Rurais do Reino Unido publicou o estudo “Poluição Sonora – Análises Econômicas” em 2014, que teve como premissa explorar as pesquisas já desenvolvidas para calcular as estimativas do custo gerado pelo ruído, considerando a valoração europeia. Entretanto, o próprio departamento deixa como ressalva, apesar de constantes avanços, o tema ainda é relativamente recente e que a monetarização dos impactos do ruído ainda está em fase de consolidação, o que sugere atenção na aplicação da metodologia.

O estudo analisa o ruído dividido pelas suas principais fontes de natureza física, a fim de distinguir as variações de características de cada um, como frequência, características do som e contexto de propagação. As três principais fontes consideradas para o estudo foram: (i) viário, (ii) aéreo e (iii) sobre os trilhos.

Além disso, o estudo também faz a avaliação do impacto dos ruídos na vida da população pelas suas consequências, o que separa os tipos de custo em cinco categorias: (i) distúrbio

do sono, (ii) incômodo, (iii) hipertensão, (iv) produtividade e (v) áreas de silêncio. De acordo com a ANTP (2015) essa avaliação está sujeita ao risco de se contabilizar duas vezes, tendo em vista que os assuntos são intrínsecos, porém, é a forma encontrada de identificar a área onde cada impacto ocorre, conforme demonstrado a seguir.

- **Distúrbio do sono**: O impacto na qualidade e na quantidade do sono da população afetada é evidente, tanto que faz parte do senso comum da população. Entretanto, a mensuração do prejuízo exige considerar fatores pessoais e não quantitativos. Por este motivo, a avaliação se restringe a uma abordagem simplificada, que considera somente fatores cognitivos, não incluindo, neste caso, a perda de produtividade e os efeitos não intelectuais;
- **Incômodo**: O incômodo gerado pelo ruído não é considerado um atributo material e mensurável, pois está constantemente ligado à percepção de cada indivíduo sobre o ruído a qual está exposto, pois a mesma intensidade sonora é percebida de maneira diversas para cada pessoa e/ou grupo de pessoas. Assim, foi considerada para o estudo a metodologia desenvolvida pela OMS na pesquisa "*Burden of disease from environmental noise"* (2011), explorando o custo do ruído ambiental pelo impacto na qualidade de vida das pessoas. De acordo com a ANTP (2015), a escolha desta metodologia é adequada para evitar a sobreposição do custo do ruído em outras categorias.
- **Hipertensão**: Há diversas pesquisas na área da saúde que deixam de forma contundente a associação da longa exposição ao ruído às doenças na população, principalmente, ligados à hipertensão. Apesar disso, ainda não há consenso entre os especialistas da forma numérica entre a intensidade sonora e o desenvolvimento dessas doenças, o que prejudica a mensuração do custo do ruído. Nesse sentido, a ANTP (2015) esclarece que o estudo *"Quantifying the link between health effects and environmental noise-related hypertension"* é utilizado como um ponto de partida para a mensuração dos custos, apesar de não ser totalmente aceito pelos especialistas da área.
- **Produtividade:** A exposição a altos níveis de ruído afeta diretamente o desempenho das pessoas. Assim, o estudo separou as condições da exposição ao ruído no local de produção ou fora do local de produção, porém, ambas as condições impõem impactos negativos à produtividade do cidadão, sendo pela falta do descanso, pela

dificuldade de concentração e/ou pelo stress. A fim de sistematizar os efeitos dos custos, o estudo separou em três categorias, sendo:

- Impacto do distúrbio do sono na produtividade (exposição ao ruído fora do ambiente de produção): a exposição ao ruído durante o sono prejudica a recuperação do organismo, aumenta os níveis de estresse e reduz as condições das faculdades mentais da população afetada, além da falta do descanso e o cérebro estar em atividade incessantes prejudicam o rendimento;
- Impacto no potencial econômico e acidentes de trabalho (exposição ao ruído no ambiente de produção): considera que as pessoas quando expostas a longos períodos de ruídos perdem a capacidade de concentração, aumentando os níveis de estresse e propiciando maiores índices de erros e perdas de eficiência. Assim, além dos prejuízos pessoais e econômicos, o prejuízo à concentração das pessoas as deixa mais sujeitos a ocorrência de acidentes;
- Impacto no desempenho acadêmico e no potencial econômico ao longo da vida (exposição ao ruído dentro e fora do ambiente de produção): o prejuízo no desempenho acadêmico representa uma perda de produtividade ao longo prazo, pois prejudica a capacidade do aprendizado e evolução da população. Assim, este impacto não é considerado como um custo para a sociedade, pois não corresponde às perdas diretas da economia da produção.

Apesar da evolução das pesquisas mais recentes, ainda não foi encontrada uma metodologia consolidada para mensurar todos os custos desta externalidade negativa. O estudo da ANTP deixa claro que somente o distúrbio do sono é ratificado pelos especialistas.

> Por outro lado, o frescor do tema não permite a consolidação ou a unanimidade da aplicação de um método único, pois ainda existem controvérsias de como mensurar as consequências do ruído e a conectividade com outras doenças, além da hipertensão. Outro aspecto é o fato de o estudo abranger apenas os custos de saúde e pessoais, de forma a não englobar os impactos que o aumento da incidência destas doenças causam na sociedade e na economia (ANTP, 2015, p. XX).

Assim, apesar de ser considerado com um fato entre os especialistas de que o ruído é uma externalidade que afeta a qualidade de vida da população, a perda de produtividade e o potencial risco à saúde das pessoas, ainda não há convicção em afirmar os custos dessa externalidade, carecendo de maior aprofundamento das pesquisas.

4. ANÁLISE DAS VARIÁVEIS RELACIONADAS AO TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS

A análise realizada teve como objetivo representar as disparidades existentes entre a população que vive nas regiões mais privilegiadas e as regiões mais distantes do centro de São Paulo em termos de oportunidades de emprego e acessibilidade. No entanto, os resultados também evidenciam que, apesar das diferenças, o transporte público desempenha um papel fundamental ao proporcionar oportunidades de acesso a locais de interesse para pessoas que enfrentam maiores dificuldades, mesmo em áreas com condições de infraestrutura menos favoráveis.

4.1 Acessibilidade a oportunidades

O transporte público é sem dúvida nenhuma um fator de primordial para proporcionar acessibilidade das pessoas aos empregos, equipamentos de saúde, esporte, lazer e demais atividades da população. De acordo com Tomasiello, 2020 (et WEE, GEURS, 2011) a acessibilidade pode ser entendida como a associação da ocupação do solo e infraestrutura de transporte, poucas vezes é utilizada no planejamento e políticas de públicas.

Scaringella, 1983, informa que o crescimento e adensamento urbano distantes das infraestruturas existentes, tem se tornado um dos problemas mais sérios para o trânsito das grandes cidades, sendo consequência dessa situação os “constantes congestionamentos em pontos nevrálgicos, má acessibilidade aos pontos de interesse da população, circulação e estacionamento em áreas residenciais; desobediência à sinalização e constantes riscos de acidentes de trânsito” (SCARINGELLA, 1983).

A acessibilidade é definida por GRAÇA (2019, apud CERVERO 1996) como “a facilidade de acesso aos locais”. Para a mensuração da acessibilidade deve ser considerada a qualidade do transporte, a localização da oferta de atividades em relação à demanda e a necessidades e preferências individuais (GRAÇA 2019, a apud GEURS e VAN WEE, 2004).

GRAÇA (2019 apud GEURS e VAN WEE, 2004) que a mensuração da acessibilidade de uma pessoa ou um grupo social podem ser classificados em quatro componentes distintos, sendo eles:

- O uso do solo: que considera a quantidade e distribuição espacial das oportunidades para cada indivíduo de um determinado lugar e a demanda existente para cada atividade;
- O transporte: é o meio usado pelas pessoas para cobrir a distância entre a origem e o destino, podendo ser considerado como resultado das divergências entre a oferta e a demanda de oportunidades;
- O tempo: são as condicionantes temporais de cada indivíduo entre a origem e destino de suas viagens;
- O indivíduo: é a situação de cada pessoa em relação a suas oportunidades, necessidades e habilidades, e de qual forma essa situação interfere no acesso ao sistema de transporte e às condições de participar das atividades que estão distribuídas na cidade.

Em casos extremos a acessibilidade precária pode gerar a exclusão social. TOMASSIELLO (2020 apud KAMRUZZAMAN et al., 2016, STANÇEY; LUCAS, 2008; MACKETT; ACHUTHAN; TITHERIDGE, 2009; KENYON; LYONS; RAFFERTY, 2002) informam que a exclusão social está bastante relacionada com a renda das pessoas, também considera as barreiras que inviabilizam o acesso a empregos, educação, sistema de saúde e demais atividades em sociedade.

> Um indivíduo é socialmente excluído se: ele (a) é geograficamente residente em uma sociedade, mas por razoes além de seu controle, ele (a) não pode participar das atividades normais dos cidadãos daquela sociedade, e ele (a) gostaria de participar dessas atividades. TOMASIELLO, 2020 (et Burchardt, Gran e Piachaurd, 2002)

GRAÇA (2019) cita um estudo de caso de RAJE E PRESTON realizado na Inglaterra em 2006, que usou três critérios diferentes para verificar a exclusão dos indivíduos: (i) a mobilidade da área, que considera a estrutura das redes de transporte, (ii) a mobilidade pessoal, que trata da capacidade das pessoas de buscarem a melhor forma de realizar as suas viagens e (iii) a acessibilidade da área, que é refletida pelas condições de se acessar as atividades dessa região. A partir dessa premissa, foi aplicada uma matriz de análises comparando esses critérios a fim de avaliar o grau de exclusão social provocado pelo sistema de transporte. A conclusão foi que "diferentes grupos da sociedade, mesmo vivendo na mesma área e sujeitos às mesmas condições de mobilidade, não necessariamente tinham o mesmo nível de acessibilidade, devido a características como idade, escolaridade e renda, por exemplo" (GRAÇA, 2019).

O conceito de exclusão social no transporte auxilia aos tomadores de decisão a reconhecerem que (i) o problema é multidimensional, pois pode ser priorizado o indivíduo que é afetado, nos processos, instituições e estruturas da sociedade, (ii) é relativo, ou seja, a desvantagem é comparada com as atividades normais das demais pessoas e, também, (iii) é dinâmico, porque é alterado com o tempo e espaço e durante a vida de pessoa que é afetada. Por isso, na avaliação de exclusão social relacionada ao transporte, é necessário reconhecer as características dos indivíduos, como idade, gênero, etnia, e condições físicas, as características da infraestrutura do local, como falta ou serviços de transporte públicos inadequados e as condições relacionadas à economia nacional ou global, como reestruturação do mercado de trabalho, mudanças culturais e migrações de pessoas, alterações da legislação, entre outras. (TOMASIELLO, 2020 et Lucas, 2012).

Em contrapartida, GRAÇA (2019) relata que BOCAEJO.ET.AL (2014) e HEINRICHS E BERNET (2014) estudaram a implantação de novas estruturas de transporte em Medellín, Colômbia e verificaram um aumento no número de viagens após a implantação de linhas de teleférico em áreas de menor renda, além de informar que "os passageiros tinham uma sensação melhor de segurança e confiabilidade em relação ao transporte em uma região conhecida pelas fortes tensões sociais".

De acordo com Barcellos, 2014 (et CARVALO et al., 2013), o transporte individual é o principal gerador de externalidades negativas, pois propiciam maiores congestionamentos na Cidade, o que aumenta o tempo de deslocamento, além de aumentar a concentração

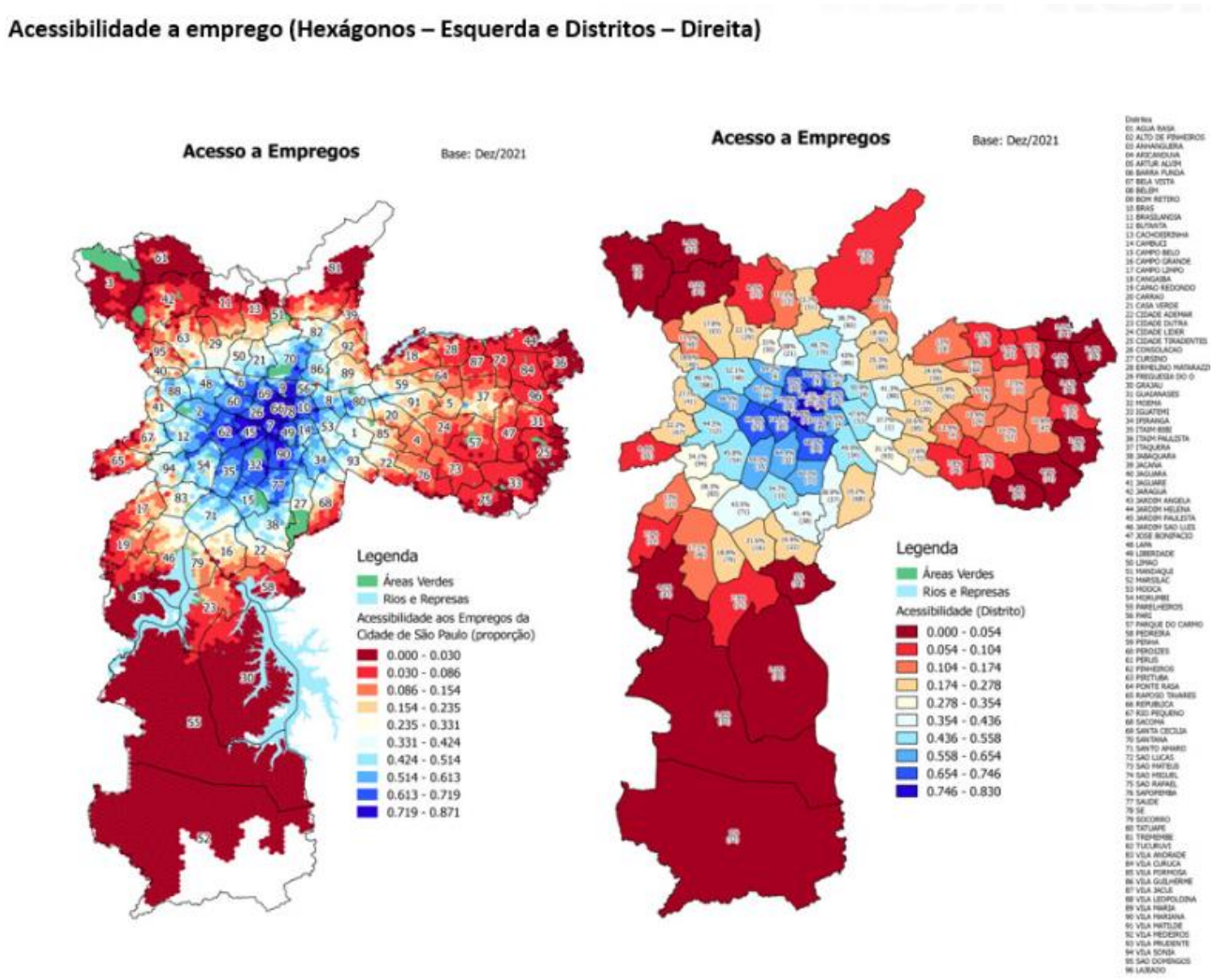
dos gases do efeito estufa, gerando maior poluição atmosférica. O transporte público, por sua vez, além de beneficiar os seus usuários diretos, beneficia também toda a população, pois reduz as externalidades negativas para a sociedade.

Segundo Tomasiello, 2020 (et Lucas 2012) há uma tendência de transição nas políticas de transporte, deixando de utilizar o modelo que visa à oferta de transporte para um modelo que se preocupa com as pessoas e suas necessidades, buscando a equidade de acesso aos serviços e redistribuição dos recursos.

Além do planejamento do transporte também é fundamental que haja uma melhor distribuição das ofertas de trabalho e dos demais serviços básicos, além do uso e ocupação do solo. De acordo com Tomasiello, 2020 (et ZONDAG, PIETERS, 2005, ZHUGE et al., 2016) a relação entre os transportes e o uso e ocupação do solo são historicamente evidenciadas pelo crescimento e a interação de diversas cidades a partir das rotas fluviais e construção de ferrovias e rodovias. Mais recentemente, a análise das viagens, principalmente pelo motivo de trabalho, demonstra que a localização de empregos e estudos ainda se mantêm distantes da maior parte da localização das residências (TOMASIELLO, 2020, et al., 2007).

De acordo com a SPTrans, 2021, o cidadão do Município de São Paulo acessa, em média, 22,33% dos empregos da cidade em até uma hora, utilizando o transporte público. Entretanto, esse indicador varia de acordo com o local de residência do munícipe. De maneira geral, os munícipes do centro expandido da cidade podem acessar mais de 60% dos empregos em até uma hora, já os cidadãos das áreas periféricas da zona noroeste, leste e sul, em geral, acessam menos de 5% dos empregos ofertados na Cidade, conforme demonstrado na imagem a seguir.

Figura 8 - Acesso a empregos na Cidade de São Paulo



Fonte: SPTrans, 2022

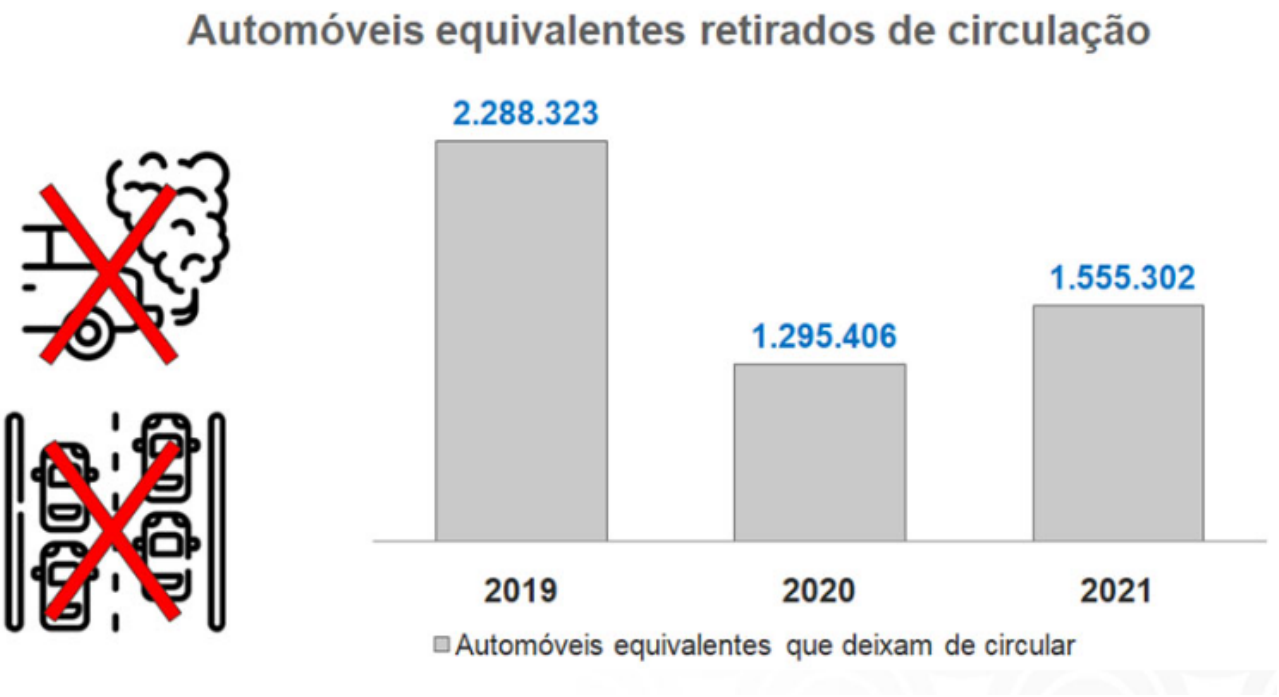
4.2 A possível inserção de automóveis particulares

A Cidade de São Paulo conta com uma rede de transporte público composta por ônibus municipais, intermunicipais, metrô e trem, tendo como gestores dessa rede, a Prefeitura Municipal e o Governo Estadual. De acordo com a SPTrans, 2021, a 53% das viagens realizadas por transporte público em São Paulo é realizada pelos ônibus do sistema municipal, sendo 5,5 milhões de viagens diárias realizadas por esse sistema, dos 10,4 milhões realizadas por todo o transporte público na Cidade.

O Sistema de Transporte Público Municipal, que opera 24 horas por dia, contém cerca de 13,6 mil ônibus em sua frota patrimonial, que operam em mais de 1,3 mil linhas e circulam em torno de 4,6 mil quilômetros de extensão no interior da cidade, atendendo a locais que não são acessíveis por outros modos de transporte, devido à maior flexibilidade no atendimento oferecido pelos ônibus em relação às outras modalidades (SPTrans, 2021).

No sentido de mensurar a quantidade de veículos que seriam inseridos na Cidade, em um cenário hipotético, caso o Sistema Municipal de Transporte não existisse, a SPTrans, 2021, utilizou a taxa média de ocupação dos automóveis particulares, de 1,66 passageiros por veículo, de acordo com dados obtidos na Pesquisa Origem e Destino de 2017, e aplicou essa taxa à quantidade de pessoas que utilizam os ônibus municipais diariamente. O resultado dessa equação demonstrou que em 2019, último ano sem o impacto da Pandemia do Covid-19 nos deslocamentos da população, 2.288.323 veículos deixaram de circular nas vias da Cidade. Esse número reduziu para, cerca de 1,3 em 2020 (ano com maior impacto do Covid-19) e subiu para 1,6 em 2021, conforme demonstrado na imagem a seguir.

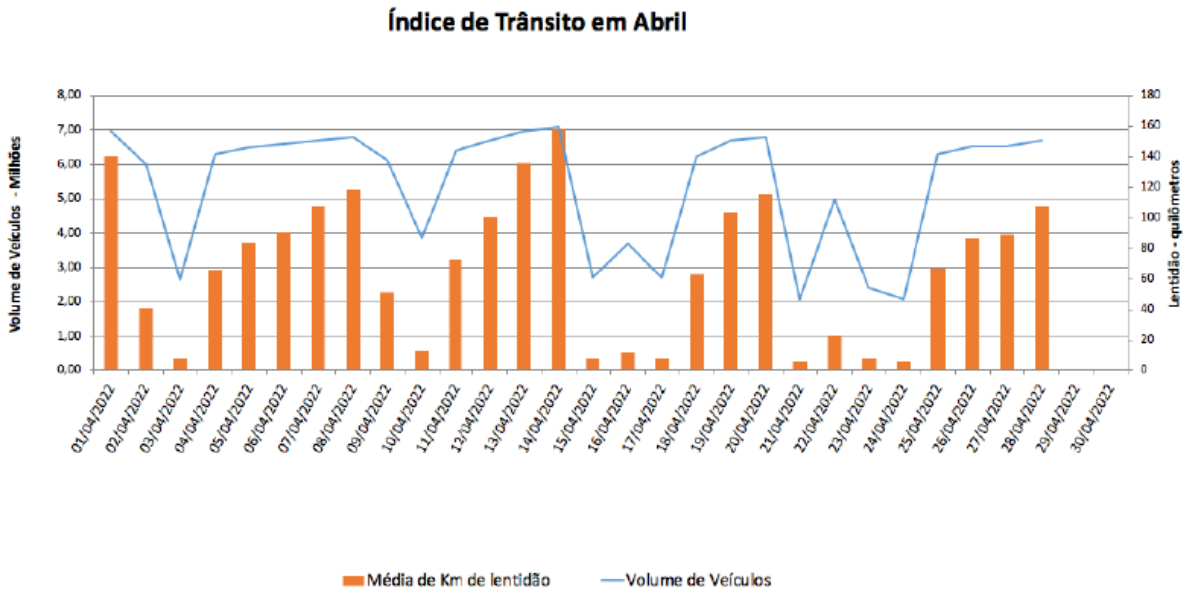
Figura 9 - Gráfico de veículos que eventualmente deixariam de circular na Cidade em função da operação do Sistema Municipal de Transporte



Fonte: SPTrans, 2021

De acordo com Boletim Diário de Mobilidade e Transportes Covid-19, divulgado pela Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET-SP), em abril/2022 em dias úteis, circularam entre 5 e 7 milhões de veículos na Cidade, e ocasionaram entre 140 e 160 quilômetros de congestionamento nas vias.

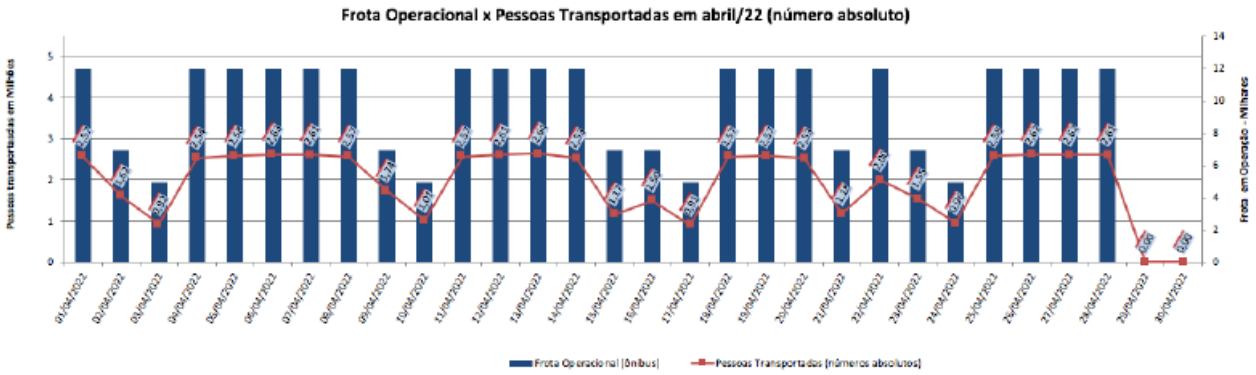
Figura 10 - Gráfico de volume de veículos e índice de lentidão na Cidade de São Paulo



Fonte: CET-SP, 2022

No mesmo boletim, a CET disponibiliza a quantidade de pessoas e a frota operacional do Sistema de Transporte Municipal, onde é possível observar que cerca de 11,9 ônibus transportam, aproximadamente, 2,6 milhões de pessoas por dia.

Figura 11 - Gráfico de frota operacional e pessoas transportadas pela Frota Municipal do Sistema de Transporte Público de São Paulo



Fonte: CET-SP, 2022

Com base nos dados extraídos do Boletim Diário de Mobilidade e Transportes Covid-19, associando a taxa média de ocupação dos automóveis particulares publicados na Relatório Síntese da OD-2017, de 1,66 passageiros por automóvel, é possível comparar a quantidade de pessoas que utilizam os automóveis particulares e os ônibus municipais, bem como, a frota utilizada para locomoção dessas pessoas.

Tabela 2 – Quantidade de pessoas e veículos circulantes na Cidade de São Paulo

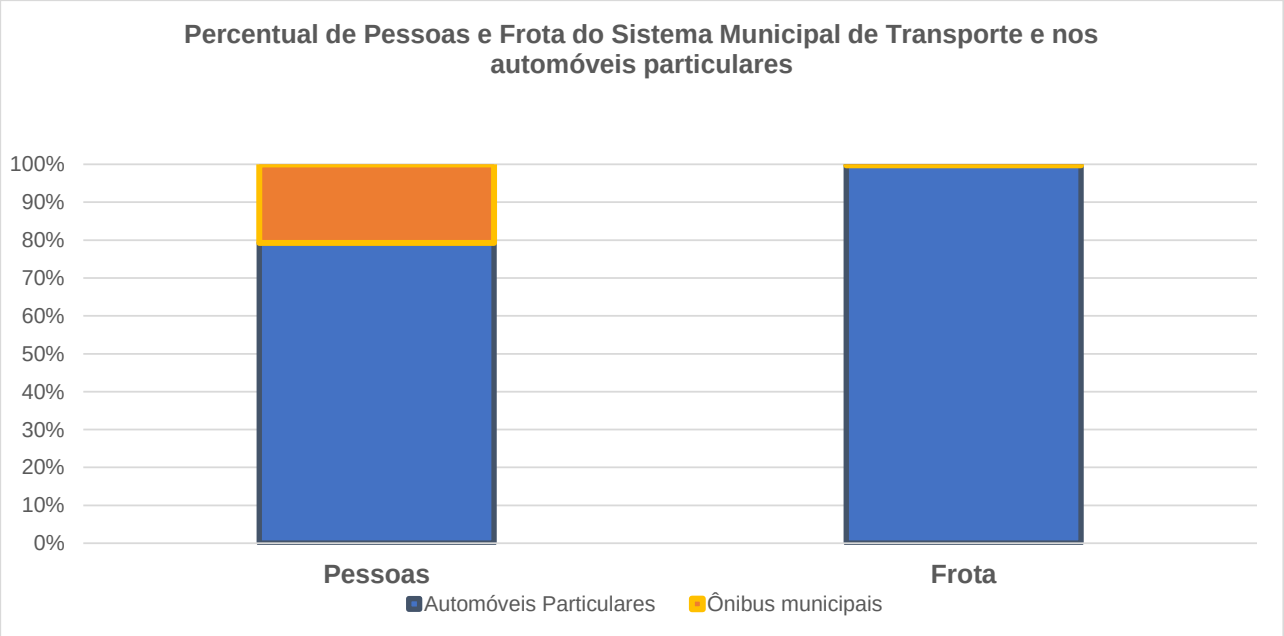
Tipo de transporte	Pessoas	Frota
Automóveis Particulares	9.960.000	6.000.000
Ônibus municipais	2.610.000	13.943

Fonte: CET-SP, 2022, adaptada pelo autor

Os dados demonstram que apesar do Sistema de Transporte Municipal representar 21% da população que se locomove na Cidade, o percentual da frota é de, apenas, 0,2%, conforme demonstrado no gráfico a seguir. Nessa mesma linha, o Summit Mobilidade 2022 informou que, segundo o Inventário de Emissões Atmosféricas do Transporte Rodoviário de Passageiros no Município de São Paulo, os automóveis são responsáveis por 72,6%

das emissões de gases do efeito estufa, entretanto, realizam aproximadamente 30% das viagens da população.

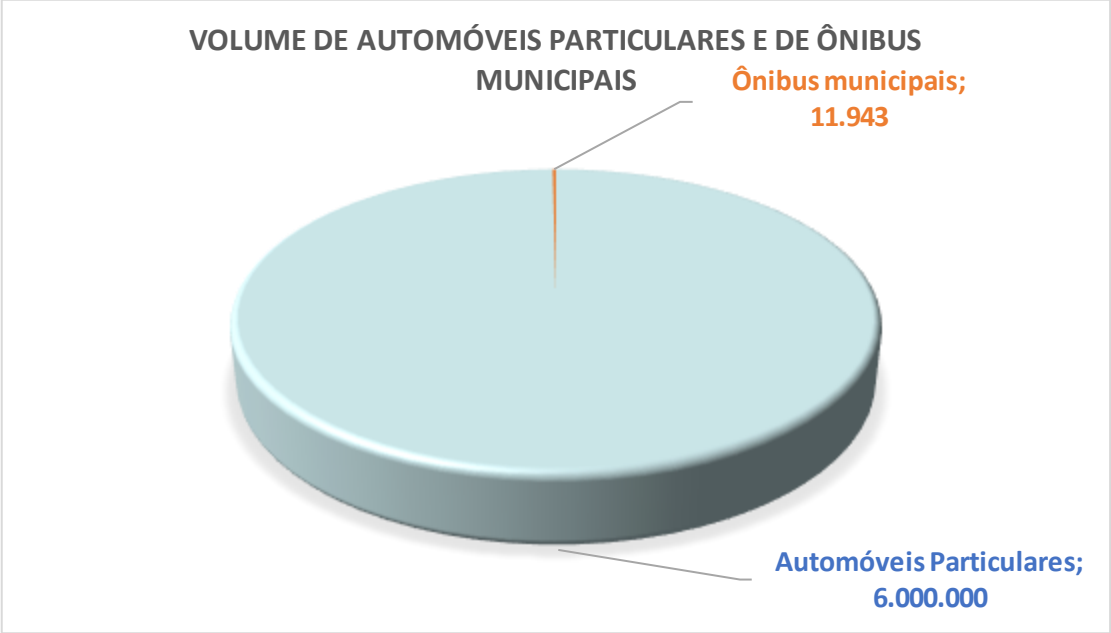
Figura 12 - Percentual de pessoas e frota de veículos circulantes na Cidade de São Paulo



Fonte: Elaborado pelo autor, com base nos dados da CET-SP, 2022

Assim, associando as informações disponibilizadas pela CET-SP de frota operacional dos ônibus e veículos em circulação na cidade, pode-se concluir que para cada ônibus municipal, há 502 automóveis particulares, conforme demonstrado na figura a seguir.

Figura 133 – Quantidade de ônibus municipais e veículos automotores em circulação na cidade de São Paulo



Fonte: CET-SP, 2022, adaptado pelo autor

De acordo com Barcellos (2014 et Jacobi e Macedo, 2000), a pesquisa InformEstado revelou que os congestionamentos foram considerados o segundo pior problema da Cidade de São Paulo e que 40% da população precisa de mais de duas horas para se locomover entre sua residência e o seu local de trabalho, e vice-versa. De acordo com o Mapa da Desigualdade (2021), elaborado pela rede Nossa São Paulo, 18,1% da população residente em São Paulo pode acessar a uma estação da rede de alta capacidade (Trem, Metrô-SP e Monotrilho).

Barcellos (2014 apud Jacobi e Macedo, 2000) destacaram que além de boa parte da população gastar mais de duas horas em seus deslocamentos diários, congestionamentos de mais de 100 quilômetros estavam cada vez mais frequentes na Cidade. Já o Boletim Diário de Mobilidade e Transportes Covid-19, com base em abril/2022, demonstra que os congestionamentos acima de 150 quilômetros de retenção estão se tornando comuns em São Paulo. Assim podemos entender que no o intervalo de 20 anos entre uma publicação e outra o índice de congestionamento na cidade aumentou em torno de 50%.

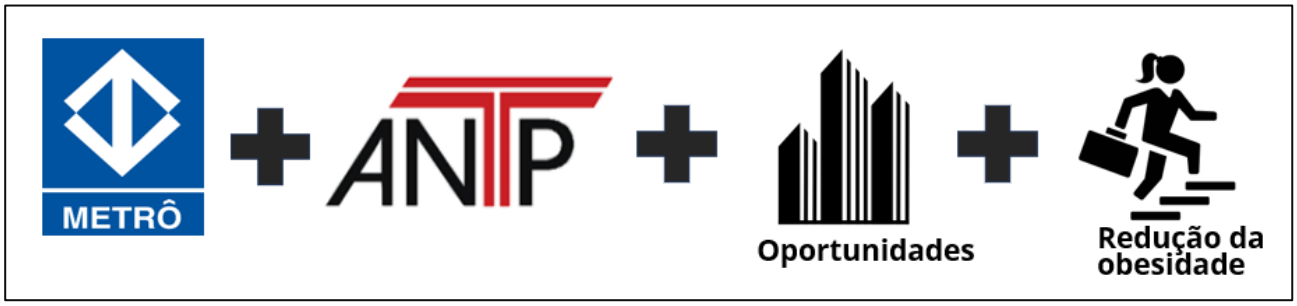
O aumento do congestionamento tem impacto direto na qualidade e no custo do transporte coletivo, conforme mencionado por Barcellos (2014), a seguir:

> O impacto dos congestionamentos na frota de ônibus faz aumentar a necessidade do número de veículos em operação para realizar o mesmo número de viagens, em determinado período de tempo. Este aumento de frota também se reflete nos custos operacionais e diretamente nas tarifas pagas pelos usuários, que são penalizados pelos congestionamentos causados pelos automóveis (BARCELLOS, 2014, apud IPEA; ANTP, 1999,)

5. MODELO PROPOSTO

Com base nos estudos disponibilizados sugere-se que a Prefeitura de São Paulo, através da Secretaria de Mobilidade e Trânsito, da Secretaria Executiva de Transportes e da SPTrans, utilizar como referência a estimativa de valoração do benefício social realizada pelo Metrô-SP, que faz a simulação da demanda em 4 etapas, com o complemento de aspectos levantados pela ANTP, além de propostas de inclusão da acessibilidade a oportunidades e redução da obesidade, conforme sintetizado na imagem a seguir:

Figura 144 – Modelo proposto de estimativa de valoração dos benefícios socioeconômicos do transporte coletivo por ônibus



Fonte: Autor, 2023

A tabela a seguir demonstra os valores estimados do benefício social do Metrô de São Paulo, com a inclusão dos valores unitários e o percentual em relação ao total. Observa-se que 61% do valor do benefício é obtido pela redução do tempo de viagem dos cidadãos,

sendo este atributo o de maior valor na estimativa, seguido pela redução do custo operacional dos demais modos de transporte, com 20% e pela redução do consumo do combustível, com 14%. Nota-se também que, o valor monetário da redução das emissões atmosféricas, redução dos acidentes e a redução dos custos de manutenção e operação das vias, somados não chegam a 5% do valor total.

Figura 15 – Benefícios Sociais do Metro-SP

Benefícios sociais do Metrô (valores de 2021)		Unidades	Quantidades (mil)	R$ (milhões)	Valor unitário	% em relação ao benefício Total
Redução dos custos de manutenção e operação de vias		**-**	**-**	**90,16**	**-**	**1%**
Redução de acidentes		**acidentes/ano**	**3**	**97,77**	**32.590,00**	**1%**
Redução das emissões atmosféricas	**Total**	**toneladas/ano**	**577**	**203,04**	**351,89**	**2%**
	Poluentes (CO, COV, NOX, MP e SOX)	toneladas/ano	5	33,46	6.692,00	0%
	Gases do efeito estufa (CO2)	toneladas/ano	572	169,58	296,47	2%
Redução do consumo de combustível	**Total**	**litros/ano**	**258.957**	**1.216,46**	**4,70**	**14%**
	Diesel	litros/ano	118.325	524,41	4,43	6%
	Gasolina	litros/ano	77.715	426,96	5,49	5%
	Etanol	litros/ano	62.917	261,08	4,15	3%
Redução do custo operacional	**Total**	**km/ano**	**1.129.588**	**1.721,85**	**1,52**	**20%**
	Ônibus	km/ano	186.537	437,83	2,35	5%
	Automóveis	km/ano	764.735	251,18	0,33	3%
	Motocicletas	km/ano	178.316	32,84	0,18	0%
Redução dos tempos de viagem	**Total**	**horas/ano**	**359.600**	**5.222,72**	**14,52**	**61%**
	Ônibus	horas/ano	235.785	2.827,52	11,99	33%
	Automóveis	horas/ano	121.682	2.369,64	19,47	28%
	Motocicletas	horas/ano	2.132	25,57	11,99	0%
Total				**8.552,00**		**100%**

Fonte: Metro-SP, 2022, adaptada pelo autor

A seguir, será exposta a metodologia adotada pelo Metrô para cada atributo e a proposta de aplicação ao Sistema Municipal de Transporte.

5.1 Redução dos custos de manutenção e operação de vias

A manutenção foi estimada através de relação que associa o custo da construção da via e a frequência de ônibus no viário. Em relação à operação das vias, o Metrô-SP informa que foram utilizados como parâmetro os dados disponíveis no Balanço Patrimonial da CET. Verifica-se que foram gastos R$ 782.843.000,00 no item Custos dos Serviços Prestados, no ano de 2021 (imagem abaixo). Assim, sabendo-se a quantidade de quilometragem adicional rodada pelos veículos podemos encontrar o valor monetário estimado que será adicionado para manutenção das vias da Cidade.

Figura 16 - Demonstrativo de Resultados do Exercício – DRE do ano de 2021

CNPJ 47.902.648/0001-17

CET - DEMONSTRAÇÃO DO RESULTADO PARA OS EXERCÍCIOS FINDOS EM 31 DE DEZEMBRO DE 2021 E 2020
(Em R$ Mil)

	Notas	2021	2020
RECEITA OPERACIONAL BRUTA			
Serviços de Engenharia de Tráfego		1 055 458	965 180
Exploração de Estacionamento Zona Azul		-	51 265
Eventos Diversos		17 059	14 938
Estacionamentos		-	386
Caçambas/Cartão Morador		18	-
		1.072.535	**1.031.769**
IMPOSTOS E CONTRIBUIÇÕES		**(100.112)**	**(101.479)**
RECEITA OPERACIONAL LÍQUIDA		**972.423**	**930.290**
CUSTOS DOS SERVIÇOS PRESTADOS	16	**(782.843)**	**(741.549)**
RESULTADO OPERACIONAL BRUTO		**189.580**	**188.741**
RECEITAS / (DESPESAS) OPERACIONAIS		**(160.435)**	**(139.917)**
Pessoal e Encargos	18	(120 218)	(146 943)
Honorários da Administração		(1.232)	(1 292)
Gerais e Administrativas	17	(78 181)	(69 038)
Outras Receitas Operacionais	19	39 196	77 356
RESULTADO ANTES DAS RECEITAS E DESPESAS FINANCEIRAS		**29.145**	**48.824**
Despesas Financeiras		(696)	(793)
Receitas Financeiras		2 010	1 501
OUTRAS RECEITAS / DESPESAS			
Vendas de Imobilizado		4 088	-
RESULTADO ANTES DOS TRIBUTOS		**34.545**	**49.532**
IMPOSTO DE RENDA		(2 601)	(2.917)
CONTRIBUIÇÃO SOCIAL		(956)	(1073)
LUCRO LÍQUIDO DO EXERCÍCIO		**30.988**	**45.542**
LUCRO LÍQUIDO POR AÇÃO - R$ MIL		**0,000293**	**0,000431**

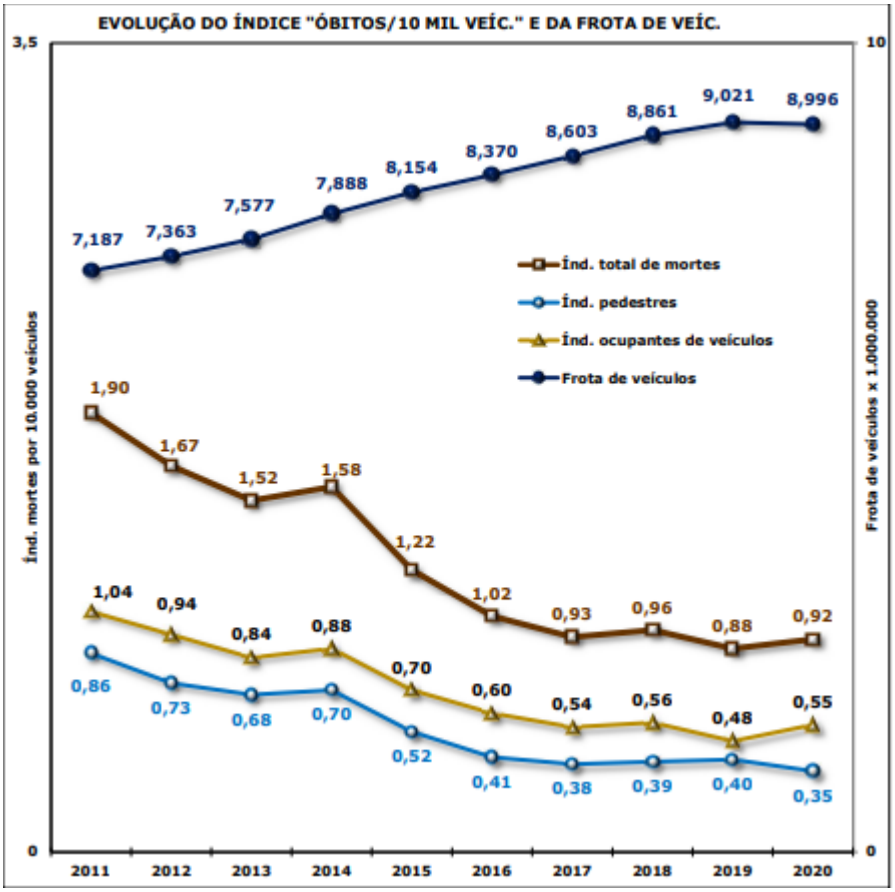
Fonte: CET-SP, 2022

5.2 Redução de Sinistros (Acidentes) de trânsito

O Metrô-SP informou que a estimativa de aumento dos valores de acidentes é extraída do Relatório Anual de Sinistros de Trânsito, publicado pela CET-SP, associando ao custo por

tipo de acidentes informado pelo IPEA, no relatório “Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas”. No Relatório Anual de Sinistros de Trânsito, publicado pela CET-SP, é disponibilizado o índice de acidente a cada 10 mil veículos por ano. Assim, sabendo-se a estimativa de aumento de veículos, é possível encontrar a quantidade de acidentes que podem ser ocasionados em São Paulo caso o Sistema de Transporte Público deixe de operar.

Figura 17 – Evolução do Índice de óbitos a cada 10.000 veículos e frota deve veículos



Fonte: CET-SP, 2022

O Instituto de Pesquisa Economia Aplicada – IPEA emitiu relatório com a estimativa de custo por tipo de sinistros, considerando as grandes aglomerações brasileiras. A avaliação

considera três componentes principais de custos: componentes associados (i) às pessoas, (ii) aos veículos e (iii) às instituições, sendo que o custo total do sinistro deve conter a somatória dos valores dos três componentes.

As imagens abaixo demonstram a estimativa de custo por componente e gravidade. É possível observar, que uma morte no trânsito envolvendo automóvel tem um custo à sociedade de R$ 433.286,70 relacionado às pessoas, R$ 19.323,91 relacionados aos veículos e de R$ 653,06 relacionado às instituições, totalizando R$ 453.263,67.

Figura 18 -Custo médio do componente relacionado às pessoas de acordo com a gravidade do acidente (sinistro)

Custos médios por componente elementar de custos segundo a gravidade do acidentes (dez.2014)

Em R$
Componente de custos associados às pessoas

		Acidentes		
		Sem vítimas	Com vítimas	Com fatalidade
Ilesas	Pré-hospitalares	4,42	414,44	0,00
	Hospitalares	625,60	675,59	68,57
	Pós-hospitalares	40,59	0,00	352,78
	Perda de Produção	415,53	3.020,57	1.418,60
	Remoção	-	-	-
	Total	1.086,14	4.110,60	1.839,95
Feridos leves	Pré-hospitalares	0,00	759,18	3.488,81
	Hospitalares	620,62	5.661,76	1.969,46
	Pós-hospitalares	0,00	208,50	1.528,73
	Perda de Produção	5.835,71	1.840,00	1.648,76
	Remoção	-		
	Total	6.456,33	8.469,44	8.635,76
Feridos graves	Pré-hospitalares	1.707,32	1.111,73	1.032,95
	Hospitalares	18.069,70	72.855,40	56.862,42
	Pós-hospitalares	160,13	3.150,21	5.498,02
	Perda de Produção	2.483,92	47.797,94	77.113,46
	Remoção	-	218,64	649,12
	Total	22.421,07	125.133,92	141.155,97
Mortos	Pré-hospitalares	-	0,00	86,28
	Hospitalares	-	0,00	143,19
	Pós-hospitalares	-	0,00	0,00
	Perda de Produção	-	335.172,20	432.557,99
	Remoção	199,28	-	499,24
	Total	199,28	335.172,20	433.286,70

Nota: Mesmo as vítimas de acidentes classificadas como ilesas podem incorrer em custos como atendimento hospitalar ou perda de produção no caso de afastamento do trabalho em situações específicas, além de diversas outras possibilidades, inclusive situações de falecimento posterior à classificação do agente.

Fonte: Ipea, 2020

Figura 19 - Custo médio do componente relacionado aos veículos e às instituições de acordo com a gravidade do acidente

Componentes de custos associados aos veículos

		Acidentes		
		Sem vítimas	Com vítimas	Com fatalidade
Automóveis	Remoção/pátio	193,22	168,10	743,60
	Danos materiais	6.965,90	11.958,72	18.580,31
	Perda de carga	0,00	0,00	0,00
	Total	7.159,12	12.126,82	19.323,91
Motocicletas	Remoção/pátio	51,59	145,28	181,09
	Danos materiais	2.421,61	2.595,74	4.088,74
	Total	2.473,21	2.741,02	4.269,83
Bicicletas	Remoção/pátio	-	0,00	0,00
	Danos materiais	-	168,74	124,10
	Total	-	168,74	124,10
Utilitários	Remoção/pátio	110,76	162,96	127,14
	Danos materiais	10.396,71	19.846,39	34.861,81
	Perda de carga	62,29	231,03	102,51
	Total	10.569,76	20.240,38	35.091,47
Caminhões	Remoção/pátio	178,33	351,53	461,89
	Danos materiais	18.805,75	57.009,43	41.718,38
	Perda de carga	3.329,84	8.295,05	5.645,19
	Total	22.313,92	65.656,00	47.825,45
Ônibus	Remoção/pátio	64,39	218,46	522,97
	Danos materiais	16.004,91	10.318,39	20.163,12
	Total	16.069,30	10.536,86	20.686,09
Outros	Remoção/pátio	88,52	177,05	1.403,74
	Danos materiais	10.218,84	79.931,58	52.522,13
	Perda de carga	0,00	0,00	27.283,43
	Total	10.307,36	80.108,63	81.209,29

Componentes de custos institucionais e danos patrimoniais

		Acidentes		
		Sem vítimas	Com vítimas	Com fatalidade
Custos institucionais e danos patrimoniais	Atendimento	151,94	238,22	342,96
	Danos patrimoniais	301,41	100,11	310,10
	Total	453,35	338,33	653,06

Fonte: Ipea, 2020

A última atualização dos valores realizada pelo IPEA ocorreu em 2014, portanto, se faz necessário corrigir com o índice de inflação para o período. De acordo com a calculadora do IBGE, que utiliza o Índice Nacional de Preços ao Consumidor – IPCA, indicador oficial da inflação brasileira, o valor atualizado, em 2021, seria de R$ 668.601,84 à sociedade de cada sinistro fatal ocorrido com automóvel nas aglomerações brasileiras.

Figura 20 - Atualização do custo de acordo com o IPCA (calculadora do IBGE)

Fonte: IBGE, 2022

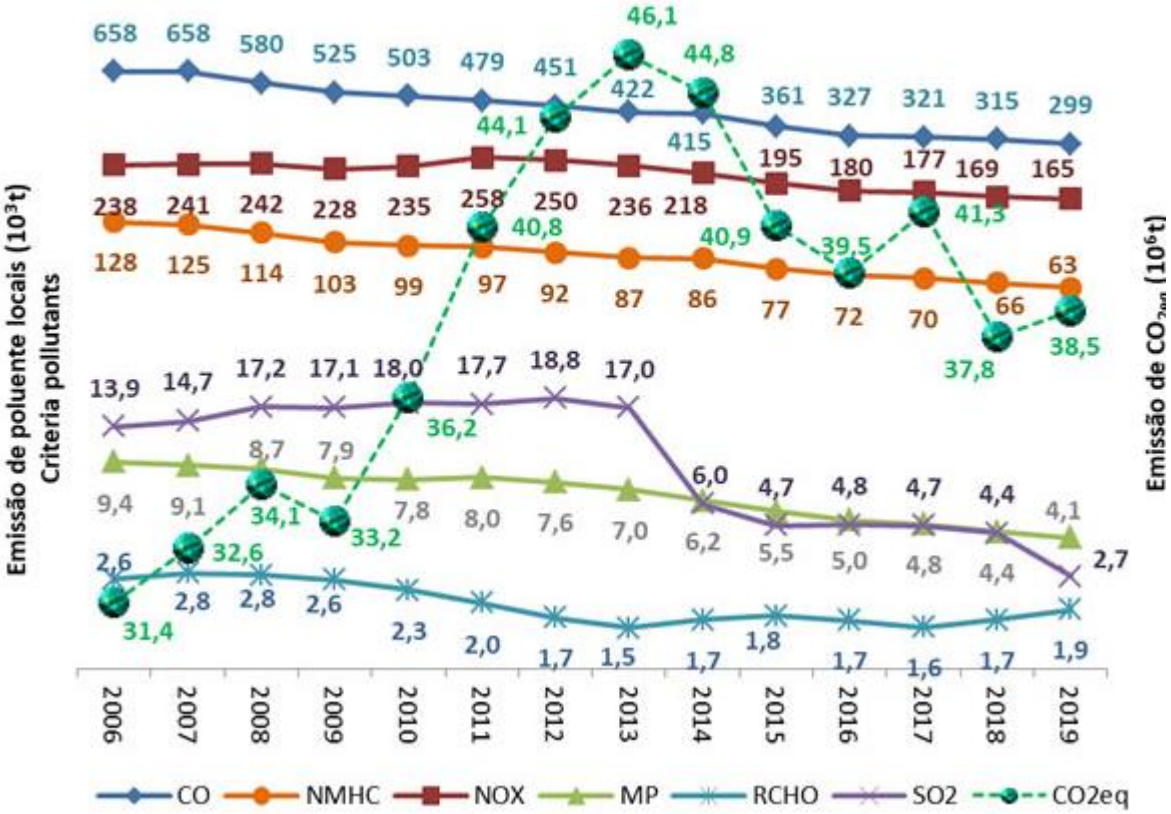
5.3 Redução de emissões atmosféricas

De acordo com Summit Mobilidade 2022, o Metrô-SP informa que os valores monetários estimados das emissões atmosféricas relativos à frota circulante são extraídos do site da CETESB e ajustados pela função EMEP/EEA Guidebook 2019, tendo referência a emissão média por tipo de veículo e de combustível e velocidade por modos.

A Cetesb publicou o inventário anual de emissões de poluentes no Estado de São Paulo. De acordo com a companhia, em 2019, para uma frota de aproximadamente 15,4 milhões

de veículos, sendo 560 mil ônibus e caminhões, 1,9 milhões de caminhões comerciais leves, 10,4 milhões de automóveis e 2,5 milhões de motocicletas, obteve resultados de “299 mil toneladas de CO, 63 mil toneladas de COV (NMHC), 165 mil toneladas de NOx, 4,1 mil toneladas de MP e 2,7 mil toneladas de SO2, todos poluentes tóxicos.” O gráfico a seguir, demonstra a evolução da emissão dos gases do efeito estufa a partir de 2006.

Figura 21 - Evolução dos gases do efeito estufa



Fonte: Cetesb, 2020

Assim, com a estimativa do aumento de automóveis nas ruas, é possível fazer a projeção de quanto a mais seria emitido de poluente caso o Sistema de Transporte Público Municipal não operasse.

Em relação à valoração monetária o Metrô-SP informa que os custos de poluentes em dólares por tonelada foram obtidos em “estudos internacionais” e posteriormente transformados em R$/toneladas. Em análise à tabela disponibilizada pelo Metrô-SP chega-

se à conclusão de que, para cada tonelada de poluentes (CO, COV, NOX, MP e SOX) que deixaram de serem emitidos há um valor de R$ 6.692,00 para a sociedade e para cada tonelada de Gases do Efeito Estufa (CO2), o valor foi de R$ 296,47

5.4 Redução do consumo de combustível

Segundo o Metrô-SP, para estimativa do benefício gerado em relação ao consumo do combustível, foram utilizadas as quilometragens e tempos de viagens adicionais obtidas através do modelo de simulação de demanda em 4 etapas e na autonomia dos veículos que compõem a frota circulante.

O valor do litro consumido pode ser identificado no site da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível, onde são publicados os dados abertos dos preços de venda dos combustíveis por posto de país. Assim, é possível verificar no município de São Paulo qual foi o valor médio por litro de combustível, e aplicar ao consumo médio por tipo veículo que seria incluído na cidade caso o Sistema Municipal de Transporte não operasse.

Tabela 3 – Valor médio de revende de combustível no município de São Paulo

VALOR MÉDIO DE REVENDA DE COMBUSTÍVEL NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

Média de Valor de Venda	mês						
Combustível	**jan**	**fev**	**mar**	**abr**	**mai**	**jun**	**Total Geral**
DIESEL	5,37	5,50	6,17	6,43	6,61	6,96	6,25
DIESEL S10	5,54	5,63	6,34	6,68	6,86	7,19	6,43
ETANOL	4,90	4,59	4,67	5,17	5,07	4,63	4,84
GASOLINA	6,41	6,39	6,74	7,02	6,99	6,88	6,76
GASOLINA ADITIVADA	6,71	6,69	7,04	7,29	7,28	7,14	7,05
GNV	4,37	4,37	4,82	4,97	4,97	5,57	4,89
Total Geral	**5,82**	**5,75**	**6,12**	**6,46**	**6,47**	**6,40**	**6,20**

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível, 2022 – Adaptada pelo autor

5.5 Redução dos custos operacionais

O Metrô-SP informou que o custo operacional foi calculado com base no valor de um veículo médio da frota circulante e nos demais valores para se manter o veículo. Chagas, Zinetti e Bueno, 2018, no trabalho “Análise de utilização: Veículo Próprio, Locado ou aplicativo Uber” informam que o custo fixo mensal de um veículo na Cidade de São Paulo é de R$ 1.205,35

e mais R$ 0,32 para cada quilômetro percorrido. Assim, atualizando os valores para 2021, com base na calculadora do IPCA, disponível no site do IBGE, encontramos que o custo fixo mensal do automóvel próprio é de R$ 1.448,43 e de R$ 0,38 por quilômetro.

5.6 Redução dos tempos de viagem

Foi utilizado pelo Metrô-SP a estimativa do aumento do tempo de viagens após os resultados da simulação de demanda em 4 etapas, verificando a diferença nos tempos de viagens e o valor da hora os dados obtidos pela pesquisa OD 2017.

Assim, na tabela dos benefícios sociais gerados pelo Metrô, encontramos o valor da hora das pessoas que utilizam os ônibus de R$ 11,99, dos automóveis de R$ 19,47 e as motocicletas de R$ 11,99, tendo como média de R$ 14,52. Atualizando esses valores para 2021, pela calculadora do IPCA disponível no site do IBGE, encontramos a hora média das pessoas que se locomovem em São Paulo de R$ 17,45.

5.7 Redução de problemas com saúde

O Metrô-SP não considera a redução com problemas de saúde no cálculo dos benefícios sociais de sua operação. Entretanto, a ANTP sugere no “Estudo do custo das externalidades negativas da mobilidade das pessoas nos vários modos de transporte do Brasil” que a ruído componha o cálculo, haja vista os impactos na saúde da população, devido à má qualidade do sono, ao aumento de hipertensão e à perda de produtividade da população, sendo este último fator, ainda com potencial de aumento de acidentes de trabalho pela falta de concentração.

A ANTP (2012) também informa que, apesar de que o fator “ruído” seja um agravante de alta percepção pela população é de difícil aplicabilidade, necessitando de dados ainda indisponíveis no Brasil. Assim, a sugestão da ANTP é da conversão dos valores estimados no continente europeu, considerando as ressalvas descritas no estudo do Departamento de Meio Ambiente, Alimentação e Assuntos Rurais do Reino Unido. Assim, a ANTP informa que as condições de pressões sonoras no Brasil são semelhantes à situação da Espanha, conforme demonstrado na tabela a seguir.

Tabela 4 – Níveis de pressão sonora medidos

Paises	Cidades	Data	Niveis de pressão sonora medidos
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 68,60 e 78,90 dB(A)
Polônia	Cracóvia	1995	entre 54 e 65 dB(A)
Brasil	Rio de Janeiro (Copacabanda)/RJ	1991	entre 72 e 82,5 dB(A)
	Belho 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/RS	1998	entre 68,9 e 80,2 dB(A)

Fonte: ANTP 2015, apud Nunes 1999

Para a valoração do ruído a ANTP, 2015, utilizou a metodologia apresentada no trabalho *"Update of Handbook on External Cost of Transport*", elaborado pela consultoria de Meio Ambiente, Estratégica e de Engenharia - RICARDO-AEA (2014), onde são aplicadas premissas de volume e tipo de tráfego, velocidade média e densidade habitacional, conforme demonstrado na imagem a seguir.

Tabela 5 –Premissas para classificação do impacto do ruído

Tipo de área	Período	Densidado do tráfego	Volume do tráfego	Participação de veículos pesados	Velocidade média	Distância da via	Densidade de ocupação	Densidade habitacional
Rural	Diurno	Leve	2400	15,00%	120	100	10,00%	500
		Denso	6900	15,00%	120	100	10,00%	500
	Noturno	Leve	2400	15,00%	120	100	10,00%	500
		Denso	6900	15,00%	120	100	10,00%	500
Suburbano	Diurno	Leve	1200	10,00%	80	20	50,00%	700
		Denso	4800	10,00%	80	20	50,00%	700
	Noturno	Leve	1200	10,00%	80	20	50,00%	700
		Denso	4800	10,00%	80	20	50,00%	700
Urbano	Diurno	Leve	800	5,00%	40	10	100,00%	3000
		Denso	2650	5,00%	40	10	100,00%	3000
	Noturno	Leve	800	5,00%	40	10	100,00%	3000
		Denso	2650	5,00%	40	10	100,00%	3000

Fonte: ANTP, 2015, apud RICARDO AEA, 2014

Em seguida os resultados do trabalho foram atualizados pelo índice de inflação europeu HICP (em português, Índice Harmonizado de Preços ao Consumidor) e transferido para

dólares com base na Paridade do Poder de Compra, para depois, ser convertido para moeda brasileira, no ano de 2013.

A imagem a seguir, demonstra o custo do ruído no Brasil, considerando o índice de 1.000 veículos por quilômetro.

Tabela 6 –Custo do ruído – R$ por 1.000 veículos por quilômetro

Custo do Ruído, R$ per 1000 vkm					2013
Modo	Período	Tipo de tráfego	Densidade populacional		
			3000 / Km	700 / Km	500 / Km
Automóvel	Diurno	Denso	21,22	1,18	0,24
		Leve	51,63	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	1,41
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: ANTP, 2015 – apud RICARDO – AEA, 2014

Assim, apesar da maior complexidade de aplicação do custo do ruído, é possível utilizar as referências do estudo fornecido pela ANTP, após a atualização monetária, associando aos resultados da simulação em 4 etapas para a hipótese de o Sistema Municipal de Transporte não operar.

5.8 Aumento das barreiras e exclusão social

Segundo GRAÇA (2019 apud LOJKINE, 1981), há dois tipos de segregação para o acesso às oportunidades em uma cidade sob o modelo econômico capitalista: (i) segregação social, que é dada em função da renda, e (ii) segregação espacial, que é decorrente das características de zoneamento entre o centro e a periferia da cidade. Da maneira em que as cidades se modificam afeta as condições de renda da população que nela vivem. De

acordo com GRAÇA (2019, apud HARVEY 1980), há uma relação entre os meios de produção e a acessibilidade da população, na qual se é dado o preço de um recurso de acordo com sua localização ou acessibilidade e na medida que estas condições se alteram, o seu valor também é alterado.

Por isso, é importante que para a estimativa de valoração dos benefícios sociais do Sistema Municipal do Transporte considere também a dificuldade de acessibilidade que irá gerar para à população, principalmente aos que já possuem maiores distância da área de empregos, gastam mais tempo do seu dia para realização de suas viagens e possuem menores rendas. Apesar da dificuldade de estabelecer uma metodologia de mensuração monetária, essa falta de acessibilidade ou até exclusão social que seria gerada, poderia ser considerada com fatores diretos e indiretos, sendo os diretos a perda da produtividade da população das áreas periféricas e os indiretos o potencial aumento de evasão escolar, aumento dos índices de criminalidade, dificuldades para acesso ao sistema de saúde e etc.

5.9 Aumento da obesidade

De acordo com o Dr. Paulo Saldiva, na sua obra "Vida Urbana e Saúde, os desafios dos habitantes das metrópoles" (2018) relata que as pessoas que fazem uso do transporte público tem menos tendência de ser obesas devido ao fato de caminhar até um ponto de ônibus e após desembarcarem dos veículos, caminharem até o local de trabalho e posteriormente fazerem o trajeto inverso para retornarem aos seus lares. Esse trajeto quando se do transporte coletivo, faz com que as pessoas realizem em média de 5 a 6 mil passos a mais do que nos dias que não utilizam o transporte. Essas pequenas caminhadas equivalem a, aproximadamente, 300 calorias por dia em um adulto, o que proporciona a perda de um quilo por mês, quando se utiliza o transporte diariamente.

Além da perda de peso, que traz benefícios para a redução de doenças cardiovasculares e diabetes, o Dr. Paulo Saldiva (2018) ressalta a importância da caminhada para a musculatura e resistência dos ossos, que são fatores preponderantes para a manutenção da autonomia quando se está em idade avançada.

De acordo com Bahia (2012) no estudo "Os custos das doenças relacionadas ao sobrepeso e à obesidade no sistema público de saúde brasileiro: estudo transversal" os custos totais estimados no período de um ano, relacionados a todas as doenças decorrentes do excesso de peso e da obesidade, alcançam a cifra de US$ 2,1 bilhões. Dentre esse montante,

destaca-se uma quantia de US$ 1,4 bilhão (correspondente a 68,4% do custo total) associada às hospitalizações, enquanto os procedimentos ambulatoriais representam um dispêndio de 679 milhões de dólares. Notavelmente, cerca de 10% destes gastos podem ser diretamente atribuídos aos problemas de sobrepeso e obesidade.

Essa pesquisa corrobora de maneira inequívoca que a problemática do excesso de peso e obesidade impõe um substancial ônus econômico tanto ao sistema de saúde brasileiro quanto à sociedade em geral.

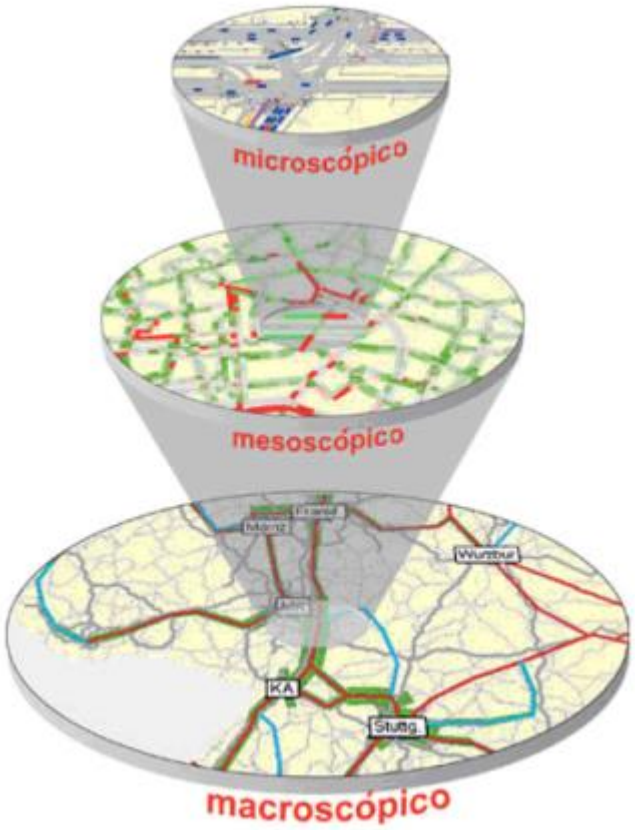
5.10 Simulação de demanda de transportes em 4 etapas

Segundo COELHO e SILVA (2019) simulação de tráfego proporciona a criação de modelos computacionais que representam a situação do real do tráfego, possibilitando sua avaliação e proposição de diferentes alternativas, podendo ser definida como um ensaio realizado com auxílio de modelos, especialmente, computacionais, referentes a processos ou objetos concretos que não podem ser submetidos a experimentação direta COELHO e SILVA (2019, apud VILARINHO, 2008). O modelo de simulação permite avaliar e aperfeiçoar as operações de sistemas de transportes, sendo as principais vantagens de sua utilização:

- Otimizar o processo de tomada de decisão;
- Melhorar os projetos futuros;
- Analisar as diferentes alternativas;
- Minimizar as interrupções no tráfego; e,
- Gerenciar a capacidade das vias existentes.

Segundo COELHO e SILVA (2019) pode-se agrupar as simulações em três níveis de categorias diferentes, de acordo o nível de detalhamento, escala temporal e representação no processo que se deseja encontrar. Conforme descrito por COELHO e SILVA (2019, apud FHWA 2004a), as simulações são dividias em níveis macroscópio, mesoscópio e microscópio, conforme demonstrado figura a seguir:

Figura 22 - Níveis de detalhamento dos modelos de simulação



Fonte: COELHO e SILVA (2019, apud FHWA 2004a)

5.10.1 Nível Macroscópio

De acordo com COELHO e SILVA, 2019 (Apud FHWA 2004a), as simulações macroscópicas são baseadas nas relações determinísticas entre velocidade, fluxo e densidade de tráfego. Essas simulações ocorrem seção por seção, não rastreando veículos individualmente, mas considerando grupos de veículos e simulando o fluxo em intervalos de tempo curtos. Segundo Maia (2007), nesses modelos, a velocidade média do fluxo de veículos é representada por uma função analítica da relação entre fluxo e densidade, que é específica para cada segmento da rede. Essa velocidade média é mantida constante ao longo de todo o segmento, sem levar em consideração a variabilidade das velocidades individuais dos veículos que compõem o fluxo.

Ainda segundo COELHO e SILVA (2019, Apud MAIA 2007), os modelos com nível de detalhamento macroscópico possuem uma abordagem estática, o que os torna limitados para lidar com alterações nas condições de tráfego em curtos períodos de tempo. Essa limitação impede que esses modelos diferenciem faixas de rolamento e caracterizem interseções semaforizadas ou não.

No entanto, os modelos macroscópicos apresentam vantagens computacionais, como maior velocidade de execução e menor espaço de armazenamento necessário. Além disso, eles exigem menos recursos computacionais em comparação aos modelos microscópicos (COELHO e SILVA, 2019, Apud PORTUGAL, 2005).

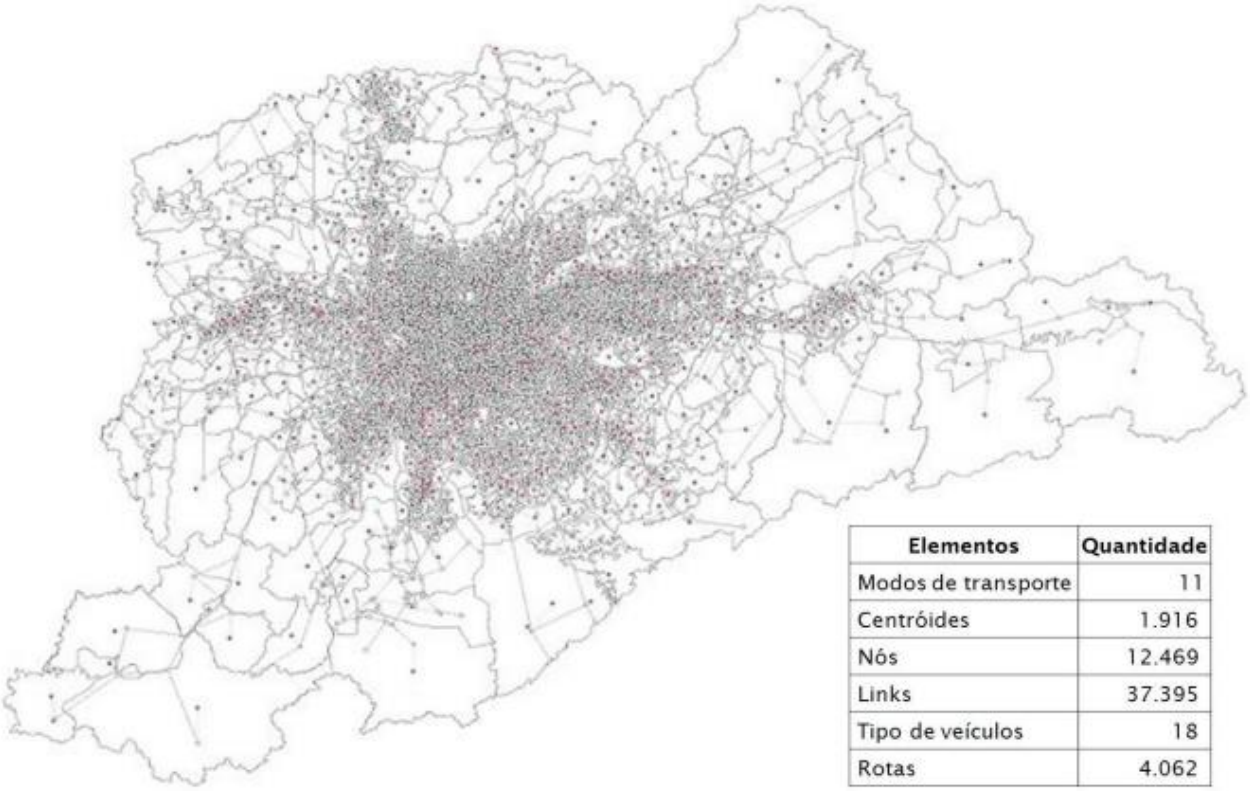
FLORES e ALENCAR (2012, Apud CARDOSO, 2005) descrevem que a simulação clássica de demanda busca um modelo matemático que represente a produção e a atração das viagens motorizadas, considerando as diversas variáveis socioeconômicas.

Para realização da simulação de demanda em quatro etapas é necessário, primeiramente, delimitar previamente a área a ser modelada em zonas de tráfego, que posteriormente serão representadas por um ponto na rede, que é denominado centroide, que tem a função de agregar a produção e atração de viagens das respectivas zonas. São estimadas somente as viagens interzonais, o que torna primordial a representação da rede na menor delimitação possível.

A rede viária do sistema de transporte é demonstrada através de uma rede de nós e ligações (links), as quais, contém as regras de circulação (ligações unidirecionais ou bidirecionais, proibições ou penalidade de conversões).

Além disso, no modelo de simulação também é demonstrado quais modos de transporte que podem percorrer cada ligação, sendo estes individuais (auto, táxi e etc.) ou coletivo (ônibus, metrô, trem e etc.). Também são representadas as rotas do transporte público (*transit line*), com as principais características que interferem na escolha pelo modo de transporte, como oferta de lugares, velocidade comercial e intervalos entre ônibus, trens e metrôs.

Figura 23 - Rede de Transporte da Região Metropolitana de São Paulo no modelo de simulação de demanda em quatro etapas



Elementos	Quantidade
Modos de transporte	11
Centróides	1.916
Nós	12.469
Links	37.395
Tipo de veículos	18
Rotas	4.062

Fonte: FLORES e ALENCAR, 2012

O processo de simulação de demanda em quatro etapas interligadas, sendo elas:

Etapa 1) Geração de Viagens: é realizada a estimativa das quantidades de viagens produzidas e atraídas em cada zona de tráfego;

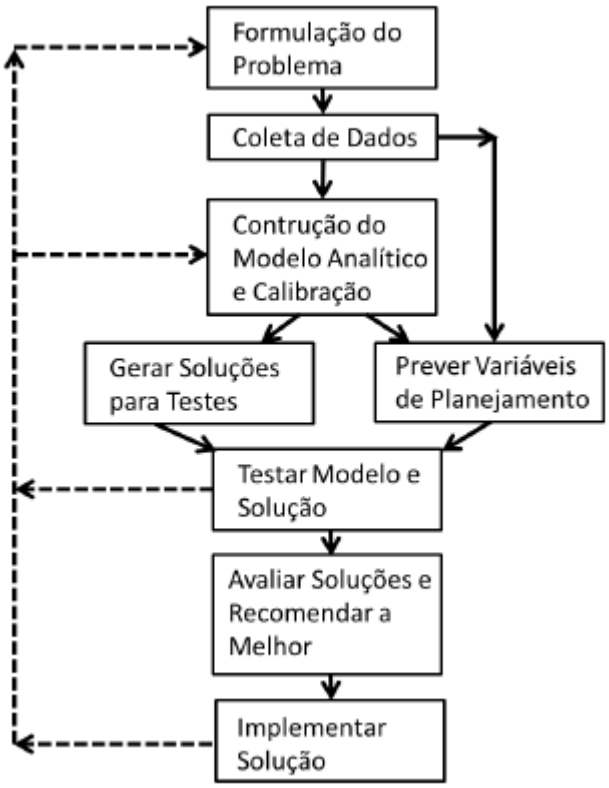
Etapa 2) Distribuição de viagens: o modelo determina os intercâmbios de viagens e os deslocamentos entre as zonas de tráfego;

Etapa 3) Divisão modal: é selecionado o modo de transporte a ser optado para cada viagem estimada, sendo individual ou coletivo; e,

Etapa 4) É representada a escolha do caminho, de acordo com o modo, entre os pares de zonas de tráfego.

De acordo com BARBIERI e ARBEX (2020 apud ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011) o modelo tradicional de simulação de demanda em quatro etapas é composto por uma sequência de submodelos, conforme demonstrado no diagrama a seguir.

Figura 24 - Estrutura de tomada de decisão no processo de planejamento de transportes.



Fonte: BARBIERI e ARBEX (2020 apud ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011)

5.10.2 Nível Microscópio

As simulações microscópicas operam considerando os movimentos individuais de cada veículo (FLORES E SILVA, 2019, Apud FHWA, 2004a). Conforme explicado por VILARINHO (2008), os modelos microscópicos descrevem os elementos e suas interações com um alto grau de detalhamento. Esses modelos dependem do comportamento dos condutores e das características dos veículos, como velocidade individual, tempo e

distância entre os veículos. Nesse sentido, as variáveis necessárias para análise são registradas separadamente para cada veículo, acompanhando-os individualmente desde a entrada na rede até o seu destino, o que confere um aspecto estocástico à modelagem de tráfego (FLORES E SILVA, 2019, Apud MAIA, 2007).

Conforme FLORES E SILVA (2019, Apud PORTUGAL 2005), nos modelos de microssimulação, o tráfego ao longo dos links da rede é controlado pelas leis de perseguição e mudança de faixa, e o comportamento nas interseções é mais complexo e detalhado em comparação com os modelos de mesossimulação. Os modelos de microssimulação são considerados úteis para analisar alternativas de controle de tráfego e diferentes políticas de gestão do tráfego (FLORES E SILVA 2019, Apud VILARINHO, 2008).

De acordo com FLORES E SILVA (2019, Apud MAIA 2007), esse modelo é mais preciso na determinação dos atrasos e do comprimento de filas. No entanto, os processos de calibração e validação desses modelos podem ser complexos e demorados. A seguir, demonstra-se imagem ilustrativa de microssimulação:

Figura 25 – Demonstrativo de microssimulação

Fonte: Arabadgi e Marte, 2017

5.10.3 Nível Mesoscópio

Segundo FLORES E SILVA, 2019, os modelos de simulação mesoscópicos combinam características dos modelos macroscópicos e microscópicos, de acordo com FHWA (2004a). Neles, a unidade de fluxo de tráfego é o veículo individual, assim como nos modelos microscópicos, mas os movimentos seguem uma abordagem macroscópica. Esses modelos fornecem um nível de detalhamento intermediário, apresentando menos fidelidade em comparação com os modelos microscópicos.

Conforme apontado por FLORES E SILVA (2019 Apud MAIA 2007), os modelos de mesossimulação são capazes de responder a pequenas mudanças nas condições de tráfego em curtos períodos de tempo. Dessa forma, eles podem ser utilizados para representar a formação e dispersão de filas em interseções semaforizadas. A seguir, ilustração da mesossimulação:

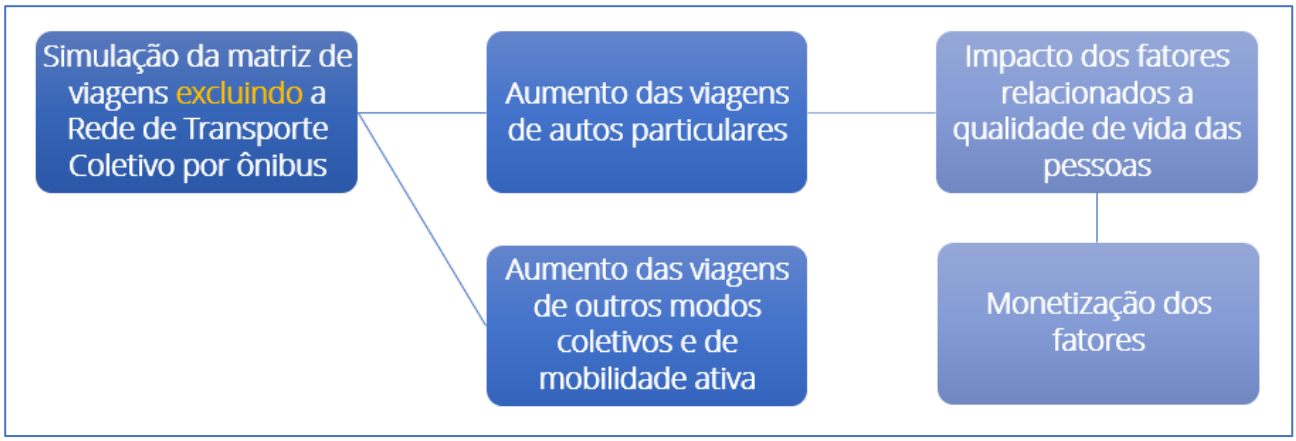
Figura 26 – Demonstrativo de mesossimulação

Fonte: Fratar Engenharia, 2023

Dessa forma, pode-se considerar que o método proposto para quantificar os valores dos benefícios socioeconômicos derivados do sistema de transporte coletivo por ônibus na cidade de São Paulo envolve um processo sequencial. A primeira etapa implica na realização de uma macrossimulação, na qual a rede de transporte coletivo por ônibus é excluída. Este passo é essencial para entender a transição das viagens que atualmente utilizam o referido sistema para outras opções de transporte disponíveis na cidade.

Em seguida é necessário realizar a avaliação do impacto nos elementos que influenciam a qualidade de vida e a saúde dos cidadãos, com posterior aplicação de métodos estatísticos que permitem projetar os efeitos resultantes da maior adoção de veículos particulares e motocicletas. Finalmente, a última fase do processo consiste na atribuição de valores monetários a esses efeitos, fazendo uso dos princípios teóricos estudados e abordados nesta monografia. A seguir, demonstramos imagem que resume a proposta de valoração de tais benefícios:

Figura 27 – Demonstrativo de modelo para valoração dos benefícios socioeconômicos do transporte coletivo por ônibus



Fonte: Autor, 2023

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mensuração do benefício socioeconômico do transporte público na Capital de São Paulo é de extrema importância para o convencimento da sociedade e das autoridades de que os valores gastos para o Sistema de Transporte ainda se faz menor do que o quanto se deixaria de movimentar na cidade caso o Sistema não operasse. À medida que exploramos esses elementos, torna-se evidente como o transporte público, notadamente o sistema de ônibus, pode influenciar significativamente a qualidade de vida e o bem-estar da população.

Diferentes dimensões devem ser consideradas para cálculo estimativo dos benefícios socioeconômicos transporte coletivo, como o potencial aumento dos sinistros de trânsito, o aumento do tempo de viagem dos cidadãos, o aumento do ruído e diminuição da produtividade da população devido à má qualidade do sono, o que pode gerar também, o aumento dos acidentes de trabalho o aumento do consumo de combustível que gera um maior custo à população, além de elevar as emissões de emissões de gases do efeito estufa, são importantes fatores que são considerados nas estimativas.

Para se realizar a projeção desses impactos, foi sugerido que houvesse uma macrossimulação tradicional, no modelo de 4 etapas (geração de viagens, distribuição de viagens, divisão modal e alocação), baseado no método utilizado pelo Metrô-SP e incluindo fatores elencados pela ANTP, como o aumento do ruído, e fatores propostos nessa monografia, como o acesso à oportunidades e o potencial aumento da obesidade.

A macrossimulação deve considerar que o Sistema de Transporte Coletivo por Ônibus não existisse, a fim de se conhecer o comportamento da população para se dividir nos demais modos de transporte e verificar o aumento dos tempos de viagens, trânsito que geraria na cidade, assim, poderia ser feito a estimativa de impacto nos demais fatores a serem considerados para o cálculo dos benefícios socioeconômicos elencados.

Além dos aspectos elencados pelo Metro-SP, conforme mencionado acima, sugere-se que seja considerada, em um cenário hipotético que não houvesse o transporte por ônibus, a falta de acessibilidade que seria proporcionada aos cidadãos menos favorecidos economicamente às oportunidades de empregos, e demais oportunidades básicas e até a exclusão social de parte desta população, além dos demais problemas sociais que essa exclusão pode gerar, como menores níveis de educação e competitividade econômica,

potencial aumento de moradores em regiões de risco, habitantes em situação de rua e criminalidade urbana.

Outro fator que foi sugerido foi a inclusão de valoração do possível aumento na obesidade das pessoas que atualmente utilizam o transporte coletivo e migrariam para o transporte privado. Estudos indicam, que utilizar o transporte coletivo diariamente elimina em média um quilo por mês de seus usuários, isso por que as pessoas fazem uso da caminhada para acessar os ônibus e posteriormente para chegar até os seus trabalhos.

Destacamos que a SPTrans, em seu Relatório Integrado de Administração -2022, não utilizou o mesmo modelo de simulação do Metrô-SP (Simulação em 4 etapas), aplicando o fator de ocupação dos automóveis encontrado na Pesquisa Origem e Destino à quantidade de pessoas que utilizam os ônibus municipais. Apesar de ser uma forma simplificada de simulação da quantidade de automóveis que seriam inseridos em circulação, deve ser considerada válida, tendo em vista que a rede metroferroviária na cidade já se encontra próxima de sua saturação. Porém há a necessidade de se fazer a ressalva, que boa parte da população que utiliza o Sistema de Transporte não possui veículos particulares e nem teria condições para tal.

Nesse sentido, é importante que seja verificada na macrossimulação os efeitos para a migração dos usuários que atualmente usam o transporte por ônibus para os demais modos de transporte. De acordo com a figura 15 dessa monografia, o valor da hora das pessoas que utilizam o transporte por ônibus é o mesmo das que utilizam a motocicleta, de R$ 11,99 e o valor médio da hora das pessoas que utilizam automóveis é mais alto, de R$ 19,47. Isso indica uma tendência para que a migração dos usuários em um cenário hipotético de que o sistema de transporte coletivo por ônibus deixasse de existir para a motocicleta, em relação ao automóvel.

Além disso, cabe-se destacar que o próprio modelo de simulação em 4 etapas utilizado pelo Metro não considera a potencial alteração do uso e ocupação do solo, que se daria caso não houvesse a rede metroviária implantado na Cidade. Assim, caso a simulação em 4 etapas fosse aplicada para simular as viagens da população sem o Sistema de Transporte Coletivo, também não haveria o efeito da possível alteração dos locais dos empregos, que só funciona da maneira que é hoje, devido à oferta de transporte nas regiões.

Por fim, a mensuração para obter o valor dos benefícios socioeconômicos do transporte coletivo por ônibus poderá servir para que a cidade de São Paulo demonstre que os valores R$ 8,17 bilhões que a Prefeitura de São Paulo tem previstos para 2023 para o transporte coletivo retornam em maiores quantidades à sociedade. Como efeito de comparação, o benefício divulgado pelo Metro-SP foi de R$ 8,552 bilhões no ano de 2021, já ultrapassando o investimento da prefeitura no transporte, sendo que o Metro-SP transportou nesse mesmo ano, em média 1,9 milhão de passageiros por dia, enquanto nos ônibus da SPTrans são realizadas cerca de 7 milhões de embarques, de aproximadamente 2,5 milhões de pessoas por dia.

7. BIBLIOGRÁFIA

AGENCIA NACIONAL DO PETROLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2022 - Série Histórica de Preços de Combustíveis e de GLP, <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/serie-historica-de-precos-de-combustiveis> acessado em 14/10/2022

ALENCAR, R.S.; FLORES, R.M.V - **Uma análise dos benefícios socioeconômicos gerados pela CPTM para a região metropolitana de São Paulo através do modelo de demanda de quatro etapas.** São Paulo, c2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/274381286_uma_analise_dos_beneficios_socioeconomicos_gerados_pela_CPTM_para_a_regiao_metropolitana_de_Sao_Paulo_atraves_do_modelo_de_demanda_de_quatro_etapas>. Acesso em: 21 mai.2022

ANTP 2015 - **Estudo dos custos das externalidades negativas das pessoas nos vários modos de transporte no Brasil**

ARABADGI, MARTE, 2017 **Trechos críticos para serem analisados através de simulação microscópica de tráfego**

ARBEX, R.O. - **Projeto de redes otimizadas de transporte público por ônibus utilizando algoritmo genético. São Paulo**, c2015. Disponível em <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-16112015-160850/publico/Dissertacao_Renato.pdf> Acesso em: 21 mai.2022

BAHIA, L. 2012 – **The costs of overweight and obesity-related diseases in the Brazilian public health system: cross-sectional study** - https://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2458-12-440, acessado em 10/08/2023

BARCELLOS, T.M. 2014 – **Não são só 20 centavos: efeitos sobre o tráfego da Região Metropolitana de São Paulo devido à redução na tarifa de ônibus financiada pelo aumento da CIDE nos combustíveis da Cidade de São Paulo.**

CHAGAS, ZINETTI e BUENO, 2018 - **Análise de utilização: Veículo Próprio, Locado ou aplicativo Uber**

CETESB – PROCLIMA - https://cetesb.sp.gov.br/proclima/gases-do-efeito-estufa/

CET-SP – **Boletim Diário de Mobilidade e Transportes – Covid-19,** http://www.cetsp.com.br/media/1240713/467.pdf, acessado em 05/06/2022

CET-SP – **Relatório anual de Sinistros de Transito** 2020, http://www.cetsp.com.br/media/1143350/RelatorioAnual2020.pdf , acessado em 14/10/2022

CET-SP – **Relatório da Administração 2021**, http://www.cetsp.com.br/media/1253919/relatorio-da-administracao-2021.pdf , acessado em 14/10/2022

COELHO, A.H e SILVA, L.S. 2019 - **Análise operacional de um corredor urbano utilizando simulação de tráfego**

DEPARTAMENT FOR ENVIRONMENTAL FOOD AND RURAL AFFAIRS, 2014 - **Update of Handbook on External Costs of Transport** http://cdn.confebus.org/u/2014-handbook-external-costs-transport.pdf, acessado em 14/10/2022

FRATAR Engenharia - < https://www.fratar.com.br/>, acessado em 10/06/2023

GRACA, N.R.A - 2019 **- Análise das desigualdades de acessibilidade ao trabalho e renda em São Paulo**. Disponível em <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-26092016-142458/publico/AnneDSlovicREVISADA.pdf> Acesso em: 21 mai.2022

HADDAD, Eduardo Amaral – **Transporte, Eficiência e Desigualdade Regional: Avaliação com um modelo CGE para o Brasil,** c2016

IBGE, 2022 – **Calculadora oficial da inflação**, <https://www.ibge.gov.br/explica/inflacao.php> acessado em 14/10/2022

IPEA, 2023 - **Balanço da 1ª década de ação pela segurança no trânsito no Brasil e perspectivas para a 2ª década,** < https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/12250/1/NT-Balanco_Primeira_Publicacao_Preliminar.pdf> acessado em 11/08/2023

IPEA, 2022 – **Custos de acidentes de trânsito no Brasil: Estimativa simplificada com base na atualização das pesquisas do Ipea sobre custos de acidentes nos aglomerados urbanos e rodovias.** <https://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/arquivos/artigos/7018-td2565.pd> acessado em 14/10/2022

LEI ORÇAMENTÁRIA ANUAL – Caderno do Orçamento 2023 - https://orcamento.sf.prefeitura.sp.gov.br/orcamento/uploads/2023/CADERNO%20OR%C3%87AMENTO%20LOA%202023.pdf

Metro-SP, **Pesquisa Origem e Destino 2017 – Relatório Síntese,** https://transparencia.metrosp.com.br/dataset/pesquisa-origem-e-destino/resource/b3d93105-f91e-43c6-b4c0-8d9c617a27fc

ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DA SAÚDE, 2020, https://www.paho.org/pt/topicos/seguranca-no-transito, acesso em 07/09/2022

REDE NOSSA SÃO PAULO, 2022 – **Mapa de desigualdades 2021**, de 2022, < https://www.nossasaopaulo.org.br/wp-content/uploads/2021/10/Mapa-Da-Desigualdade-2021_Tabelas.pdf> acessado em 13 de outubro

SALDIVA, P – 1918 - **Vida urbana e saúde: Os desafios dos habitantes das metrópoles**

SCARINGELLA, R.S, 1983 - **Uma Revisão no gerenciamento de mobilidade urbana**

SPTrans – **Relatório Integrado da Administração 2021** - https://sptrans.com.br/relatorio-integrado-da-administracao-2021/ acessado em 05/06/2022

SPTrans – **Linhas noturnas** - https://www.sptrans.com.br/noturno-rede-de-onibus-da-madrugada/

SUMMIT MOBILIDADE, 2022 - **Automóveis são principais emissores de gases poluentes** <https://summitmobilidade.estadao.com.br/ir-e-vir-no-mundo/automoveis-sao-a-principal-fonte-de-emissao-de-gases-poluentes/> acessado em 14/10/2022

TOMASIELLO, D. B. 2020 - **Modelagem dinâmica espacial das desigualdades de acessibilidade aos empregos**