

CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA PARA
PLANEJAMENTO DE TRANSPORTE
URBANO:
Uma proposta sob a ótica da sustentabilidade
ambiental.

Shadia Silveira Assaf Bortolazzo

Shadia Silveira Assaf Bortolazzo

**CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA PARA PLANEJAMENTO
DE TRANSPORTE URBANO:
UMA PROPOSTA SOB A ÓTICA DA SUSTENTABILIDADE
AMBIENTAL**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários à obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial.

Orientador: Prof. Dr. Amir Mattar Valente

Coorientador: Prof. Dr. João Eugênio Cavallazzi.

Florianópolis
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

Bortolazzo, Shadia Silveira Assaf

Contribuição metodológica para planejamento de transporte urbano : uma proposta sob a ótica da sustentabilidade ambiental / Shadia Silveira Assaf Bortolazzo ; orientador, Amir Mattar Valente, coorientador, João Eugênio Cavallazzi, 2017. 205 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. 2. Planejamento Urbano. 3. Planejamento Urbano. 4. Valoração Ambiental. 5. Custo Logístico Verde. I. Valente, Amir Mattar . II. Cavallazzi, João Eugênio . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. IV. Título.

Shadia Silveira Assaf Bortolazzo

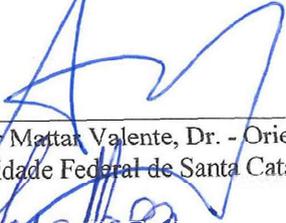
**CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA PARA PLANEJAMENTO
DE TRANSPORTE URBANO: UMA PROPOSTA SOB A ÓTICA
DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL**

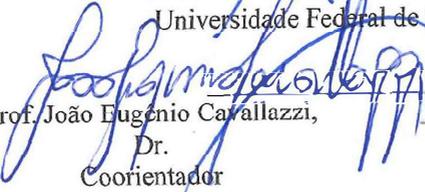
Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada como parte dos requisitos necessários à obtenção do Título de “Mestre em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial.

Florianópolis, 23 de novembro de 2017

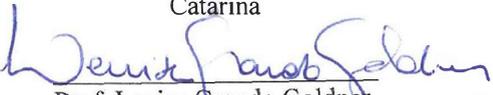

Prof. Carlos Loch, Dr.
Coordenador do Curso

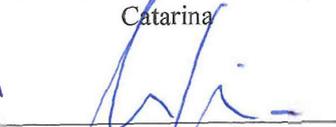
Banca Examinadora:


Prof. Amir Mattar Valente, Dr. - Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina


Prof. João Eugênio Cavallazzi,
Dr.
Coorientador
Universidade Federal de Santa
Catarina


Prof. Ana Maria Benciveni
Franzoni, Dr.^a.
Universidade Federal de Santa
Catarina


Prof. Lenise Grando Goldner,
Dr.^a.
Universidade Federal de Santa
Catarina


Prof. Marcio Roberto
Schneider, Dr.
Universidade Federal de Santa
Catarina

RESUMO

Objetiva-se por meio deste estudo desenvolver um método de planejamento de transporte coletivo urbano, sob a ótica da sustentabilidade ambiental, com vistas à valoração dos custos ambientais, relacionados ao consumo de energia e emissão de CO₂. Especificamente, pretende-se estimar o custo monetário do consumo de combustível (energia) e das emissões de CO₂ de uma amostra do transporte coletivo por ônibus da cidade de São José – SC, e desenvolver um indicador de sustentabilidade ambiental em transporte nas cidades. A pesquisa apresenta conceitos de logística de transporte sob a ótica ambiental e identifica práticas, metodologias e métodos de planejamento de transporte que aplicam esses conceitos. A metodologia de pesquisa utilizada seguiu a abordagem de metodologia orientada - *Discovery Oriented Approach*. Como resultados teóricos foram identificados 20 diferentes métodos com objetivos comuns direcionados ao transporte e à logística sustentável. Foi possível construir um conceito metodológico denominado MPTS-Urb, e aplicá-lo na cidade de São José – SC. Como produto principal foi desenvolvido um indicador de sustentabilidade ambiental em transporte denominado de Custo Logístico Verde (CLV). Os resultados práticos da aplicação em São José – SC mostraram que, no cenário atual, os custos monetários (R\$) com emissões de CO₂ correspondem a 53% dos custos com consumo de combustível e, no cenário projetado, houve a redução de 547% do custo Logístico Verde (em kgCO₂). Finalmente, o objetivo da pesquisa foi atingido, desenvolvendo-se um Método de Planejamento de Transporte Sustentável e aplicando-o para análise de viabilidade nas cidades. Como propósito final tem-se o desenvolvimento do indicador CLV cujo conceito está na internalização dos custos ambientais, nos custos totais do transporte, no âmbito do planejamento de transportes nas cidades a favor da sustentabilidade.

Palavras-chave: Planejamento Urbano. x. Logística Sustentável. Valoração Ambiental. Custos de Transporte. Custo Logístico Verde.

ABSTRACT

The objective of this study is to develop A method of urban collective transport planning, under the optics of environmental sustainability, with a view to the valuation of environmental costs, related to the consumption of energy and emission of CO₂. Specifically, it is intended to estimate the monetary cost of fuel consumption (energy) and CO₂ emissions from a sample of the collective transportation by bus from the city of São José – SC, and develop an indicator of environmental sustainability in transportation in cities. The survey presents transport logistics concepts under environmental optics and identifies practices, methodologies and methods of transportation planning Apply these concepts. The research methodology Used Followed the Discovery Oriented Approach. As Results Theoretical 20 different methods have been identified with common objectives aimed at transport and sustainable logistics. Was possible to construct a methodological concept named MPTS-Urb and apply it in the city of São José-SC. As a main product was developed an indicator of environmental sustainability in transportation called the Green Logistics Cost (CLV). The practical results of the application in São José-SC. They showed that, in the current scenario, the costs monetary with CO₂ emissions (in R\$) they correspond to 53% of the fuel consumption costs and, in the projected scenario, the reduction of 547% of the Green Logistics Cost (in kgCO₂). Finally, the research objective was attained by developing a sustainable transport planning method and applying it to feasibility analysis in cities. As finite purpose of research has the development of the indicator CLV, whose concept is in internalization of environmental costs in total transportation costs, in the context of transport planning in the cities in favor of sustainability.

Keywords: Urban Planning. Transport Planning. Sustainable Logistics. Environmental Valuation. Costs of Transport. Green Costs of Logistes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Emissões de poluentes locais por habitante, por modo de transporte rodoviário, em municípios brasileiros com diferentes populações.....	24
Figura 2 - Emissões de CO ₂ por categoria de veículos automotores no Brasil (2009 – 2020).....	25
Figura 3 - Viagens por ano, por modo principal (*) medidas em número de viagens (bilhões de viagens) – 2012 em 440 municípios de pequeno, médio e grande porte, em todas as regiões do Brasil.	27
Figura 4 - Energia consumida em GEP (grama equivalente de CO ₂) por habitante, por dia, por modo de transporte no Brasil.	28
Figura 5 - Etapas da Pesquisa.....	34
Figura 6 - Elementos que integram uma logística verde	43
Figura 7 - Desagregação do valor econômico de um recurso ambiental.....	50
Figura 8 - Estrutura geral da revisão sistemática da literatura da dissertação.....	52
Figura 9 - Procedimento da revisão sistemática da literatura da dissertação – Etapa (A) Planejamento – sub etapa (a.3) desenvolver o procedimento da revisão.....	53
Figura 10 - Métodos de valoração ambiental	56
Figura 11 - Ciclo de vida de um sistema energético	72
Figura 12 - Modelo 4 Etapas	91
Figura 13 - Temas e indicadores de mobilidade urbana em Florianópolis e Região Metropolitana	93
Figura 14 - Temas, pontos de vista fundamentais (PVFs) e indicadores de mobilidade urbana sustentável em Florianópolis e Região Metropolitana	94
Figura 15 - Síntese de Indicadores do IMUS.	96
Figura 16 - Estrutura esquemática da contribuição metodológica para o planejamento sustentável do transporte urbano de passageiros (MPTS-Urb)	101
Figura 17 - Etapa do MPTS-Urb para cálculo do Custo Logístico Verde atual.....	108
Figura 18 - Etapa do MPTS-Urb para cenários e retroanálise CLV	111
Figura 19 - Mapa de Localização da cidade de São José- SC	114
Figura 20 - Composição do PIB (R\$).....	115
Figura 21 - Crescimento da frota de veículos em São José – SC (2005 – 2015)	116
Figura 22 - Sistema de transporte de passageiros atual municipal de São José – SC	117

Figura 23 - Orientação geral esquematizada de micro zonas com principais bairros de destino (São José e Florianópolis).....	125
Figura 24 - Matriz Origem – Destino (MOD).....	128
Figura 25 - Representação da rede de aplicação por grafos.....	130
Figura 26 - Corredores de aplicação do MPTS-URB	131
Figura 27 - Organização da contribuição metodológica para aplicação: estudo de caso São José - SC	133
Figura 28 - Linha do tempo: óleo diesel mais limpo no Brasil	137
Figura 29 - Terminais de integração estudados pelo PDPSJ (2016)...	154
Figura 30 - Eixos de desenvolvimento atuais e futuros	155
Figura 31 - Cenário tendencial: sistema BRT e faixas exclusivas	156
Figura 32 - Sobreposição: itinerários de aplicação (Fase 1) e Cenário 2	157
Figura 33 - Representação do Cenário 2	158
Figura 34 - Rotas do sistema aquaviário (AQ) do PLAMUS	159
Figura 35 - Sobreposição: cenários 2 e 3	160

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - relação entre consumo final energético medido em tonelada equivalente de petróleo (tep) e Produto Interno Bruto (PIB) em dólares americanos (US\$).....	28
Gráfico 2 - Distribuição de viagens origem e destino.....	122
Gráfico 3 - Distribuição das viagens por horários com origem em São José (100%).....	123
Gráfico 4 - Motivo declarado das viagens (100%).....	123
Gráfico 5 - Origem das viagens: micro zonas de São José (100%)	126
Gráfico 6 - Destino das viagens com origem em São José para bairros de Florianópolis (67%).....	127
Gráfico 7 - Destino das viagens com origens em São José para micro zonas de São José (33%).....	127
Gráfico 8 - Relação entre fatores de emissão de CO e CO ₂	139

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Impactos da logística e benefícios da logística verde.....	45
Quadro 2 - Métodos de estimativa de custo ambiental em projetos de transporte: avaliação das vantagens e desvantagens pela visão de Landmann, Ribeiro e Deák (2007).....	57
Quadro 3 - Diferentes enfoques do problema de redução do consumo de energia.....	73
Quadro 4 - Políticas e Medidas Institucionais de Eficiência Energética em Transportes no Brasil.....	74
Quadro 5 - Relação dos trabalhos resultantes da revisão bibliográfica sistemática em que foram identificadas metodologias de melhoria no transporte sob o enfoque da sustentabilidade.	78
Quadro 6 - Descrição dos dados da amostra necessários para aplicação do MPTS-Urb.....	103
Quadro 7 - Descrição dos dados necessários para o cálculo do CLV	104
Quadro 8 - Bairros das micros zonas	125
Quadro 9 - Cenários.....	152

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz de Transportes de Passageiros - Comparativo Internacional (% pass./km).....	26
Tabela 2 - Fatores de conversão para tep médio (em PCS).....	64
Tabela 3 - Fatores de emissão de carbono (Femiss).....	65
Tabela 4 - Fração de carbono fixada	67
Tabela 6 - Frações de carbono oxidadas (adimensional).....	68
Tabela 6 - Dados de modos de transporte urbano.	105
Tabela 7 - Dados quantitativos do transporte coletivo municipal de São José	119
Tabela 8 - Dados quantitativos do transporte coletivo intermunicipal de São José	120
Tabela 9- Informações da rede de aplicação – sistema de transporte coletivo de São José	129
Tabela 10 - Limites das emissões para veículos pesados ao longo das fases PROCONVE Brasil versus Euro.....	135
Tabela 11 - Fatores de emissões de CO e CO ₂ para a frota operante no transporte coletivo de São José.	138
Tabela 12 - Matriz OD 1 - Extensões diárias dos itinerários (km/dia) (X _{ij} = distância X _{ij} do itinerário i para j).....	140
Tabela 13 - Matriz OD 2 - Demandas diárias dos itinerários (pass. x viagens/dia) (X _{ij} = demanda X _{ij} do itinerário i para j)	140
Tabela 14 - Matriz OD 3 - Frequência diária (n=viagens/dia) dos itinerários i para itinerários j	141
Tabela 15 - Matriz soma produto (OD 4) (X _{ij} = demandas(ij) x extensão(ij)) diárias (pass.km/dia)	141
Tabela 16 - Classificação e delimitação dos veículos por ano/ modelo de maior representatividade na frota operante de transporte coletivo em São José.....	144
Tabela 17 - Relação entre fator de emissão de CO ₂ e idade da frota operante	145
Tabela 18 - Inventários de Custo Logístico Verde para Transporte Municipal de São José: Consumo de Energia e Emissões de CO ₂	147
Tabela 19 - Inventários de Custo Logístico Verde para Transporte Intermunicipal de São José: Consumo de Energia e Emissões de CO ₂	148
Tabela 20 - Opiniões dos tomadores de decisão (questionário on line): algumas questões relacionadas com o conceito do MPTS-Urb.....	150
Tabela 21 - Relação entre fator de emissão de CO ₂ e idade da frota – cenário 1	161
Tabela 22 - Comparativo entre cenários da amostra: atual e projetado.....	163

Tabela 23 - Custos evitados (tCO ₂) e créditos de carbono (R\$) entre o cenário atual e o cenário 1.....	163
--	-----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	21
1.2	O PROBLEMA	22
1.3	RELEVÂNCIA	30
1.4	OBJETIVOS	32
1.4.1	Objetivo Geral	32
1.4.2	Objetivos Específicos	32
1.5	LIMITAÇÕES	32
1.6	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	33
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	35
2.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	35
2.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA REFERENCIAL	35
2.2.1	Mobilidade Urbana E Transporte Urbano	36
2.2.2	Planejamento de Transportes Sustentável	37
2.2.3	A Logística no Transporte Urbano	39
2.2.4	A Ótica Sustentável da Logística	40
2.2.4.1	A Logística Verde (<i>green logistics</i>)	42
2.2.5	Valoração Ambiental	48
2.3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA	50
2.3.1	Métodos de Valoração Ambiental	54
2.3.1.1	Valoração dos Custos da Poluição Atmosférica	58
2.3.1.2	Método ASIF	60
2.3.1.3	Valoração dos Custos da Energia	70
2.3.2	Métodos de Melhoria de Desempenho em Transportes Sob a Ótica da Sustentabilidade	75
2.3.3	Resultados da Revisão Bibliográfica Sistemática	77
2.3.4	Outras Metodologias de Referência	90
2.3.4.1	Modelo 4 Etapas	90

2.3.4.2	IMUS – Indicadores de Mobilidade Urbana Sustentável.....	91
3	Método de Planejamento de Transporte Sustentável (MPTS-Urb).....	99
3.1	PASSOS DO MPTS-Urb	102
3.1.1	Definição do Problema	102
3.1.2	Escolha da Amostra (Cenário Atual)	102
3.1.3	Cálculo do CLV Atual (Cenário Atual)	102
3.1.4	Análise pelo Método dos Custos Evitados (MCE).....	108
3.1.5	Planejamento dos Cenários.....	109
3.1.6	Análise dos Cenários – $Clv_{cenário}$	110
4	APLICAÇÃO DO MPTS-Urb.....	113
4.1	A CIDADE DO ESTUDO DE CASO: SÃO JOSÉ - SC....	113
4.2	MODELAGEM DE DADOS E AS SIMPLIFICAÇÕES PARA A APLICAÇÃO	116
4.2.1	Delimitação da Amostra.....	116
4.2.2	Planejamento dos Cenários.....	131
4.3	CÁLCULO DO CLV ATUAL	134
4.3.1	Características da Frota.....	134
4.3.2	Cálculo de Energia Consumida “E” E Emissão de Poluente “P”	140
4.3.3	Cálculo do Custo Logístico Verde Atual (Clv_{atual})	143
4.3.4	Inventários.....	145
4.4	ANÁLISE PELO MÉTODO DOS CUSTOS EVITADOS E PLANEJAMENTO DOS CENÁRIOS	149
4.4.1	Os Cenários	149
4.4.1.1	Cenário 1: renovação total da frota.....	152
4.4.1.2	Cenário 2: faixas exclusivas e transporte integrado.....	153
4.4.1.3	Cenário 3: transporte aquaviário.....	158
4.5	ANÁLISE DOS CENÁRIOS: CUSTO LOGÍSTICO VERDE ($CLV_{cenários}$).....	160
4.6	ANÁLISE DOS RESULTADOS	163

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	167
5.1	CONCLUSÕES	167
5.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..	169
	REFERÊNCIAS	171
	APÊNDICE A - CÁLCULO DAS CONSTANTES “E” E “P”	193
	APÊNDICE B - ATA DE REUNIÃO PMSJ	197
	APÊNDICE C - MAPA DA REDE ATUAL DE TRANSPORTE COLETIVO MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ	203
	APÊNDICE D - MAPA DOS CORREDORES DE APLICAÇÃO DO MPTS-URB	207
	APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO ON LINE	211
	ANEXO A – CARACTERÍSTICA DA FROTA OPERANTE EM SÃO JOSÉ (2017).....	217

1 INTRODUÇÃO

O mundo sustentável, resiliente e adaptado à mudança climática, não será um mundo menos alegre, menos democrático ou com menos oportunidades de auto realização, mas será diferente. Abrir mão do individualismo, cultivar o planejamento, aceitar os limites à ação humana, buscar satisfação em valores menos materialistas, são necessidades para que o desafio da mudança climática tenha resposta (HOGAN, 2007).

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O transporte é essencial à vida moderna. É a base para a estabilidade de qualquer economia no atual mercado globalizado (NOVAES *et al.*, 2008). A necessidade de deslocamento humano e de transporte de bens é tão antiga quanto a história da humanidade (NAPIERALA, 2010). Essa indispensabilidade no transporte faz com que seu estudo – modos, tecnologias, tempo de percurso, demanda e capacidade – esteja em evidência constante, no sentido de melhorar as condições sociais, econômicas e ambientais de mobilidade. Historicamente o deslocamento de pessoas e mercadorias vem sendo feito por meios motorizados e não motorizados. Nas últimas décadas, discussões relativas à sobrevivência no planeta e à manutenção das condições ambientais, necessárias às próximas gerações, têm permeado as esferas políticas, sociais e econômicas quanto a importância de se reestudar esses meios de transporte, para que coexistam em equilíbrio com o meio ambiente, ao mesmo tempo, em que atendam as demandas econômicas, urbanísticas e sociais.

O transporte, por sua importância na estruturação e transformação das paisagens naturais e sociais, e como um dos maiores consumidores de recursos não-renováveis, é peça-chave na equação da sustentabilidade (VASCONCELLOS, 2011). Infelizmente hoje no Brasil o planejamento de transporte ainda não se preocupa com esse problema no nível desejado. Para ser inserido nas modalidades de transporte urbano, a sustentabilidade depende de planejamento e do reconhecimento de que os recursos naturais são finitos. Tal pensamento para a mobilidade urbana representou uma nova forma de desenvolvimento econômico, que leva em conta o meio ambiente. O menor consumo de combustíveis fósseis, assim como o desenvolvimento de tecnologias com menos emissão de carbono, estão entre os temas abordados nas principais conferências mundiais sobre

meio ambiente das Organizações das Nações Unidas (ONU), desde 1972, com a Conferência sobre Meio Ambiente Humano, em Estocolmo na Suécia, até o mais recente evento, em 2015, com a Conferência das Partes, COP-21, em Paris - França.

A emissão global de gases do efeito estufa representa uma potencial e irreversível ameaça para as sociedades humanas e para o planeta (COP-21, 2015). No Brasil, o consumo energético final no setor de transportes, em dez anos (2004-2014) cresceu 63,72%, ocupando a segunda colocação no ranking socioeconômico dos setores que mais consomem energia¹. A indústria, que é a primeira colocada, aumentou, no mesmo período 20,12% (BRASIL, 2015). Nesse sentido, a elaboração de inventários de consumo de energia e emissões de poluentes, por setores socioeconômicos fundamentais, como o transporte, tornam-se relevantes para a elaboração, acompanhamento e controle de ações de planejamento, a fim de colher resultados, contribuindo para Políticas de Meio Ambiente e Mudanças Climáticas, que o mundo vem buscando implementar. Métodos que contribuam para isso vão ao encontro de boas práticas de planejamento de transporte e podem corroborar aos planos e investimentos futuros em mobilidade urbana.

1.2 O PROBLEMA

Nos últimos 20 anos, a grande maioria das cidades brasileiras teve seu desenvolvimento urbano baseado no modo rodoviário (GONÇALVES; PORTUGAL; NASSI, 2004). Essa situação decorre de muitos fatores – sociais, políticos e econômicos – mas em especial de decisões passadas relativas às políticas urbanas, de transporte e trânsito. As maiores cidades brasileiras, foram adaptadas para o uso do automóvel. No início, boas condições de fluidez, e deslocamento confortável e rápido eram almejados, e foram formadores de uma cultura carro-centrista, motivando investimentos cada vez mais voltados para o seu melhor atendimento.

Paralelamente, os sistemas de transportes coletivos públicos e privados, apesar de terem recebido investimentos, não acompanharam o crescimento da demanda por deslocamentos, tendo vivenciado crises cíclicas correlacionadas a incompatibilidade entre custos, tarifas e

¹ Consumo de Energia por Setor - apresenta o consumo final de energia classificado por fonte primária e secundária, para cada setor da economia brasileira (BRASIL, 2015).

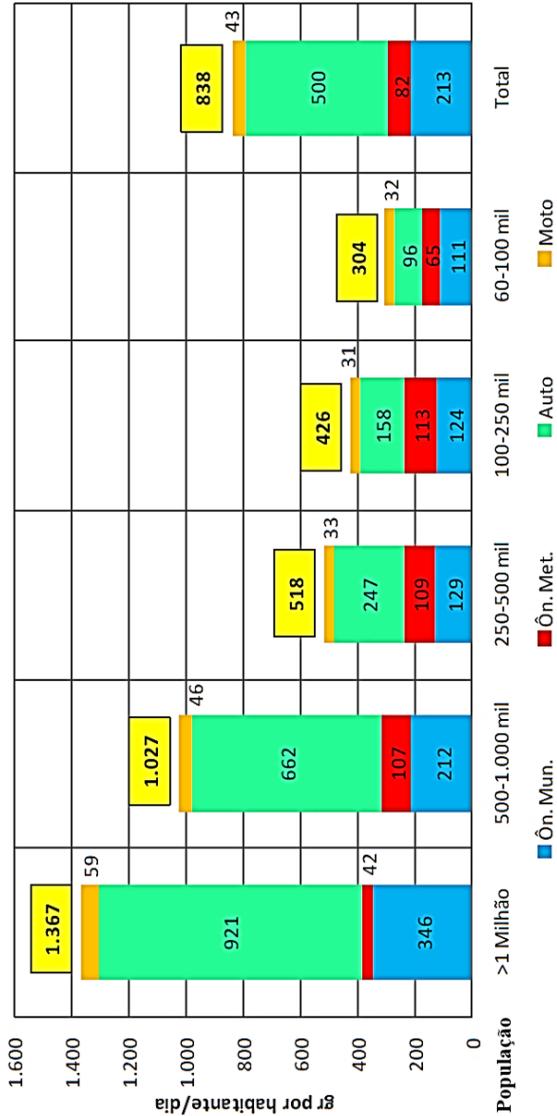
receitas, às deficiências na gestão e operação da frota, não prioridade de circulação nas faixas de tráfego, carência de sistemas integrados e falta de alternativas modais (OLIVEIRA; SILVA, 2015).

Tal experiência trouxe a deterioração da qualidade do transporte coletivo incentivando o transporte individual, ao mesmo tempo, em que o desenvolvimento das grandes aglomerações urbanas contribuiu para a formação de uma disparidade social, entre os que dispõem de transporte individual e os que necessitam de transporte coletivo, seja para percorrerem grandes ou pequenas distâncias (VASCONCELLOS, 2014). No cenário atual brasileiro, a desqualificação da mobilidade urbana é uma realidade (VASCONSELLOS, 2014). Seja nos meios individuais de transporte, nos coletivos, em extensos deslocamentos, ou em curtas distâncias, os problemas como congestionamentos, ruídos e poluição se fazem presentes.

O sistema brasileiro de informação da mobilidade urbana, vinculado a Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), publica anualmente um diagnóstico da mobilidade urbana em algumas cidades do Brasil, o Relatório Anual da Mobilidade. Em 2014 esse relatório mostrou que, no Brasil, embora tenham avançados os estudos e melhoradas as tecnologias para promover um transporte menos poluente, cresceu também a aquisição de automóveis, aumentando a taxa de emissões de poluentes locais por habitante no modo rodoviário (ANTP, 2014), conforme apresentado na figura 1. Esses poluentes, os gases CO₂, NO₂, SO₂, HC, MP, afetam especificamente as áreas de abrangência da operação do transporte (CARVALHO, 2011).

A figura 1 mostra a quantidade, em gramas por habitante por dia, de emissões de poluentes locais por modo de transporte. Os valores foram verificados em municípios brasileiros com diferentes populações (desde grandes centros como São Paulo, Porto Alegre, Rio de Janeiro, Minas Gerais, entre outras, com população superior a um milhão de habitantes, até cidades de pequeno porte, com população a partir de sessenta mil habitantes). Os modos de transporte verificados foram: ônibus municipal (Ôn. Mun.), ônibus metropolitano (Ôn. Met.), automóvel (Auto) e motos (Moto).

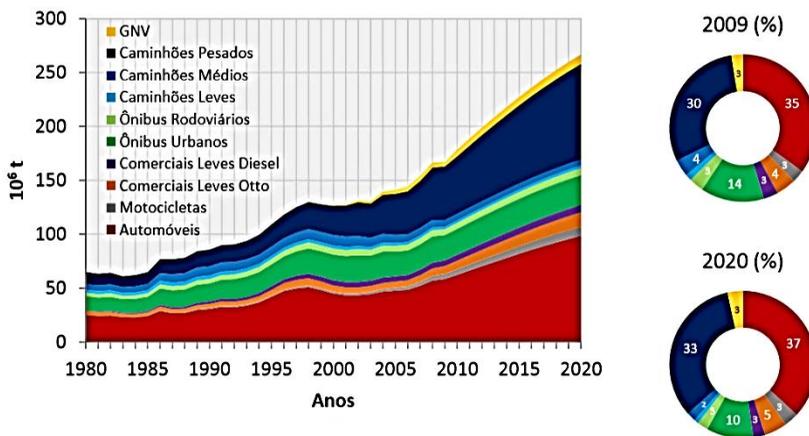
Figura 1 - Emissões de poluentes locais por habitante, por modo de transporte rodoviário, em municípios brasileiros com diferentes populações.



Fonte: ANTP (2014).

As emissões de CO₂ no setor de transportes brasileiro por categoria de veículo foram publicadas pelo II Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores (BRASIL, 2013), e projetadas para 2020. Do total dessas, 37% estão previstas por automóveis, 33% caminhões pesados e 10% por ônibus, como demonstrado na figura 2.

Figura 2 - Emissões de CO₂ por categoria de veículos automotores no Brasil (2009 – 2020).



Comerciais Leves Otto².

Fonte: Brasil (2013).

Quanto ao consumo de energia, atualmente, o setor de transportes é responsável por 32,5% do consumo final de energia no Brasil, ficando atrás apenas do setor industrial 32,9%, sendo o modo rodoviário responsável por 93% desse total (BRASIL, 2015), dados que remetem diretamente ao crescimento de dióxido de carbono emitido na atmosfera

² Comerciais Leves Otto: veículo automotor destinado ao transporte de pessoas ou carga, com peso bruto total de até 3.500 kg. Otto refere-se ao Ciclo de Otto, que idealiza o funcionamento de motores de combustão interna de ignição por centelha. Foi definido por Beau de Rochas e implementado com sucesso pelo engenheiro alemão Nikolaus Otto em 1876, e posteriormente por Étienne Lenoir e Rudolf Diesel. Motores baseados neste ciclo equipam a maioria dos automóveis atuais, com motores a quatro tempos, mais eficientes e menos poluentes, apesar de maior complexidade, peso e volume, comparando motores de mesma potência. (ARTOMNOV; ILARONOV; MORIN, 1976).

e ao desequilíbrio da matriz de transporte. Quando comparado com outros países de mesma extensão territorial, o Brasil apresenta comportamento semelhante aos EUA, onde o modo rodoviário é muito superior ao ferroviário. China e Rússia apresentam maior equilíbrio entre esses dois modos (Tabela 1).

Tabela 1 - Matriz de Transportes de Passageiros - Comparativo Internacional (% pass./km)

Modo de Transporte	BRA(*) 2009	EU 2013	USA 2013	JAPÃO 2012	CHINA 2013	RUSSIA 2013
Rodoviário (carro/ônibus)	83,2%	81%	86%	64%	41%	24%
Metrô/ Trens Leves	6,3%	9%	1%	30%	38%	35%
Aquaviário (**)	-	1%	-%	-%	-%	-%
Aéreo	14,3%	9%	13%	6%	21%	41%

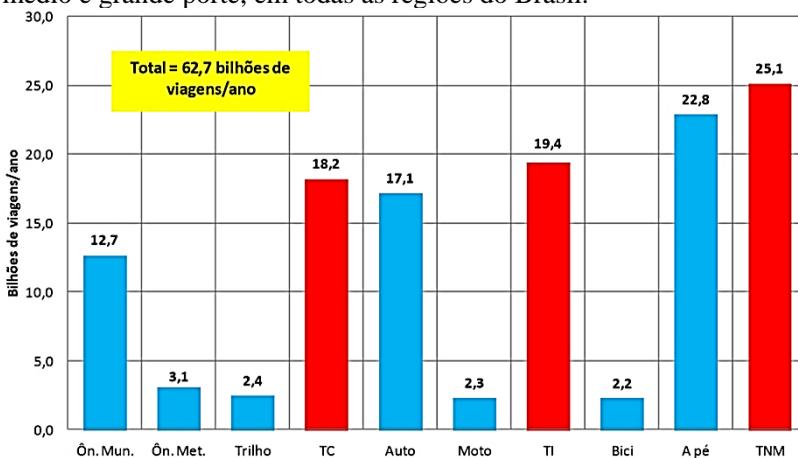
(*) Considera o transporte urbano e interurbano de passageiros. (**)

Transporte por barcas (quantidade maior ou igual a 0,5% do total transportado).
Fonte: Adaptado de *European Commission* (2015) e D'Agosto (2015, p.37).

Ainda referente a matriz de transportes de passageiros, uma pesquisa realizada pela Agência Nacional de Transportes de Passageiros (ANTP) nos municípios brasileiros, sendo eles, 440 municípios de grande, médio e pequeno porte entre as cinco regiões do Brasil, verificou entre os usuários o número de viagens realizadas por ano (2012), tendo em vista o principal modo de transporte utilizado por esses em deslocamentos diários de trabalho. Em média cada habitante da amostra de 440 municípios, faz 1,76 deslocamentos por dia (ANTP, 2014). As diferenças no uso do transporte foram observadas de acordo com o porte do município, bem como na distância percorrida nos deslocamentos. Elas mostraram que, para municípios de pequeno porte e distancias menores, o uso principal se dividiu entre transporte individual motorizado e não motorizado, prevalecendo o automóvel e deslocamentos a pé, respectivamente. Em municípios maiores, de

grande e médio porte, o uso principal se dividiu em transporte individual e coletivo, prevalecendo o automóvel e ônibus municipal, respectivamente. Os resultados são apresentados na figura 3.

Figura 3 - Viagens por ano, por modo principal (*) medidas em número de viagens (bilhões de viagens) – 2012 em 440 municípios de pequeno, médio e grande porte, em todas as regiões do Brasil.

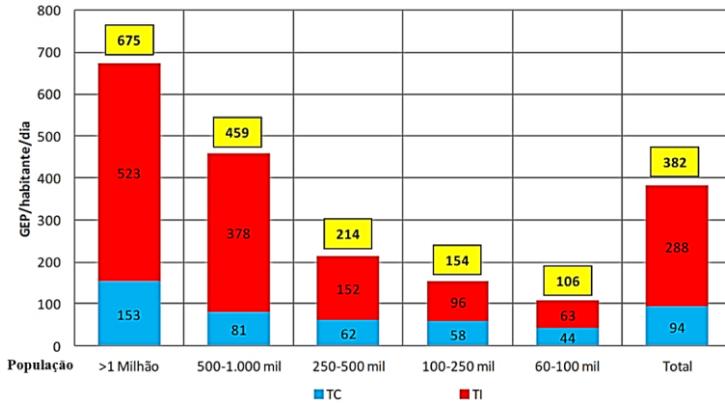


(*) TC= transporte coletivo (soma de ônibus municipais - Ôn. Mun., ônibus metropolitano - Ôn. met, e transporte por trilho - Trilho); TI= transporte individual (automóvel e motocicleta); TNM= transporte não motorizado (bicicleta e a pé).

Fonte: ANTP (2014).

No Brasil, nas cidades acima de 60.000 habitantes, o transporte individual por automóvel (TI), quando comparado ao transporte coletivo por ônibus (TC), mostra-se responsável pela maior parte da energia gasta por pessoa, ao se deslocar diariamente (ANTP, 2014), conforme mostra a figura 4. Tal fato vai ao encontro ainda, da perda de capacidade do tráfego nas ruas e avenidas, aumentando o tempo de deslocamento.

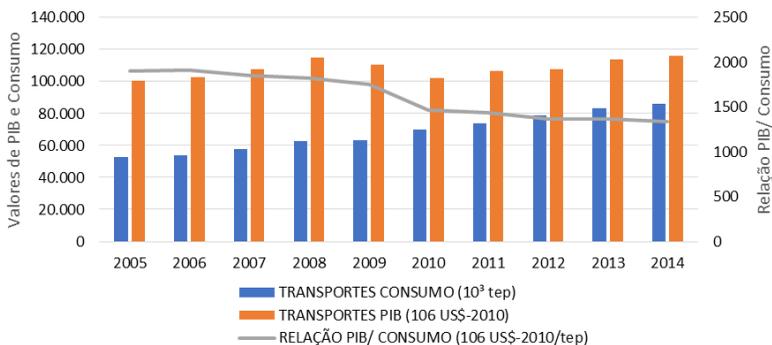
Figura 4 - Energia consumida em GEP (grama equivalente de CO₂) por habitante, por dia, por modo de transporte no Brasil.



Fonte: ANTP (2014).

Uma medida para avaliar o consumo energético para a produção de riqueza, medida em termos de unidade monetárias do PIB, é a razão entre o PIB e o consumo final energético. Tal relação permite indicar a eficiência com que o setor consegue transformar energia consumida em riqueza (ANDRADE; MATTEI, 2013). É um termômetro para ações corretivas. O gráfico 1 traz valores para os últimos 10 anos no setor de transportes.

Gráfico 1 - relação entre consumo final energético medido em tonelada equivalente de petróleo (tep) e Produto Interno Bruto (PIB) em dólares americanos (US\$)



Fonte: Adaptado de Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2015).

De acordo com o gráfico 1, há uma tendência negativa para o setor de transportes, à medida que o consumo em tonelada equivalente de petróleo aumentou 63% no período (2005 – 2014), enquanto o PIB apenas 15%.

Somando-se a essas questões diretamente relacionadas ao transporte nas cidades brasileiras, têm-se outras, indiretas, mas não menos importantes, relacionadas à saúde humana, diretamente afetada pela poluição e má qualidade do ar (SATHAYE, 2006). Essas questões são amplamente enfatizadas por pesquisas na área de ciências biológicas e, embora estejam relacionadas com as consequências do transporte nas cidades, não são enfatizadas nas pesquisas dessa área (EMMET *et al.*, 2010). De acordo com *Institute for Health Metrics and Evaluation (2013)* – Universidade de Washigton, a poluição do ar causa 5,5 milhões de mortes prematuras por ano.

Outra pesquisa realizada pela Universidade de São Paulo em 2008, os congestionamentos agravam doenças respiratórias e cardíacas. Entre os males causados pelo excesso de poluentes estão principalmente problemas no aparelho respiratório, como sinusite, rinite alérgica, bronquite, asma e enfisema pulmonar, além de conjuntivite, irritação nos olhos e nas mucosas. Ainda, segundo Graham *apud* Natali (2011), as infecções respiratórias agudas entre 1980 e metade da década de 1990 em países em desenvolvimento causaram 25 a 33% de todas as mortes nos primeiros cinco anos de vida, após esse período e início do ano 2000, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estimou que 8% de todas as mortes em países desenvolvidos e 5% em países em desenvolvimento se devem às doenças respiratórias, comprovando a participação importante dessas afecções na morbimortalidade da população mundial. Em 2007, as infecções respiratórias foram causa de 30% dos óbitos infantis nos países em desenvolvimento. Cerca de 90 a 95% das afecções do trato respiratório superior e parte das do trato inferior são causadas por vírus e outros agentes não bacterianos (FREITAS, 2006).

Tendo em vista todos os dados expostos, e aceitando o fato de que não se pode viver sem locomover-se, cabe colocar algumas questões para delimitar o problema, as quais foram motivadoras desta pesquisa em busca de alternativas de melhoria:

Quais as consequências ambientais, quanto ao consumo de energia e emissões de poluentes, da atual mobilidade urbana no horizonte futuro?

De que forma se pode associar planejamento integrado de transporte de passageiros, planejamento urbano e planejamento

sustentável³, levando-se em conta as variáveis sócio-econômicas-ambientais das cidades?

Quais indicadores de sustentabilidade ambiental podem ser relevantes no planejamento de transporte urbano de passageiros? É possível estimá-los?

1.3 RELEVÂNCIA

Em regiões metropolitanas faz crescer a necessidade de políticas públicas e planejamento de longo prazo, incorporando conceitos que articulem os diferentes modos em um sistema integrado de transporte, visando a eficiência da rede e, conseqüentemente, dos deslocamentos das pessoas, a sustentabilidade das fontes de energia, a redução das emissões de poluentes.

Estudar métodos que proponham uma configuração de rede de transporte, que minimize o consumo de combustíveis, e as emissões dos gases do efeito estufa, podem subsidiar decisões em termos de eficiência energética, sendo um importante aliado para o planejamento de transportes a favor da sustentabilidade. O equilíbrio da matriz de transporte e a otimização da rede como um todo são indicadores de planos de mobilidade de sucesso, na medida que estão diretamente relacionados com questões socioeconômicas e ambientais, como uso e ocupação do solo, custos logísticos, energéticos e de emissões de poluentes.

Segundo o relatório de Economia Verde do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) o investimento de apenas 0,16% do PIB global no transporte verde reduziria, até 2050, as

³ Desde que foi identificado como uma prioridade global pela Organização das Nações Unidas, no início de 1980, o desenvolvimento sustentável ficou definido por satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades (WCED, 1987 *apud* SEABRA, 2013). É consensual, no entanto, que o planejamento sustentável consiste na compatibilização de três dimensões: social, econômica e ambiental, em que cada dimensão envolve um sistema complexo de objetivos e interesses diferenciados e por vezes conflitantes. Contudo, a concepção de qualquer modelo de sustentabilidade deve refletir o equilíbrio entre suas dimensões. Adaptada à definição padrão, a sustentabilidade em transportes consiste em atender as necessidades de acessibilidade e mobilidade atuais e futuras com reflexos positivos nas dimensões ambiental, econômica e social (SEABRA; TACO; DOMINGUEZ 2013).

emissões de gases de efeito estufa (GEE) provenientes do setor de transporte em até 70%, repercutindo também na redução em um terço a quantidade de veículos no modal rodoviário e o consumo de derivados de petróleo (FISCHER-KOWALSKI, 2011).

Na opinião de Goldenberg e Lucon (2012), a racionalização não evoluiu quando a energia era abundante e barata, mas durante crises. Assim, vislumbrando com otimismo o cenário mundial sob a ótica da eficiência energética, da redistribuição modal e redução de gases antropogênicos, é possível pensar que, em tese, a sua abrangência e potenciais efeitos, oferecem maiores oportunidades para ações de mitigação (GREENPEACE, 2014). Nesse ponto de vista, metodologias que estudam a sustentabilidade na logística de transporte vêm chamando a atenção dos governos e das organizações empresariais (SILVA; BRACARENSE, 2015). Sua importância é motivada pelo fato de que as estratégias de produção e de distribuição logística atual não são sustentáveis em longo prazo (LIN *et al.*, 2014). Além dos custos econômicos convencionais, os efeitos ambientais, ecológicos e sociais, devem ser levados em consideração na concepção de políticas de transporte e distribuição física de produtos (ERDOGAN; MILLER-HOOKS, 2012).

A logística de transporte ambientalmente sensível, requer alteração do esquema de redes de transporte convencionais, transferindo-as para uma distribuição sustentável, com menos impactos negativos sobre o meio ambiente (ERICSON; LARSSON; BRUNDELL-FREIJ, 2006). Soluções de longo prazo no setor de transportes, com fins na preservação da energia e redução das emissões de poluentes locais, como o CO₂, devem considerar investimentos em transporte público de média e grande capacidade, como trens leves, metrô e hidrovias, em um ritmo ainda não visto no Brasil (GREENPEACE, 2014).

Métodos de planejamento de transporte com fins ao uso mais eficiente de energia e menores emissões de poluentes vêm avançando como objetivos de pesquisas atuais (LIN *et al.*, 2014; YANG *et al.*, 2013; CILIBERTI; SCOZZI, 2007).

Neste contexto, entende-se ser relevante pensar em algumas hipóteses para metodologias de planejamento de transporte de passageiros, que permitam a valoração ambiental como indicador sustentável, por exemplo. Assim, através do amadurecimento de conceitos obtidos nas revisões bibliográficas, e também pela análise do cenário atual da mobilidade urbana no Brasil e no mundo, propõem-se a seguir os objetivos desta dissertação.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral dessa pesquisa é criar um método de planejamento de transporte coletivo urbano sob a ótica da sustentabilidade ambiental, com vistas à valoração dos custos ambientais, de consumo de combustível e emissão de CO₂, como sendo uma ferramenta complementar ao planejamento tradicional de transporte.

1.4.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos pretende-se:

- desenvolver uma pesquisa bibliográfica sobre conceitos da logística de transporte sob a ótica ambiental;
- identificar práticas, metodologias e métodos de planejamento de transporte que apliquem tais conceitos;
- desenvolver um indicador de sustentabilidade ambiental em transporte coletivo urbano.
- aplicar o método então desenvolvido no município de São José/ SC tendo em vista a validação desse.

1.5 LIMITAÇÕES

Cada método de valoração ambiental apresenta suas limitações na captação dos diferentes tipos de valores do recurso ambiental. Deve-se considerar o objetivo da valoração, a eficiência do método para o caso específico e as informações disponíveis para o estudo (PEARCE, 1993). A estimativa dos custos com os poluentes atmosféricos é uma tarefa difícil, pois não existe um preço de mercado estabelecido (LEAL JUNIOR, 2015).

Assim como colocado por Pearce (1993) e Leal Junior, (2015), neste estudo foi difícil o acesso aos dados mensuráveis de controle ambiental ora buscados, como: quantitativos de emissões, fatores de emissão e consumos de combustível, sendo todos eles associados aos tipos de veículos. Mesmo dados de passageiros por itinerário, por ciclo de viagem ou por dia, as informações na área de aplicação não foram disponibilizadas, promovendo simplificações. No entanto, todas as

simplificações e aproximações feitas estão tecnicamente embasadas, explicadas passo a passo e justificadas no decorrer da pesquisa.

Não foram encontrados muitos estudos nacionais a este respeito, e os encontrados trouxeram os mesmos parâmetros, publicados no 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores, publicado oficialmente em 2011 (BRASIL, 2009), fazendo com que a análise para veículos fabricados em anos anteriores, precisasse de algumas aproximações e simplificações.

Os dados de valoração aqui estimados, embora tenham seguido ao máximo parâmetros reais, já publicados em fontes consolidadas, são para fins teóricos e acadêmicos.

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O trabalho proposto está dividido em cinco capítulos. O primeiro consiste nesta introdução. O Capítulo 2 traz a revisão bibliográfica, a qual foi dividida em referencial e sistemática da literatura. A primeira parte apresenta os principais termos referenciados na dissertação e, de certa forma, tidos como norteadores da pesquisa, tais como os conceitos de mobilidade urbana, logística urbana, logística verde, sustentabilidade ambiental, logística sustentável, entre outros. A segunda desenvolve uma revisão bibliográfica sistemática que, juntamente com os conceitos apresentados na primeira parte, compõe o arcabouço teórico do trabalho.

No Capítulo 3 é apresentada a contribuição metodológica proposta nesta dissertação, seu procedimento esquemático, descrição das etapas e metodologias de apoio utilizadas. O Capítulo 4 traz a aplicação dessa contribuição metodológica, em todas as suas fases, através de um estudo de caso na cidade de São José, na região metropolitana de Florianópolis-SC. Esse capítulo termina com a análise dos resultados de tal aplicação. O Capítulo 5 traz as considerações finais. Encerrando a pesquisa, apresentam-se as referências bibliográficas, os apêndices e anexos.

Para o desenvolvimento desta dissertação foi seguida uma metodologia de abordagem orientada conhecida mundialmente como *Discovery Oriented Approach* (figura 5), a qual está embasada no trabalho de Menon *et al.* (1999). Ela consiste na geração de uma ideia metodológica, fundamentada em conhecimentos teóricos. Esses, por sua vez, vão subsidiar a organização de um modelo ou método ou metodologia que deverá ser avaliada, quanto à pertinência e viabilidade, por meio de uma aplicação prática.

Com base nisso, a dissertação foi estruturada em 3 fases, as quais abrangem os Capítulos 2, 3 e 4 respectivamente, conforme esquema proposto na figura 6, e descrição sucinta a seguir:

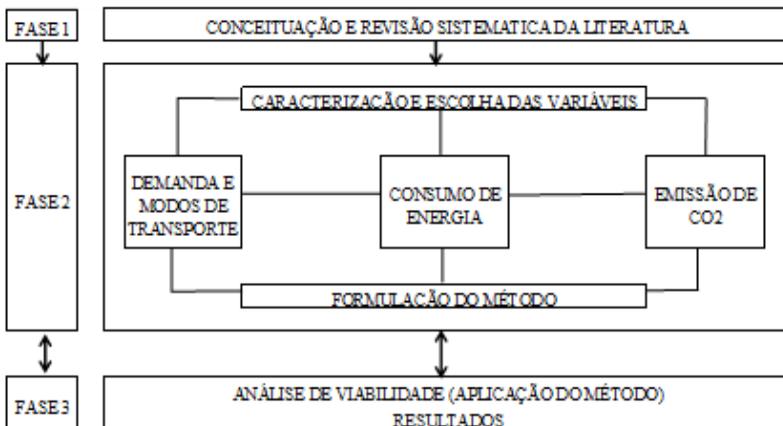
Fase 1 (Capítulo 2): consiste em uma fundamentação acadêmica e técnica elaborada a partir de uma revisão literária teórica e de uma revisão bibliográfica sistemática. Essa fase busca identificar e analisar os conceitos teóricos e práticos ligados ao tema, e também dados secundários, encontrados na literatura nacional e internacional.

Fase 2 (Capítulo 3): avaliação dos conceitos da fase 1 para definição das possíveis variáveis principais para organização de uma contribuição metodológica.

Fase 3 (Capítulo 4): aplicação da estrutura metodológica desenvolvida a fim de verificar a viabilidade e pertinência dela, tendo em vista responder aos objetivos que ela propõe.

A figura 5 apresenta esquematicamente as Fases 1, 2 e 3 que compõem a organização geral de apresentação desta pesquisa.

Figura 5 - Etapas da Pesquisa



Método de Abordagem Orientada – Discover Oriented Approach

Fonte: Adaptado de Menon *et al.* (1999).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A sociedade está cada dia mais consciente dos impactos de suas atividades no meio ambiente. Aspectos socioambientais vêm, cada vez mais persuasivos, como requisitos na avaliação de desempenho em cadeias logísticas de transporte (MCKINNON, 2010). É uma tendência que modifica e aprimora as práticas de gestão tradicionais de transporte, de eficiência puramente financeira, para um dado nível de serviço, que considera a eficiência energética, de recursos naturais e sustentabilidade ambiental (OLIVEIRA 2015).

A abordagem da logística e do planejamento de transporte, carga e passageiros, tradicionalmente considera com maior ênfase, aspectos econômicos e financeiros (MCKINNON *et al.*, 2010). Todavia, ela vem sofrendo adaptações, desde a última década, no sentido de atender também aos aspectos sociais e ambientais, à medida que cresce a necessidade de promover a gestão sustentável das atividades produtivas de transporte (LIN *et al.*, 2014). Em outras palavras, promover um conjunto de ações, no âmbito do planejamento de transporte, que estimulem a eficiência no uso dos recursos presentes, sem comprometer a sua disponibilidade no futuro, e reduzam a produção de novos espólios ambientais.

Para elucidar os conceitos pertinentes ao transporte sustentável e seu planejamento nas cidades, para então aplica-los em etapa futura nesta dissertação, preferiu-se separar a revisão bibliográfica em referencial e sistemática. A primeira pretende esclarecer e fundamentar tais conceitos, a segunda fará de forma sistemática a apresentação dos artigos estudados e classificados para esta pesquisa.

2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA REFERENCIAL

São apresentadas com grande frequência nesta dissertação conceitos utilizados no âmbito do transporte e do planejamento urbano que, ao contrário do que possa parecer, são alvos de interpretações dissonantes, mesmo no ambiente técnico. Nesse ponto de vista, impõe-se o esclarecimento desses termos, bem como um posicionamento interpretativo a eles na presente dissertação, o que será apresentado a seguir.

2.2.1 Mobilidade Urbana e Transporte Urbano

Na opinião de Oliveira e Silva (2015) observa-se, muitas vezes, que o conceito de mobilidade acaba associado prioritariamente à circulação dos modos motorizados de transporte, enfatizando os motorizados individuais. Há ainda uma dissonância na interpretação dos conceitos de mobilidade urbana e transporte urbano, justificado pelo fato de serem multidisciplinares. Todavia, o termo mobilidade urbana surge com a concretização de planos e projetos de melhoria e distribuição mais igualitária da cidade e seu espaço. Para esses autores a mobilidade urbana envolve muitos atores com interesses diversos, buscando a concretização de um planejamento do transporte urbano mais equânime e, portanto, mais difícil de ser viabilizado.

Vasconcellos (2014) define mobilidade urbana como o deslocamento de ir e vir das pessoas no espaço urbano, necessário para que realizem as atividades diárias de trabalho, estudo, saúde e lazer, podendo ser feitos a pé ou por meio de veículos de transporte motorizados ou não motorizados.

A Política Nacional de Mobilidade Urbana⁴, instituída pela Lei Federal nº 12.587/2012, conhecida como Lei da Mobilidade Urbana, conceitua mobilidade urbana como a condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano. Trata a política de transportes associada a política de desenvolvimento urbano, sendo assim de âmbito municipal. A mesma Lei conceitua transporte urbano como o conjunto dos modos e serviços de transporte utilizados para o deslocamento de pessoas e cargas nas cidades integrantes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. No que se refere aos modos desse transporte, classifica-os como motorizados e não motorizados. Quanto ao objeto dos modos, este pode ser de passageiros ou de cargas. Para os serviços, eles podem ser de característica coletiva ou individual, e de natureza pública ou privada.

⁴ A Política Nacional de Mobilidade Urbana é instrumento da política de desenvolvimento urbano da Constituição Federal brasileira (1988), e objetiva a integração entre os diferentes modos de transporte e a melhoria da acessibilidade e mobilidade das pessoas e cargas no território do Município. Contribui para o acesso universal à cidade por meio do planejamento e da gestão democrática de um Sistema Nacional de Mobilidade Urbana. Tal Sistema é entendido como o conjunto organizado e coordenado dos modos de transporte, de serviços e de infraestruturas, que garante os deslocamentos de pessoas e cargas no território do Município (BRASIL, 2012).

O transporte público coletivo de passageiros é definido pela Constituição Federal brasileira de 1988 como um serviço essencial de responsabilidade municipal, que deve ser organizado pelo gestor público, diretamente ou sob-regime de concessão ou permissão.

A Lei da Mobilidade Urbana definiu, no Brasil, princípios e diretrizes ao tratar a política de transportes associada à de desenvolvimento urbano. Tornou obrigatória a elaboração de Plano de Mobilidade Urbana para os municípios a partir de 20.000 habitantes. A Lei também concretizou a necessidade de uma sistemática de avaliação, revisão e atualização desses planos de mobilidade, tornando imprescindível o uso de ferramentas de avaliação e controle das condições de mobilidade nos municípios.

Neste estudo, o transporte urbano é entendido como o movimento de bens, informações e pessoas no ambiente da cidade, necessário para que essas possam realizar suas atividades diárias de trabalho, comércio e lazer, bem como as derivações dessas atividades. É classificado quanto ao mecanismo de funcionamento como motorizado e não motorizado, quanto a finalidade como de cargas e de passageiros, quanto a capacidade de ocupação como coletivo e individual, e ainda, quanto ao ente responsável como público e privado. A mobilidade urbana é aqui entendida como a condição das pessoas se movimentarem na cidade, estando diretamente relacionada com a acessibilidade equânime da cidade, seja por meios motorizados ou não motorizados de transporte.

Nesse sentido, são importantes a coleta e sistematização de dados de condições de transporte nas cidades, para a produção de índices e indicadores que devem ser utilizados para orientar e construir planos, políticas, metodologias e métodos de melhoria da mobilidade no espaço urbano das cidades (VASCONCELLOS, 2014).

2.2.2 Planejamento de Transportes Sustentável

Desde que foi identificado como uma prioridade global pela Organização das Nações Unidas, no início da década de 1970⁵, o termo

⁵ Conferência de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano (1972) marca a inserção dos Estados no âmbito de um debate global sobre meio ambiente no mundo. Ao final da Conferência, foi firmada a Declaração sobre Meio Ambiente, a qual destacou o ser humano como resultado e artífice do meio que o circunda, sendo em todos os planos (cidadão, comunidade, empresas e instituições), responsável pela preservação ambiental. Surge o conceito de desenvolvimento socioeconômico em harmonia com a preservação do meio

desenvolvimento sustentável ficou definido por satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades (BRUNDTLAND, 1987). Considerado o *prima principium* do Direito Ambiental, o desenvolvimento sustentável tem como pilar a harmonização das três vertentes: crescimento econômico, preservação ambiental e equidade social, podendo ser assim considerado somente se elas forem efetivamente respeitadas de forma simultânea (SAMPAIO, 2003).

O Relatório Brundtland (1987), em sua versão original *Our Common Future* traz uma reflexão sobre as atividades humanas e os setores, nos diferentes séculos de vida do planeta. Em seu texto, ele considera que até recentemente o planeta era um mundo grande com atividades humanas e seus efeitos perfeitamente compartimentados dentro das nações. Setores como energia, agricultura e comércio, dentro de grandes áreas de preocupação como ambiental, econômica e social. No entanto, estes compartimentos começaram a se dissolver, o que pode ser aplicável às várias crises globais que tomaram o interesse público ao longo da década de 1980. Essas não foram crises separadas: ambiental, de desenvolvimento e energética, mas foram todas uma (BRUNDTLAND, 1987).

Em consonância com tal reflexão, o planejamento sustentável é amplamente aceito como a previsão de medidas e estabelecimentos de metas que tenham em consonância a compatibilização das dimensões social, econômica e ambiental (BLOWERS, 2013). Cada dimensão envolve um sistema complexo de objetivos e interesses diferenciados, e por vezes conflitantes. Assim, a ideia de planejamento de qualquer modelo sustentável deverá refletir o equilíbrio entre elas (STEINEBACH; GUHATHKURTA; HAGEN, 2009).

Quanto a sustentabilidade do sistema de transporte, Jeon e Amekudzi (2005) concordam que embora não se tenha chegado a uma definição consensual de sustentabilidade do sistema de transporte, é amplamente aceito, entre os estudiosos e técnicos do setor, que esses sistemas implicam conciliar desenvolvimento econômico (atual e futuro) com qualidades sociais e preservação ambiental. Nesse aspecto, Song *et al.*, (2013) consideram que algumas externalidades dos sistemas de transporte têm impacto significativo sobre vastos aspectos, incluindo a energia, uso da terra, a segurança do tráfego, acessibilidade e desenvolvimento econômico.

ambiente, mais tarde batizada de “desenvolvimento sustentável” (THOMÉ, 2015).

Diante do exposto, planejamento de transportes sustentável é aqui entendido como o estudo e proposição de medidas conjuntas de melhoramento do sistema de transporte, as quais devam considerar consensualmente a redução de emissões de gases do efeito estufa, principalmente o CO₂, o uso eficiente de recursos naturais, o equilíbrio do espaço urbano e da matriz de transporte urbana.

2.2.3 A Logística no Transporte Urbano

A logística é uma das atividades mais antigas utilizadas para soluções gerenciais e econômicas e, ao mesmo tempo, mais modernas, se destacando entre os conceitos de boa gestão do mundo moderno (QUIUMENTO, 2011). É o processo de planejamento, implementação e controle da eficiência, fluxo efetivo e armazenagem de mercadorias, serviços e informações relacionadas do ponto de origem ao ponto de consumo com o propósito de atender os requisitos do cliente (SUDALAIMUTHU; RAJ, 2009).

O termo Logística Urbana inclui planejamento, implementação e controle eficiente de fluxo, armazenamento de materiais e informações relacionadas numa escala urbana (SIMÃO; GONÇALVES; RODRIGUES, 2016). Nesse caso, pressupõe-se o fluxo de pessoas, veículos, materiais, informações, de um ponto específico de coleta ou embarque até o ponto final de destino ou de transbordo, como os terminais de integração no transporte coletivo. Apesar de específico, esse conceito ainda é pouco difundido no Brasil no âmbito do transporte de passageiros, sendo mais aplicado no transporte de mercadorias (MUKAI *et al.*, 2007).

Em busca de pesquisas sobre métodos logísticos para atender, otimizar e melhorar a mobilidade nas cidades brasileiras, percebe-se uma lacuna de material bibliográfico, principalmente no transporte de passageiros e em referências nacionais, sendo mais encontrados internacionalmente e como soluções para empresas privadas de transporte de mercadorias, nos grandes centros e regiões metropolitanas (FERREIRA *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2015), fato que serve como motivação para o estudo da logística no ambiente urbano e transporte de passageiros.

No âmbito internacional, a Comissão Europeia vem desde a virada do milênio tentando identificar melhores técnicas e estratégias eficientes de transporte nas cidades, abordando com destaque ganhos ambientais nos sistemas logísticos, entre eles: uso de transporte menos poluente, redução de veículos, motores mais eficientes em energia,

treinamento de motoristas e o emprego do conceito de *city logistics* (DUTRA, 2004).

Para Dutra (2004) e Novaes (2004), apesar da problemática da movimentação de mercadorias nas cidades brasileiras não ser recente, de uma maneira geral, ela não foi considerada no planejamento das cidades. Já os países europeus como Alemanha, Holanda, Bélgica, Suíça e Dinamarca, iniciaram projetos pilotos de distribuição com métodos logísticos desde a década de 90, os quais ficaram conhecidos como *city logistics*.

City logistics é a otimização pelas companhias privadas de suas ações em áreas urbanas, com vistas a redução de congestionamentos e consumo de combustível. Está fundamentado em três pilares: sustentabilidade, mobilidade e qualidade de vida (TANIGUCHI *et al.*, 2002). Pode reduzir congestionamentos, aumentar a mobilidade, reduzir níveis de poluição e ruídos, contribuir para o Tratado de Kioto (SIMÃO; GONÇALVES; RODRIGUES, 2016). É um processo de planejamento de transporte urbano baseado no sistema de integração capaz de promover inovação e reduzir custos ambientais, sociais e econômicos (TANIGUCHI *et al.*, 2003).

Tal conceito da logística urbana, inicialmente motivado nas cidades da União Europeia, vem sendo motivado em outras regiões do mundo como Canadá, Estados Unidos, China e países Latinos como o Brasil e Caribe, ganhando apoio técnico e desenvolvimento metodológico com vistas às questões ambientais (TORRES, 2015). Desde os anos 2000, o estudo e desenvolvimento de metodologias logísticas urbanas vêm expandindo conceitos, seja pela necessidade de reorganizar os centros urbanos, pelo crescimento exponencial do automóvel, pela desqualificação da mobilidade coletiva, ou por visionismo de questões ambientais (BORGES, 2006). Tal fato trouxe novos cenários e requer novas soluções de logística urbana, favoráveis a eficiência, ao baixo consumo de carbono e poluição e a sustentabilidade, sem deixar de ser eficaz economicamente.

2.2.4 A Ótica Sustentável da Logística

Tradicionalmente, a logística busca coordenar atividades de modo a atender às exigências de demandas com vistas a um custo financeiro mínimo e ao menor período de tempo, não internalizando, no entanto,

outros custos como ambientais e sociais, tratados como externalidades⁶ (QUIUMENTO, 2011). Assim, aumentam as exigências sociais para que as empresas atentem também para a questão ambiental em suas atividades, promovendo-as sob um enfoque sustentável (RAMUDHIN et.al., 2010).

Nesse sentido, a prática da logística sob tal enfoque, considerando aspectos sociais e ambientais, mostra-se associada aos conceitos de logística de baixo carbono, logística verde e logística sustentável, as quais se relacionam, pois, embora empreguem termos diferentes, pretendem atingir objetivos comuns (XUEZHONG et al., 2011).

A logística de baixo carbono pode ser considerada em âmbito menos abrangente, visto que está concentrada unicamente em reduzir as emissões de CO₂ e, dessa forma, no âmbito do transporte, mostra-se mais recorrente, em pesquisas que tratam alternativas para substituição de combustíveis fósseis e práticas de transporte não motorizados (YANG et al., 2013).

Com relação a prática da logística verde, medidas que visam à redução dos impactos ambientais são associadas às atividades logísticas tradicionais, e também são conhecidas como práticas verdes (MCKINNON, 2010). A logística verde tem como objetivo principal coordenar as atividades de transporte – mercadorias, serviços, pessoas – de tal forma que as necessidades sejam atendidas a um menor custo para o meio ambiente (QUIUMENTO, 2011). A versão verde da logística em transporte – *green logistics transportation* – é uma prática de gestão que promove a adoção de medidas que visem à redução dos impactos ambientais (LAI et al., 2012), dentre os quais é possível citar, além da redução de CO₂, decorrente da queima de combustíveis fósseis, a de resíduos, mudanças climáticas, a utilização excessiva e não planejada de recursos naturais, acidentes, ruído e degradação do solo [...] (SARKIS; MEADE; TALLURI, 2004; SARKIS; LAI, 2011).

Em maior ótica, estuda-se a logística sustentável, cujo termo sustentabilidade implica em conciliar aspectos ambientais, econômicos e sociais nas atividades humanas (BRUNDTLAND, 1987). Com base nos

⁶ A externalidade pode ser entendida como o impacto das ações próprias sobre terceiros (MANKIW, 2009) as quais são assumidas como positivas ou negativas. No caso de custos externos ambientais e sociais, trata-se como negativos, visto incorrer negativamente em outros setores da gestão, como saúde, gerenciamento de recursos naturais, poluição, mudança climática, entre outros (GIANNETI; ALMEIDA, 2006).

autores Ciliberti *et al.* (2007); Sarkis *et al.* (2011) e Tseng *et al.* (2013) pode-se caracterizar logística sustentável com aquela que promove a adoção de aspectos ambientais, sociais e econômicos, simultaneamente. Em que, aspectos sociais devem enfatizar uma proposta ampla que promova mudanças em âmbito institucional, além de escolhas políticas e econômicas. Tais autores à consideram atrelada a uma melhor distribuição de renda, qualidade de vida e condições de trabalho para a sociedade em geral.

A partir de 2011, no Brasil, a abordagem integrada das funções logísticas – distribuição, qualidade socioambiental e economicidade – tem sido mais presente (ANTP, 2014) demonstrando a preocupação em integrar melhores resultados quantitativos, econômicos e de atendimento a demanda, aos qualitativos ambientais e sociais, embora os primeiros ainda sejam *sine qua non* para a prática dos demais.

Dentre essas três logísticas sucintamente definidas, a que resultou mais ocorrente na pesquisa aqui desenvolvida foi a Logística Verde. Assim, tendo em vista aprofundar os conceitos e suas aplicações, se discutirá sobre ela a seguir.

2.2.4.1 A Logística Verde (*green logistics*)

Na década de 80 as iniciativas ambientais das empresas eram implantadas principalmente em resposta aos regulamentos impostos pelo governo ou ainda a protestos públicos em prol da preservação ambiental (MCKINNON *et al.*, 2010). Com o passar dos anos, formular estratégias ambientais apoiadas em avaliação de impacto ambiental tornou-se mais comum no ambiente corporativo das empresas, embora o objetivo fim seja a economicidade e aumento de lucratividade.

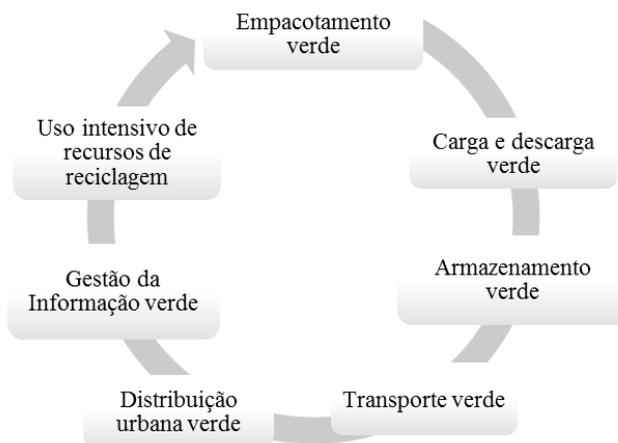
A logística verde teve suas primeiras ações nos Estados Unidos, de onde rapidamente se disseminou para outros países da União Europeia e Japão (XIA; WANG, 2013). Promovida por uma política norte americana de economia livre, *green logistics* passou a ser vista como necessidade do setor logístico, passando a complementar os processos tradicionais de produção e distribuição. Na opinião de Xia e Wang (2013), o principal objetivo do setor logístico dos Estados Unidos é possuir um sistema de transporte rápido, seguro, eficiente, acessível e conveniente ambientalmente.

A logística verde estuda meios de planejar e diminuir os impactos ambientais da logística comum, e seus custos (GOTO, 2012). Os elementos que integram essa logística foram explicitados pelo Ministério da Agricultura da Espanha (figura 6) a fim de elencar as

potencialidades de aplicação da logística verde e facilitar a ação das empresas no planejamento de suas práticas.

É grande a abrangência da logística verde, assim como a relevância da função transporte para o seu desenvolvimento, nesse sentido, ênfases serão direcionadas para tal função, no sentido de fomentar diferentes posicionamentos encontrados na revisão bibliográfica, e subsidiar conceitos para o desenvolvimento metodológico do presente trabalho. Demir, Bektas e Laporte (2011) consideram que essa logística contribui para o melhor planejamento operacional e estratégico do transporte, visando a redução dos efeitos nocivos que ele tem trazido para o meio ambiente, como as emissões dos gases do efeito estufa.

Figura 6 - Elementos que integram uma logística verde



Fonte: Adaptado de Ministério da Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, Gobierno de España (2008) *apud* Mora e Campuzano (2013).

A distribuição urbana verde considera dois canais principais, o primeiro tem como ênfase o produto – desde o seu ponto de origem até a sua distribuição – o segundo, destaca a função transporte no meio urbano – escolha do modo, distribuição, gerenciamento e uso de recursos (MORA; CAMPUZANO, 2013).

Analogamente, pode-se relacionar esse segundo canal ao transporte coletivo urbano nas cidades, em que, a implantação de unidades de transporte alternativos de forma integrada podem diminuir as emissões de poluentes e o consumo de energia. Ainda, utilizar-se

rotas planejadas com vistas ao menor custo e manutenção dos meios de transporte, reduzir congestionamentos e priorizar alternativas de transporte verde, promovendo-as ao usuário. Quanto a gestão da informação verde, ela requer o controle do processo como um todo, a fim de evitar desperdícios de recursos, energia, espaço e tempo, visando maior eficiência, fazendo com que as falhas sejam identificadas e as ações melhoradas, ciclo após ciclo. Por fim, a reutilização pode ser vista como o reaproveitamento da energia e de materiais utilizados nos modos de transporte.

A logística tradicional se concentra na minimização de custos sujeito as restrições operacionais sem se preocupar com os danos causados ao meio ambiente (REN, 2012). Na opinião de Mckinnon (2010) o transporte de mercadorias é considerado a fonte mais importante de riscos ambientais no sistema global logístico, visto ser um dos maiores colaboradores nas emissões de gases de efeito estufa, o que indiretamente gera outros custos com a saúde e longevidade, por repercutir de forma nociva na qualidade do ar local, acidentes, ruídos e alterações climáticas. No entanto, a logística verde apresenta benefícios sob tais contextos: ambiental, social, regulador, tecnológico, econômico, potencializando a busca por soluções (EMMET; SOOD, 2010). Para empresas de transporte, aderir ao sistema da logística verde pode ainda trazer oportunidades como: linhas de crédito facilitadas, menores taxas de juros, credibilidade com cliente e fornecedores, abatimento de impostos (SOUSA, 2011).

Ainda em 1996, uma discussão sobre Desenvolvimento Sustentável no Reino Unido (U.K. ROUND TABLE ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 1996 *apud* SATHAYE *et al.*, 2006), resumiu os efeitos causados pela atividade logística. A lista final foi dividida em categorias similares para que as considerações que possuíam alguma semelhança fossem agrupadas. Esses efeitos foram aqui confrontados com os benefícios da logística verde destacados por Emmet e Sood (2010), como forma de oportunidades solutivas. No quadro 1 estão apresentados tais impactos da logística e os benefícios da logística verde.

Quadro 1 - Impactos da logística e benefícios da logística verde

Impactos da Logística		Benefícios da Logística Verde	
Impactos Econômicos	Congestionamentos; Desperdício de recursos.	Benefícios Econômicos	Plataforma potencial de avanços tecnológicos; Uso mais eficiente de recursos; Fusão de esforços públicos-privados para a otimização da cadeia de suprimentos e gestão ambiental; Marketing atrativo; Visão sistêmica; Aumento de lucratividade (investimento de médio e longo prazo).
Impactos Ambientais	Gases do efeito estufa e seus efeitos (mudança climática, destruição do ecossistema e espécies em extinção); Uso de combustível fóssil não renovável; Produtos residuais (pneu, óleo, etc) e seus efeitos.	Benefícios Ambientais	Redução de gases do efeito estufa; Redução de resíduos, materiais perigosos, poluição, degradação; Regulação e gestão ambiental (controle no uso de recursos e eficiência energética);
Impactos Sociais	Saúde pública (efeito social dos gases do efeito estufa, segurança viária, acidentes, lesões, mortes) Destruição de culturas; Barulho; Intrusão visual; Congestionamentos intervindo em viagens e outros compromissos; Perda de qualidade urbana social (áreas verdes e áreas pedonais); Deterioração de edifícios e infraestrutura.	Benefícios Sociais	Qualidade de vida; Qualidade do ar; Melhor saúde, sensação de bem-estar e longevidade; Qualificação urbana e social; Local de trabalho mais seguro e ambiente mais limpo; Marketing positivo;

Fonte: Adaptado de Emmet; Sood (2010) e U.K. Round Table on Sustainable Development (1996) *apud* Sathaye (2006).

Sathaye *et al.*, (2006) chama a atenção para a dificuldade de classificar os impactos, visto que, na prática comum da logística, eles não são internalizados na composição dos custos. No entanto, o autor contrapõe expondo que, a importância da lista está no fato de todos os impactos serem incluídos. Para Rodrigue, Slack e Comtois (2013) os padrões de sistemas logísticos revelam algumas inconsistências no que diz respeito a redução do impacto ambiental, apresentando cinco paradoxos: custo, tempo, confiança, estoques e tecnologia da informação. Tal autor explica que:

- a) Custo: a diminuição da quantidade transportada resulta em maior número de viagens, o que aumenta o custo;
- b) Tempo: menor tempo de fluxo requer maior velocidade e eficácia, conseqüentemente maior energia e mais poluição;
- c) Confiança: o sucesso se reflete no melhor atendimento da demanda (tempo e custo), em que modos menos poluentes são, geralmente, menos confiáveis em tempo e, portanto, menos seguros;
- d) Estoque: exclusivamente a cadeia de suprimentos, a redução de estoques implica em maior distribuição com mais veículos nas ruas o que aumenta o congestionamento e a poluição;
- e) Tecnologia da Informação: exclusivamente a cadeia de suprimentos no Brasil, exige maior integração dos modos de transporte, linhas de montagem e materiais em trânsito. Tal integração é feita atualmente por rodoviário e aéreo, o que pode ser paradoxal política verde.

Rodrigue, Slack e Comtois (2013) aduz, por outro lado, que a redução de gases do efeito estufa e melhoria na eficiência energética devem ser considerados na composição de custos finais da nova logística verde, para eles, estratégias voltadas à redução desses impactos podem promover lucro máximo, desde que disponham de alternativas modais de transporte, que permitam o planejamento das entregas, rotas, fornecedores e uso de recursos. Quiumento (2011) argumenta que àqueles paradoxos não podem ser vistos como impeditivos a aplicação de práticas sustentáveis na logística, mas devem ser vistos como desafios para a redução de custos logísticos totais, tornar o setor de transportes significativamente mais verde e, ao mesmo tempo, motivar desenvolvedores de outras áreas. Shan (2012) considera que as questões ambientais da logística podem ter impacto positivo sobre as estratégias gerenciais como planejamento de localização, transporte, matéria prima, entre outros.

No caso da transferência modal, é uma estratégia que pode ser utilizada como um sistema de informação dinâmica que ajuda os planejadores das rotas a optar por meios intermodais e serviços com menor impacto ambiental (RODRIGUE; SLACK; COMTOIS, 2013). Como critérios de avaliação de políticas verdes em logística, especial atenção deve ser dirigida para as alternativas de transporte verde, tecnologia verde e política de logística verde (CHANG; QIN, 2009). Segundo esses autores, o transporte verde vem através da utilização de outros combustíveis, com o mínimo de poluição, ou alternativas multimodais; a tecnologia verde com a adoção da tecnologia da informação e comunicação, tecnologia de monitoramento e uma variedade de tecnologias específicas no processo de gestão da logística e, por fim, a política de logística verde por meio de incentivos formulados pelo governo.

Pode-se perceber que a função transporte é unanimemente, entre os autores pesquisados, a grande e mais significativa atividade da logística verde sob influência direta no meio ambiente (XIA; WANG, 2013). O transporte logístico verde pode reduzir o consumo final de energia nos sistemas logísticos, as emissões de poluentes e gases do efeito estufa através de projetos e métodos eficazes (TAO, 2008). O uso de combustíveis alternativos como o gás natural, biocombustíveis, eletricidade e hidrogênio, em combinação com melhores tecnologias convencionais e avançadas, fornecem o potencial para reduções ainda maiores (RIBEIRO; KOBAYASHI, 2007).

No entanto, não se espera que o petróleo reduza sua quota dominante do uso de energia de transporte e as consequentes emissões de GEE. Assim, aos desenvolvedores e gestores estratégicos é importante avançar nas possibilidades de transporte verde, rodoviário, ferroviário, marítimo e aquaviário, no sentido de gestão de demanda e planejamento de infraestrutura e recursos, como uma maneira efetiva de diminuir o consumo de energia e emissão de CO₂ (RIBEIRO; KOBAYASHI, 2007). Utilizar-se, ainda, de um sistema de informação em tempo real com o intuito de repassar as informações com a menor quantidade de erros e variações possível, como um sistema de informação da logística verde, é possível monitorar os custos totais, inventários de emissões dos veículos, consumo de energia com transporte, transferência de demanda, processamento e distribuição, a fim de cumprir com os procedimentos, atender exigências ambientais e orientar a tomada de decisão (ZHANG; LIU, 2009).

Segundo Zhang; Liu (2009) um sistema de informação da logística verde é composto por diversos módulos que auxiliam no

processo de tomada de decisão e conseqüente diminuição da degradação do meio ambiente. A exemplo tem-se:

- a) Sistemas de controle de veículo verde: para avaliação das atividades do veículo prejudiciais durante o transporte;
- b) Sistema de controle de demanda verde: para controlar as atividades que ocorreram no transporte, embarque, transbordo, desembarque;
- c) Logística verde com banco de dados integrado: métodos de coleta de dados e inventários, fundamentais na coordenação logística. Otimização da gestão dos recursos, redução e controle de energia, emissões e lucro.

Tais iniciativas vêm corroborar ao entendimento de que é necessário e, será crescente a necessidade, de aferir, controlar, valorar e divulgar as variáveis ambientais de energia e emissão de poluentes geradas pelo transporte. Nesse contexto, procurou-se nesta pesquisa conhecer também o conceito de valoração ambiental, no sentido de compreender o valor econômico das variáveis ambientais.

2.2.5 Valoração Ambiental

A valoração ambiental na grande área da logística não costumava ser praticada, sendo os custos ambientais tratados como externalidades e custos indiretos. Segundo Ortiz (2003), as técnicas de valoração de custos ambientais buscam medir as preferências das pessoas por um recurso ou serviço ambiental e, portanto, o que está recebendo valor não é o meio ambiente ou o recurso ambiental, mas as preferências das pessoas em relação às mudanças de qualidade, ou quantidade ofertada do recurso ambiental, que são traduzidas em medidas de bem-estar.

Para esse autor, os economistas estimam valores ambientais em termos monetários de maneira a tornar esse valor comparável com outros valores de mercado, de forma a permitir a tomada de decisão envolvendo recursos ambientais, e inserindo de forma realista o meio ambiente nas estratégias de desenvolvimento econômico.

Não há um consenso entre os autores aqui pesquisados sobre o valor econômico ambiental. Metodologias de valoração ambiental com base nos custos de saúde, também chamadas de capital humano ou de produção sacrificada, são consideradas, na literatura consultada, como um método indireto de valoração (LANDMANN; RIBEIRO; DEAK, 2007). A Teoria do Capital Humano supõe que, uma vida perdida representa um custo de oportunidade para a sociedade, equivalente ao

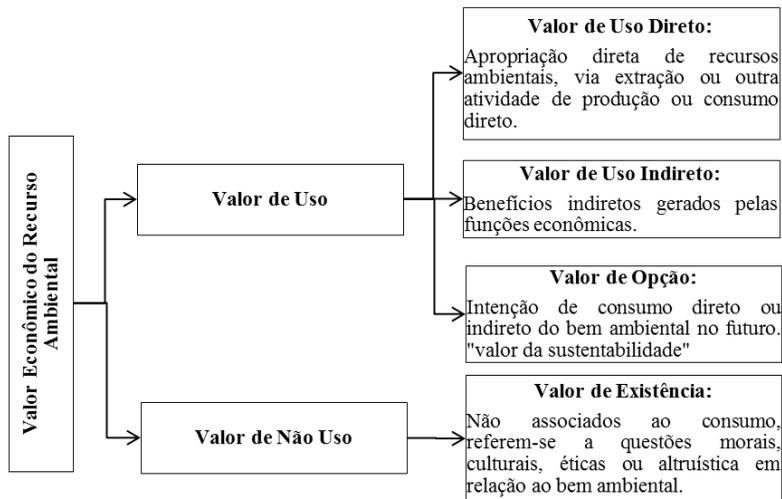
valor presente da capacidade desse indivíduo de gerar renda (ORTIZ, 2003).

Para Santos e Ribeiro (2015), a escolha do melhor método de valorar as variáveis ambientais ainda é subjetiva, e deve-se fazê-la segundo os dados e recursos disponíveis em cada região, buscando-se sempre reafirmar os objetivos sociais de equidade e sustentabilidade. Embora estes métodos de valoração apresentem resultados muitas vezes divergentes, todos partem do mesmo princípio da racionalidade econômica. As pessoas realizam suas escolhas a partir do que observam, procurando maximizar o bem-estar, limitadas pelas restrições orçamentárias. Não se trata de transformar um bem ambiental num produto com preço de mercado, mas sim, mensurar as preferências dos indivíduos sobre as alterações em seu ambiente (PEARCE, 1993).

Da mesma forma que as características ambientais, tais como qualidade do ar e disponibilidade de energia, afetam a produtividade das ações humanas, e acabam influenciando o preço de alguns serviços, podemos imaginar o valor de cada recurso ambiental como uma função de seus atributos.

Para Maia *et al.*, (2004) enquanto os fluxos de bens e serviços ambientais gerados pelo consumo definem os atributos relacionados ao seu valor de uso, os atributos relacionados à própria existência do recurso, sem qualquer associação ao seu uso presente ou futuro, configuram o valor de não uso, ou valor de existência do recurso ambiental. Por sua vez, os valores de uso podem ainda ser classificados em valor de uso direto, valor de uso indireto e valor de opção. Romeiro e Maia (2011) propõem essa desagregação do valor econômico do recurso ambiental, em valor de uso (direto, indireto e de opção) e valor de não uso, o que é demonstrado na Figura 7.

Figura 7 - Desagregação do valor econômico de um recurso ambiental



Fonte: Adaptado de Romeiro e Maia (2011).

A determinação de preços de mercado para recursos naturais explorados direta ou indiretamente por agentes econômicos ainda é ineficiente, sendo quase todos subavaliados e não internalizados. Da mesma maneira, a poluição do ar e o consumo de energia provocada por agentes econômicos afetará não só a qualidade como a quantidade desses ativos ambientais, e deveriam ser deduzidos do agente poluidor como forma de internalizar os prejuízos causados ao ambiente. Se todos os danos ambientais pudessem ser inseridos nas funções de produção das empresas, haveria também maior viabilidade econômica para atividades sustentáveis como a logística verde em setores fundamentais como o transporte. Embora evite prejuízos à sustentabilidade, grande parte destas atividades ainda depende da conscientização ambiental da população, refletida em sua disposição a pagar, pois usualmente seus produtos apresentam preços mais elevados no mercado.

2.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

Uma narrativa tradicional como uma revisão descritiva, pode trazer comentários sem muito rigor, e em muitos casos sem peças genuínas da ciência de investigação. Consequentemente, pode faltar um meio para fazer sentido do que a coleção

de estudos está dizendo. A qualidade de sustentar a tomada de decisões, por evidência inadequada ou incompleta, impede seriamente a formulação e implementação de políticas de planejamento e ação (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003).

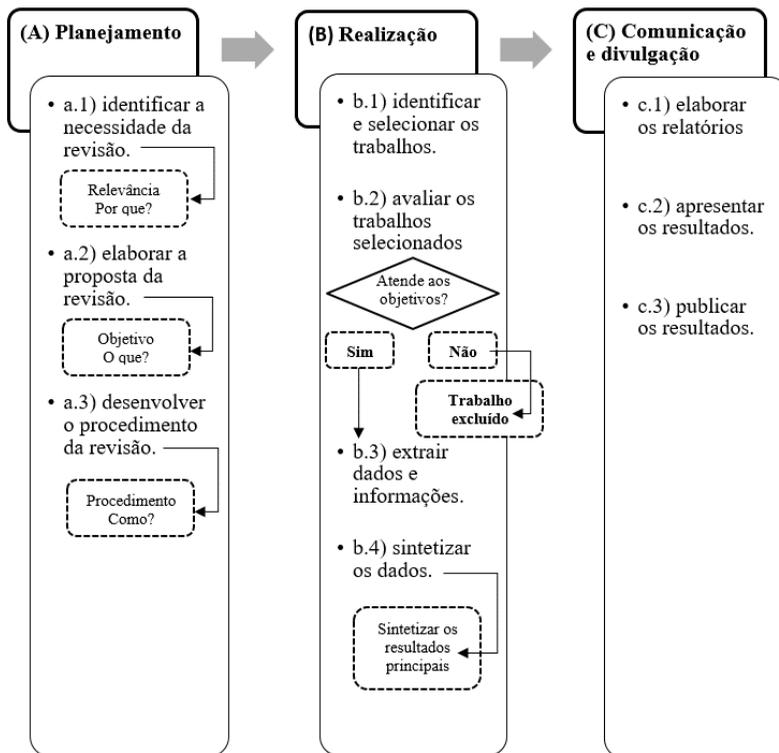
Esta pesquisa bibliográfica sistemática partiu de uma seleção de trabalhos que demonstrassem o potencial de aplicação dos conceitos de logística, valoração ambiental e planejamento de transporte, a fim de encontrar nesses conceitos objetivos comuns como: introduzir no planejamento de transporte de passageiros, aspectos ambientais e suas valorações, como emissão de poluentes e consumo de energia.

Tal estudo de conceitos e suas inter-relações visou fundamentar a organização de uma contribuição metodológica de planejamento sustentável de transporte de passageiros, com vistas a valoração dos custos ambientais desse transporte, para apoiar gestores do setor público ou privado na análise do transporte das cidades.

Assim, uma pesquisa de métodos, práticas e metodologias que utilizem os conceitos abordados na revisão referencial fez-se relevante. Para isso, preferiu-se utilizar uma metodologia baseada em Tranfield, Denyer e Smart (2003), denominada revisão bibliográfica sistemática, a qual busca conhecer e sintetizar as pesquisas já desenvolvidas dentro da área de conhecimento. Tais autores sugerem uma revisão subdividida em três atividades chaves: planejamento, realização, comunicação e divulgação. Tal metodologia tem sido amplamente aplicada em teses e dissertações, a exemplo de Oliveira *et al.* (2014).

Nesse sentido, para esta dissertação desenvolveu-se e seguiu-se a estrutura apresentada na Figura 8:

Figura 8 - Estrutura geral da revisão sistemática da literatura da dissertação



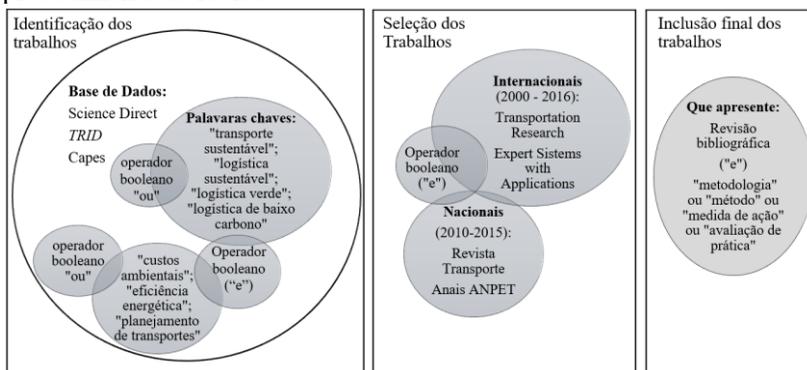
Fonte: Adaptado de Tranfield, Denyer e Smart (2003) e Oliveira *et al.* (2014).

A etapa de identificação dos trabalhos consistiu inicialmente em delimitar o ambiente de busca, escolhendo-se as bases de dados científicas: *Science Direct*, *Transportation Research Information Services - TRID* e *Capes*. Após, utilizaram-se filtros em que se definiram as palavras chaves contidas em títulos ou resumos: “transporte sustentável” ou “logística sustentável” ou “logística verde” ou “logística de baixo carbono”, associadas às palavras “planejamento de transportes” ou “custos ambientais” ou “eficiência energética”. Para a seleção dos trabalhos, os critérios utilizados foram a participação da produção intelectual no Qualis-Periódicos, sendo selecionados os trabalhos internacionais, publicados na *Transportation Research* (A, D e E),

Expert Systems with Applications (entre 2000 e 2016), e nacionais, na Revista Transportes e congresso da ANPET (entre 2010 e 2015). Para todos os trabalhos selecionados foram lidos os resumos e objetivos, a fim de verificar a presença de “método” ou “medida de ação” ou “avaliação de prática” de planejamento de transportes, e assim, incluí-los finalmente na revisão bibliográfica.

Tal procedimento sequencial metodológico está apresentado na Figura 9:

Figura 9 - Procedimento da revisão sistemática da literatura da dissertação – Etapa (A) Planejamento – sub etapa (a.3) desenvolver o procedimento da revisão



Fonte: Adaptado de Tranfield, Denyer e Smart (2003) e Oliveira *et al.* (2014).

Para proporcionar uma melhor compreensão, os resultados principais encontrados na revisão serão apresentados seguindo uma evolução no entendimento dos conceitos, assim, serão expostos inicialmente os métodos de valoração ambiental, divididos em estudos de valoração dos custos de poluição e estudos de valoração dos custos com energia. Seguidamente, serão apresentados os métodos de melhoria de desenvolvimento em transporte. Outras metodologias, por serem referências e já consagradas na prática, serão também mencionadas, dentro do segmento conceitual que pertencem, como a Análise Multicritério - MCDA, Metodologia ASIF, Metodologia de Indicadores de Sustentabilidade – IMUS e o Modelo 4 etapas. Em continuidade, serão apresentados os resultados da revisão bibliográfica sistemática.

2.3.1 Métodos de Valoração Ambiental

Romeiro e Maia (2011) classificam os métodos de valoração em diretos e indiretos, em que os primeiros procuram captar as preferências das pessoas utilizando como referências mercados hipotéticos – Métodos de Avaliação Contingente (MAC) – ou de mercados de bens complementares para obter a “disposição a pagar” (DAP) dos usuários pelo bem ou serviço ambiental, enquanto que, os segundos procuram obter o “valor do recurso” através de uma função de produção. Os métodos indiretos relacionam o impacto das alterações ambientais a produtos com preços no mercado. Os autores apresentam uma síntese dos principais métodos diretos e indiretos, até então mais encontrados em bibliografias, e seus respectivos subgrupos (Figura 10).

Pearce (1993) ressalva que cada método de valoração apresenta suas limitações na captação dos diferentes tipos de valores do recurso ambiental, não havendo como comprovar a eficiência de um em relação a outro, mesmo porque não há como precisar o real valor de um recurso ambiental, deve-se considerar o objetivo da valoração, a eficiência do método para o caso específico e as informações disponíveis para o estudo. Sob o enfoque do transporte, métodos indiretos como os Custos de Controle ou diretos como o MAC podem ajudar no planejamento de redes de distribuição logística sustentável como a logística verde (SARKIS; ZHU; LAI, 2011).

Custos de Controle representam os gastos necessários para evitar a variação do bem ambiental e garantir a qualidade dos benefícios gerados à população (MAIA; ROMEIRO; REYDON, 2004). O método limita o consumo presente do capital natural para manter um nível sustentável de exploração, permitindo o aproveitamento dos recursos naturais pelas gerações futuras. Uma metodologia com base nos Custos de Controle da poluição se aproxima bastante do método dos Custos Evitados, que procura estimar os gastos gerados na compensação do dano causado pela poluição tendo em vista a qualidade do recurso ambiental analisado (LANDMANN; RIBEIRO; DEÁK, 2007). Tal método, sob o enfoque do planejamento de transporte, pode ser visto com otimismo, e relaciona-se diretamente com a redução das emissões de CO₂, procurando prever menor valor aos gastos de se evitar a poluição, do que aos de reposição do ambiente destruído, ou mesmo, a perda de produção advinda do impacto ambiental.

O método indireto Custos Evitados é comumente utilizado em estudos de mortalidade e morbidade humana, podendo esses relacionarem-se aos custos evitados pela poluição ambiental. Tal

método estima o valor de um recurso ambiental através dos gastos com atividades preventivas (LANDMANN; RIBEIRO; DEÁK, 2007). Este método procura estimar os valores que seriam gastos em bens substitutos para não alterar a quantidade e a qualidade do recurso ambiental analisado (ORTIZ, 2003). O método estima o valor do recurso ambiental com base em atividades defensivas, que podem ser consideradas como uma aproximação monetária dos impactos ambientais (MAIA; ROMEIRO; REYDON, 2004).

Leal Junior e D'Agosto (2012) consideram que, quanto maior o estoque de capital natural, maior a capacidade do país de gerar renda no futuro. A escolha pelo consumo presente representa o quanto a sociedade está abrindo mão de seus ativos naturais para investir em soluções sustentáveis, pensadas em longo prazo. Na opinião de Andrade e Romeiro (2011), quanto maior a diferença entre os custos evitados e os de recuperação e perdas, mais conveniente torna-se a aplicação do método. Tais argumentações são uma importante visão que muitas organizações começam a perceber, pois, além de evitar custos maiores com recuperação do meio ambiente, pode-se demonstrar à sociedade um comportamento proativo-preventivo, melhorando a confiabilidade dos gestores públicos e privados.

Custos de Oportunidade refere-se as oportunidades econômicas que poderiam estar sendo desenvolvidas na área de proteção, representando as perdas econômicas da população em virtude das restrições de uso dos recursos ambientais (ANDRADE; ROMEIRO, 2011). O custo econômico gerado pela preservação deve ser internalizado entre os agentes que a usufrui, pois, toda conservação traz consigo um custo de oportunidade não realizada (PEARCE, 1993).

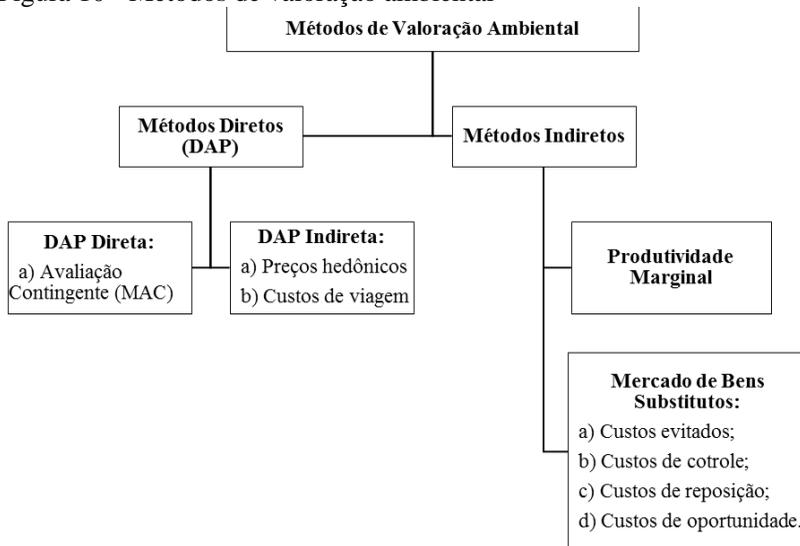
O Método Indireto de Avaliação Contingente (MAC) faz uso de consultas estatísticas à população para captar diretamente os valores individuais de uso e não-uso atribuídos a um recurso natural (SILVEIRA; CIRINO; PRADO FILHO, 2013). Utiliza-se de entrevista, na qual é simulado um mercado hipotético, informando o entrevistado sobre os atributos do sistema a ser avaliado. O questionamento é sobre sua disposição a pagar (DAP), ou seja, quanto ele estaria disposto a pagar por um serviço que fosse mais sustentável, e pode ser por questões induzidas ou voluntárias (COSTA *et al.*, 2015). A DAP é uma maneira de revelar as preferências das pessoas em valores monetários, e a estimativa dos benefícios totais gerados pelo recurso ambiental será dada pela agregação das preferências individuais da população. Exige, porém, cuidados especiais no planejamento e execução da pesquisa para

que não direcione os resultados e comprometa a análise das estimativas (ROMEIRO; MAIA, 2011).

O Método indireto de Produtividade Marginal atribui um valor ao uso do recurso ambiental, relacionando a sua quantidade ou qualidade, diretamente à produção de outro produto com preço definido no mercado (MAIA; ROMEIRO; REYDON, 2004). O autor explica que a função irá mensurar o impacto no sistema produtivo dada uma variação marginal na provisão do bem ou recurso ambiental, e a partir desta variação, estimar o valor econômico de uso do recurso ambiental.

A Figura 10 a seguir resume esquematicamente os métodos de valoração ambiental descritos até então.

Figura 10 - Métodos de valoração ambiental



Fonte: Adaptado de Romeiro e Maia (2011).

Todavia, é recomendado cautela no uso de métodos de valoração ambiental, e o emprego conjunto de outros critérios não monetários de avaliação de impactos ambientais, como modelos de apoio a decisão (MCDA - *Multiple Criteria Decision Aid*), principalmente quando o impacto ou recurso ambiental podem se tornar irreversíveis (PEARCE, 1993; ANDRADE; ROMEIRO, 2011; RIBEIRO, 2015; LEAL JUNIOR; D'AGOSTO, 2012).

A metodologia MCDA, é muito utilizada quando o problema envolve vários atores, cada um com seus sistemas de valores, múltiplos

objetivos e conflitos de interesses, diferentes níveis de poder e necessidade de negociação entre eles, e, além disto, quando da existência de grande quantidade de informações qualitativas. A escolha da metodologia a ser adotada depende dos valores considerados pelos facilitadores envolvidos em apoiar e tomar as decisões (ENSSLIN; MONTIBELLER NETO; NORONHA, 2001). Landmann, Ribeiro e Deák (2007) elencou alguns daqueles métodos em que foram utilizados para valoração de poluentes atmosféricos emitidos pelo setor de transportes. O autor fez uma avaliação quanto as vantagens e desvantagens de cada um, o que é apresentado no quadro 2.

Quadro 2 - Métodos de estimativa de custo ambiental em projetos de transporte: avaliação das vantagens e desvantagens pela visão de Landmann, Ribeiro e Deák (2007).

Método	Vantagens	Desvantagens
Custos dos Danos em Saúde ou Capital Humano	Consagrado e aceito internacionalmente; Bastante citado em bibliografias.	Complexo (elevado consumo de tempo e recursos); Pouca precisão dos resultados; Dificil obtenção de dados em países em desenvolvimento; Não se consegue internalizar todos os danos indiretos.
DAP (Disposição a Pagar)	Considera o ponto de vista do indivíduo;	Problemas éticos de valoração social (diferenças entre classes); Dificuldade do indivíduo comum em avaliar riscos.
Preços Hedônicos	Não valora a vida humana; Bastante citado em bibliografias; Não existe uma metodologia consolidada (flexibilidade de aplicação)	Considera que o mercado de imóveis é sempre sensível a variação da poluição do ar; Alta correlação entre a poluição do ar e outros impactos de tráfego intenso no valor dos imóveis; Dificuldade de obtenção de preços no mercado de imóveis
Custo Per Capta	Evita a valoração direta da vida humana.	Aborda somente as perdas materiais; Método muito simples.
Custos de Controle	Facilidade na obtenção de dados; Exige poucos recursos; Usa variáveis familiares	Pode enfrentar resistências quanto a mudança de abordagens; Precisa ganhar maturidade

Método	Vantagens	Desvantagens
	aos técnicos de transporte.	utilizando-o em projetos variados e comparando-o com outros métodos.

Fonte: Adaptado de Landmann, Ribeiro e Deák (2007).

2.3.1.1 Valoração dos Custos da Poluição Atmosférica

A poluição do ar é um sério problema em várias cidades do mundo, o que causa um incremento da incidência de doenças e mortes prematuras decorrentes da exposição a índices elevados de compostos perigosos (SANTOS; RIBEIRO, 2013). A estimativa dos custos com os poluentes atmosféricos é uma tarefa difícil, pois não existe um preço de mercado estabelecido. Mesmo em relação aos aspectos mensuráveis, há carência de estudos nacionais a este respeito, associado a poucos registros de dados, que quando existentes, são não-uniformizados, mas descentralizados e com curtas séries históricas (SANTOS; RIBEIRO, 2015). Todavia, todas as dificuldades enfrentadas não invalidam os estudos que buscam valorar os custos da poluição, a exemplo disso, inventários de emissão de CO₂ utilizados como indicadores para o transporte sustentável.

O gás carbônico (CO₂) representa 97% do gás do efeito estufa emitido na atmosfera por um veículo, outros 3% são frações de metano (CH₄), hidrocarbonetos (HC), óxido nitroso (N₂O), monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NO_x). Essas frações são mais difíceis de serem estimadas, pois seus fatores de emissão são muito reduzidos, dependem de elevado conhecimento sobre a mecânica veicular, qualidade dos combustíveis e características de operação. No entanto, a fração referente ao CO₂ é de grande valia para a valoração dos custos com os GEE (RIBEIRO *et al.*, 2013).

Diante disso, discussões e perspectivas levaram o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) a elaborar um manual de práticas para inventários nacionais de emissões atmosféricas causadoras de efeito estufa. A principal finalidade é instituir metodologias para estimar as quantidades de gases gerados a partir do uso de energéticos, principalmente os de origem fóssil, em todos os países que compõem a Organização das Nações Unidas (ONU), uniformizando o conhecimento sobre o acréscimo desses na atmosfera e seus possíveis efeitos sobre o clima terrestre.

Esse manual – *Guidelines for National Greenhouse Gas* (IPCC, 1996) – sugere que as emissões de gases de efeito estufa de fontes móveis sejam calculadas pela combustão do combustível de origem, através do teor de carbono emitido e consequentemente das emissões correspondentes de CO₂. Tal método é conhecido como *Tier One* (*Tier-1*) ou *Top-Down*, e será apresentado no item 2.3.1.2 desta pesquisa. O IPCC recomenda que os fatores de emissão para aplicação dos cálculos sejam adaptados aos índices locais, uma vez que o manual adota fatores de emissão relativos aos combustíveis utilizados nos Estados Unidos e outros países membros da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) (VYAS; PATEL; BERTRAM, 2013).

No Brasil, com a Lei nº 997 de maio de 1976, a qual dispõe sobre o controle de poluição, incluindo emissões de gases na atmosfera, o Estado de São Paulo foi precursor na implementação de regulamentações (RIBEIRO; ASSUNÇÃO, 2002). Especificamente no setor de transporte e em abrangência nacional, a redução das emissões veiculares começou na década de 1980, a partir da vigência do Programa de Controle da Poluição do Ar Provocada por Veículos Automotores – PROCONVE –, instituído pela regulamentação nº18 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – em maio de 1986. Em outubro de 1993, a Lei nº 8.723 tornou obrigatória a redução dos níveis de emissão dos poluentes nos veículos, acelerando o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes de combustíveis, motores e autopeças (BRASIL, 2009).

O PROCONVE veio estabelecendo, desde então, metas de redução de emissões por categorias de veículos, as quais foram atribuídas ao peso bruto total do veículo (PBT), sendo “L” para categoria leve e “P” para categoria de carga. Até o momento o programa conta com seis fases veículos leves (L-6) e sete para os pesados (P-7), em que conseguiu a redução de até 90% dos gases como o monóxido de carbono CO na frota de veículos novos fabricados no Brasil (BRASIL, 2009).

Mudanças na composição dos combustíveis, adição de álcool à gasolina e estudo de biocombustíveis também influenciaram na redução nas emissões, e são fontes de várias pesquisas, abrindo frente ao desenvolvimento de metodologias para redução de emissões de poluentes veiculares. Mesmo assim, para Landmann, Ribeiro e Deák (2007), não há uma metodologia claramente definida nem amplamente aceita para valorar ou reduzir os custos e os impactos da poluição atmosférica. Os métodos disponíveis na bibliografia são bastante

complexos, e envolvem muitas incertezas (ORTIZ *et al.*, 2011). Eles implicam em um árduo trabalho interdisciplinar, utilizando conceitos e profissionais de vários setores do conhecimento, além de tempo e recursos (LEAL JUNIOR; D'AGOSTO, 2012). Estudos desse porte são feitos quase que exclusivamente nos países desenvolvidos. No Brasil e demais países em ascensão cultural e econômica, é comum a adaptação das metodologias, índices e resultados dos países de primeiro mundo (LANDMANN; RIBEIRO; DEÁK, 2007).

Oficialmente no Brasil os gestores públicos da área de meio ambiente (Ministério do Meio Ambiente – MMA), transportes (Agência Nacional de Transportes Públicos – ANTP), e energia (Ministério de Minas e Energia – MME) têm adotado como metodologia, para a valoração dos custos com poluição, a recomendada pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC – do inglês *Intergovernmental Panel on Climate Change*, denominada Metodologia ASIF.

A Metodologia ASIF (*Activity, Structure, Intensify and Fuel*) foi introduzida pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*) em seu primeiro relatório em 1991, o qual considera quatro linhas de atuação (A, S, I, F) para reduzir o consumo de energia fóssil nos transportes e, por conseguinte, reduzir a emissão de CO₂ e poluentes locais, são elas: (A - *activity*) redução da intensidade de atividade, (S - *structure*) oferta de infraestrutura, (I - *intensity*) diminuição da intensidade energética e (F - *fuel*) escolha de fontes de energia de baixo teor de carbono (WMO/UNEP, 1990).

Essa metodologia tem sido utilizada mundialmente na elaboração de inventários de emissões e consumo de energia. Dessa forma, como parte da contribuição metodológica desenvolvida nesta dissertação, para valoração das emissões de poluentes veiculares, ela será utilizada, sendo apresentada detalhadamente a seguir.

2.3.1.2 Método ASIF

Os cálculos para contabilização das emissões, propostos pelo IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), no método ASIF, podem ser feitos de duas maneiras, o que dependerá da disponibilidade dos dados. São eles, *Top-down* e *Bottom-up*. O primeiro, leva em conta apenas as emissões de dióxido de carbono (CO₂) a partir dos dados de produção e consumo de energia, sem detalhamento de

como essa energia é consumida. O segundo, considera as emissões de todos os gases, e neste caso, as emissões são quantificadas a partir do tipo de equipamento utilizado e seu respectivo rendimento (MATTOS, 2001). A diferença entre as duas metodologias recai na complexidade dos dados requeridos para uma aplicação consistente.

O método *Top-down*, particularmente, consiste em contabilizar as emissões CO₂ pelos diversos setores de um país, através da conversão desses gases em seus respectivos combustíveis originários, então consumidos. Esses últimos, por sua vez, entram no sistema econômico de um país, no atendimento das mais diversas necessidades geradas pelas atividades humanas, mesmo que não comerciais. Dessa forma, torna-se possível a quantificação econômica das emissões de gases antropogênicos como o dióxido de carbono (CO₂), emitidos nas atividades de transporte, por exemplo, os quais são normalmente expressos em g/km (grama por quilômetro).

Ambas metodologias foram desenvolvidas pelo IPCC (1996) e apresentadas nas Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa (IPCC, 2006), oficialmente adotadas pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC do original em inglês *United Nations Framework Convention on Climate Change*), para a elaboração das comunicações nacionais dos países signatários da convenção, inclusive o Brasil. No entanto, neste trabalho será utilizada apenas a metodologia *Top-Down*, e nela, serão ainda feitas algumas aproximações a fim de simplificar os cálculos. Assim, a metodologia será apresentada nesta seção de forma completa, conforme apresentado no IPCC (1996), bem como, adaptações feitas pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) para o inventário de emissões nacional (BRASIL, 2010).

De acordo com o IPCC (2006) *apud* Mattos (2001), entre os fatores importantes que devem ser levados em conta na contabilização das emissões de CO₂ de um determinado combustível, no caso da quantificação deste gás no setor de transportes, estão o conteúdo de carbono e energia respectiva ao combustível, a quantidade de carbono não oxidado, a quantidade de carbono estocado, os combustíveis *bunker*⁷ e os combustíveis de biomassa.

⁷ Óleos *bunker* ou MF é um dos diversos tipos de combustível marítimo. Esses combustíveis são classificados de acordo com a viscosidade cinemática a 50°C, desde o MF 10 até o MF 700. As diversas faixas de viscosidade atendem às necessidades dos motores, com base nas temperaturas possíveis de se aquecer o óleo na instalação que o utiliza. Além da diferença nos valores

De maneira simplificada a metodologia *Top-Down* sugerida pelo IPCC será descrita a seguir (IPCC, 1996). Seguidamente a cada etapa, serão destacadas as simplificações ao método original aplicadas para este trabalho.

a) Apuração do consumo aparente dos combustíveis, nas suas unidades de medida originais:

Cada combustível (energia) consumido (CC) (Equação 1) possui um conteúdo energético diferente, portanto o primeiro passo da metodologia é a conversão do consumo aparente (CA) (Equação 2) de cada combustível, medido na sua unidade original, para uma unidade comum de energia. Esta conversão é efetuada multiplicando-se o consumo do combustível, pelo fator de conversão em tonelada equivalente de petróleo (tep), por unidade do combustível (tep/unidade). Em seguida, transforma-se de tep para o terajoule (TJ), conforme estabelece a abordagem de referência (IPCC, 1996). O Atlas de Energia Elétrica do Brasil, publicado pela Agência Brasileira de Energia Elétrica (ANEEL), estabelece os fatores de conversão, sendo, o valor médio do tep brasileiro, equivalente a 10.000 Mcal⁸ (mega calorias) ou a 41.868 MJ⁹ (mega Joules)

Assim, o consumo de combustível (CC) pode ser obtido na Equação 1 a seguir:

$$CC = CA \times F_{conv} \times 41,87^{-3} \times F_{corr} \quad 1$$

Em que:

CC = Consumo de energia = combustível (TJ);

CA = consumo aparente do combustível (unidade física, por exemplo, m³, L, t, etc.)

F_{conv} = fator de conversão (tep/unidade física) da unidade física para tep médio (em PCS) apresentado na Tabela 2;

das viscosidades, a massa específica, os teores de água, vanádio, sódio, alumínio + silício, resíduo de carbono e teor de cinzas também distinguem os óleos combustíveis marítimos entre si.

⁸ Mcal = 10⁶ calorias (unidade de energia);

⁹ MJ = 10⁶ Joules (unidade de energia atribuída para trabalho);

F_{corr} = fator de correção¹⁰ (adimensional) de Poder Calorífico Superior¹¹ (PCS) para Poder Calorífico Inferior¹² (PCI);

O consumo aparente (CA) representa a quantidade de combustível disponível no país. O CA é calculado na Equação 2 a seguir:

$$CA = \alpha + \beta - \chi - \delta - \varepsilon \quad 2$$

Em que:

α = produção anual doméstica de energia primária, medida em unidade original;

β = importação anual de energia primária e secundária, medida em unidade original;

χ = exportação anual de energia primária e secundária, medida em unidade original;

δ = energia anualmente embarcada em bunkers internacionais, medida em unidade original e,

ε = variação anual dos estoques de energia, medida em unidade original.

¹⁰ Os fatores de correção para transformar o PCS em PCI recomendados pelo IPCC (2006) e utilizados pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) são 0,95 para os combustíveis sólidos e líquidos, e 0,90 para os combustíveis gasosos.

¹¹ PCS é a quantidade de calor produzida pela queima completa da unidade de massa de um combustível sólido ou líquido em volume constante, em presença de oxigênio. O valor do poder calorífico (PC) é dito superior porque se recupera o calor de condensação da água.

¹² O PCI é o poder calorífico para o caso da queima sob pressão constante em que, toda a água contida no combustível, e formada na combustão, se encontrará ao final, no estado de vapor. Já a diferença entre PCS e PCI está associada à presença de água nos produtos, o que está relacionado à presença de hidrogênio no combustível, mas também à presença de umidade no mesmo (NEIVA, 2014).

Tabela 2 - Fatores de conversão para tep médio (em PCS)

Energéticos	Unid.	Fator de Conversão tep/m ³ para tep (2016)
Gasolina automotiva	m ³	0,770
Gasolina de aviação	m ³	0,763
Álcool etílico anidro	m ³	0,534
Álcool etílico hidratado	m ³	0,510
Querosene de aviação	m ³	0,822
Querosene iluminante	m ³	0,822
Óleo diesel	m ³	0,848
Óleo combustível	m ³	0,957
Gás de refinaria	m ³	0,652
GLP	m ³	0,611

*Os fatores de conversão podem sofrer alteração de acordo com o ano.

Fonte: adaptado de Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2015)

b) Conversão da unidade de consumo aparente (CA) para uma unidade de energia comum: Terajoules (TJ);

Na metodologia ASIF do IPCC, a conversão para uma unidade comum de energia deve ser feita multiplicando-se o consumo de combustível pelo seu poder calorífico inferior (PCI). A justificativa é que os fatores de emissão de carbono, em quantidade de carbono por unidade de energia, são definidos com base na energia efetivamente aproveitável do combustível, ou seja, sem qualquer fração de água. Como os valores caloríficos utilizados, fornecidos pelo Balanço Energético Nacional, tem como base o PCS, eles terão que ser corrigidos para PCI.

Na Tabela 3 foram mostrados os fatores de conversão de unidades de volume (m³) para tep médio, em PCS.

Para este trabalho será feita uma simplificação quanto ao tipo de combustíveis, em que esses serão subdivididos pelo tipo de utilitário modal da rede de transporte aplicada (ônibus convencional, BRT (*Bus Rapid Transit*), trem, barcas, carro de passeio, VLT (veículo leve sobre

trilhos), metrô, entre outros), e não pelo modelo/ ano específico do veículo. Assim, serão considerando para os mesmos modos utilitários, o mesmo tipo de combustível.

c) Conteúdo de Carbono

Da mesma forma que os energéticos, os combustíveis possuem diferentes quantidades de carbono em sua composição, sendo essas específicas para cada tipo de combustível. Assim, faz-se necessário a transformação do consumo aparente de cada combustível (CA) em conteúdo de carbono (QC), mediante a sua multiplicação pelo fator de emissão de carbono (Femiss) específico daquele combustível.

Os fatores de emissão de carbono (Femiss) aqui utilizados, serão os mesmos utilizados pelo MCT (2010) em seu relatório das emissões de carbono derivadas do sistema energético: abordagem Top-down. Sendo alguns valores específicos para o Brasil e outros fornecidos pelo IPCC. A Tabela 3 apresenta os fatores de emissão de carbono.

A Equação 3 apresenta o cálculo para a obtenção do conteúdo de carbono (QC).

$$QC = CC \times Femiss \times 10^{-3} \quad 3$$

Em que:

QC = quantidade de carbono GgC (gigagramas de carbono);

CC = Consumo de energia em TJ;

Femiss = fator de emissão de carbono (tC/TJ);

10^{-3} = para transformar toneladas de carbono (tC) em gigagramas de carbono (GgC).

Tabela 3 - Fatores de emissão de carbono (Femiss)

Combustíveis		Fator de Emissão (Femiss) tC/TJ	
Combustíveis fósseis líquidos	Secundários	Gasolina automotiva	18,90
		Gasolina de aviação	18,90
		Querosene de aviação	19,50

Combustíveis			Fator de Emissão (Femiss) tC/TJ
		Querosene iluminante	19,60
		Óleo diesel	20,2
		Óleo combustível	21,1
		GLP	17,20
Combustíveis fósseis gasosos		Gás natural seco	15,3
		Gás de refinaria	18,2
Outras fontes primárias fósseis	Biomassas líquidas	Álcool etílico anidro	14,81
		Álcool etílico hidratado	14,81

Fonte: adaptado de IPCC (2006) e Brasil (2010).

d) Fração de carbono fixado (FCFix)

Consiste na apuração da fração de carbono de cada combustível destinada a fins não energéticos e, a dedução dessa quantidade de carbono do consumo aparente, para se computar o conteúdo real de carbono possível a ser emitido (IPCC, 2006).

Alguns combustíveis são empregados para fins não energéticos e, desta forma, parte do carbono fica estocado ou fixado, como tratado pelo IPCC – quantidade de carbono fixada (QCF). A Equação 4 mostra como é considerado o cálculo de tal quantidade pela metodologia ASIF (IPCC, 1996).

$$QCF = QC \times FCFix \quad 4$$

Em que:

QCF = quantidade de carbono fixada (GgC);

QC = quantidade de carbono no combustível (GgC);

FCFix = fração de carbono fixado (adimensional) (Tabela 4).

Os combustíveis que têm consumo não energético são o gás natural, nafta, querosene iluminante, álcool anidro e álcool hidratado, gás de refinaria, lubrificantes e outros produtos não energéticos de

petróleo. Para os combustíveis energéticos, a fração de carbono estocada é considerada nula (zero) (RIBEIRO, 2001). A Tabela 4 mostra os valores para da fração de carbono fixada para diferentes combustíveis em uso não energético e energético.

Tabela 4 - Fração de carbono fixada

Combustíveis em uso		Fração de carbono fixada (FCFix)
	Querosene iluminante	1,00
	Nafta	0,80
	Asfalto	1,00
	Lubrificante	0,50
	Alcatrão	0,75
	Gás natural	0,33
	Gás de refinaria	1,00
	Álcool anidro	1,00
	Álcool hidratado	1,00
	Outros produtos não energéticos de petróleo	1,00
Energéticos	Óleo diesel, gasolina, outros combustíveis energéticos	0,00

Fonte: adaptado de Brasil (2010; 2013).

e) Emissões líquidas de carbono (EL)

Consiste na diferença entre o carbono total líquido existente no combustível e aquela quantidade fixada em usos não energéticos. Essa diferença serão as quantidades realmente oxidadas na combustão do carbono dos combustíveis. A Equação 5 mostra como esses valores são obtidos, pelo método *Top-Down* da Metodologia ASIF (IPCC, 1996).

$$ELC = QC - QCF \quad 5$$

Em que:

ELC = emissões líquidas de carbono (GgC);

QC = quantidade de carbono no combustível (GgC);
 QCF = quantidade de carbono fixado (GgC).

Finalmente chega-se a última etapa para a obtenção das emissões reais de carbono pelos combustíveis, obtida pela oxidação das emissões líquidas de carbono (ELC).

f) Emissões reais de carbono (ERC)

Como vem sendo demonstrado nas etapas descritas, nem todo o carbono existente no combustível é oxidado, visto que a combustão dificilmente será completa (BRASIL, 2010). Assim, para o desenvolvimento correto de um inventário de emissões, tais etapas são importantes para a acurácia dos valores de emissão. Esta etapa da metodologia ASIF pelo método *Top-Down* é a conversão da quantidade líquida de carbono em emissões reais de carbono, isso é demonstrado pela Equação 6 a seguir:

$$ERC = ELC \times FCO \quad 6$$

Em que:

ERC = emissões reais de carbono (GgC);

ELC = emissões líquidas de carbono (GgC);

FCO = fração de carbono oxidada (adimensional) (GgC) (Tabela

5)

Na Tabela 5 são mostradas as frações oxidadas de carbono (FCO) tendo como referência os valores apresentados e utilizados pelo relatório das emissões de carbono derivadas do sistema energético: abordagem *Top-down* do Ministério da Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2010).

Tabela 5 - Frações de carbono oxidadas (adimensional)

Combustível			Fração de carbono oxidada (adimensional)
Combustíveis fósseis líquidos	Secundários	Gasolina automotiva	0,990
		Gasolina de	0,990

Combustível			Fração de carbono oxidada (adimensional)
		aviação	
		Querosene de aviação	0,990
		Querosene iluminante	0,990
		Óleo diesel	0,990
		Óleo combustível	0,990
		GLP	0,990
Combustíveis fósseis gasosos		Gás natural seco	0,995
		Gás de refinaria	0,995
Outras fontes primárias fósseis	Biomassas líquidas	Álcool etílico anidro	0,99
		Álcool etílico hidratado	0,99

Fonte: adaptado de IPCC (1996) e Ministério da Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2010).

g) Emissões reais de CO₂

Por último chega-se a etapa de cálculo das emissões reais de dióxido de carbono, o principal gás antrópico que participa dos gases do efeito estufa. A partir das emissões reais do carbono, pode-se calcular as emissões reais do gás carbônico CO₂. (ERCO₂), provenientes do uso de energia. O cálculo leva em conta a relação: 44 toneladas (t) de CO₂ contém 12 t de carbono, ou seja, 1 t CO₂ = 0,2727 tC. A Equação 7 a seguir demonstra essa conversão.

$$ERCO_2 = ERC \times \frac{44}{12}$$

Em que:

$ERCO_2$ = emissões reais de dióxido de carbono CO_2 (Gg CO_2);

ERC = emissões reais de carbono (GgC);

$1GgCO_2 = \frac{44}{12}$ (GgC).

Cabe aqui destacar que existem outros métodos de estimar as emissões de CO_2 (CRUVINEL; PINTO; GRANEMANN, 2012). Os quais não seriam menos complexos ou mais acessíveis que o método *Top Down* (IPCC, 1996), aplicado pela metodologia ASIF, recomendado e utilizados na contribuição metodológica aqui desenvolvida. São eles: O método *Botton Up*, também desenvolvido pelo IPCC (1996) e o NTM (*Network for Transport and Environment National Transport Model*), desenvolvido por uma organização não governamental sueca, e utilizado na Europa.

O *Botton Up* é complementar ao método *Top Down*, e consegue estimar não apenas as emissões de CO_2 mas também de outros gases provenientes de material particulado como CO, NO_x , CH_4 , no entanto, devem ser conhecidos consistentemente dados como: fatores de emissão da frota levantados em laboratórios locais, tecnologia de motorização utilizada, qualidade do combustível, consumo, quilometragem, estado de manutenção da frota, entre outros (ALVARES JUNIOR; LINKE, 2001).

O método NTM, segundo Loo (2009) é utilizado para calcular as emissões de CO_2 quando se possui dados detalhados do sistema que se deseja estudar. Pode ser aplicado aos modos de transporte rodoviário, ferroviário, aquaviário e aéreo. No entanto, para realizar os cálculos são necessários acessos aos *softwares* desenvolvidos pela própria NTM.

Assim, foi aqui utilizado o método *Top Down* aplicado pela metodologia ASIF devido ser mais acessível quanto as informações necessárias, e também ao objetivo de valorar e transformar as emissões de CO_2 e consumo de energia em consumo de combustível fóssil, no caso, o óleo diesel.

2.3.1.3 Valoração dos Custos da Energia

A abordagem de perspectivas e disponibilidade de energia para um horizonte de 50 ou 100 anos no setor de transportes nos remete, sobretudo no Brasil, a pensar em fontes de derivados de petróleo, gás natural, e também biocombustíveis (etanol e biocombustíveis), o que pode ser considerada uma questão complexa, tanto pelos aspectos

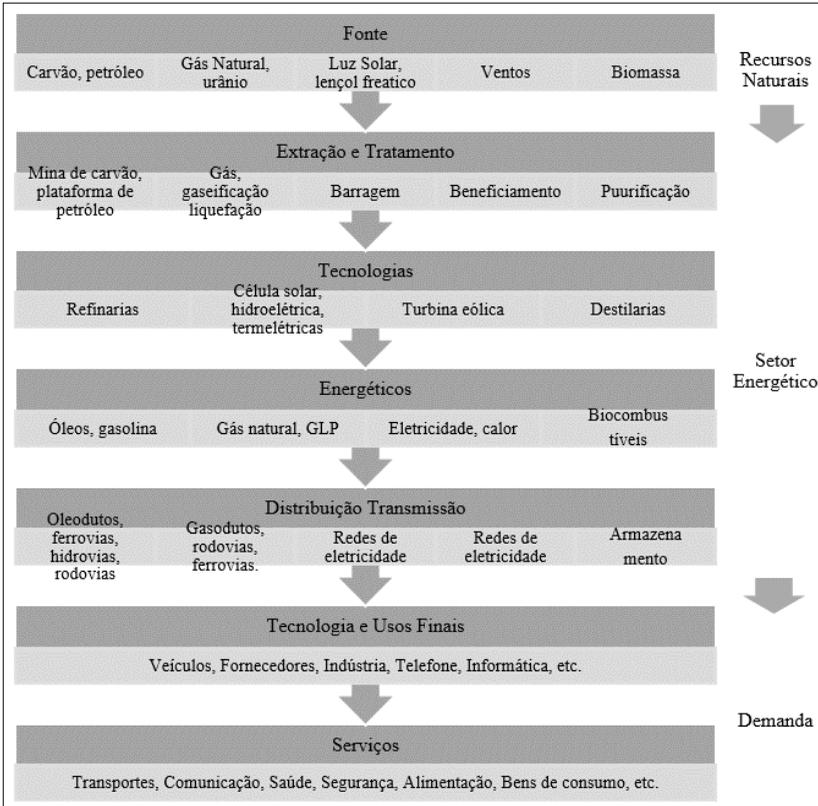
técnicos envolvidos, quanto pelas especificidades políticas, tributárias e econômicas (MARTINS, 2010). Dessa forma, é pertinente perguntar-se quanto custará e de que quantidade disporemos dessas fontes de energia no horizonte projetado? A exemplo de países desenvolvidos, no Brasil, o incentivo às metodologias de planejamento, com ênfase na eficiência energética em transportes devem ser motivadas (D'AGOSTO *et al.*, 2004). Métodos que promovam essas práticas, são fundamentais para a sustentabilidade dos recursos naturais do país, principalmente derivados do petróleo, os quais, atualmente, podem parecer satisfatórios (SARKIS; GONZALEZ-TORRE; ADENSO-DIAZ, 2010).

Diferentemente da poluição, sob o enfoque do transporte, a valoração da energia é um conceito mais tangível, identificável no ciclo de vida de um sistema energético (Figura 11) – produção (fontes), consumo (extração, tratamento e distribuição), pós-consumo (serviços energéticos, demanda) – o que possibilita a melhor compreensão dos limites e impactos ambientais de seu uso (GOLDEMBERG; LUCON, 2012).

As metodologias de valoração de custo de energia podem abranger, assim, etapas do ciclo de vida energético, ou sua totalidade. Sua complexidade é diretamente proporcional a essa abrangência (IAEA, 2006). Por ser o transporte um serviço de consumo final de energia, seu custo está indiretamente ligado às etapas que antecedem o consumo, sofrendo a repercussão dessas (ZHANG; BARANZINI, 2004). O exemplo disso está o valor final da tarifa do transporte de passageiros, o custo do frete de mercadorias, entre outros.

Medidas de eficiência energética vão ao encontro dos objetivos das metodologias e políticas de médio e longo prazo favoráveis ao uso consciente dos recursos naturais. Segundo o *World Bank* (2006) são vários os potenciais como: o custo da economia ser menor que o da geração de energia (poupando-se recursos finitos aumenta-se a segurança no fornecimento), aumento de produtividade gera ganhos micro e macroeconômicos além de competitividade, a redução de impactos ambientais em especial gases do efeito estufa. No entanto, tal vertente não é uma unanimidade, visto que, para alguns setores a energia representa apenas um agente de desenvolvimento, de produção e lucros (GUIMARÃES *et al.*, 2014).

Figura 11 - Ciclo de vida de um sistema energético



Fonte: Adaptado de *International Atomic Energy Agency (IAEA, 2006)*.

Baranzini e Giovannini (1995) *apud* Goldenberg e Lucon (2012) a fim de prever o futuro do consumo de energia e seus impactos, classificaram sob os enfoques econômico, tecnológico e social, diferentes padrões de consumo e perfis de usuários da energia (Quadro 3). Os esforços foram para através desses enfoques, promoverem alternativas integradas de economicidade de energia.

Quadro 3 - Diferentes enfoques do problema de redução do consumo de energia

	<i>Economistas (modelos “de cima para baixo”)</i>	<i>Tecnologistas (modelos “de baixo para cima”)</i>	<i>Sociólogos</i>
<i>Padrão básico de enfoque</i>	Extrapolação sofisticada do passado.	Tecnologias alternativas possíveis.	Consumo e estilo de vida alternativos.
<i>Principal força motriz</i>	Mercados	Governos e subsídios	Valores
<i>Escala de tempo</i>	Médio e longo prazo (5 a 10 anos)	Médio a longo prazo (10 a 30 anos)	Longo prazo (50 anos)
<i>Limitações</i>	Não conseguem esclarecer a relação entre fatores econômicos como mudança tecnológica e preço.	Não conseguem esclarecer os custos e a relação entre processo tecnológico e consumo.	Escolhas muito amplas e difíceis de quantificar.

Fonte: Adaptado de Goldenberg e Lucon (2012).

No que concerne as medidas institucionais de eficiência em energia, especificamente para o setor de transportes, planos e políticas nacionais foram desenvolvidas, tendo em vista ações de curto, médio e longo prazo (10, 30 e 50 anos) (BRASIL, 2015), conforme mostrado no quadro 4.

Quadro 4 - Políticas e Medidas Institucionais de Eficiência Energética em Transportes no Brasil

Políticas e Medidas	Descrição/ Objetivo do Mecanismo/ Metas
Programa de controle de poluição do ar por veículos Automotores (PROCONVE).	Reduzir e controlar a contaminação atmosférica por fontes móveis (veículos automotores), fixando prazos, limites máximos de emissão e estabelecendo exigências tecnológicas para veículos automotores, nacionais e importados.
Etiquetagem de veículos leves (PBE).	A etiqueta tem o objetivo de informar ao consumidor o nível de eficiência energética do produto adquirido.
PNLT - Plano Nacional de Logística e Transportes.	O plano tem como objetivo resgatar o planejamento e considera aspectos logísticos, custos envolvidos em toda a cadeia de transporte partindo das origens até os destinos, sustentabilidade com o meio ambiente, redução das desigualdades regionais, indução ao desenvolvimento sustentável e uso adequado das modalidades ferroviária e hidroviária no transporte de cargas. O plano tem como meta que em 2031 a matriz de transporte alcance uma distribuição de: rodoviário 38%, ferroviário 43%, hidroviário 6%, dutoviário 4% e cabotagem 9%.
Inovar Auto.	Reduções evitadas de 42 milhões de CO ₂ eq Redução do IPI veículos "flex" e a gasolina de até 1.000 cilindradas. A medida visa estimular a produção e o consumo de veículos que consomem menos combustível. Mais competitividade, tecnologia e segurança para os carros produzidos e vendidos no Brasil. A meta-alvo é 17,26 km/l (gasolina) e 11,96 km/l (etanol). Hoje, o consumo médio nacional é de 14 km/l (gasolina) e 9,71 km/l (etanol).
PNMU - Política Nacional de Mobilidade Urbana.	Tem como objetivo a integração entre os diferentes modos de transporte e a melhoria da acessibilidade e mobilidade das pessoas e cargas no território do Município. Promoveu o incentivo a redução do transporte motorizado.

Fonte: Adaptado de EPE; MME (BRASIL,2015).

A academia também tem desenvolvido metodologias de valoração de energia com objetivos de melhorar a eficiência energética, as reduções de CO₂ e o consumo de energia total na área de transportes. O procedimento de Inventário de Ciclo de Vida (ICV) proposto por (D'AGOSTO; OLIVEIRA; ASSUMPÇÃO, 2014) analisou os resultados de seis diferentes alternativas energéticas, para o transporte urbano por ônibus na cidade do Rio de Janeiro, quanto ao consumo de energia total, energia renovável e emissão líquida de CO₂.

Guimarães *et al.*, (2014) analisou a evolução da eficiência energética no setor de transporte de passageiros e carga no Brasil, através de técnicas de estatística descritiva aplicada em séries de dados históricos e inventários, obtendo uma curva de consumo energético nesse setor, nos diferentes modos (aéreo, rodoviário, ferroviário e hidroviário) entre os anos de 1970 e 2010. Outros autores destacam o potencial da transferência de carga modal como medida de redução do uso de energia (UHEREK *et al.*, 2010; LEAL JUNIOR; D'AGOSTO, 2012; STEENHOF; WOUDSMA; SPARLING, 2006; STANLEY; HENSHER; LOADER, 2011).

Para Liimatainen e Pollanen (2010) a intermodalidade é uma opção que além de promover a melhoria na eficiência energética no transporte, contribui para o equilíbrio da matriz de transporte. Vyas, Patel e Bertram, (2013) considera que alternativas multimodais de transporte podem apresentar resultados sustentáveis em relação a energia e emissões de CO₂, desde que seja bem gerenciada operacionalmente.

2.3.2 Métodos de Melhoria de Desempenho em Transportes Sob a Ótica da Sustentabilidade.

Métodos que visam melhorar o desempenho do transporte tendo em vista a sustentabilidade consideram, além de aspectos econômicos e de capacidade (demanda), os relacionados ao uso de energia, conservação dos recursos naturais, redução de emissões de poluentes e gestão dos gases do efeito estufa, por considerarem a eficiência ambiental tão importante quanto a econômica e social, motivando a otimização do sistema de transporte conjuntamente entre elas. Leal Junior e D'Agosto (2012) argumentam sobre a dificuldade de se encontrar alternativas de transporte que consigam, sem requerer grandes investimentos em infraestrutura, associar, proativamente, ecoeficiência e custo de transporte.

Ecoeficiência em transporte vem sendo estudada por Silva (2004), D'Agosto e Ribeiro (2004), Salgado (2007), Cheon, Dowall e Song (2009), Leal Junior e D'Agosto (2012) no intuito de demonstrar que é possível conciliar as questões econômicas com as ambientais. O estudo do melhor desempenho ecoeficiente em transporte vem agregar à logística de transporte tradicional – otimização de custos, melhor rota, menor tempo, entre outros – indicadores socioambientais, como a utilização equilibrada de recursos energéticos e materiais, redução de gases antropogênicos e conservação de recursos naturais.

O desenvolvimento de ferramentas que proporcionem a escolha de diferentes modos de transporte é fundamental para a formar a estratégia organizacional, pública ou privada, de um país ou cidade, sendo a avaliação do seu desempenho socioeconômico e ambiental empregada para esse fim (NOVAES, 2004). Sob a ótica sustentável, tal estratégia tem sido estudada através de métodos de otimização em transporte os quais, entre os objetivos, visam a minimização de alguma propriedade ambiental, podendo ser:

- a) Energia (FERREIRA; LAGO NETO; SANTOS, 2015; VYAS; PATEL; BERTRAM, 2013; ERDOGAN; MILLER-HOOKS, 2012; D'AGOSTO; OLIVEIRA; ASSUMPCÃO, 2014).
- b) Emissão de CO₂ e consumo de menos combustível (SCOTT; URQUHART; HART, 2010; LOO, 2009; PALMER, 2008; ERICSSON; LARSSON; BRUNDELL-FREIJ, 2006)
- c) Emissão de gases do efeito estufa (FERREIRA; ROSA, 2016; BEKTAS; LAPORTE, 2011; PALMER, 2008; VAN WOENSEL *et al.*, 2001; KYRB *et al.*, 2000);
- d) Biocombustíveis (LEAL JUNIOR; D'AGOSTO, 2012; D'AGOSTO; RIBEIRO, 2004; D'AGOSTO; OLIVEIRA; ASSUMPCÃO, 2014), entre outros.

Na revisão bibliográfica sistemática aqui realizada buscou-se conhecer alguns desses métodos, e metodologias que foram desenvolvidos na academia, e também verificar a ocorrência de suas aplicações reais em planejamento de transporte, no sentido de esclarecer conceitos e projetar diferentes situações. Pretende-se com isso elucidar uma contribuição metodológica para a gestão sustentável em transporte, aplicado neste estudo, em transporte urbano de passageiros, que subsidie as estratégias organizacionais dos tomadores de decisão – agentes públicos e privados – no planejamento sustentável da mobilidade nas cidades.

2.3.3 Resultados da Revisão Bibliográfica Sistemática

A revisão bibliográfica sistemática realizada teve como enfoque: a relação dos termos logística sustentável, logística verde, logística de baixo carbono, valoração dos custos ambientais e eficiência energética, com o planejamento de transportes sustentável.

Os resultados dessa revisão foram sintetizados de forma a apresentar resumidamente os elementos mais importantes como: a metodologia que aborda, o setor em que está inserido, o objetivo do estudo, o critério utilizado para desenvolver a metodologia, o autor e o ano de publicação, e o país de origem dos estudos. O quadro 5 apresenta essa sintetização dos resultados.

Quadro 5 - Relação dos trabalhos resultantes da revisão bibliográfica sistemática em que foram identificadas metodologias de melhoria no transporte sob o enfoque da sustentabilidade.

<i>Metodologia</i>	<i>Sector</i>	<i>Objetivo do método</i>	<i>Conceitos abordados</i>	<i>Crítério utilizado na metodologia</i>	<i>Autor(s) / Ano</i>	<i>País de origem</i>
<i>Custo Total da Emissão Veicular (CEV)</i>	Rede urbana de transporte.	Valoração monetária da poluição do ar para ser utilizado nas análises de viabilidade de projetos de transportes.	Valoração de custos ambientais; Planejamento de transportes.	Dados de fornecedores (custos dos equipamentos de controle das emissões - catalisadores).	Landmann et al (2007)	Brasil
<i>Método da escolha modal (MEM)</i>	Transporte de cargas.	Melhorar os resultados econômicos e ambientais do transporte rodoviário através de ações de ecoeficiência.	Biocombustíveis; Planejamento de Transportes;	Criação de hipóteses com uso de alternativas modais; Análise Multicritério.	Leal Jr e D'Agosto (2012);	Brasil

<i>Metodologia</i>	<i>Setor</i>	<i>Objetivo do método</i>	<i>Conceitos abordados</i>	<i>Critério utilizado na metodologia</i>	<i>Autor(s) / Ano</i>	<i>País de origem</i>
<i>Custos externos em transporte pagos pela sociedade</i>	Transporte urbano.	Cálculo de custos externos.	Valoração de custos ambientais;	Inventários (frota circulante, veículos novos, emissões veiculares)	Prado e Gonçalves (2013)	Brasil
<i>Análise de Investimento (Custo-benefício aplicada ao transporte)</i>	Transporte urbano de passageiros.	Identificar opções de combustíveis e tecnologias de propulsão aplicáveis ao transporte coletivo por ônibus que apresentam o potencial de redução de emissões de CO ₂ em curto prazo.	Transporte sustentável, Valoração de custos ambientais, Política de baixo carbono, Biocombustíveis.	Análise comparativa de custo operacional, custo de investimento (biocombustíveis e tecnologia) e benefícios ambientais de redução de CO ₂ e eficiência energética.	D'Agosto, Ribeiro e Souza (2013)	Brasil

<i>Metodologia</i>	<i>Setor</i>	<i>Objetivo do método</i>	<i>Conceitos abordados</i>	<i>Critério utilizado na metodologia</i>	<i>Autor(s) / Ano</i>	<i>País de origem</i>
<i>Disposição a pagar (DAP)</i>	Transporte; Saúde pública	Relacionar os custos com a saúde e a poluição do ar por agente veicular na cidade de São Paulo e região metropolitana. Implementar ações de redução de poluição.	Valoração de custos ambientais;	Entrevistas; Inventários (poluentes atmosféricos).	Ortiz et al (2011)	Brasil

<i>Metodologia</i>	<i>Setor</i>	<i>Objetivo do método</i>	<i>Conceitos abordados</i>	<i>Critério utilizado na metodologia</i>	<i>Autor(s) / Ano</i>	<i>País de origem</i>
<i>Análise Comparativa</i>	Transporte rodoviário de cargas.	Revisar e comparar a os resultados de seis modelos utilizados na prática para reduzir o consumo de combustíveis e emissões de gases do efeito estufa;	Eficiência energética; Logística Verde; Planejamento de transporte; Roteirização.	Simulação; Comparação numérica de resultados de campo tendo em vista 4 diferentes cenários: variação de carga, de velocidade, de rota (inclinação) e aceleração.	Demir; Bektas; Laporte (2011)	Reino Unido; Canadá.

<i>Metodologia</i>	<i>Sector</i>	<i>Objetivo do método</i>	<i>Conceitos abordados</i>	<i>Critério utilizado na metodologia</i>	<i>Autor(s) / Ano</i>	<i>País de origem</i>
<i>Green – Vehicle Routing Problem (G-VRP); Pollution Routing Problem (PRP); Time dependent Vehicle Routing Problem (TDVRP)</i>	Transportes rodoviário urbano de cargas, cadeia de suprimentos,	Cálculo de emissões; Redução de emissões dos gases do efeito estufa; Redução de combustível; Eficiência energética; Otimização.	Logística Verde; Logística de Baixo Carbono; Logística Sustentável. Transporte sustentável; Planejamento de Transportes.	Problema de roteirização em transporte sob o enfoque sustentável. Problema de filas;	Sarkis et al (2004); Ericson et al (2006); Bektas e Laporte (2011); Ribeiro e Laporte (2012); Erdogan e Miller-Hooks (2012); Ferreira e Rosa (2015).	EUA; Suécia; Reino Unido e Canadá; Brasil Reino Unido EUA; Brasil.

<i>Metodologia</i>	<i>Setor</i>	<i>Objetivo do método</i>	<i>Conceitos abordados</i>	<i>Critério utilizado na metodologia</i>	<i>Autor(s) / Ano</i>	<i>País de origem</i>
<i>Inventário de Ciclo de Vida (ICV)</i>	Transporte coletivo urbano de passageiros.	Analisar os resultados obtidos pelo uso de seis diferentes combustíveis (alternativas energéticas) no transporte público urbano do município do Rio de Janeiro, quanto ao consumo de energia total, energia renovável e emissão líquida de CO ₂ .	Transporte sustentável; Biocombustíveis; Alternativas energéticas; Eficiência Energética.	Análise de Ciclo de Vida (ACV); Inventário de Ciclo de Vida (ICV).	D'Agosto, Oliveira e Assumpção (2014)	Brasil

<i>Metodologia</i>	<i>Setor</i>	<i>Objetivo do método</i>	<i>Conceitos abordados</i>	<i>Critério utilizado na metodologia</i>	<i>Autor(s) / Ano</i>	<i>País de origem</i>
<i>Análise Conceitual: cenários (20 e 50 anos).</i>	Transporte urbano de passageiros.	Verificar a redução de emissões de CO ₂ a partir de cinco ações: redução da distância percorrida por carros, aumento do transporte compartilhado não motorizado, aumento de taxas de ocupação dos veículos, redução do uso de combustíveis, aumento da eficiência veicular.	Transporte sustentável, Eficiência Energética, Planejamento de Transporte, Planejamento urbano.	Projeções de dados estatísticos de emissões de CO ₂ em transporte urbano; Inventários de emissões.	Stanley, Hensher e Loader (2011);	Austrália

<i>Metodologia</i>	<i>Setor</i>	<i>Objetivo do método</i>	<i>Conceitos abordados</i>	<i>Critério utilizado na metodologia</i>	<i>Autor(s) / Ano</i>	<i>País de origem</i>
<i>Modelo computacional de Análise de Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis - DEA) Online</i>	Transporte marítimo de cargas.	Apresentar uma alternativa para aumentar a eficiência energética de embarcações.	Eficiência energética; Transporte sustentável; Valorização do custo de energia;	Pesquisa operacional através de um modelo de análise de envoltória de dados (analisar comparativamente as embarcações quanto ao rendimento energético em tempo real).	Ferreira, R. S. e Neto, J. C. L. (2015).	Brasil

<i>Metodologia</i>	<i>Sector</i>	<i>Objetivo do método</i>	<i>Conceitos abordados</i>	<i>Critério utilizado na metodologia</i>	<i>Autor(s) / Ano</i>	<i>País de origem</i>
<i>Eco-efficiency Management Program (EEMP)</i>	Transporte rodoviário de cargas.	Propor um programa de gestão de operação de frota rodoviária com base na minimização do consumo de combustíveis e valoração de custos ambientais e econômicos. Identificar indicadores de ecoeficiência da frota.	Ecoeficiência, Gestão de transportes; Transporte sustentável; Eficiência Energética; Poluição atmosférica.	Estudo de caso aplicado na operação logística terrestre da frota de apoio a aeronaves da INFRAERO (aeroporto do Rio de Janeiro).	D'Agosto e Ribeiro (2004).	Brasil

<i>Metodologia</i>	<i>Setor</i>	<i>Objetivo do método</i>	<i>Conceitos abordados</i>	<i>Critério utilizado na metodologia</i>	<i>Autor(s) / Ano</i>	<i>País de origem</i>
<i>Transferência Modal</i>	Transporte de cargas	Demonstrar que transferência modal entre os modos rodoviário e ferroviário no comércio transfronteiras é imprescindível para a redução do consumo de energia e emissões de gases do efeito estufa.	Transporte sustentável; Transferência modal; Valorização do custo de energia; Eficiência energética.	Aplicação de técnicas de decomposição e explorações de cenários; Política de aumento de taxas (combustíveis e fretes);	Steenhof, Woudsma e Sparling (2006)	Canadá

<i>Metodologia</i>	<i>Setor</i>	<i>Objetivo do método</i>	<i>Conceitos abordados</i>	<i>Critério utilizado na metodologia</i>	<i>Autor(s) / Ano</i>	<i>País de origem</i>
<i>Índice de Mobilidade Urbana Sustentável (IMUS).</i>	Transporte urbano de Passageiros; Mobilidade Urbana.	Identificar desafios e perspectivas para avaliação e melhoria da mobilidade urbana sustentável; Testar através de aplicação o Índice de Mobilidade Urbana Sustentável (IMUS).	Transporte Sustentável; Indicadores de mobilidade sustentável;	Comparação de resultados; Índice de Mobilidade Urbana Sustentável (IMUS).	Oliveira, G.M.; Rodrigues da Silva, A.N. (2015)	Brasil

<i>Metodologia</i>	<i>Setor</i>	<i>Objetivo do método</i>	<i>Conceitos abordados</i>	<i>Critério utilizado na metodologia</i>	<i>Autor(s) / Ano</i>	<i>País de origem</i>
<i>A methodology for calculating CO₂ emissions from transport and an evaluation of the impact of European Union emission regulations.</i>	Transporte de cargas; Cadeia de suprimentos.	É parte do Projeto CRSC (<i>Carbon Regulated Supply Chains</i>). Estuda desenvolver uma metodologia para o cálculo das emissões de dióxido de carbono do transporte, e uma ferramenta de cálculo para aplicar essa metodologia.	Valoração ambiental de emissões de CO ₂ no transporte; Redução de CO ₂ no transporte de suprimentos. Métodos de quantificação de emissões no transporte.	Revisão Bibliográfica. Comparativa; Aumento de carga útil; Escolha modal.	Roel te Loo (2011)	Países Baixos - Holanda

Fonte: Elaborado pela autora

Cabe reiterar que, a metodologia sistemática de revisão da literatura teve no presente estudo o objetivo de reunir outras metodologias atuais, dentro do âmbito do transporte sustentável, com ênfase em logística verde, sustentável e de baixa emissão de carbono. Com isso, proceder com embasamento para a organização de um método próprio, aplicável em situações reais. Nesse sentido, mostrou-se pertinente aos objetivos desta pesquisa, visto o conceito desenvolvido, as metodologias ASIF (IPCC, 1996), e IMUS (COSTA, 2008; OLIVEIRA; SILVA, 2015). A primeira, por contribuir na para a conversão de CO₂ em unidade de combustível consumido, e a segunda, para a escolha dos indicadores de sustentabilidade.

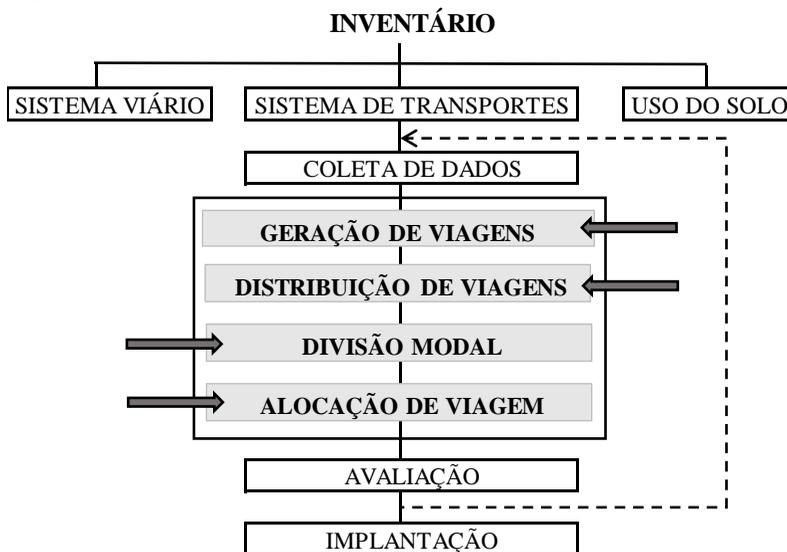
Assim, como a ASIF já foi detalhadamente apresentada, entende-se pertinente apresentar e explicar resumidamente os Indicadores de Mobilidade Urbana Sustentável - IMUS, proporcionando o correto entendimento do que se pensou ao recomendá-lo e utilizá-lo como apoio neste estudo, seja aplicando-o de forma prática ou conceitual. Apenas com vistas ao conhecimento teórico, o Modelo 4 Etapas também será resumidamente abordado.

2.3.4 Outras Metodologias de Referência

2.3.4.1 Modelo 4 Etapas

O conceito desenvolvido pelo Modelo 4 etapas (geração, distribuição, repartição modal e alocação de viagens), também conhecido como *Urban Transportation Planning System (UTPS)*, este modelo é um clássico e amplamente utilizado na modelagem de transporte. Referências desse modelo são Menezes (1971), Morlok (1978), Odgen (1992), Ortúzar e Willumsen (1994), Mendonça (2008), Ventura (2012). A Figura 12 expressa esquematicamente o conceito do Modelo 4 Etapas.

Figura 12 - Modelo 4 Etapas



Fonte: Adaptado de Labtrans (2017).

2.3.4.2 IMUS – Indicadores de Mobilidade Urbana Sustentável

A metodologia IMUS (COSTA, 2008; OLIVEIRA; SILVA, 2015) foi desenvolvida tendo como objetivos, identificar os conceitos que estruturam o referencial de mobilidade urbana sustentável nas cidades brasileiras e, com base nesses desenvolver uma ferramenta para avaliação e monitoração da mobilidade urbana visando a sustentabilidade.

Justificado nos problemas de mobilidade urbana que afetam a qualidade de vida nos centros urbanos, a metodologia IMUS procurou, através da construção de um conjunto de indicadores de mobilidade urbana sustentável, delimitar uma ferramenta de apoio a gestão sustentável de planejamento para as cidades.

Diante disso, apoiado no conceito de valorizar e aperfeiçoar metodologias já desenvolvidas na academia, esta pesquisa procurou conhecer os grupos de indicadores estudados no IMUS e, utilizá-los, no contexto de aplicação da contribuição da metodologia construída no presente estudo.

a) Indicadores de Mobilidade Urbana Sustentável

Indicadores são variáveis selecionadas que podem ajudar a tornar objetivos operacionais e reduzir a complexidade no gerenciamento de determinados sistemas. Podem funcionar como balizadores em análises técnicas e elaboração de políticas, assim como, serem direcionados para o debate com o público em geral (GUDMUNDSSON, 2014, *apud* COSTA, 2008).

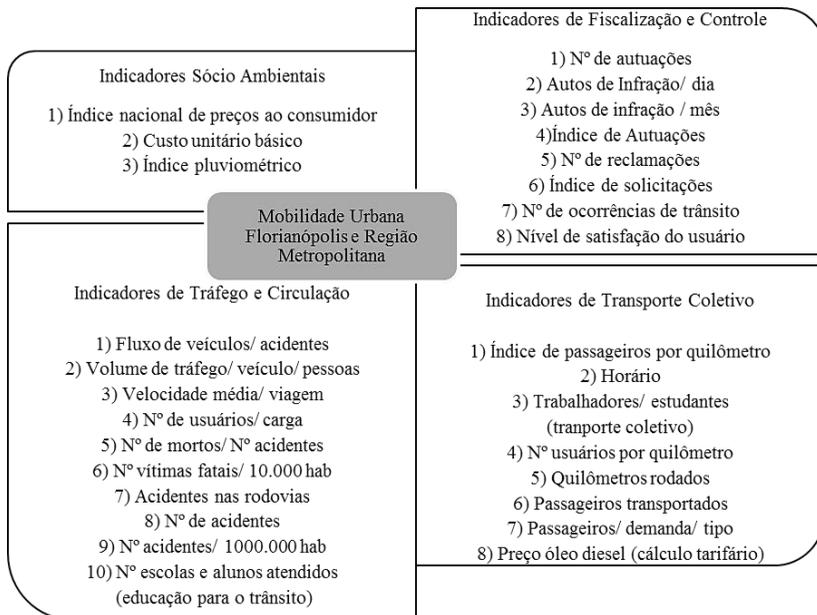
Os indicadores urbanos, neste contexto, permitem extrair os elementos fundamentais sobre os quais se estruturam ideias básicas para o planejamento estratégico e gestão de uma cidade, nas suas múltiplas dimensões (MARTINEZ; LEIVA, 2003, *apud* COSTA, 2008).

Entretanto, os indicadores de sustentabilidade se diferenciam dos indicadores tradicionais, pois, ao invés de tratarem isoladamente os aspectos das áreas sociais, econômica e ambientais, eles os abordam de maneira integrada, inserindo características de visão sistêmica, visão de longo prazo, equilíbrio e participação entre os diferentes atores daquelas diferentes áreas (MACLAREN, 1996 *apud* COSTA, 2008).

O uso de indicadores, no entanto, requer inicialmente o entendimento do que se pretende, ou o conhecimento daquilo que se deseja alcançar (THE NATIONAL ACADEMIES, [2008?]). Diante disso, este trabalho procurou conhecer todos os indicadores de sustentabilidade do IMUS, reconhecer como foram construídos e em quais referências estiveram apoiados. Assim, foi possível identificar neles a pertinência da aplicabilidade nesta pesquisa, cujo alvo é a redução de emissão de poluentes nos transportes, redução de consumo de combustível, qualidade ambiental no transporte de passageiros, redução e ou quantificação dos custos ambientais em transportes de passageiros. A seleção desses indicadores requer a discussão com os atores envolvidos na aplicação da metodologia, o que será demonstrado no Capítulo 4 – Aplicação do MPTS-Urb.

Outra questão relevante, é que os indicadores de mobilidade urbana sustentável do IMUS foram estudados especificamente em várias capitais brasileiras e suas regiões metropolitanas, em que os aspectos pertinentes a cada região foram discutidos entre os atores e identificados, para então formar-se o referencial para os indicadores de mobilidade para cada região. Como resultados, para a cidade de Florianópolis e região metropolitana, chegou-se a quatro grandes temas de mobilidade e trinta indicadores. A seguir na Figura 13 serão apresentados esses temas e indicadores.

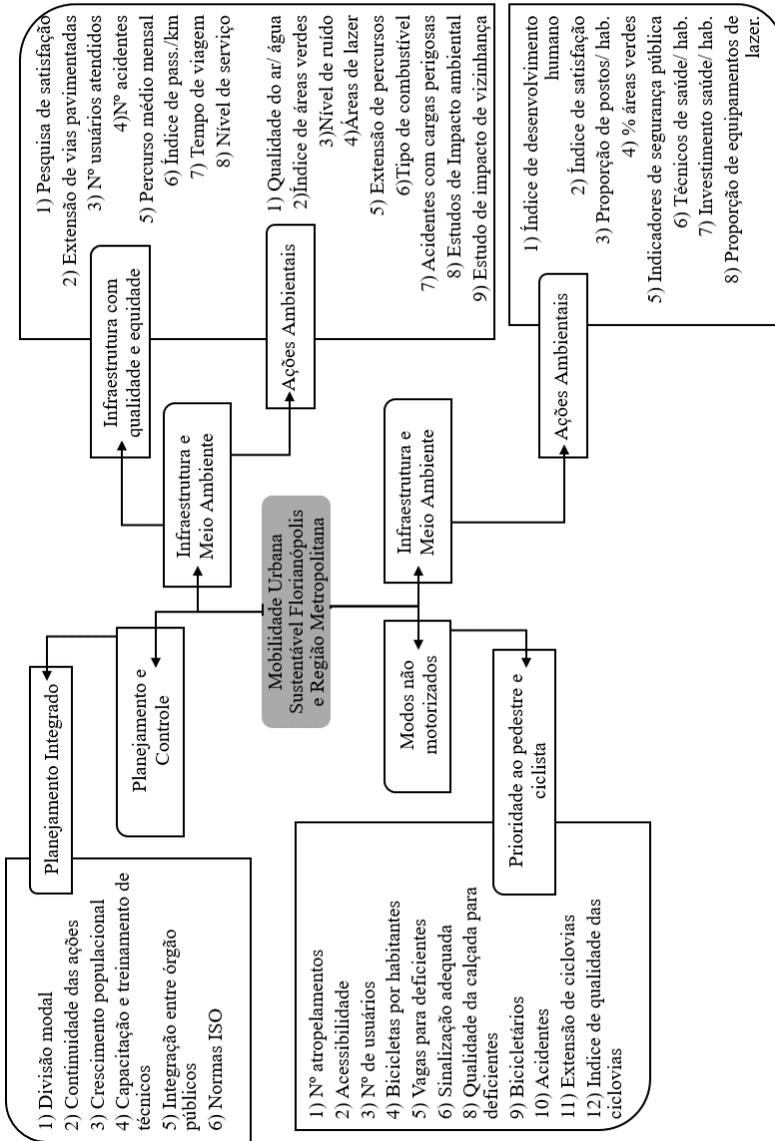
Figura 13 - Temas e indicadores de mobilidade urbana em Florianópolis e Região Metropolitana



Fonte: Adaptado de Costa (2008).

Adicionalmente a esses, Costa (2008) definiu junto aos atores envolvidos em cada cidade estudada, um mapa cognitivo que reuniu os principais pontos de vista (PVF), os temas e indicadores de mobilidade urbana sustentável a partir desses (PVFs). Na Figura 14 é apresentado o exemplo de Florianópolis e Região Metropolitana.

Figura 14 - Temas, pontos de vista fundamentais (PVFs) e indicadores de mobilidade urbana sustentável em Florianópolis e Região Metropolitana



Fonte: Adaptado de Costa (2008).

Dessa forma, a fim de reorganizar o mapa cognitivo, resultado do exercício realizado em cada cidade participante, o autor elaborou uma tabela síntese em que, os temas e devidos indicadores, foram distribuídos a partir de critérios mais técnicos, incluindo todos os resultantes de todos os pontos de vista principais (PVFs) e temas, discutidos entre todas as cidades participantes – cabe salientar que esse trabalho se fez com apoio e participação do The National Academies ([2008?]).

A seguir está apresentada essa relação resumo, em que os temas e indicadores totais estudados pelo IMUS, abrangentes às cinco regiões do Brasil estudadas, são elencados na figura 15, síntese da metodologia, seguidos da unidade de medida de cada indicador, bem como, referências de apoio utilizadas para embasamento teórico conclusivo desses.

Após a apresentação desses indicadores, segue-se com o Capítulo 3, de apresentação do Método MPTS-Urb criado na presente pesquisa, discorrendo-se sobre ele e, por fim, apresentando a sua estrutura esquemática. A aplicação dele, será tratada no Capítulo 4.

Figura 15 - Síntese de Indicadores do IMUS.

ID	Tema	Indicador	Unidade de medida	Referências
1.1	Acessibilidade aos sistemas de transportes	Acessibilidade ao transporte público	%	Minken, Samstad e Putz (2001), Campos e Ramos (2005), Litman, T. (2007)
		Transporte público para pessoas com necessidades especiais	% ou existência de serviço especial	
		Despesas com transporte	%	Campos e Ramos (2005)
		Travessias adaptadas a pessoas com necessidades especiais	%	WBCSD (2004), TRANSPLUS (2002), Campos e Ramos (2005) Hertfordshire (1999), Hertfordshire (2003)
1.2	Acessibilidade universal	Acessibilidade a espaços abertos	%	Campos e Ramos (2005)
		Vagas de estacionamento para pessoas com necessidades especiais	Número	Audit Commission e IDeA (2007)
		Acessibilidade a edifícios públicos	%	Lingayah, S. e Sommer, F. (2001)
		Acessibilidade aos serviços essenciais	%	Audit Commission e IDeA (2007)
1.3	Barreiras físicas	Fragmentação urbana	Número	SUMMA (2004), LAUTSO, K. ET AL. (2004), TERM
		Ações para acessibilidade universal	Tipos de medidas	Audit Commission e IDeA (2007), ECO XXI
1.4	Legislação para pessoas com necessidades especiais	Emissões de CO	%	OECD (1999)
		Emissões de CO ²	%	TERM, (2001) OECD (1999)
		População exposta ao ruído de tráfego	%	Minken, et al. (2001), SUMMA (2004), Gilbert e Tanguay (2000)
2.1	Controle dos impactos no meio ambiente	Estudos de impacto ambiental	Sim/Não, Tipo	TERM (2002), UNCSD (2001)
		Consumo de combustível	L/habitano	Sustainable Measures (2006), UNCSD (2001)
2.2	Recursos naturais	Uso de energia limpa e combustíveis alternativos	%	Sustainable Measures (2006), TERM (2002)
3.1	Apoio ao cidadão	Informação disponível ao cidadão	Tipos de informação	ABAE (2006), Hertfordshire (1999), Audit Commission e IDeA (2007)
3.2	Inclusão social	Equidade vertical (renda)	Número	SUMMA (2004)
3.3	Educação e cidadania	Educação para o desenvolvimento sustentável	Tipos de ações	ABAE (2006), Cardiff (2002)
3.4	Participação popular	Participação na tomada de decisão	Grau de participação	Audit Commission e IDeA (2007), UNCHS (2004), Gilbert e Tanguay (2000)
		Qualidade de vida	%	Cardiff (2002), Indicators of SD, Sustainable Seattle (1998)
4.1	Integração de ações políticas	Integração entre níveis de governo	Frequência, grau de integração	-
		Parcerias público/privadas	Sim/Não	ABAE (2006)
4.2	Captação e gerenciamento de recursos	Captação de recursos	%	SUMMA (2004), Lautso, K. et al. (2004)
		Investimentos em sistemas de transportes	Áreas, tipos de investimentos	UNCSD (2001), Centre for Sustainable Transportation (2001)
		Distribuição dos recursos (transporte público x transporte privado)	Número	Sustainable Measures (2006)
		Distribuição dos recursos (modos motorizados x modos não-motorizados)	Número	-
4.3	Política de mobilidade urbana	Política de mobilidade urbana	Sim/Não, estágio de implantação	Litman (2007)

ID	Tema	Indicador	Unidade de medida	Referências
5.1	Provisão e manutenção da infra-estrutura de transportes	Densidade da rede viária Vias pavimentadas Despesas com manutenção da infra-estrutura de transportes	km/km ² , grau de conectividade % Tipos de despesas	Mendes (1999), Mendes (2004), Sustainable Measures (2006) Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (2004) SUMMA (2004)
5.2	Distribuição da infra-estrutura de transportes	Smalização viária	Parcela da população	-
6.1	Transporte cicloviário	Vias para transporte coletivo Extensão de ciclovias Frota de bicicletas Estacionamento para bicicletas	% % % %	Sustainable Measures (2006) Campos e Ramos (2005), Sustainable Measures (2006)
6.2	Deslocamentos a pé	Vias para pedestres Vias com calçadas	% %	Hertfordshire (1999) ABAE (2006), Sustainable Sustainable Seattle (1998), SUMMA (2004)
6.3	Redução de viagens	Distância de viagem Tempo de viagem Número de viagens viagens/habitante/dia	km min Sim/Não, tipo	Campos e Ramos (2005) Gilbert e Tanguay (2000) UNCHS (2004), Lautso, K. et al. (2004)
7.1	Capacitação de gestores	Ações para redução do tráfego motorizado Nível de formação de técnicos e gestores Capacitação de técnicos e gestores	% % %	ABAE (2006), TRANSPLUS (2002), OECD (1999) Santos e Martins (2002) Audit Commission e IdeA (2007)
7.2	Áreas centrais e de interesse histórico	Vitalidade do centro	Número	SPARTACUS, LAUTSO, K. ET AL. (2004)
7.3	Integração regional	Consórcios intermunicipais	Sim/Não, Tipo	SNIU (2002)
7.4	Transparência do processo de planejamento	Transparência e responsabilidade Vazios urbanos	Sim/Não %	UNCHS (2004)
7.5	Planejamento e controle do uso e ocupação do solo	Crescimento urbano Densidade populacional urbana Índice de uso misto	Número habitantes/km ² %	Tayside, Fife Council, Audit Commission e IdeA (2007), TRANSPLUS (2002) Scottish Executive Central Research Unit (2001) Caratti et al. (2001)
7.6	Planejamento estratégico e integrado	Ocupações irregulares Planejamento urbano, ambiental e de transportes integrado Efeivação e continuidade das ações	% Sim/Não, Grau de cooperação Programas/Projetos	UNCHS (2001), UN/CSD (2001) TERM (2002)
7.7	Planejamento da infra-estrutura e equipamentos urbanos	Parques e áreas verdes Equipamentos urbanos (escolas) Equipamentos urbanos (hospitais)	m ² /habitante escolas/1000 habitantes postos de saúde/100.000 habitantes	Bossel (1999) Sustainable Measures (2006), Audit Commission e IdeA (2007), Cardiff (2002)
7.8	Plano Diretor e legislação urbanística	Plano Diretor Legislação urbanística Cumprimento da legislação urbanística	Sim/Não, atualização Sim/Não Sim/Não, Tipo	Mendes (1999), Mendes (2004), Direcção Geral do Ambiente (2000) SNIU (2002) SNIU (2002)
8.1	Acidentes de trânsito	Acidentes de trânsito	mortos/100.000 habitantes/ano	SNIU (2002), Santos e Martins (2002), Gilbert e Tanguay (2000), Baltic 21, OECD (1999), Sustainable Measures

ID	Tema	Indicador	Unidade de medida	Referências
				(2006), TERM (2001-2003), SUMMA (2004), Centre for Sustainable Transportation (2001)
		Acidentes com pedestres e ciclistas	%	-
		Prevenção de acidentes	%	Campos e Ramos (2005), SUMMA (2004)
8.2	Educação para o trânsito	Educação para o trânsito	%	Audit Comission e IDeA (2007)
8.3	Fluidez e circulação	Congestionamento	horas/dia	Campos e Ramos (2005)
		Velocidade média de trafego	km/h	Santos e Martins (2002)
8.4	Operação e fiscalização de trânsito	Violação das leis de trânsito	%	SUMMA (2004)
8.5	Transporte individual	Índice de motorização	autos/1000 habitantes	Santos e Martins (2002), Mendes (1999), Mendes (2004), TRANSPLUS (2002), Gobierno Vasco (2007)
		Taxa de ocupação dos veiculos	passageiros/autó	TERM (2002), Gobierno Vasco (2007), Caratti et al. (2001)
		Extensão da rede de transporte público	%	Baltic Z1, Gilbert e Tanguay (2000), Gobierno Vasco (2007), Sustainable Measures (2006)
		Frequência de atendimento do transporte público	min	Campos e Ramos (2005)
		Pontualidade	%	Hertfordshire (2003), Hertfordshire (1999), UK Government Sustainable Development (2004)
9.1	Disponibilidade e qualidade do transporte público	Velocidade média do transporte público	km/h	Campos e Ramos (2005)
		Idade média da frota de transporte público	anos	-
		Índice de passageiros por quilómetro	passageiros/km	-
		Passageiros transportados anualmente	Número	Sustainable Measures (2006), Hertfordshire (1999), Gobierno Vasco (2007)
		Satisfação do usuário com o serviço de transporte público	%	Hertfordshire (2003)
		Diversidade de modos de transporte	Número	Bossel (1999), Litman (2007)
		Transporte público x transporte privado	Número	Sustainable Measures (2006)
9.2	Diversificação modal	Modos motorizados x modos não-motorizados	Número	Litman (2007), Hertfordshire (1999) - UK Government Sustainable Development (2004), Gilbert e Tanguay (2000)
9.3	Regulação e fiscalização do transporte público	Contratos e licitações	%	-
		Terminais intermodais	Participação, tipo	-
9.4	Integração do transporte público	Linhas integradas	%	SUMMA (2004)
		Descontos e gratuidades	Grau, Tipo	-
9.5	Política tarifária	Tarifas de transportes	Variação %	Audit Comission e IDeA (2007)
		Subsídios públicos	Sim/Não, tipo	TERM (2002), SUMMA (2004), Gilbert e Tanguay (2000)

Fonte: IMUS (COSTA, 2008).

3 Método de Planejamento de Transporte Sustentável (MPTS-Urb).

[...] A crise ambiental e social das cidades está ocupando muitas mentes [...]. Se o mundo desenvolvido considera terríveis os problemas de poluição, congestionamentos e decadência de alguns setores da cidade, pensemos então nas mudanças que estão oprimindo o mundo em desenvolvimento [...] (ROGERS, 2001).

Assim como Gil (2008), entende-se aqui, que a investigação científica parte de um conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos a fim de se chegar à um método científico. Já esse, pode ser entendido como o conjunto de processos ou operações mentais que se deve empregar na investigação, sendo a linha de raciocínio adotada na construção de uma pesquisa.

Como já apresentado na revisão bibliográfica deste estudo, são diversos os meios de reduzir os impactos ambientais gerados pelo setor de transportes, principalmente quando concerne à redução de consumo de combustíveis fósseis e conseqüentemente de gases emitidos na atmosfera. Há estudos que abordam diferentes alternativas energéticas como a biomassa, outros que melhoram a tecnologia, autonomia e a eficiência dos veículos, e ainda, aqueles que estudam a multimodalidade e o equilíbrio da matriz de transporte para promover a mobilidade com menor impacto aos recursos energéticos e ao ar atmosférico.

No entanto, nesta dissertação se procurou estruturar uma contribuição metodológica que possa ser utilizada como uma ferramenta complementar ao planejamento tradicional de transportes, que utilize a valoração do impacto ambiental de emissões de gás carbônico e de consumo de energia de uma determinada rede de transportes. Que os resultados dessa valoração possam ser um indicador de planejamento sustentável em transporte. Um instrumento de apoio e auxílio aos gestores das cidades ao planejarem ou reordenarem as diretrizes de transporte urbano, com vistas à otimização dos custos ambientais. Esses custos, por sua vez, são aqui entendidos como aqueles provenientes do consumo de energia (combustíveis), e das emissões de CO₂ pelo transporte. São assim, aqui definidos como custo logístico verde (CLV).

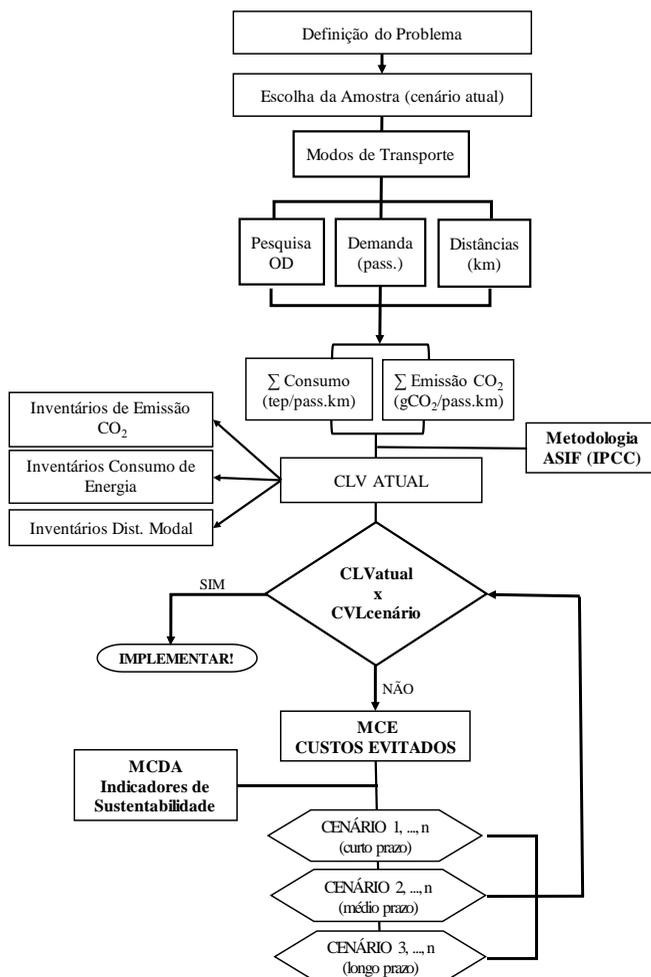
Tal estruturação metodológica vai ao encontro da diversificação dos modos de transporte do sistema (equilíbrio da matriz de transporte), do melhoramento contínuo da frota (eficiência, combustíveis,

tecnologias), da redução das distâncias percorridas (planejamento estratégico territorial) e da gestão dos recursos (investimentos em infraestrutura).

A contribuição metodológica MPTS-Urb foi pensada em duas fases, a primeira delas consiste na definição do problema, o qual deverá ser sempre voltado a redução dos custos ambientais de emissão de CO₂ e consumo de combustíveis fósseis, pelo setor de transportes, passando-se para a escolha da amostra que se pretende aplicar e, seguindo-se com a etapa de diagnosticar a situação atual da rede de transportes, para depois determinar o seu custo logístico verde (CLV_{atual}). A segunda, apoia-se no método dos custos evitados (MCE) para avaliar a redução dos custos ambientais e motivar o planejamento de cenários mais sustentáveis para a rede de transporte, considerando no mínimo, a manutenção de atendimento da demanda.

A Figura 16 mostra a estrutura esquemática da contribuição metodológica. Em sequência, uma abordagem explicativa de cada etapa é feita separadamente, a fim de descrever a linha de raciocínio seguida para a sua construção. O CLV é obtido com o apoio da Metodologia ASIF (*Activity, Structure, Intensify and Fuel*). Para a projeção de cenários mais sustentáveis é recomendada a metodologia MCDA (Multicritério de Apoio à Decisão), tendo em vista a definição de indicadores de sustentabilidade e a classificação de suas importâncias.

Figura 16 - Estrutura esquemática da contribuição metodológica para o planejamento sustentável do transporte urbano de passageiros (MPTS-Urb)



Fonte: Elaborado pela autora.

O MPTS-Urb foi pensado de forma a viabilizar a sua utilização com possíveis simplificações, a depender da disponibilidade de dados e recursos para tal. Entende-se a dificuldade, confiabilidade e custo em se obter dados do setor de transportes, em face de limitação dos recursos e pessoal disponíveis, em muitas cidades de menor porte ou interioranas.

Por isso, simplificadamente, foram organizados os passos para subsidiar a aplicação nos mais variados tipos de cenários e redes, sendo que, em uma visão de longo prazo, com os valores de *inputs* cada vez mais confiáveis e acessíveis, a utilização da contribuição se tornará mais simples e os resultados mais precisos e referenciais.

3.1 PASSOS DO MPTS-Urb

Serão aqui apresentados todos os passos da contribuição metodológica, desde a etapa de definição do problema e escolha do cenário para aplicação, até a análise dos resultados finais.

3.1.1 Definição do Problema

Inicia-se pelo conhecimento do problema. O que deve ser tratado e melhorado, dentro do contexto da contribuição metodológica de valoração dos custos ambientais do transporte (Custo Logístico Verde)? A partir dessa definição, torna-se viável partir para a escolha da amostra, ou seja, do cenário atual em que será aplicado o MPTS-Urb.

3.1.2 Escolha da Amostra (Cenário Atual)

Refere-se à escolha da amostra para aplicação, que pode ser uma avenida ou rua, um corredor de transporte coletivo com faixa exclusiva ou compartilhada, uma rota aquática para transporte de barcas, um itinerário específico que se apresenta sobrecarregado e requer mais veículos, entre outros. Pode ser sobre a rede de um bairro, região, até a rede de transporte completa de uma cidade. Para tal escolha, recomenda-se avaliar antecipadamente os dados disponíveis dessa amostra, os quais são apresentados a seguir.

3.1.3 Cálculo do CLV Atual (Cenário Atual)

Como observado na Figura 16, após definida a amostra para aplicação, deve-se calcular o seu Custo Logístico Verde (CLV_{atual}), assim, torna-se viável a coleta e classificação dos seus dados de transporte, como pesquisa origem e destino, dados de demanda, quantitativos de passageiros por dia ou passageiros por ciclo para cada itinerário, e as distâncias percorridas por eles. Caso não se tenha os dados prontos, deve-se avaliar as condições para obtê-los, como fazendo contagens classificatórias de tráfego, recolhendo relatórios dos veículos

do transporte coletivo, por ciclo e por dia, medindo as distâncias percorridas para cada itinerário (ida e volta), entre outros. O quadro 7 apresenta a descrição desses dados que são representados pelas primeiras caixas da estrutura esquemática da Figura 17.

Quadro 6 - Descrição dos dados da amostra necessários para aplicação do MPTS-Urb

Pesquisa OD	Representa os dados de origem (coleta) e destino (distribuição) dos deslocamentos diários das pessoas. Resulta na descoberta de centralidades geográficas (regiões de atratividade, coleta, distribuição). Pode ser feita através de pesquisas declaradas (entrevistas), contagem de veículos na hora pico (hora principal de maior movimento no dia – manhã e tarde).
Demanda (pass.)	Representa o número de passageiros a serem transportados (necessidade para transporte). Os dados podem ser obtidos pela pesquisa OD.
Distâncias (km)	São as extensões em quilômetros dos deslocamentos percorridos pelos passageiros, considerando a origem e o destino de seus deslocamentos. Considera-se aqui o deslocamento pelo modo de transporte (veículo) utilizado pelo passageiro, diariamente.
Modos de Transporte	Representam as formas de deslocamento que a amostra dispõe, para um determinado percurso, para uma determinada demanda, entre uma origem e um destino que expressam o deslocamento do passageiro (usuário). No transporte urbano são mais comuns o rodoviário por ônibus, ferroviário (metrô, trem urbano, VLT), não motorizado (a pé, bicicleta) ou aquaviário (barcas, catamarãs).

Fonte: Elaborado pela autora.

Os dados do quadro 7 devem ser devidamente alocados nos devidos modos de transporte da amostra. Dessa forma, recomenda-se elaborar, para cada modo de transporte, uma matriz de origem e destino de distâncias (km) e outra de passageiros (demanda). A próxima etapa, então, consiste em estimar, para a amostra, o total de energia consumida (E), e de emissões de CO₂ (P) gerada pela combustão dos combustíveis, o que está explicado no quadro 8:

Quadro 7 - Descrição dos dados necessários para o cálculo do CLV

Σ Consumo (kj/pass.km)	Representa a o somatório de energia consumida pelos modos de transporte da amostra. É expressa pela letra “E” = energia (<i>energy</i>) na equação do CLV.
Σ Emissão CO ₂ (gCO ₂ /pass.km)	Representa o somatório de emissão de gás carbônico (CO ₂) pelos modos de transporte da amostra. É expressa pela letra “P”= poluição (<i>pollution</i>) na equação do CLV.

Fonte: Elaborado pela autora.

Considerando que o MPTS-Urb é aqui utilizado para o planejamento do transporte de passageiros, de acordo com D’Agosto (2015), Andrade e Bittencourt (2014) e ANTP (2016), é pertinente que sejam utilizados como referência para tal fim, os valores de emissão de CO₂ e consumo de energia por passageiro, por quilômetro, para cada modo de transporte (gCO₂ / pass.km) e (kJ /pass.km) respectivamente. Segundo esses autores, isso exclui o inconveniente de comparação de veículos com as mesmas características físicas e operacionais, e ainda, considera a ocupação do veículo, por unidade de passageiro.

Para isso, devem ser obtidos em referências consolidadas os valores de emissão de CO₂ e energia consumida, por passageiro, por quilômetro. No caso dos transportes motorizados, esses valores são dinâmicos, e devem ser atualizados no momento de cada aplicação, visto que os veículos têm suas tecnologias melhoradas com o tempo.

Cabe considerar que, tendo em vista a complexidade de algumas redes de transportes, principalmente de cidades médias a grandes, como mais de um modo de transporte, pode se tornar difícil a obtenção dos dados de toda a rede. Nesses casos, recomenda-se utilizar de critérios técnicos para delimitar a amostra, como uso de indicadores, caminho crítico, delimitar regiões, bairros, corredores, entre outros.

Neste momento as referências mais atuais e consolidadas, encontradas nesta pesquisa como D’Agosto (2015), Andrade (2014), Reis (2016), Arioli, Lindau e Cooper (2012), estão apresentadas na Tabela 6, as quais serão utilizadas para aplicação da contribuição metodológica (Capítulo 4):

Tabela 6 - Dados de modos de transporte urbano.

Modo de Transporte	(2) P (gCO ₂ /pass.km)	(3) E (kj/pass.km)	(4) Capacidade de Transporte (pass/veículo)	(4) Área de ocupação na via (m ²)
Ônibus Convencional (transp. municipal/ intermunicipal) com MCI ⁽¹⁾ traseiro a diesel	16,0	266,0	60 - 80	42,0
Micro-ônibus com MCI a diesel	35,2	586,0	16 - 20	22,2
Automóvel compacto com MCI gasolina	127,0	2.766,0	⁽³⁾ 1,3	17,5
Metrô (energia eletrica)	-	183,0	⁽⁵⁾ 347,0	⁽⁵⁾ 70 (p/vagão)
⁽⁶⁾ Catamarãs (energia solar)	0,0	0,0	74,0	-
Caminhada	0,0	208	1,0	1,0
Bicicleta convencional	0,0	183	1,0	2,0

(1) MCI = motor de combustão; (2) Emissões de CO₂ em gramas de CO₂ por pessoa por quilômetro percorrido (ANDRADE, 2014; BITTENCOURT, 2014); (3) Energia média necessária por pessoa, por modo em kj/pass.km (D'AGOSTO, 2015, p.67-251); (4) NBR 15570/2008; (5) Metro de São Paulo (2017). (6) Reis (2016).

Fonte: Elaborado pela autora.

A partir das referências da Tabela 6 faz-se possível calcular o custo logístico verde atual (CLV¹³_{atual}) da amostra, através da Equação 8 a seguir.

¹³ Cabe lembrar que o presente estudo entende como custo logístico verde (CLV) a soma dos custos com energia (combustível) e emissões de CO₂ da frota, considerando todos os modos de transporte da rede (motorizados e não motorizados).

$$CLV = \sum_{m=1}^n ((E_m \times e) + (P_m \times p)) \quad 8$$

Em que:

CLV = custo logístico verde;

m = modo de transporte “m” da amostra (rede atual ou cenário),
(m = 1,2,..., n);

E = energia consumida pelo modo de transporte m (TJ);

P = emissão de gás carbônico (CO₂) pelo modo de transporte m;

e= constante de conversão de energia (L_{diesel}/TJ) para litros de
óleo diesel;

p= constante de conversão de poluente (L_{diesel}/g.CO₂) para litros
de óleo diesel.

Deve-se notar aqui, que para a soma das parcelas E_m e P_m são utilizadas constantes de conversão de unidade, visto que não é possível somar emissão (g.CO₂/pass.km) e (kJ/pass.km) diretamente. Assim, para chegar-se aos valores dessas constantes de uniformização, foi utilizada como apoio a metodologia ASIF (*Activity, Structure, Intensify and Fuel*) desenvolvida pelo IPCC (1996) e já explicada detalhadamente no Capítulo 2. Os cálculos das constantes “e” e “p” estão apresentados no APÊNDICE A. Fazendo-se a substituição dos resultados dessas constantes na equação do CLV, a Equação 9 do CLV passa a ser então:

$$CLV_{atual} = \sum_{m=1}^n ((E_m \times 29,65) + (P_m \times 2,62 \times 10^{-7})) \quad 9$$

Em que:

CLV_{atual} = custo logístico verde atual da amostra;

m = modo de transporte “m” da amostra (rede atual ou cenário),
(m = 1,2,..., n);

E = energia consumida pelo modo de transporte m em TJ;

P = emissão de gás carbônico (CO₂) pelo modo de transporte m
em g.CO₂;

e= 29,65 (L_{diesel}/TJ);

p= 2,62 E10-7 (L_{diesel}/g.CO₂).

Cabe aqui destacar que existem outros métodos de estimar as emissões de CO₂ (CRUVINEL; PINTO; GRANEMANN, 2012). Os quais não seriam menos complexos ou mais acessíveis que o método *Top Down* (IPCC, 1996), aplicado pela metodologia ASIF e aqui utilizado. Podem-se citar o método *Botton Up*, também desenvolvido pelo IPCC (1996) e o NTM (*Network for Transport and Environment National Transport Model*), desenvolvido por uma organização não governamental sueca, e utilizado na Europa.

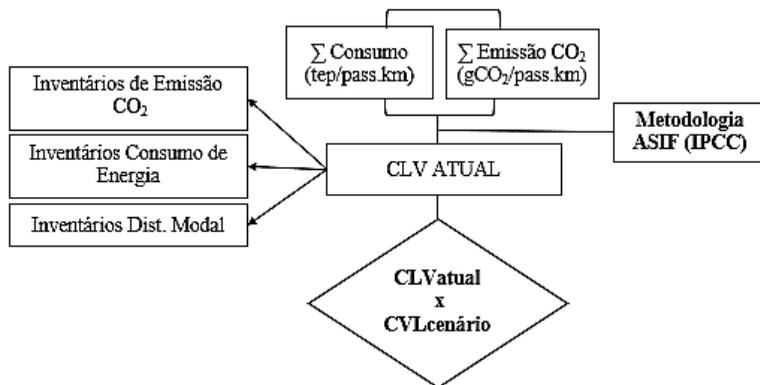
O *Botton Up* é complementar ao método *Top Down*, e consegue estimar não apenas as emissões de CO₂ mas também de outros gases provenientes de material particulado como CO, NO_x, CH₄, no entanto, devem ser conhecidos consistentemente dados como: fatores de emissão da frota levantados em laboratórios locais, tecnologia de motorização utilizada, qualidade do combustível, consumo, quilometragem, estado de manutenção da frota, entre outros (LINKE *et al.*, 2001).

O método NTM, segundo Loo *et. al.* (2009) é utilizado para calcular as emissões de CO₂ quando se possui dados detalhados do sistema que se deseja estudar. Pode ser aplicado aos modos de transporte rodoviário, ferroviário, aquaviário e aéreo. No entanto, para realizar os cálculos são necessários acessos aos *softwares* desenvolvidos pela própria NTM.

Assim, foi aqui utilizado o método *Top Down* aplicado pela metodologia ASIF devido ser mais acessível quanto as informações necessárias, e também ao objetivo de valorar e transformar as emissões de CO₂ e consumo de energia, em consumo de combustível fóssil, no caso, o óleo diesel. Assim, tal método poderá ser também utilizado para todos os modos de transporte que utilizem essa mesma fonte de energia, como automóveis, barcas motorizadas, motos, ônibus, etc.

A partir dos resultados obtidos até este momento, de modos de transporte, suas emissões e consumos para a amostra considerada, pode-se elaborar e divulgar inventários de emissão de poluentes, consumo de energia e distribuição modal, os quais são úteis para o controle e acompanhamento do sistema de transporte. Tais resultados poderão ainda motivar campanhas de conscientização e apoio a práticas mais sustentáveis de transporte para os usuários, e entre esses. A Figura 17 reapresenta e resume o que foi exposto nessa etapa.

Figura 17 - Etapa do MPTS-Urb para cálculo do Custo Logístico Verde atual



Fonte: Elaborado pela autora.

Como demonstrado, a etapa de cálculo do CLV atual é concluída, passando-se para a “Análise do CLV” da amostra. Caso ele seja aceitável para o planejamento sustentável do transporte a que se pretende, a rede atual está ambientalmente aceitável, no que cabe às emissões de CO₂ e consumo de energia. No entanto, se for recomendável a redução dos valores atuais, dá-se sequência ao MPTS-Urb, através da aplicação do Método dos Custos Evitados (MCE) para estimar o quanto se pretende melhorar quanto à economicidade de emissões de poluentes da rede e, conseqüentemente de energia.

3.1.4 Análise pelo Método dos Custos Evitados (MCE)

Entende-se que um planejamento de transporte sustentável consistente não pode deixar de considerar um estudo econômico que considere os investimentos em diferentes prazos. Assim, a utilização do método de valoração ambiental dos Custos Evitados (abordado na revisão de literatura deste estudo) foi aqui entendido como uma boa ferramenta para estar associada ao planejamento dos cenários.

Como argumentado na revisão bibliográfica (Capítulo 2), um estudo econômico no âmbito das questões ambientais é complexo, por estar relacionado aos custos indiretos. No entanto, entende-se que os custos ambientais gerados pelo transporte como emissões de CO₂ devem ser internalizados nos custos totais desse setor. Nesse contexto, o método dos Custos Evitados pode ser aplicado tendo como referência o custo ambiental atual da amostra (custo logístico verde - CLV)

resultante da primeira etapa, e uma nova referência de CLV a qual se pretende alcançar. Tal método assume que os investimentos para se evitar os danos causados indiretamente por questões ambientais como as emissões de CO₂, fornecem estimativas úteis para o valor dessas questões.

Tomemos como exemplo o seguinte pressuposto: se as cidades incorressem em custos para evitar os danos causados pela perda de qualidade do ar, essa qualidade deveria valer pelo menos o que seria pago para tratar as pessoas expostas à poluição, que apresentam problemas respiratórios e geram custos para a saúde (custos indiretos). Assim, o método dos custos evitados é mais apropriadamente aplicado nos cenários em que os danos, ou gastos já ocorreram e acontecerão novamente (EMA, 2016).

Dessa forma, tendo como base os gastos com medidas corretivas para questões como a poluição do ar e suas associações, podem ser planejados investimentos na mobilidade urbana sustentável para diferentes cenários, de curto, médio e longo prazos que possam reduzir as emissões de CO₂ e conseqüentemente, o consumo de energia e o CLV.

Assim, definidos os valores de redução a que se pretende alcançar, pode-se seguir para o planejamento dos cenários.

3.1.5 Planejamento dos Cenários

Como abordado na revisão bibliográfica deste estudo (Capítulo 2), muitas são as alternativas para melhorar o transporte e torná-lo mais sustentável. A redução do consumo de combustível, por exemplo, pode ser alcançada através de práticas de gestão da operação, tipo de alimentação, escolha modal, melhoria na infraestrutura da via, entre outras. Seja para o transporte de cargas, seja para o transporte de passageiros, muitos são os critérios variáveis interferentes no resultado final.

Para o planejamento dos cenários no MPTS-Urb, algumas premissas devem ser colocadas como: (a) o atendimento da demanda, (b) redução do consumo de combustíveis fósseis, (c) redução das emissões de CO₂, (d) viabilidade econômica (e) tempo de implantação.

A partir desse entendimento, entende-se pertinente projetar cenários de curto, médio e longo prazos, os quais devem, preferencialmente, atender essas premissas. Para isso, o MPTS-Urb recomenda a utilização de uma metodologia mundialmente utilizada,

conhecida como multicritério ou método de apoio à decisão (MCDA), a qual já foi explicada no Capítulo 2.

Tendo em vista que a contribuição metodológica aqui desenvolvida foi pensada como uma ferramenta de apoio para os gestores das cidades, recomenda-se que eles utilizem a MCDA nessa etapa, a fim de definirem os principais pontos a serem tratados nos cenários planejados. A metodologia MCDA pode contribuir e nortear para obtenção de indicadores, indispensáveis para o planejamento dos cenários. Pode-se ainda, utilizar de indicadores de sustentabilidade já desenvolvidos na academia, desde que esses sejam consolidados e reconhecidos, além de correlatos com o ambiente em estudo, ou seja, com a amostra. O MCDA é preferencialmente utilizado para análises qualitativas e pode ser ainda associado a outros métodos, como por exemplo, pesquisas declaradas com os técnicos, gestores e usuários.

3.1.6 Análise dos Cenários – $CLV_{\text{cenário}}$

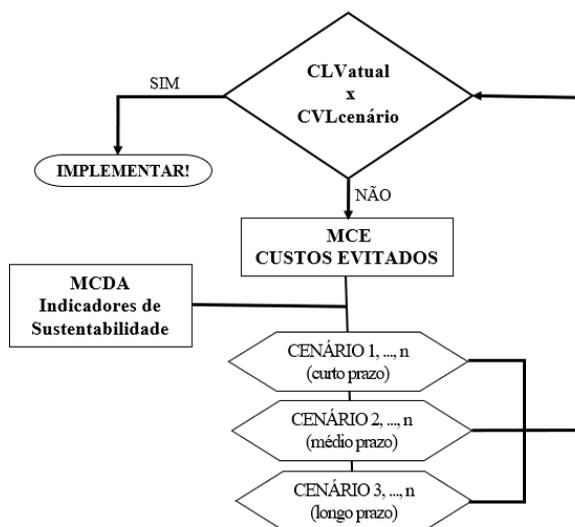
Para avaliar os cenários, quanto a sustentabilidade da rede, será novamente calculado o custo logístico verde CLV, agora projetado. Assim, repete-se a etapa do item 3.1, porém colocando-se os dados do cenário projetado.

Após tal aplicação, deverá ser feita a análise dos resultados, em que, se o custo logístico verde dos cenários atender a estimativa de economicidade ambiental estimada pelo Método dos Custos Evitados (MCE), de redução das emissões de CO₂, o cenário pode ser aceito, senão, dever-se-á fazer a retroanálise, voltando-se a revisão do cenário na etapa de Planejamento dos Cenários, item 3.1.5.

É importante esclarecer que na análise do CLV, o cenário pode ter atingido totalmente ou em partes a expectativa prevista do MCE, ou seja, é possível implementar totalmente ou parcialmente o cenário, a depender das condições disponíveis para investimentos, entre outras análises que o gestor deverá fazer. Tal trabalho iterativo analítico está representado pelas setas “Não” (reanalisar as premissas de investimentos pelo MCE em outros cenários em totalidade) ou “Sim” (implementar totalmente ou parcialmente o cenário).

A Figura 18 rerepresenta a estruturação dessa etapa.

Figura 18 - Etapa do MPTS-Urb para cenários e retroanálise CLV



Fonte: Elaborada pela autora.

Quando o cenário do planejamento atender ao CLV estimado ou requerido entende-se que ele pode ser aplicado, trazendo ganhos ambientais, os quais até então, eram apenas indiretos economicamente. Porém agora, são valorados e internalizados na análise do custo total do transporte desse cenário.

Assim, encerra-se a explicação teórica do MPTS-Urb. Em continuidade, o próximo capítulo apresenta uma aplicação dessa contribuição metodológica, através de um estudo de caso¹⁴ na cidade São José-SC.

¹⁴ Aplicação experimental de uma contribuição metodológica desenvolvida em mestrado acadêmico com utilização de dados reais do sistema de transportes de uma cidade, fornecidos pela prefeitura dessa cidade.

4 APLICAÇÃO DO MPTS-Urb

Este capítulo apresenta um estudo de caso em que se demonstra uma aplicação da contribuição metodológica. Como explicado no Capítulo 3, a metodologia pode ser aplicada de acordo com o horizonte da amostra a ser analisada. Pode ser aplicada para todos os modos de transporte, mas também para um único modal, direcionando para o escopo que se pretende avaliar, no âmbito do custo logístico verde.

A presente aplicação será direcionada para avaliar o custo logístico verde (CLV) do transporte coletivo municipal da cidade de São José-SC, o qual, atualmente, é feito exclusivamente por ônibus. Para isso, foram feitas algumas simplificações, seja para o correto aproveitamento dos dados disponíveis, seja pela quantidade desses dados.

Tais simplificações foram feitas para a delimitação da amostra, quanto aos valores de demanda e pesquisas origem e destino, e no planejamento dos cenários, para definição de indicadores de sustentabilidade. Elas serão justificadas no item 4.2 – Parâmetros e simplificações para aplicação no estudo de caso São José/SC.

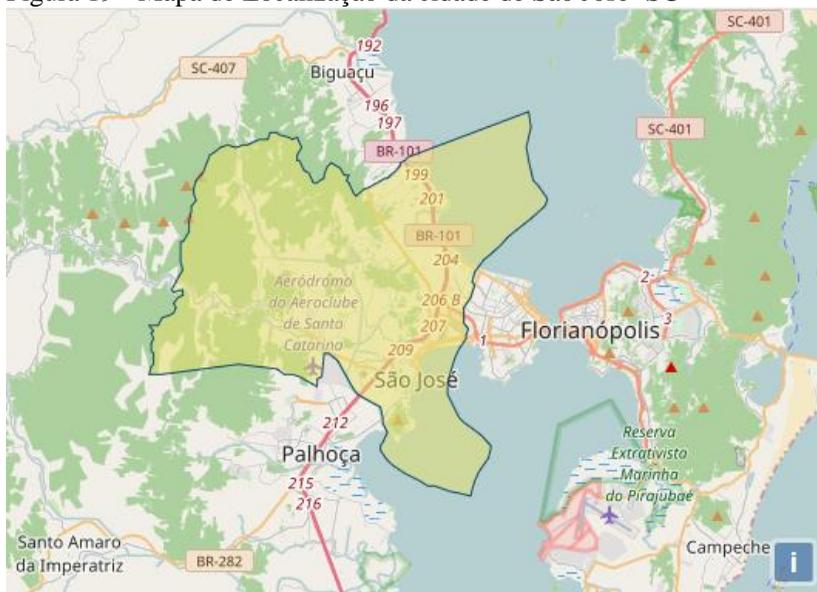
Assim, sequencialmente neste Capítulo 4, estão apresentadas as justificativas da escolha da cidade de São José/SC para este estudo de caso, as características dessa cidade, as simplificações realizadas, necessárias para a aplicação, e a estrutura esquemática compatibilizada com o estudo de caso. Após, serão apresentados os cálculos e descrição dos passos desta aplicação.

4.1 A CIDADE DO ESTUDO DE CASO: SÃO JOSÉ - SC

A cidade de São José está localizada no Estado de Santa Catarina, distante aproximadamente 15 km do centro da capital Florianópolis (MAPS GOOGLE, 2016). Segundo dados do IBGE (2016), possui 236.029 habitantes, o que representa 24% da população total da Região Metropolitana de Florianópolis (RMF), classificando-se como segundo município mais populoso da RMF e o quarto de Santa Catarina. Com densidade demográfica igual a 1376,78 hab/km² (IBGE, 2016), juntamente com outros 08 municípios (Águas Mornas, Antônio Carlos, Biguaçu, Florianópolis, Palhoça, Santo Amaro da Imperatriz, São Pedro de Alcântara e Governador Celso Ramos), compõe a Região Metropolitana de Florianópolis (Lei Complementar nº 636/2014) (IBGE, 2016).

São José tem uma extensão territorial de 150.453 km² sendo banhada pelas Baías Norte e Sul de Santa Catarina e seccionada pela BR101/SUL (SÃO JOSÉ, 2016). Por ser o primeiro município limítrofe à Ilha de Florianópolis, ao Norte, Oeste e Sul, São José assume, relativamente, posição de cidade dormitório. Ao mesmo tempo, ele se conecta ao Norte, com o município de Biguaçu e ao Sul, com Palhoça, recebendo diretamente o tráfego de passagem diário entre esses municípios e a Ilha de Florianópolis, como apresentado no mapa de localização da figura 19.

Figura 19 - Mapa de Localização da cidade de São José- SC



Fonte: Google Maps (2017)

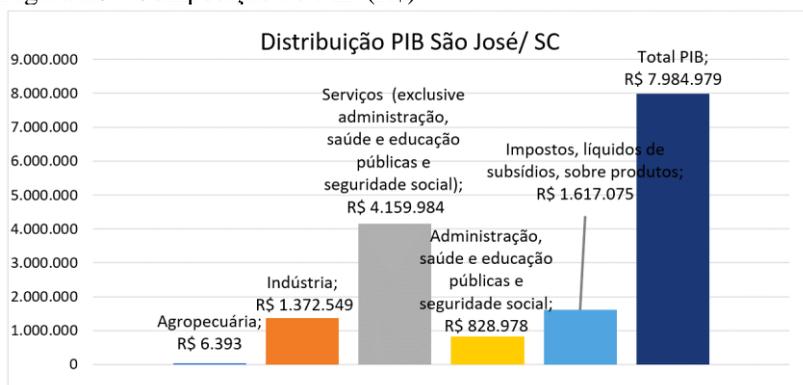
Tal condição geográfica promove visibilidade e oportunidade para o município de São José, mas também o penaliza quanto ao olhar sob o viés do sistema de transporte. Por esse motivo, São José despertou curiosidade e interesse para a aplicação da contribuição metodológica aqui desenvolvida, sendo escolhido para o estudo de caso em questão.

Sobre sua colonização e origens, é o quarto município mais antigo de Santa Catarina, foi colonizado em 26 de outubro de 1750 (SÃO JOSÉ, 2016). Em março de 1833, através da Resolução do Presidente da Província, Feliciano Nunes Pires, São José passou de

freguesia à município e, em maio de 1856, através da lei Provincial nº 415, foi elevado à cidade (SÃO JOSÉ, 2016). Historicamente, até 1950 o município de São José manteve-se praticamente estagnado, quanto ao seu desenvolvimento econômico, e praticamente isolado da capital catarinense. Somente no final da década de 60, início da industrialização, ele perde as características predominantemente rurais e tem aumento desabrido das taxas de crescimento populacional, contando ainda com imigrantes. Como consequência, sofreu o crescimento desordenado do tecido urbano (SÃO JOSÉ, 2004).

Economicamente, a cidade está em ascensão, como demonstrado pelas séries revisadas do Produto Interno Bruto (PIB) entre os anos de 2009 a 2014 (IBGE, 2016). O PIB em 2014 alcançou de R\$ 7.984.979.000,00. Como observado na Figura 20, o setor terciário é responsável pela maior contribuição econômica da cidade, seguido pelo secundário.

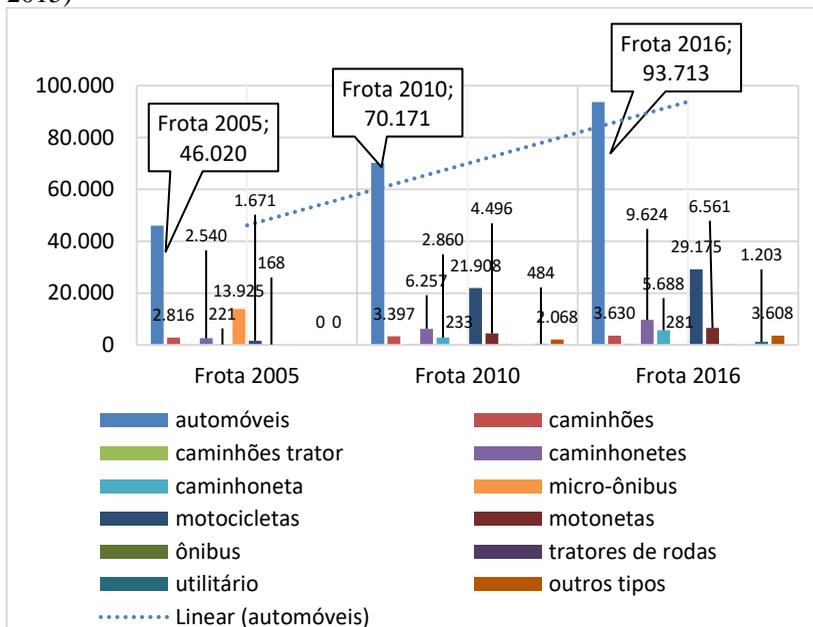
Figura 20 - Composição do PIB (R\$)



Fonte: Adaptado de IBGE (2016).

No setor de transportes e logística, a cidade é atendida basicamente pelo modo rodoviário, dividindo-se entre veículos de passeio, motocicletas, motonetas e ônibus de transporte coletivo. O crescimento da frota pode ser demonstrado na Figura 21.

Figura 21 - Crescimento da frota de veículos em São José – SC (2005 – 2015)



Fonte: Adaptado de IBGE (2017).

4.2 MODELAGEM DE DADOS E AS SIMPLIFICAÇÕES PARA A APLICAÇÃO

Como falado nas considerações iniciais deste capítulo, alguns parâmetros e simplificações foram necessários para a aplicação do MPTS-URB na cidade de São José, tendo em vista a quantidade de dados disponíveis e principalmente o tempo para o tratamento e interpretação desses. O que é apresentado a seguir.

4.2.1 Delimitação da Amostra

Após estudar as características da cidade de São José, bem como entender a relevância deste município para a Região Metropolitana de Florianópolis, procurou-se delimitar, tecnicamente a amostra para aplicação nesta pesquisa, sob a perspectiva do transporte coletivo de passageiros.

Inicialmente, tomou-se como premissa a apresentação da pesquisa aos gestores de planejamento de transportes da cidade. Em reunião realizada com eles (APÊNDICE B), foi explicado o escopo da pesquisa e as reais expectativas, tendo em vista ser uma experimentação em trabalho acadêmico. A partir de então, procurou-se conhecer tecnicamente a rede de transportes da cidade, entender o desenho existente dela, a fim de compreendê-lo no sentido da logística do transporte de passageiros, e conhecer o planejamento futuro para esse, as principais demandas, os trechos críticos, as perspectivas, entre outros.

A Figura 22 apresenta, sobre a imagem de satélite do Google Earth, o atual desenho do sistema de transportes coletivo municipal de São José. No APÊNDICE C – Mapa Rede Atual de São José, está apresentado o mapa temático elaborado para esse sistema em escala apropriada, contendo as informações das linhas como extensão, paradas e demanda de passageiros.

Figura 22 - Sistema de transporte de passageiros atual municipal de São José – SC



Fonte: Adaptado de São José (2017).

Devido à complexidade da rede de transportes de São José, procurou-se identificar as situações consideradas mais relevantes, no âmbito da análise dos fatores de sustentabilidade que se pretende diagnosticar nesta aplicação. A rede de transportes coletivos da cidade é servida pelo modo rodoviário por ônibus, a abrangência desse transporte é intermunicipal, sendo, o transporte municipal, dividido entre 04 empresas, as quais operam 15 linhas entre elas (Tabela 7) e, o intermunicipal, dividido entre 2 empresas, as quais operam 10 linhas entre elas (Tabela 8).

Considerando o tempo disponível para coleta de dados confiáveis, o número de dados, e a interpretação deles para serem utilizados neste estudo de caso, não foi possível aplicar a metodologia em toda a rede de transportes do município de São José. Assim foram definidas algumas premissas técnicas para escolha da amostra, bem como, considerada a vivência dos gestores de transporte e planejamento no município.

Nesse sentido, preliminarmente à aplicação do MPTS-URB, foram seguidas as seguintes etapas:

(1) Reunião de apresentação do método desenvolvido para a Prefeitura Municipal de São José promovendo troca de informações, a fim de que a aplicação seja mais próxima possível do ambiente real;

(2) Busca de dados disponíveis, quantitativos e qualitativos, interpretação e análise deles;

(3) Definição de critérios para escolha da amostra, tendo em vista os dados analisados;

(4) Seleção da amostra – itinerário (s) ou corredor (s) de transporte – para aplicação do MPTS-URB;

Dessa forma, serão a seguir apresentados os resultados dessas etapas então descritas.

Tabela 7 - Dados quantitativos do transporte coletivo municipal de São José

Nº	SENTIDO (I= IDA; V= VOLTA)	ORIGEM	DESTINO	EXTENSÃO (km)	VEL. MÉDIA (km/h)	TEMPO (hh:mm:ss)	Nº PARADAS	TEMPO P/ PARADA (hh:mm:ss)	TEMPO TOTAL (hh:mm:ss)	VELOCIDADE MÉDIA COM PARADAS (km/h)	NÚMERO DE VIAGENS ⁽¹⁾			PASSAGEIROS/DEMANDA ⁽²⁾ (considerando 75 pass. por veículo)			
											POR DIA	MANHÃ	TARDE	PASS. MÊS	PASS. DIA	PASS. MANHÃ	PASS. TARDE
1	I	DIRETÃO BARREIROS	FAZ. STO ANTONIO	14,35	38,35	00:22:48	29	00:00:25	00:47:24	18,45	35	16	19	52500	2625	1200	1425
1.1	V	DIRETÃO BARREIROS	FAZ. STO ANTONIO	15,21	38,85	00:21:36	28	00:00:24	00:45:36	18,61	34	13	21	51000	2550	975	1575
2	I	KOBRASOL	AREA INDUSTRIAL	12,15	36,31	00:19:48	24	00:00:21	00:40:48	17,78	21	*	11	31500	1575	750	825
2.1	I	CIRCULAR BARREIROS	CIRCULAR BARREIROS	19,53	34,84	00:30:36	35	00:00:31	01:01:48	17,37	19	11	8	28500	1425	825	600
3	V	CIRCULAR BARREIROS	CIRCULAR BARREIROS	14,93	36,59	00:31:12	37	00:00:32	01:03:00	17,95	19	11	8	28500	1425	825	600
3.1	V	KOBRASOL	AREA INDUSTRIAL	8,31	37,7	00:13:12	16	00:00:14	00:27:00	18,5	18	9	9	27000	1350	675	675
4	V	SERRARIA	FORQUILHINHA S	29,43	38,37	00:50:24	64	00:00:55	01:45:00	18,45	18	8	*	27000	1350	600	750
4.1	V	VILA FORMOSA	LISBOA - KOBRASOL	14,79	38,39	00:24:00	30	00:00:26	00:49:48	18,65	17	6	11	25500	1275	450	825
5	I	SERRARIA	FORQUILHINHA S	29,00	36,14	00:51:36	62	00:00:54	01:46:12	17,67	17	*	7	25500	1275	750	525
5.1	I	BARREIROS	SEDE	14,30	37,62	00:30:00	37	00:00:32	01:01:48	18,21	17	7	*	25500	1275	525	750
6	V	BARREIROS	SEDE	14,53	36,87	00:24:00	29	00:00:25	00:49:12	18,11	17	7	*	25500	1275	525	750
6.1	I	VILA FORMOSA	LISBOA - KOBRASOL	14,97	39,54	00:22:12	29	00:00:25	00:46:48	18,87	16	*	6	24000	1200	750	450
7	I	FORQUILHAS	KOBRASOL	20,81	41,82	00:33:00	46	00:00:38	01:11:24	19,56	15	8	7	22500	1125	600	525
7.1	V	FORQUILHAS	KOBRASOL	20,69	40,94	00:33:36	45	00:00:37	01:10:48	19,34	11	6	5	16500	825	450	375
8	I	JARDIM PINHEIROS	KOBRASOL	9,53	37,62	00:15:36	19	00:00:16	00:31:48	18,21	6	3	3	9000	450	225	225
8.1	V	JARDIM PINHEIROS	KOBRASOL	7,59	35,79	00:15:36	18	00:00:16	00:31:12	17,71	6	3	3	9000	450	225	225
9	I	JARDIM PINHEIROS	KOBRASOL	9,53	39,14	00:16:48	21	00:00:18	00:34:12	18,92	6	3	3	9000	450	225	225
9.1	V	JARDIM PINHEIROS	KOBRASOL	7,59	35,67	00:10:48	13	00:00:11	00:22:12	17,54	6	3	3	9000	450	225	225
12	I	FORQUILHAS	SÃO JOSE	30,26	38,93	00:25:48	33	00:00:28	00:54:00	18,78	4	2	2	6000	300	150	150
12.1	V	FORQUILHAS	SÃO JOSE	16,70	39,89	00:25:12	33	00:00:28	00:52:48	18,99	3	*	3	4500	225	0	225
13	I	POTECAS	KOBRASOL	16,95	37,7	00:24:36	30	00:00:26	00:50:24	18,36	2	2	*	3000	150	150	0
13.1	V	POTECAS	KOBRASOL	16,79	36,54	00:24:36	29	00:00:25	00:49:48	18,04	2	*	2	3000	150	0	150
14	V	AV DAS TORRES	KOBRASOL	10,12	49,67	00:09:36	15	00:00:11	00:21:00	22,34	2	1	1	3000	150	75	75
14.1	I	SANTANA	KOBRASOL	16,24	40,91	00:31:48	43	00:00:35	01:07:12	19,27	2	2	*	3000	150	150	0
15	V	SANTANA	KOBRASOL	16,52	39,79	00:26:24	35	00:00:29	00:55:48	18,86	2	1	1	3000	150	75	75
15.1	I	AV DAS TORRES	KOBRASOL	9,30	47,59	00:09:00	14	00:00:11	00:19:48	21,51	1	1	*	1500	75	75	0

⁽¹⁾ Dados atualizados Maio/2017 - Prefeitura municipal de São José; ⁽²⁾ Para dados de passageiros foi considerada a capacidade média dos veículos da frota real utilizada para a respectiva linha multiplicado pelo número de viagens de acordo com o horário da viagem.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 8 - Dados quantitativos do transporte coletivo intermunicipal de São José

Nº	SENTIDO (I= IDA; V= VOLTA)	ORIGEM	DESTINO	EXTENSÃO (km)	VEL. MÉDIA (km/h)	TEMPO (hh:mm:ss)	Nº PARADAS	TEMPO P/ PARADA (hh:mm:ss)	TEMPO TOTAL (hh:mm:ss)	VEL.MÉDIA C/ PARADAS (km/hr)	NÚMERO DE VIAGENS ⁽¹⁾			PASSAGEIROS/ DEMANDA ⁽²⁾ (considerando 80 pass. por veículo)			
											POR DIA	MANHÃ	TARDE	PASS. MÊS	PASS/ DIA	PASS/ MANHÃ	PASS/ TARDE
1	I	B. IPIRANGA	FLORIANOPOLIS	13,31	44,83	00:18:00	26	00:00:21	00:38:24	20,67	16	11	5	25.600	1.280	880	400
2	I	B. VISTA	FLORIANOPOLIS	11,58	61,45	00:11:24	23	00:00:17	00:27:36	24,94	14	7	7	22.400	1.120	560	560
3	I	B. IPIRANGA	FLORIANOPOLIS	14,50	57,48	00:15:00	28	00:00:20	00:36:00	24,36	14	8	6	22.400	1.120	640	480
4	I	PONTA DE BAIXO	FLORIANOPOLIS	14,60	47,85	00:18:36	29	00:00:23	00:40:48	21,37	10	5	5	16.000	800	400	400
	V	B. IPIRANGA	FLORIANOPOLIS	12,92	42,30	00:18:36	25	00:00:20	00:39:00	19,98	9	4	5	14.400	720	320	400
	V	B. VISTA	FLORIANOPOLIS	11,31	64,25	00:10:48	22	00:00:16	00:26:24	25,92	9	5	4	14.400	720	400	320
5	I	AV DAS TORRES	FLORIANOPOLIS	16,89	47,86	00:21:00	33	00:00:26	00:46:48	21,57	9	5	4	14.400	720	400	320
	V	AV DAS TORRES	FLORIANOPOLIS	16,21	47,39	00:20:24	32	00:00:25	00:45:36	21,31	9	4	5	14.400	720	320	400
	V	B. IPIRANGA	FLORIANOPOLIS	13,85	58,11	00:14:24	27	00:00:20	00:34:12	24,39	8	5	3	12.800	640	400	240
6	I	BAIRRO SAO LUIZ	FLORIANOPOLIS	12,87	50,22	00:15:36	25	00:00:19	00:34:48	22,32	8	7	1	12.800	640	560	80
7	I	PONTA DE BAIXO	FLORIANOPOLIS	14,60	47,85	00:18:36	29	00:00:23	00:40:48	21,37	8	7	1	12.800	640	560	80
8	I	SÃO JOSE	FLORIANOPOLIS	10,60	53,59	00:12:00	21	00:00:16	00:27:36	23,00	5	3	2	8.000	400	240	160
	V	SAO JOSE	FLORIANOPOLIS	12,17	47,35	00:15:36	24	00:00:19	00:34:12	21,32	4	2	2	6.400	320	160	160
	V	SÃO JOSE	FLORIANOPOLIS	9,17	49,28	00:11:24	18	00:00:14	00:25:12	21,93	4	2	2	6.400	320	160	160
	V	BAIRRO SAO LUIZ	FLORIANOPOLIS	10,19	50,54	00:12:00	20	00:00:16	00:27:36	22,28	3	2	1	4.800	240	160	80
	V	SÃO JOSE	FLORIANOPOLIS	8,18	59,76	00:08:24	16	00:00:11	00:19:48	24,76	3	2	1	4.800	240	160	80
9	I	SÃO JOSE	FLORIANOPOLIS	11,26	48,53	00:13:48	22	00:00:17	00:31:12	21,77	2	1	1	3.200	160	80	80
	V	PONTA DE BAIXO	FLORIANOPOLIS	11,75	47,48	00:15:00	23	00:00:18	00:33:00	21,44	2	2	0	3.200	160	160	0
	V	SÃO JOSE	FLORIANOPOLIS	18,85	37,05	00:30:36	37	00:00:32	01:02:24	18,09	1	1	0	1.600	80	80	0
	V	SÃO JOSE	FLORIANOPOLIS	11,85	47,03	00:15:00	23	00:00:18	00:33:00	21,40	1	0	1	1.600	80	0	80
10	I	SÃO JOSE	FLORIANOPOLIS	13,15	48,25	00:16:12	26	00:00:20	00:36:36	21,54	1	0	1	1.600	80	0	80
	V	PONTA DE BAIXO	FLORIANOPOLIS	11,75	47,48	00:15:00	23	00:00:18	00:33:00	21,44	1	1	0	1.600	80	80	0

⁽¹⁾ Dados atualizados Maio/2017 - Prefeitura municipal de São José; ⁽²⁾ Para dados de passageiros foi considerada a capacidade média dos veículos da frota real utilizada para a respectiva linha multiplicado pelo número de viagens de acordo com o horário da viagem

Fonte: Elaborado pela autora.

Como apresentado na Tabela 7 e Tabela 8, não foram conseguidos dados atualizados de passageiros transportados por linhas. Dessa forma, foi considerada a capacidade média dos veículos da frota real utilizada para a respectiva linha multiplicado pelo número de viagens de acordo com o horário da viagem. As características da frota foram fornecidas pela prefeitura municipal de São José, e estão apresentadas no ANEXO A. No entanto, para ser fiel ao conceito técnico de delimitação da amostra, buscou-se consultar outras fontes de dados, a fim de cruzá-los com as informações de demanda atribuídas para o caso, confirmando, ou não, o carregamento dessas linhas. A informação dos gestores da prefeitura era conhecida, porém não pode ser tecnicamente considerada, devido a informalidade dela, mas serviu como conhecimento.

Seguindo tal premissa, foram consultadas as pesquisas do Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis (MEDEIROS, 2015). Um dos produtos desse estudo, que é público e foi disponibilizado conclusivamente a partir de 2014, é o Relatório de Diagnóstico da Oferta e Demanda de Transporte Sem Prognóstico (MEDEIROS, 2015). Este relatório teve como base diversas pesquisas de campo em toda a região da Grande Florianópolis. Entre as metodologias utilizadas pelo Plamus está a Pesquisa Domiciliar de Origem e Destino (PODD) e a Pesquisa de Preferência Declarada (PPD).

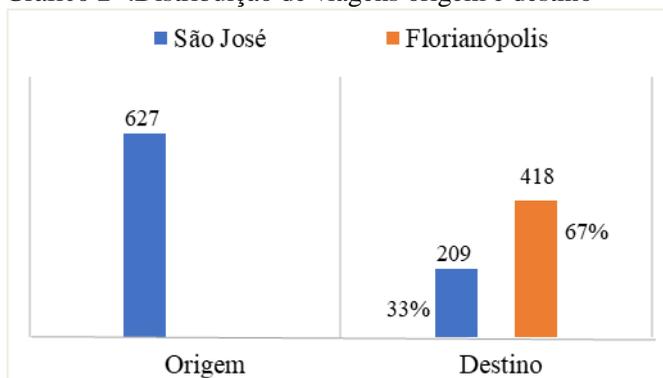
A PODD tem por objetivo a montagem e projeção das matrizes Origem-Destino (OD) de viagens da região que se estuda. Essa projeção vai representar a demanda do sistema de transportes a ser modelado e subsidiar os modelos matemáticos de previsão da demanda (MEDEIROS, 2015). A PPD foi realizada junto com a PODD, utilizando uma sub amostra de 791 usuários. O objetivo principal foi levantar a elasticidade da demanda em relação aos tempos e custos de viagem, e confiabilidade dos modos de transporte (MEDEIROS, 2015). Devido ao grande número de domicílios, essas pesquisas são feitas por amostragem e buscam levantar informações sobre os deslocamentos bem como as características das pessoas e dos domicílios (MEDEIROS, 2015).

Assim, para delimitação da amostra nesta aplicação procurou-se identificar as linhas de transporte mais carregadas de São José. Foram então cruzadas as informações da Tabela 7 e Tabela 8 com as informações de PPD do Plamus da região de São José. A pesquisa de preferência declarada em São José abrangeu todos as 11 macros zonas

da cidade, o que inclui 28 bairros. Ao todo, foram feitas 627 entrevistas nesse município.

Procurou-se inicialmente filtrar todos os dados dessas entrevistas, em que cada uma delas representa um deslocamento. Assim, de todas as origens de deslocamentos de São José, foram identificadas as maiores macros zonas de destinos ou zonas de atratividade, preferência, para então subdividi-las em bairros e regiões da cidade. Os resultados foram tratados de forma a serem apresentados graficamente, interpretados e utilizados no conceito técnico de delimitação da amostra aqui adotado (gráfico 2).

Gráfico 2 -.Distribuição de viagens origem e destino



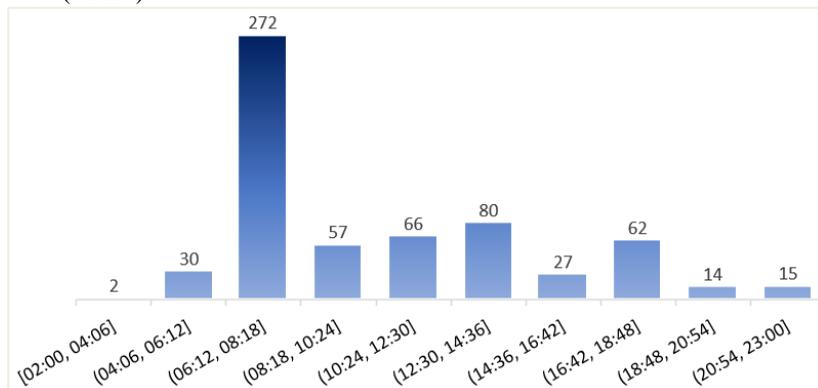
Fonte: Adaptado de Plamus (MEDEIROS, 2015).

De acordo com os dados da pesquisa de preferência declarada do Plamus, considerando que os resultados de 627 entrevistas realizadas em São José equivalem a 100%, então 33% dos destinos declarados seriam para o próprio município e 67% para a capital Florianópolis.

Antes de especificar as macros zonas Florianópolis e São José em bairros e regiões de preferência, procurou-se saber os horários das viagens e também o motivo.

Os Gráficos 3 e 4 mostram esses dados.

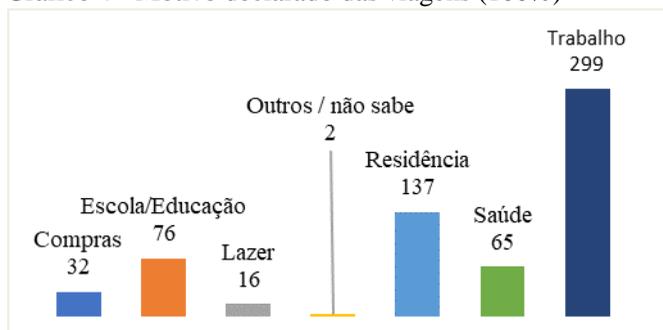
Gráfico 3 - Distribuição das viagens por horários com origem em São José (100%)



Fonte: Adaptado de Plamus (MEDEIROS, 2015).

Pelo gráfico percebe-se que 43% das viagens com origem em São José ocorrem entre às 06:12 e 8:20 horas, seguida de 12% no horário médio do dia, entre 12:30 e 14:36 horas.

Gráfico 4 - Motivo declarado das viagens (100%)



Fonte: Adaptado de Plamus (MEDEIROS, 2015).

Analisando conjuntamente os últimos dois gráficos, nota-se que os maiores deslocamentos são por motivo “Trabalho”, na hora pico da manhã, assim como “Escola/Educação”. As informações “Residência” podem ser justificadas pelo sentido de retorno para casa após jornada noturna de trabalho, mas isso é uma hipótese em que não se conseguiu saber como legitimidade.

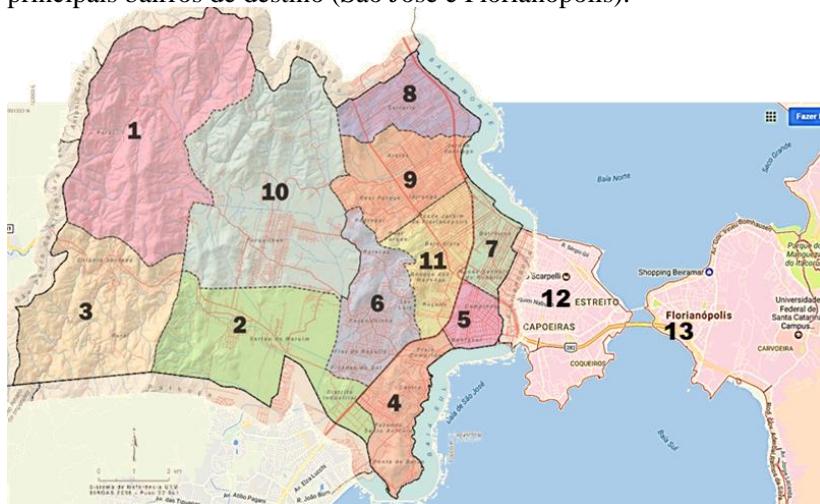
A próxima etapa foi expandir as macros zonas Florianópolis e São José, a fim de identificar as micros zonas e bairros de destino dos deslocamentos. Para isso, procurou-se em base de dados do IBGE, mapas, documentos publicados e até mesmo em referência do *Google Maps*, as delimitações geográficas desses bairros. Os resultados subsidiaram a elaboração dos mapas temáticos que estão apresentados no APÊNDICE C e D.

Para representar as subdivisões de micros zonas e bairros mais resumidamente, de forma esquemática, foi elaborado um mapa geral esquematizado apresentado na Figura 23. Ao todo, para o município de São José foram definidas 11 micros zonas. Elas são as mesmas, em área e nomenclatura, utilizadas pela Prefeitura dessa cidade. Para Florianópolis foram acrescentadas as micros zonas 12 e 13, sendo elas os principais destinos identificados pelas entrevistas do Plamus (MEDEIROS, 2015). Os Gráficos 4, 5 e 6 fazem referência ao mapa da Figura 24.

O Gráfico 4 apresenta a classificação das origens dos deslocamentos em São José, pelas micros zonas e bairros do mapa geral esquematizado. Os Gráficos 5 e 6, apresentam as micros zonas e bairros de destino desses deslocamentos, respectivamente, para Florianópolis e São José.

Cada micro zona é composta por bairros determinados. Essa composição é apresentada no quadro 8. Cabe esclarecer que para a micro zona 13 foram atribuídos também os destinos para Norte, Sul e bairros universitários, pelo fato de esses destinos precisarem passar pelo terminal com e sem integração TICEN.

Figura 23 - Orientação geral esquematizada de micro zonas com principais bairros de destino (São José e Florianópolis).



Fonte: Adaptado de PMSJ (SÃO JOSÉ, 2014) e Google Maps (2017).

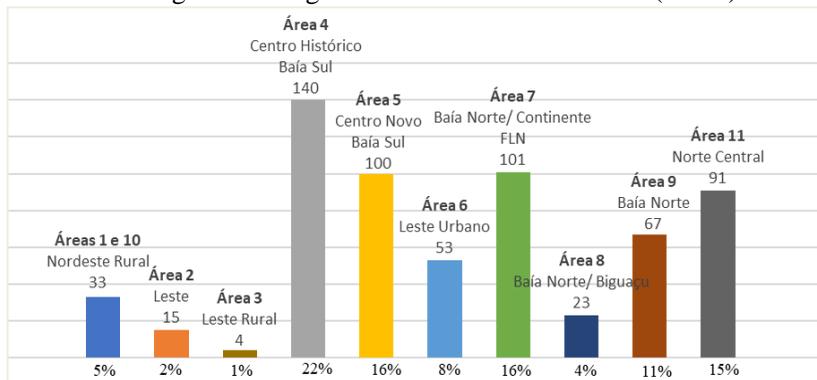
Quadro 8 - Bairros das micros zonas

Microzonas		Bairros	Microzonas	Bairros	
1 e 10	Nordeste Rural	Forquilhas (Rural)	9	Baía Norte	Jardim Santiago
		2			Leste
Distrito Industrial	Real Parque				
3	Leste Rural	Colônia Santana (Rural)			Ipiranga
4	Centro Histórico Baía Sul	Centro SJ			11
		Praia Comprida	Cidade Jd. Florianópolis		
		Faz. Sto. Antônio	Bela Vista		
5	Centro Novo Baía Sul	Ponta de Baixo	Bosque da Mansões		
		Campinas	Floresta		
6	Leste Urbano	Kobrasol	Roçado		
		Potecas; São Luiz	12	Conti-nente	Abraão; Balneário
					Forquilha
Flor de Nápolis	Estreito; Itaguaçu				

Microzonas		Bairros	Microzonas	Bairros	
		Picadas do Sul		Jardim Atlântico	
7	Baía Norte/ Continent e FLN	Barreiros	1 3	TICEN	
		N. Sra. do Rosário			Centro; Região UFSC
					Norte da Ilha
8	Baía Norte/ Biguaçu	Serraria		Sul da Ilha Outros	

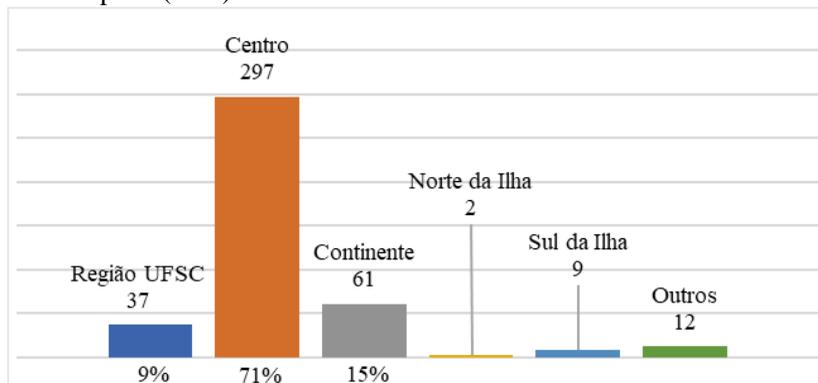
Fonte: Adaptado de PMSJ (SÃO JOSÉ, 2017)

Gráfico 5 - Origem das viagens: micro zonas de São José (100%)



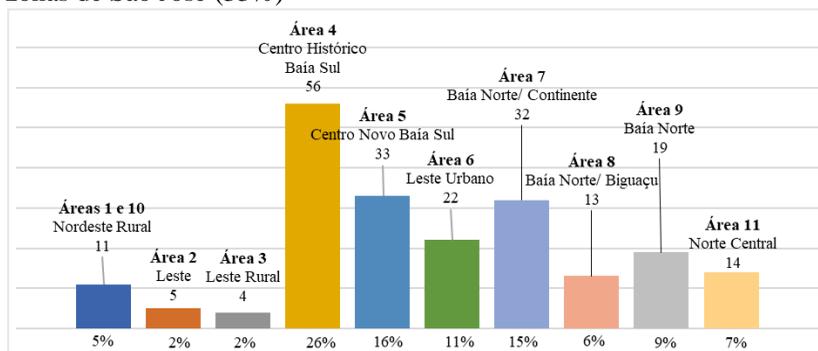
Fonte: Adaptado de Plamus (MEDEIROS, 2015)

Gráfico 6 - Destino das viagens com origem em São José para bairros de Florianópolis (67%)



Fonte: Adaptado de Plamus (MEDEIROS, 2015)

Gráfico 7 - Destino das viagens com origens em São José para micro zonas de São José (33%)



Fonte: Adaptado de Plamus (MEDEIROS, 2015)

Concluída a etapa de análise e classificação dos dados disponibilizados pelo PLAMUS (MEDEIROS, 2014), foi possível conclusivamente elaborar uma matriz de origem e destino (MOD) e assim, cruzar as informações dessa matriz com as informações das tabelas dos itinerários das linhas de transporte municipal e intermunicipal, antes apresentadas, Tabela 7 e Tabela 8, respectivamente. Reitera-se que isso foi necessário para legitimar tecnicamente a escolha da amostra pretendida para aplicação, ou seja, a linha ou itinerário mais carregado.

A seguir apresenta-se a MOD (Figura 24). Nela, observa-se à esquerda a quantidade de deslocamentos, cujas micros zonas de origem estão à direita, na mesma linha. Na parte superior da matriz estão as micros zonas de destino, cuja alocação respectiva aparece na parte inferior, na mesma coluna. Utilizando o conceito de Curva ABC15, foram destacados na MOD os deslocamentos mais representativos. Aproximadamente 70% da demanda está distribuída em 35% das micros zonas de origem. Assim como 76% da demanda tem como destino 24% das micros zonas. Dessa forma, as micros zonas 4, 5, 7, 11 são as principais origens de deslocamento, e as áreas de maior atratividade são as 4, 12 e 13. Nota-se que a micro zona 4 se repete entre origem e atratividade, porém isso se justifica pelo fato de tratar-se de ponto central em São José, onde são feitos transbordos sem integração, com destino para Florianópolis (TICEN). Isso também ocorre nas micros zonas 4 e 7 de onde partem linhas diretas para o terminal TICEN (13) e Continente (12), no entanto, foram menos representativas na MOD.

Figura 24 - Matriz Origem – Destino (MOD)

Micro zona	Destino													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1														0
2			2	1	3	1							8	15
3				3					1					4
4		1	1	13	13	8	4		2	9	3	14	72	140
5		3		14		5	3	2	3	1	3	13	53	100
6		1		8	4	6	1	1	1	1		2	28	53
7				6	3		4	6	7		6	14	55	101
8					2		6		2		2	2	9	23
9		1		3	3	1	8	2	2			11	36	67
10				5	1	1			1			3	22	33
11				3	4		6	2				15	61	91
	0	6	3	56	33	22	32	13	19	11	14	74	344	627

Fonte: Elaborado pela autora

¹⁵ Curva ABC ou Análise de Pareto ou Regra 80/20 é um método de classificação de informações, para que se separem os itens de maior importância ou impacto, os quais são normalmente em menor número (CARVALHO, 2002, p. 226).

Enfim, fazendo o cruzamento dos dados, como já explicado, chegou-se a delimitação da amostra, a qual está representada pela Tabela 9, e Figura 26. A primeira resume as informações da Tabela 7 e Tabela 8, já apresentadas e, a segunda mostra, graficamente através de nós e arcos, a rede de aplicação.

A Tabela 9 apresenta o resumo das informações das Tabelas 7 e 8 que foram consideradas e serão utilizadas na aplicação. Foi adicionada uma coluna que faz a relação respectiva à cada região (micro zona) da Figura 24 apresentada anteriormente.

Tabela 9- Informações da rede de aplicação – sistema de transporte coletivo de São José

Linha de Transporte Coletivo	Microzona Origem - Destino	Extensão (km)	Viagens/dia	⁽²⁾ Pass./dia	Sentido
Direção Barreiros – Faz. Sto. Antonio	4 – 9 (passando por 5, 7 e 11)	14,35	35	52.500	Ida
Direção Barreiros – Faz. Sto. Antonio	9 – 4 (passando por 5, 7 e 11)	15,21	34	51.000	Volta
Kobrasol – (1) Área Industrial	5 - 4	12,15	21	31.500	Ida
Kobrasol – (1) Área Industrial	4 - 5	8,31	18	27.000	Volta
Barreiros - Sede	9 – 4 (passando por 5, 7 e 11)	14,30	17	25.500	Ida
Barreiros - Sede	4 – 9 (passando por 5, 7 e 11)	14,53	17	25.500	Volta
Ipiranga - TICEN	9 – 13 (passando por 7 e 11)	13,31	16	25.600	Ida

Linha de Transporte Coletivo	Microzona Origem - Destino	Extensão (km)	Viagens/dia	⁽²⁾ Pass./dia	Sentido
Bela Vista - TICEN	11 – 13 (passando por 7 e 12)	11,58	14	22.400	Ida
Pta. de Baixo - TICEN	4 – 13 (passando por 5)	14,60	10	16.000	Ida

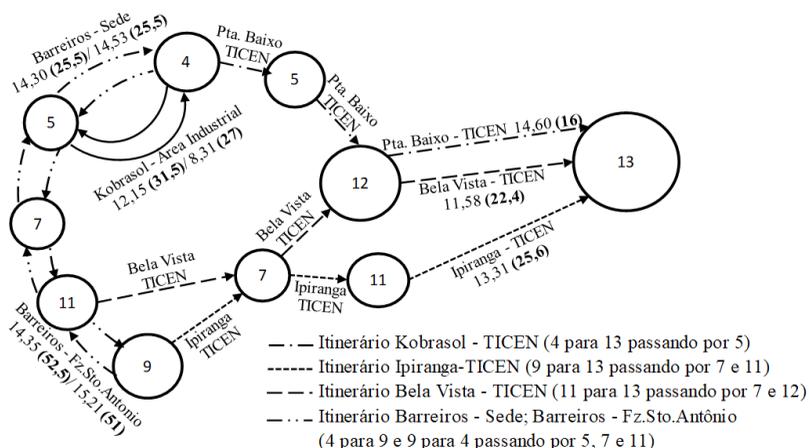
⁽¹⁾ Pelo mapa de micros zonas (Figura 24) a Área Industrial estaria sobre a "Área 2", no entanto, pela análise do itinerário da linha de transporte foi atribuído "Área 4".

⁽²⁾ Para dados de passageiros foi considerada a capacidade média dos veículos da frota real utilizada para a respectiva linha multiplicado pelo número de viagens de acordo com o horário da viagem.

Fonte: Elaborado pela autora

Na Figura 25 cada nó representa uma micro zona, tendo a referência com o número dessa. Os arcos representam os percursos dos itinerários do sistema de transportes de São José selecionados para a aplicação. Sobre os grafos, estão os nomes das linhas, as extensões em quilômetros e a demanda, entre parênteses, (pass/dia x 1.000).

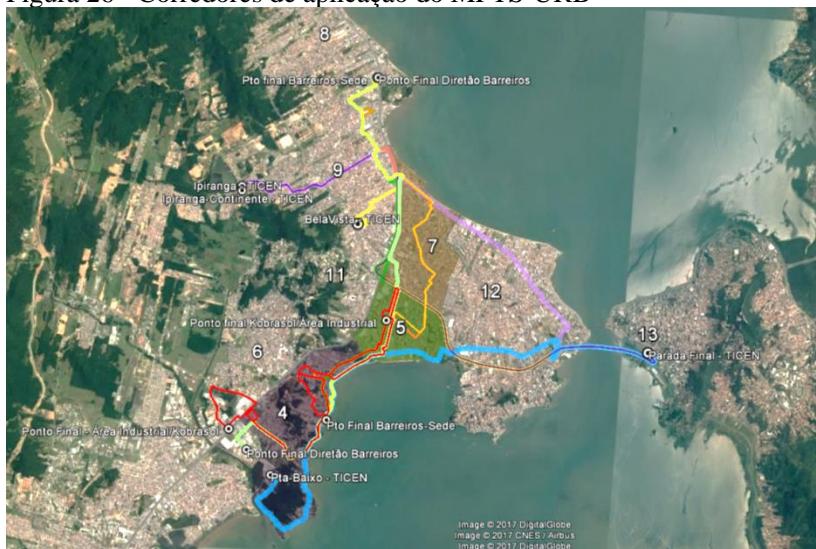
Figura 25 - Representação da rede de aplicação por grafos



Fonte: Elaborado pela autora

A seguir, a Figura 26 mostra sobre a imagem de satélite do Google Earth os corredores destinados a aplicação da metodologia. No APÊNDICE D – Mapa dos corredores de aplicação, está apresentado o mapa temático elaborado com destaque a esses corredores na rede de transportes de São José, contendo os dados de demanda, extensões e paradas.

Figura 26 - Corredores de aplicação do MPTS-URB



Fonte: Elaborado pela autora.

Em continuidade serão apresentadas as simplificações adotadas neste estudo de caso para o planejamento dos cenários futuros.

4.2.2 Planejamento dos Cenários

A contribuição MPTS-Urb indica a utilização de metodologia multicritério para a definição de indicadores de sustentabilidade em transporte, para que, a partir desses, sejam definidos os fatores relevantes a serem considerados no planejamento de cenários futuros. Nesse sentido, este estudo de caso irá utilizar os Indicadores de Transporte Sustentável já definidos pelo IMUS para a região metropolitana de Florianópolis (COSTA, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2015). Tal metodologia já foi apresentada no item 2.3.4.2 da revisão bibliográfica desta pesquisa.

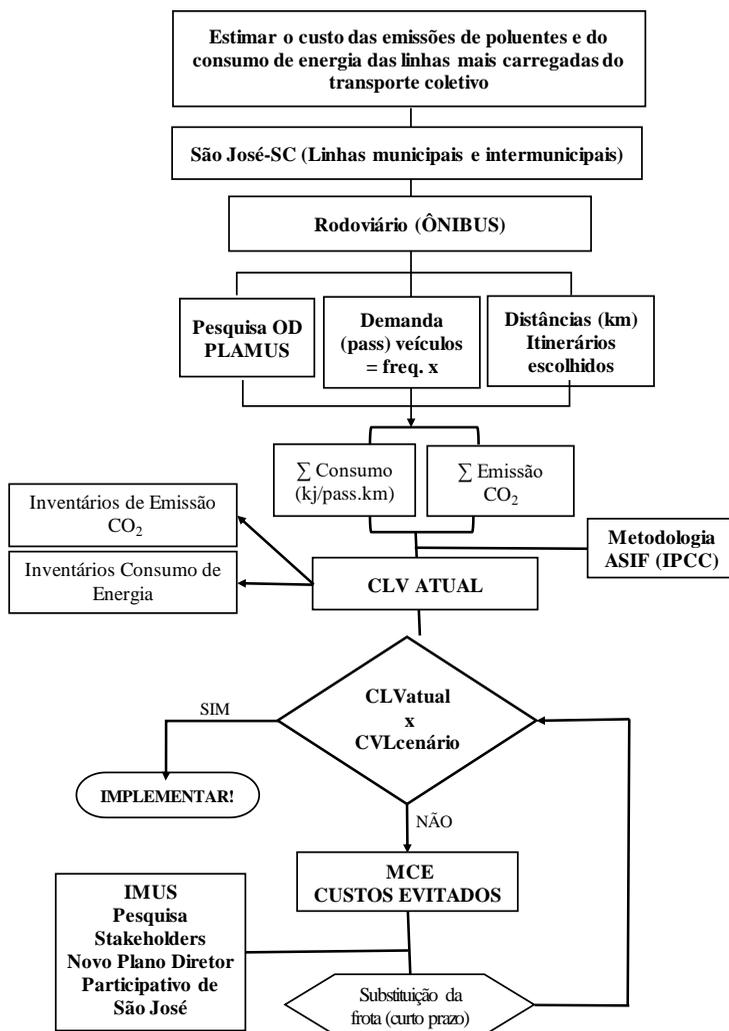
Ainda com relação aos cenários futuros, serão considerados, a pedido da Prefeitura de São José, as alternativas estudadas pelo PLAMUS em parceria com as prefeituras de Florianópolis e Região Metropolitana (RM), e igualmente consideradas no Novo Plano Diretor Participativo da cidade de São José, em fase de aprovação.

A fim de analisar também de forma qualitativa a rede de transportes atual, sob a ótica dos gestores, colaboradores e técnicos da área de transportes da RM de Florianópolis, foi aplicado neste estudo de caso, um questionário *on line* com esses *stakeholders*. O questionário procurou enfatizar entre outras questões, às ambientais de redução do consumo de energia, redução das emissões de CO₂, poluição sonora e do ar, no intuito de perceber o entendimento dos tomadores de decisão quanto a essas questões. As perguntas foram elaboradas utilizando-se os indicadores de mobilidade urbana sustentável do IMUS (COSTA, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2015).

O questionário *on line* pretendeu pontuar quanto à relevância (de 0 à 3), os indicadores de mobilidade urbana sustentável apresentados, tendo como referência inicial a rede de transporte atual. A pontuação considera 0 = “não relevante”, 1 = “pouco relevante”, 2 = “relevante” e 3 = “muito relevante”. O APÊNDICE E apresenta o Questionário e seus resultados.

Assim, explicadas as simplificações aqui consideradas, a Figura 27 apresenta o layout do MPTS-Urb compatibilizado com a aplicação no estudo de caso em questão:

Figura 27 - Organização da contribuição metodológica para aplicação: estudo de caso São José - SC



Fonte: Elaborada pela autora.

Dessa forma, explicadas as simplificações, os passos adotados para obtenção de dados e também os passos da aplicação MPTS-Urb,

serão apresentados, a partir do próximo item, os cálculos pertinentes a aplicação do modelo criado, juntamente com os resultados.

4.3 CÁLCULO DO CLV ATUAL

Como já descrito no Capítulo 3, este passo do MPTS-Urb vai estimar o Custo Logístico Verde (CLV) atual das linhas de transporte selecionadas.

4.3.1 Características da Frota

A frota operante no município de São José, distribui-se em 52 veículos, cujos anos/modelos são: 1997 (1 veículo), 1998/1999 (7 veículos), 2000/2003 (18 veículos), 2007/2008 (19 veículos), 2010/2011 (7 veículos). Tendo em vista os diferentes modelos e a idade dessa frota, e sabendo que as referências consolidadas para o consumo de energia e emissão de CO₂, encontradas nesta pesquisa, são referentes ao I Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores (MMA, 2011), rerepresentados no II Inventário (MMA, 2013) – Tabela 13, fez-se necessário buscar novas informações que pudessem relacionar os parâmetros E (energia = combustível) e P (poluição = emissões CO₂) da contribuição metodológica veículos cujos modelos são anteriores a 2011.

Dessa forma, foram pesquisadas características como consumo, tipo de combustão, utilização de catalizadores e qualidade de combustíveis, sempre buscando relacionar a idade da frota com as emissões de poluentes e o menor consumo de energia. Como resultado das pesquisas, mostrou-se pertinente utilizar como critério a classificação dos veículos na Fase Diesel do Proconve (BRASIL, 2009), visto que está concatenada aos valores de emissão de material particulado, como o CO, pelos veículos.

Nesse contexto, cabe apresentar que em 2009, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), através da Resolução nº 403/2008¹⁶ do

¹⁶ Complementada pela Resolução nº 415/09 e considera: (a) que a emissão de poluentes por veículos automotores contribui significativamente para a deterioração da qualidade ambiental, especialmente nos centros urbanos; (b) a utilização de tecnologias automotivas adequadas, de eficácia comprovada, associadas a especificações de combustíveis que permitem atender as necessidades de controle da poluição, economia de combustível e competitividade de mercado; (c) a necessidade de prazo e de investimentos

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), alterou os limites máximos de emissão de poluentes para os motores do ciclo Diesel, destinados a veículos automotores pesados novos, nacionais e importados, denominada Fase P-7 (Fase E-5)¹⁷, do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE (BRASIL, 2009). O prazo de adaptação para tal resolução foi de aproximadamente dois anos e seis meses (2009 - 2012). Foi também alterado por essa Resolução, o teor de enxofre (S) dos óleos combustíveis – Diesel, de S₅₀₀ (500 partes por milhão – ppm) produzido até 2009, para S₅₀ (50 ppm) a partir de 2012 e, posteriormente, em 2013, o S₁₀ (10 ppm). Isso, para que fosse compatível com o novo sistema de motores dos veículos pesados (ônibus e caminhões) (ANFAVEA, 2014).

Para elucidar essas alterações da Resolução CONAMA nº403/2008, no contexto da qualidade do ar, apresenta-se na Tabela 10 os limites das emissões das Fases Proconve (P) e Euro (E). Ainda, na Figura 28 é mostrada a linha do tempo do combustível óleo diesel no Brasil, sob o ponto de vista da evolução da composição dele quanto ao teor de enxofre, a menor oxidação de monóxido de carbono (CO) e consequentemente as emissões de CO₂.

Tabela 10 - Limites das emissões para veículos pesados ao longo das fases PROCONVE Brasil versus Euro18

Fase		CO (g/kW.h)	HC (g/kW.h)	NO _x (g/kW.h)	MP (g/kW.h)	Res. Conama (nº/ano)	Vig. (ano/ano)	Teor (S) (ppm)
Pro conv e	Eur o							
P1	-	14,00 ⁽¹⁾	3,50 ⁽¹⁾	18,00 ⁽¹⁾	-	18/85	89/ 93	-

para promover a melhoria da qualidade dos combustíveis automotivos nacionais para viabilizar a introdução de modernas tecnologias de alimentação de combustíveis e de controle de poluição; (d) a necessidade de prazo para a adequação tecnológica de motores veiculares e de veículos automotores às novas exigências de controle da poluição; (d) a necessidade de estabelecer novos padrões de emissão para os motores veiculares e veículos automotores pesados, nacionais e importados, visando a redução da poluição do ar nos centros urbanos do país e a economia de combustível; (e) a necessidade de aprimorar o conhecimento sobre a emissão de dióxido de carbono e de aldeídos por motores do ciclo Diesel.

¹⁷ Com base na Resolução Europeia Fase 5 (E-5).

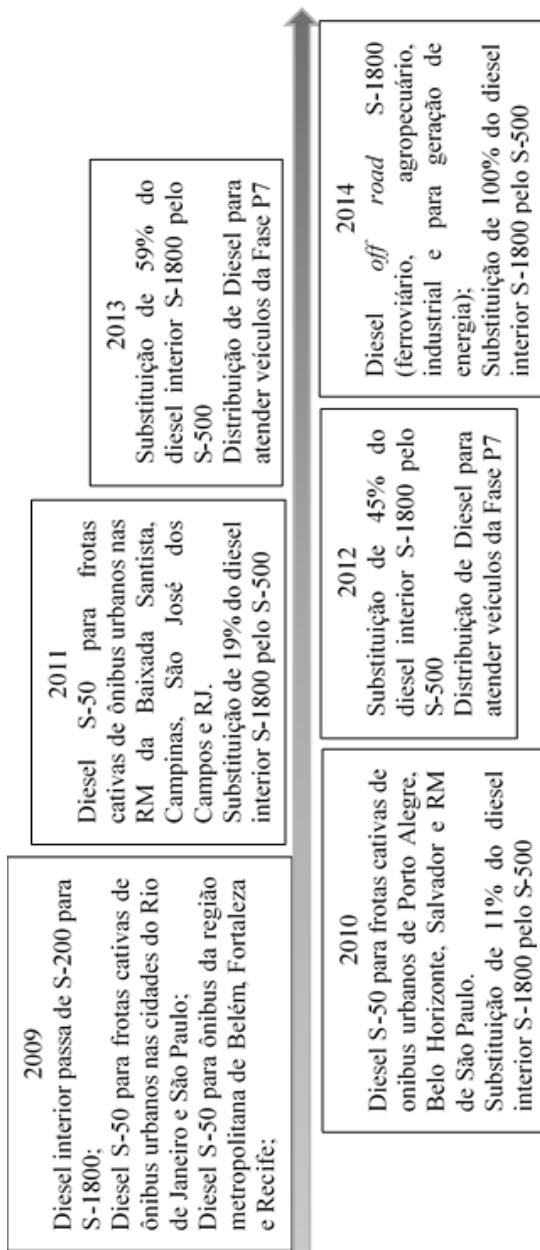
¹⁸ CO=monóxido de carbono; HC=hidrocarbonetos; NO_x=óxidos de nitrogênio; MP=material particulado; S=enxofre.

Fase		CO (g/kW.h)	HC (g/kW.h)	NO _x (g/kW.h)	MP (g/kW.h)	Res. Conam a (nº/ano)	Vig. (ano/ano)	Teor (S) (ppm)
Pro conv e	Eur o							
P2	E0	11,20	2,45	14,40	0,60 ⁽¹⁾	08/93	94/95	S ₃₀₀₀ - S _{10.000}
P3	E1	4,90	1,23	9,00	0,40 a 0,70 ⁽²⁾	08/93	96/99	S ₃₀₀₀ - S _{10.000}
P4	E2	4,00	1,10	7,00	0,15	08/93	00/05	S ₃₀₀₀ - S _{10.000}
P5	E3	2,10	0,66	5,00	0,10 a 0,13 ⁽³⁾	315/02	06/08	S ₅₀₀ - S _{2.000}
P6 ⁽⁴⁾	E4	1,50	0,46	3,50	0,02	315/02	09/12	S ₅₀
P7	E5	1,50	0,46	2,00	0,02	403/08	12/atu al	S ₁₀

⁽¹⁾ Não foram exigidos legalmente; ⁽²⁾ 0,70 motores até 85kW e 0,40 com mais de 85kW; ⁽³⁾ motores com cilindrada unitária inferior a 0,75 dm³ e rotação a potência nominal superior a 3.000 rpm (rotações por minuto); ⁽⁴⁾ não entrou em vigor na data prevista.

Fonte: Adaptado de MMA (BRASIL, 2011; 2013).

Figura 28 - Linha do tempo: óleo diesel mais limpo no Brasil



Fonte: Adaptado de CNT (2012)

Tendo em vista a relação entre os fatores de emissão de poluentes CO e CO₂ e a idade da frota, e sabendo-se da complexidade do processo de exaustão do CO em CO₂ (LINDAU *et al.*, 2012; D'AGOSTO *et al.*, 2015), será aqui adotada, para fins desta aplicação, uma relação proporcional entre esses fatores, obtida através dos dados apresentados por D'Agosto (2015) onde se considerou veículos ano/modelo 2011.

Assim, a Tabela 11, mostra os fatores de emissão de monóxido de carbono e as emissões de CO₂ considerados para a frota operante em São José, relacionados com a Fase Diesel - Proconve e Euro e com a vigência dessa considerando a Resolução nº 403/2008 do CONAMA. Os fatores de emissão seguem a classificação do Proconve (BRASIL, 2013).

Tabela 11 - Fatores de emissões de CO e CO₂ para a frota operante no transporte coletivo de São José.

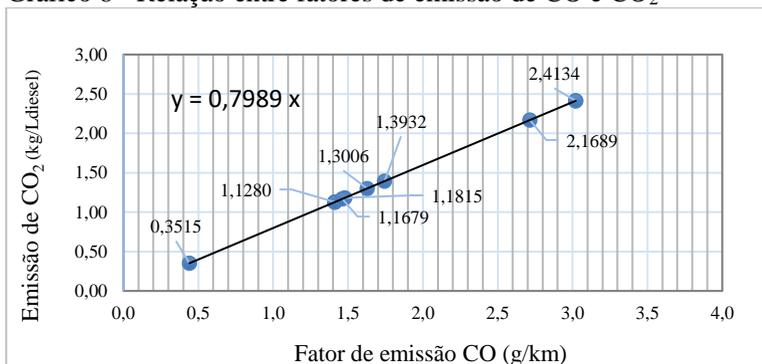
Fase		(1)Fator de Emissão	Vigência	Resolução	(2)Fator de Emissão	Frota Operante
Proconve	Euro	CO (g/km)	(ano/ano)	CONAMA (nº/ano)	CO ₂ (kg/L _{diesel})	Nº veículos/ano PMSJ (2017)
P1	-	-	1989/1993	18/1985	-	-
P2	E0	3,021	1994/1995	08/1993	2,4134	-
P3	E1	3,021	1996/1999	08/1993	2,4134	8
P3/P4	E1/E2	2,715	2000/2001	08/1993	2,1689	10
P4	E2	1,479	2002/2003	08/1993	1,1815	8
P4/P5	E2/E3	1,412	2004/2005	315/2002	1,1280	-
P5	E3	1,412	2006/2008	315/2002	1,1280	19
P5	E4	1,628	2009	315/2002	1,3006	-
P5	E4	1,744	2010	315/2002	1,3932	6
P6(4)	E4	1,462	2011	315/2002	1,1679	1
P7	E5	0,440	2012/ 2017	403/09	*0,3515	-

(1) MMA (2013); (2) Calculado proporcionalmente tomando-se como referência os valores publicados para veículos tipo "ônibus urbano da Fase P7 ano/modelo 2012". *Média entre os valores 0,263 (micro-ônibus) e 0,440 (ônibus rodoviário) (D'AGOSTO, 2015).

Fonte: Elaborado pela autora

O Gráfico 8 representa essa relação linear e a linha de tendência obtida.

Gráfico 8 - Relação entre fatores de emissão de CO e CO₂



Fonte: Elaborado pela autora

A partir disso, segue-se com o cálculo do CLV, inicialmente pela metodologia *Top Down* como já explicado de forma analítica no Capítulo 3.

Retomando-se a Equação 9 de cálculo do CLV, já explicada no item 3.1.6 do Capítulo 3, tem-se:

$$CLV = \sum_{m=1}^n ((E_m \times e) + (P_m \times p)) \quad 10$$

$$CLV = \sum_{m=1}^n ((E_m \times 29,65) + (P_m \times 2,62 \times 10^{-7})) \quad 11$$

Em que:

m = modo de transporte da rede (m= ônibus= 1);

E_m = energia consumida (TJ) pelo modo de transporte m (m=1);

P_m = emissão de gás carbônico (gCO₂) pelo modo de transporte m (m= 1);

e= constante de conversão de energia (l/ TJ) calculada no APENDICE A;

p = constante de conversão de poluente (l/ gCO₂) calculada no APENDICE A.

4.3.2 Cálculo de Energia Consumida “E” E Emissão de Poluente “P”

Para calcular a energia consumida (E), e a emissão de gás carbônico (P) da amostra foram elaboradas as matrizes origem – destino (OD) 1, 2 e 3, respectivamente de distâncias (km), demandas (pass) e frequências diárias (n), a partir das informações da Tabela 7 e da Tabela 8, resumidas na Tabela 9, todas já apresentadas. Como já explicado, a demanda adotada foi calculada a partir do produto entre a capacidade média do veículo (ônibus convencional urbano) e a frequência diária desse. Assim, para haver equivalência, as distâncias também serão multiplicadas pela mesma frequência, chegando-se a extensão percorrida para 1 dia.

Tabela 12 - Matriz OD 1 - Extensões diárias dos itinerários (km/dia) (X_{ij} = distância X_{ij} do itinerário i para j)

Microzonas	j ₁ = 4(ida)	j ₂ = 4 (volta)	j ₃ = 5	j ₄ = 9 (ida)	j ₅ = 9 (volta)	j ₆ = 13
i ₁ = 4	0	0	50	502	247	146
i ₂ = 5	255	0	0	0	0	0
i ₃ = 9	243	517	0	0	0	213
i ₄ = 11	0	0	0	0	0	162

Fonte: Adaptado de Plamus (MEDEIROS, 2015) e PMSJ (SÃO JOSÉ, 2017).

Tabela 13 - Matriz OD 2 - Demandas diárias dos itinerários (pass. x viagens/dia) (X_{ij} = demanda X_{ij} do itinerário i para j)

Microzonas	j ₁ = 4(ida)	j ₂ = 4 (volta)	j ₃ = 5	j ₄ = 9 (ida)	j ₅ = 9 (volta)	j ₆ = 13
i ₁ = 4	0	0	27.000	52.500	25.500	16.000
i ₂ = 5	31.500	0	0	0	0	0
i ₃ = 9	25.500	51.000	0	0	0	25.600
i ₄ = 11	0	0	0	0	0	22.400

Fonte: Adaptado de Plamus (MEDEIROS, 2015) e PMSJ (SÃO JOSÉ, 2017).

Tabela 14 - Matriz OD 3 - Frequência diária (n=viagens/dia) dos itinerários i para itinerários j

Microzonas	$j_1 = 4$ (ida)	$j_2 = 4$ (volta)	$j_3 = 5$	$j_4 = 9$ (ida)	$j_5 = 9$ (volta)	$j_6 = 13$
$i_1 = 4$	0	0	8	35	17	10
$i_2 = 5$	21	0	0	0	0	0
$i_3 = 9$	17	34	0	0	0	16
$i_4 = 11$	0	0	0	0	0	14

Fonte: Adaptado de Plamus (MEDEIROS, 2015) e PMSJ (SÃO JOSÉ, 2017).

A matriz soma produto (OD 4) apresentada na Tabela 15 é a resultante do somatório do produto entre os deslocamentos da Matriz OD 1 (km/dia) e as demandas diárias da Matriz OD 2 (pass x viagens/dia) para todos os itinerários da amostra.

Tabela 15 - Matriz soma produto (OD 4) (X_{ij} = demandas(ij) x extensão(ij)) diárias (pass.km/dia)

Microzonas	$j_1=4$ (ida)	$j_2=4$ (volta)	$j_3 = 5$	$j_4= 9$ (ida)	$j_5=9$ (volta)	$j_6 = 13$
$i_1 = 4$	0	0	4.050.00 0	26.355.00 0	6.298.50 0	2.336.00 0
$i_2 = 5$	8.032.50 0	0	0	0	0	0
$i_3 = 9$	6.196.50 0	26.367.00 0	0	0	0	5.452.80 0
$i_4 = 11$	0	0	0	0	0	3.628.80 0

Fonte: Elaborado pela autora.

A partir dos resultados da matriz soma produto, pode-se dar início ao cálculo do CLV, no entanto, como as variáveis “E” e “P” possuem unidade diferentes, será necessário calculá-las individualmente e transformá-las para a mesma unidade.

Para isso, serão retomados os valores da Tabela 6. Considerando que a energia consumida “E”, por um ônibus convencional a diesel é de 266 kJ/pass.km (quilo Joules/pass.km), tem-se:

$$\sum_{m=1}^n E_m = E_1 = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^6 (x_{ij} \times 266). \quad 12$$

Em que:

m = modo de transporte, podendo variar de 1 a n, m= 1 (ônibus);
 x_{ij} = distância diária do itinerário i para j x demanda do itinerário ij, com i variando de i=1 a i=4 (km/dia) e j variando de j=1 a j=6 (pass/dia);

Como resultado tem-se: $E = 23.598.748.600$ kJ

Logo $E = 23,60$ TJ (1TJ = 1×10^{12} J) com TJ = terajoule J= joule.

Fazendo-se o mesmo para a emissão de gás carbônico “P”, considerando que a quantidade de CO₂ emitida por um ônibus convencional a diesel é de 16 gCO₂/pass.km (gramas de gás carbônico), conforme Tabela 7, tem-se:

$$\sum_{m=1}^n P_m = P_1 = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^6 (x_{ij} \times 16) \quad 13$$

Em que:

m = modo de transporte, podendo variar de 1 a n, m= 1 (ônibus);
 x_i = distância diária do itinerário ij x demanda ij, com i variando de i=1 a i=4 (km/dia) e j variando de j=1 a j=6 (pass/dia);

Como resultado tem-se $P = 1.419.473.600$ gCO₂

Logo $E = 1,42$ GCO₂ (1Gg = 1×10^9 g) com Gg= gigagrama e g = grama.

Como próxima etapa, faz-se necessário a uniformização das unidades das variáveis “E” e “P”, para uma mesma medida $m_{L_{diesel}}$, cujo custo seja mensurável financeiramente. Serão então calculadas as constantes “e” e “p”, respectivamente às variáveis principais “E” e “P”, sendo elas as constantes de conversão para L_{diesel} , obtidas através da metodologia ASIF (IPCC, 2006), já explicada em detalhes no Capítulo 2, item 2.3.1.2. O cálculo analítico dessas constantes é apresentado no APÊNDICE A.

4.3.3 Cálculo do Custo Logístico Verde Atual (CLV_{atual})

Retomando-se a Equação 11 e, tendo como referência os resultados da Equação 12 e Equação 13, bem como, os valores das constantes de uniformização “e” e “p” calculadas no APÊNDICE A, respectivamente resultantes da Equação 24 e Equação 37, tem-se:

$$CLV_{\text{amostra}/\text{dia}} = (E_{m=1} \times 29,65) + (P_{m=1} \times 2,62 \times 10^{-7}) \quad 14$$

$$\begin{aligned} CLV_{\frac{\text{amostra}}{\text{dia}}} &= (23,599 \times 29,65) & 15 \\ &+ (1,42 \times 10^9 \times 2,62 \times 10^{-7}) \end{aligned}$$

Assim, o Custo Logístico Verde para amostra considerada, para 1 dia, em L_{diesel} é de:

$$CLV_{\text{amostra}/\text{dia}} = (699,63) + (372,47) = 1.072,10 (L_{\text{diesel}}) \quad 16$$

Para valorar financeiramente, considera-se o custo médio do óleo diesel em São José (data base jul/2017) é de R\$ 3,099/ l, assim, tem-se, para 1 dia, o CLV (R\$) equivalente a:

$$CLV_{\text{amostra}/\text{dia}} = (2.168,15) + (1.154,28) = 3.322,44 (R\$) \quad 17$$

Para relacionar esse CLV com a frota operante (Equação 16), e considerar assim, os diferentes veículos e as características técnicas e tecnológicas particulares a cada modelo, como o os diferentes níveis de emissão de CO_2 por tipo de veículo, foi utilizada a relação desenvolvida entre fatores de emissão de CO_2 (kg/L_{diesel}) e a idade da frota, já apresentada na Tabela 20.

Sabendo-se que o consumo total em L_{diesel} (Equação 17) foi aqui estimado considerando uma frota homogênea de ano/modelo 2011 (Tabela 6), visto haver dados apenas para esse ano/ modelo, a estratégia então pensada, para atender a relação entre CLV e idade da frota, foi de

determinar um fator de emissão (kg/CO₂) que levasse em consideração as diferenças de emissões de CO₂ desses veículos.

Dessa forma, a frota de São José foi classificada por ano/ modelo de fabricação, após, foram atribuídos pesos para as diferentes classes. Esses pesos foram proporcionalmente atribuídos de acordo com o número de veículos por ano/modelo. Começando pela não ocorrência com peso 1, e proporcionalmente até a maior ocorrência 19, a qual se atribui peso 20. Seguidamente, utilizou-se de média ponderada e desvio padrão para delimitar as ocorrências mais representativas na totalidade da frota de 52 veículos.

A Tabela 16 mostra tal classificação, pesos atribuídos e resultado da média ponderada e desvio padrão, destacando a delimitação resultante.

Tabela 16 - Classificação e delimitação dos veículos por ano/ modelo de maior representatividade na frota operante de transporte coletivo em São José.

Empresa	Classificação dos veículos operantes por ano/modelo										
	198 9/ 199 3	199 4/ 199 5	199 6/ 199 9	200 0/ 200 1	200 2/ 200 3	200 4/ 200 5	200 6/ 200 8	200 9	201 0	201 1	201 2/ 201 7
Empresa 2	0	0	0	2	3	0	7	0	2	1	0
Empresa 3	0	0	0	1	3	0	5	0	4	0	0
Empresa 1	0	0	6	6	2	0	7	0	0	0	0
Empresa 4	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Soma:	0	0	8	10	8	0	19	0	6	1	0
Pesos:	1	1	9	11	9	1	20	1	7	2	1
Média ponderada:	10,76 adotado 11,00										
Desvio Padrão:	5,41 adotado 5,00										

Fonte: Adaptado de PMSJ (SÃO JOSÉ, 2017).

Considerando a Média Ponderada = 11,00 e o Desvio Padrão = 5,00, foram excluídas as incidências de classificação menores ou iguais a 6,00 e maiores ou iguais a 16,00, resultando as incidências classificadas em 1996/1999, 2000/2001 e 2002/2003. A partir disso,

retomando-se à Tabela 20, e aos valores de fator de emissão (kg/CO₂) nela apresentados, tomou-se a média simples dos valores correspondentes às incidências classificadas, chegando-se ao valor do fator de emissão de CO₂ (kg/CO₂) para a frota operante neste estudo de caso.

A Tabela 17, apresenta os valores resultantes, a serem aplicados para o cálculo do CLV (kg/CO₂) da amostra.

Tabela 17 - Relação entre fator de emissão de CO₂ e idade da frota operante

Frota operante (2017) maior incidência (ano/modelo)	Fase Procon ve	⁽¹⁾ Fator de Emissão (kg CO ₂ /L _{diesel})
1999/2000; 2000/2001; 2002/2003	Média (P3, P4, P5)	1,9213

⁽¹⁾ IPEA (2012) e MMA (2013). Média entre os valores apresentados na Tabela 13 referente as fases P3, P4 e P5, correspondentes aos anos de maior incidência 1999/2000; 2000/2001; 2002/2003

Fonte: Elaborado pela autora.

A partir disso, multiplicando-se o consumo em L_{diesel} calculado para amostra pelo seu fator de emissão de CO₂, tem-se o Custo Logístico Verde da amostra, em kg/CO₂.

$$CLV_{amostra/dia} = (1.072,10) \times (1,9213) = 2.059,79 \text{ (kgCO}_2\text{)} \quad 18$$

Como resultados desse diagnóstico, o Custo Logístico Verde atual diário dos corredores de transporte escolhidos para aplicação (Figura 26 e Figura 27) é de 1.072,10 L_{diesel}, o que equivale a R\$ 3.322,44, ou 2,06 t CO₂ emitidas.

4.3.4 Inventários

Entende-se que os resultados encontrados no CLV atual podem ser divulgados através de inventários como, de custos de consumo de energia (combustível) e de emissões de CO₂. Para a distribuição modal não se aplica visto que a amostra determinada aqui foi de transporte rodoviário por ônibus apenas, visto que é o único modo de transporte de passageiros do município de São José.

Os dados desses inventários foram obtidos pela relação entre as parcelas da Equação 16, referentes aos valores de “E” e “P” em L_{diesel} consumidos pela amostra em 1 dia. Assim, sabendo-se as demandas diárias totais e a extensão total percorrida nesse dia pela amostra, pode-se estimar alguns índices financeiros como: índice de consumo de energia por passageiro (IE_{pass}) e índice de emissão de CO_2 por passageiro (IP_{pass}), ambos expressos em R\$/pass, e através deles produzir os inventários para toda a rede de transporte coletivo da cidade.

Neste caso, os índices obtidos foram:

Índice de Consumo de Energia (IE) (R\$/pass) = 0,0025

Índice de Emissão (IP) (R\$/pass) = 0,0013

Os inventários são apresentados na Tabela 18 e Tabela 19, as quais remetem àquelas já apresentadas Tabela 7 e Tabela 8 respectivamente, acrescentando-se as novas informações, agora conhecidas.

Tabela 18 - Inventários de Custo Logístico Verde para Transporte Municipal de São José: Consumo de Energia e Emissões de CO₂

Nº	SENTIDO (I= IDA; V= VOLTA)	ORIGEM	DESTINO	EXTENSÃO (km)	VEL. MÉDIA (km/h)	TEMPO (hh:mm:ss)	TEMPO TOTAL (hh:mm:ss)	VELOCIDADE MÉDIA COM PARADAS (km/h)	NÚMERO DE VIAGENS ⁽¹⁾ POR DIA	PASSAGEIROS/DEMANDA ⁽²⁾ (considerando 75 pass. por veículo)		CUSTO LOGÍSTICO VERDE ^{(3) (4) (5)} (por itinerário)		
										PASS. MÊS	PASS. DIA	CONSUMO (E) R\$/DIA	EMISSIONES CO ₂ (P) R\$/DIA	CLV (R\$/DIA)
1	I	DIRETÃO BARREIROS	FAZ. STO ANTONIO	14,35	38,35	00:22:48	00:47:24	18,45	35	52500	2625	R\$ 411,01	R\$ 218,82	R\$ 629,83
1.1	V	DIRETÃO BARREIROS	FAZ. STO ANTONIO	15,21	38,85	00:21:36	00:45:36	18,61	34	51000	2550	R\$ 399,27	R\$ 212,57	R\$ 611,84
2	I	KOBRASOL	AREA	12,15	36,31	00:19:48	00:40:48	17,78	21	31500	1575	R\$ 246,61	R\$ 131,29	R\$ 377,90
2.1	I	CIRCULAR BARREIROS	CIRCULAR BARREIROS	19,53	34,84	00:30:36	01:01:48	17,37	19	28500	1425	R\$ 223,12	R\$ 118,79	R\$ 341,91
3	V	CIRCULAR BARREIROS	CIRCULAR BARREIROS	14,93	36,59	00:31:12	01:03:00	17,95	19	28500	1425	R\$ 223,12	R\$ 118,79	R\$ 341,91
3.1	V	KOBRASOL	AREA INDUSTRIAL	8,31	37,7	00:13:12	00:27:00	18,5	18	27000	1350	R\$ 211,38	R\$ 112,54	R\$ 323,91
4	V	SERRARIA	FORQUILHINHA	29,43	38,37	00:50:24	01:45:00	18,45	18	27000	1350	R\$ 211,38	R\$ 112,54	R\$ 323,91
4.1	V	VILA FORMOSA	LISBOA -	14,79	38,39	00:24:00	00:49:48	18,65	17	25500	1275	R\$ 199,64	R\$ 106,28	R\$ 305,92
5	I	SERRARIA	FORQUILHINHA	29,00	36,14	00:51:36	01:46:12	17,67	17	25500	1275	R\$ 199,64	R\$ 106,28	R\$ 305,92
5.1	I	BARREIROS	SEDE	14,30	37,62	00:30:00	01:01:48	18,21	17	25500	1275	R\$ 199,64	R\$ 106,28	R\$ 305,92
6	V	BARREIROS	SEDE	14,53	36,87	00:24:00	00:49:12	18,11	17	25500	1275	R\$ 199,64	R\$ 106,28	R\$ 305,92
6.1	I	VILA FORMOSA	LISBOA -	14,97	39,54	00:22:12	00:46:48	18,87	16	24000	1200	R\$ 187,89	R\$ 100,03	R\$ 287,92
7	I	FORQUILHAS	KOBRASOL	20,81	41,82	00:33:00	01:11:24	19,56	15	22500	1125	R\$ 176,15	R\$ 93,78	R\$ 269,93
7.1	V	FORQUILHAS	KOBRASOL	20,69	40,94	00:33:36	01:10:48	19,34	11	16500	825	R\$ 129,18	R\$ 68,77	R\$ 197,95
8	I	JARDIM	KOBRASOL	9,53	37,62	00:15:36	00:31:48	18,21	6	9000	450	R\$ 70,46	R\$ 37,51	R\$ 107,97
8.1	V	JARDIM	KOBRASOL	7,59	35,79	00:15:36	00:31:12	17,71	6	9000	450	R\$ 70,46	R\$ 37,51	R\$ 107,97
9	I	JARDIM	KOBRASOL	9,53	39,14	00:16:48	00:34:12	18,92	6	9000	450	R\$ 70,46	R\$ 37,51	R\$ 107,97
9.1	V	JARDIM	KOBRASOL	7,59	35,67	00:10:48	00:22:12	17,54	6	9000	450	R\$ 70,46	R\$ 37,51	R\$ 107,97
12	I	FORQUILHAS	SÃO JOSE	30,26	38,93	00:25:48	00:54:00	18,78	4	6000	300	R\$ 46,97	R\$ 25,01	R\$ 71,98
12.1	V	FORQUILHAS	SÃO JOSE	16,70	39,89	00:25:12	00:52:48	18,99	3	4500	225	R\$ 35,23	R\$ 18,76	R\$ 53,99
13	I	POTECAS	KOBRASOL	16,95	37,7	00:24:36	00:50:24	18,36	2	3000	150	R\$ 23,49	R\$ 12,50	R\$ 35,99
13.1	V	POTECAS	KOBRASOL	16,79	36,54	00:24:36	00:49:48	18,04	2	3000	150	R\$ 23,49	R\$ 12,50	R\$ 35,99
14	V	AV DAS	KOBRASOL	10,12	49,67	00:09:36	00:21:00	22,34	2	3000	150	R\$ 23,49	R\$ 12,50	R\$ 35,99
14.1	I	SANTANA	KOBRASOL	16,24	40,91	00:31:48	01:07:12	19,27	2	3000	150	R\$ 23,49	R\$ 12,50	R\$ 35,99
15	V	SANTANA	KOBRASOL	16,52	39,79	00:26:24	00:55:48	18,86	2	3000	150	R\$ 23,49	R\$ 12,50	R\$ 35,99
15.1	I	AV DAS	KOBRASOL	9,30	47,59	00:09:00	00:19:48	21,51	1	1500	75	R\$ 11,74	R\$ 6,25	R\$ 18,00
410,12										474.000		R\$ 3.710,87	R\$ 1.975,63	R\$ 5.686,49

⁽¹⁾ Dados atualizados maio/2017 - Prefeitura municipal de São José; ⁽²⁾ Para dados de passageiros foi considerada a capacidade média dos veículos da frota real utilizada para a respectiva linha multiplicado pelo número de viagens de acordo com o horário da viagem; ⁽³⁾ Índice de Emissão (IP) (R\$/pass) = 0,0013; ⁽⁴⁾ Índice de Consumo de Energia (IE) (R\$/pass) = 0,0025; ⁽⁵⁾ R\$/ L Diesel = 3,0990 (p/ São José, data base maio/2017).

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 19 - Inventários de Custo Logístico Verde para Transporte Intermunicipal de São José: Consumo de Energia e Emissões de CO₂

Nº	SENTIDO (I= IDA; V= VOLTA)	ORIGEM	DESTINO	EXTENSÃO (km)	VEL. MÉDIA (km/h)	TEMPO (hh:mm:ss)	TEMPO TOTAL (hh:mm:ss)	VEL.MÉDIA C/ PARADAS (km/hr)	POR DIA	NÚMERO DE VIAGENS ⁽¹⁾		PASSAGEIROS/ DEMANDA ⁽²⁾		CUSTO LOGÍSTICO VERDE ⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾ (por itinerário)		
										PASS. MÊS	PASS/ DIA	CONSUMO (E) R\$/DIA	EMISSIONES CO ₂ (P) R\$/DIA	CLV (R\$/DIA)		
1	I	B. IPIRANGA	FLORIANOPOLIS	13,31	44,83	00:18:00	00:38:24	20,67	16	25.600	1.280	R\$ 200,42	R\$ 106,70	R\$ 307,12		
2	I	B. VISTA	FLORIANOPOLIS	11,58	61,45	00:11:24	00:27:36	24,94	14	22.400	1.120	R\$ 175,37	R\$ 93,36	R\$ 268,73		
3	I	B. IPIRANGA	FLORIANOPOLIS	14,50	57,48	00:15:00	00:36:00	24,36	14	22.400	1.120	R\$ 175,37	R\$ 93,36	R\$ 268,73		
4	I	PONTA DE BAIXO	FLORIANOPOLIS	14,60	47,85	00:18:36	00:40:48	21,37	10	16.000	800	R\$ 125,26	R\$ 66,69	R\$ 191,95		
	V	B. IPIRANGA	FLORIANOPOLIS	12,92	42,30	00:18:36	00:39:00	19,98	9	14.400	720	R\$ 112,74	R\$ 60,02	R\$ 172,75		
	V	B. VISTA	FLORIANOPOLIS	11,31	64,25	00:10:48	00:26:24	25,92	9	14.400	720	R\$ 112,74	R\$ 60,02	R\$ 172,75		
5	I	AV DAS TORRES	FLORIANOPOLIS	16,89	47,86	00:21:00	00:46:48	21,57	9	14.400	720	R\$ 112,74	R\$ 60,02	R\$ 172,75		
	V	AV DAS TORRES	FLORIANOPOLIS	16,21	47,39	00:20:24	00:45:36	21,31	9	14.400	720	R\$ 112,74	R\$ 60,02	R\$ 172,75		
	V	B. IPIRANGA	FLORIANOPOLIS	13,85	58,11	00:14:24	00:34:12	24,39	8	12.800	640	R\$ 100,21	R\$ 53,35	R\$ 153,56		
6	I	BAIRRO SAO LUIZ	FLORIANOPOLIS	12,87	50,22	00:15:36	00:34:48	22,32	8	12.800	640	R\$ 100,21	R\$ 53,35	R\$ 153,56		
7	I	PONTA DE BAIXO	FLORIANOPOLIS	14,60	47,85	00:18:36	00:40:48	21,37	8	12.800	640	R\$ 100,21	R\$ 53,35	R\$ 153,56		
8	I	SÃO JOSE	FLORIANOPOLIS	10,60	53,59	00:12:00	00:27:36	23,00	5	8.000	400	R\$ 62,63	R\$ 33,34	R\$ 95,97		
	V	SAO JOSE	FLORIANOPOLIS	12,17	47,35	00:15:36	00:34:12	21,32	4	6.400	320	R\$ 50,10	R\$ 26,68	R\$ 76,78		
	V	SÃO JOSE	FLORIANOPOLIS	9,17	49,28	00:11:24	00:25:12	21,93	4	6.400	320	R\$ 50,10	R\$ 26,68	R\$ 76,78		
	V	BAIRRO SAO LUIZ	FLORIANOPOLIS	10,19	50,54	00:12:00	00:27:36	22,28	3	4.800	240	R\$ 37,58	R\$ 20,01	R\$ 57,58		
	V	SÃO JOSE	FLORIANOPOLIS	8,18	59,76	00:08:24	00:19:48	24,76	3	4.800	240	R\$ 37,58	R\$ 20,01	R\$ 57,58		
9	I	SÃO JOSE	FLORIANOPOLIS	11,26	48,53	00:13:48	00:31:12	21,77	2	3.200	160	R\$ 25,05	R\$ 13,34	R\$ 38,39		
	V	PONTA DE BAIXO	FLORIANOPOLIS	11,75	47,48	00:15:00	00:33:00	21,44	2	3.200	160	R\$ 25,05	R\$ 13,34	R\$ 38,39		
	V	SÃO JOSE	FLORIANOPOLIS	18,85	37,05	00:30:36	01:02:24	18,09	1	1.600	80	R\$ 12,53	R\$ 6,67	R\$ 19,19		
	V	SÃO JOSE	FLORIANOPOLIS	11,85	47,03	00:15:00	00:33:00	21,40	1	1.600	80	R\$ 12,53	R\$ 6,67	R\$ 19,19		
10	I	SÃO JOSE	FLORIANOPOLIS	13,15	48,25	00:16:12	00:36:36	21,54	1	1.600	80	R\$ 12,53	R\$ 6,67	R\$ 19,19		
	V	PONTA DE BAIXO	FLORIANOPOLIS	11,75	47,48	00:15:00	00:33:00	21,44	1	1.600	80	R\$ 12,53	R\$ 6,67	R\$ 19,19		
				281,56						225.600		R\$ 1.766,19	R\$ 940,30	R\$ 2.706,48		

(¹) Dados atualizados maio/2017 - Prefeitura municipal de São José; (²) Para dados de passageiros foi considerada a capacidade média dos veículos da frota real utilizada para a respectiva linha multiplicado pelo número de viagens de acordo com o horário da viagem; (³) Índice de Emissão (IP) (R\$/pass) = 0,0013; (⁴) Índice de Consumo de Energia (IE) (R\$/pass) = 0,0025; (⁵) R\$/ L Diesel = 3,0990 (p/ São José, data base maio/2017)

Fonte: Elaborado pela autora

4.4 ANÁLISE PELO MÉTODO DOS CUSTOS EVITADOS E PLANEJAMENTO DOS CENÁRIOS

Nesta etapa, como já explicado nos itens 3.1.4 e 3.1.5, é feita a análise dos resultados do CLV_{atual} , e pensado em medidas de economicidade ambiental que, preferencialmente, possam ser aplicadas, ou seja, que tenham viabilidade quanto ao investimento de implantação, operação e manutenção. É o momento que o gestor deve atuar, analisando o planejamento físico-financeiro e definindo benefício-custo dos investimentos.

O Método Indireto dos Custos Evitados (LANDMANN *et al.*, 2007; ORTIZ, 2003; MAIA *et al.*, 2004), permite planejar futuros investimentos, como bens substitutos ou mesmo infraestrutura, a partir de um custo evitado conhecido. Assim, partindo da premissa de que é possível estimar os gastos vigentes com emissão de CO_2 (P) e consumo de combustível (E) pelo transporte, é pertinente a utilização desta metodologia como apoio ao planejamento do investimento (R\$), por exemplo.

Na presente aplicação, tendo em vista que a frota em operação não está em conformidade com as diretrizes de qualidade vigentes do PROCONVE (Resolução Nº 403/08 CONAMA - MMA), foi proposto estimar os custos evitados através da renovação total da frota, considerando o prazo de 10 anos para futura análise de investimento.

Assim, partiu-se para o planejamento do cenário, assumindo como alternativa nesta aplicação, a renovação total da frota.

4.4.1 Os Cenários

O MPTS-URB, como explicado no item 3.1.5, propõe para a definição de cenários, a aplicação de uma metodologia de análise multicritério (MCDA) a fim de definir indicadores de sustentabilidade específicos da região de aplicação. Esses, por sua vez, deverão subsidiar a tomada de decisão para as alternativas de cenários mais próximos e particulares a região analisada.

Pelas simplificações adotadas para esta fase, como explicado no item 4.2.2, não se desenvolveu uma análise multicritério específica para esta aplicação, visto se ter encontrado indicadores de mobilidade urbana sustentável (IMUS) já consolidados nesta mesma região da aplicação. E também, ter sido sugerido pelos *stakeholders* da PMSJ a renovação da frota. No entanto, para entender a percepção desses gestores do planejamento da mobilidade urbana em São José, quanto as questões

ambientais aqui estudadas, foi elaborado um questionário *on line*, com base nos indicadores do IMUS (COSTA, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2015), e aplicado a eles (gestores, colaboradores e técnicos da área de transportes de São José e RM de Florianópolis).

Entre outras questões, o questionário abordou quatro temas principais, procurando relacioná-los: (1) Planejamento e Controle do Sistema de Transportes; (2) Modos de Transporte; (3) Qualidade do Serviço e Infraestrutura e (4) Qualidade do Serviço, Saúde e Meio Ambiente.

Foram selecionados inicialmente 10 gestores públicos e 5 da iniciativa privada para responder ao questionário. Devido ao insucesso parcial, foi redistribuído para outros profissionais da área técnica de planejamento de transporte. Ao final, foram recebidas 12 respostas, as quais estão apresentados na íntegra no APÊNDICE E.

A Tabela 20 resume as questões do questionário diretamente relacionadas com o conceito do MPTS-URB e suas respectivas respostas. Tal questionário serviu como viés qualitativo, para visão dos atores diretamente envolvidos para o tema aqui discutido.

Tabela 20 - Opiniões dos tomadores de decisão (questionário on line): algumas questões relacionadas com o conceito do MPTS-Urb

	Irrelevante	Pouco relevante	Relevante	Muito relevante
O planejamento de forma integrada entre o município, Florianópolis e a Região Metropolitana			8,33%	91,67%
A divisão entre os modos de transporte (ônibus, trens ou VLT, balsas ou catamarãs, bicicletas compartilhadas) para o atendimento da demanda.		8,33%	25,00%	66,67%
Pergunta 1: Com relação ao tema “Planejamento e Controle do Sistema de Transportes” e sob o ponto de vista do transporte de passageiros atual no município de São José – SC, você considera?				
A integração entre os diferentes setores da			16,67%	83,33%

gestão pública				
O atendimento às Normas de Qualidade ISO e Normas Ambientais			50%	50%
Pergunta 2: Com relação ao tema “Qualidade do Serviço, Saúde e Meio Ambiente” e sob o ponto de vista do transporte de passageiros atual no município de São José – SC, você considera?				
	Irrelevante	Pouco relevante	Relevante	Muito relevante
Qualidade do ar		9,09%	36,36%	54,55%
Nível de ruído		9,09%	54,55%	36,36%
Extensão de percursos			54,55%	45,45%
Tipo de combustível		9,09%	54,55%	36,36%
Diversidade nos modos de transporte			36,36%	63,64%
Índice de emissão de poluentes (CO2)		9,09%	36,36%	54,55%
Consumo de combustível			45,45%	54,55%
Investimento em tecnologia dos veículos coletivos.			36,36%	63,64%
Renovação e qualidade da frota			27,27%	72,73%
A capacitação e treinamento dos colaboradores envolvidos no transporte			27,27%	72,73%
A integração entre os diferentes setores da gestão pública			9,09%	90,91%
Qualidade do ar			54,55%	36,36%
Nível de ruído			36,36%	63,64%

Fonte: Elaborado pela autora

Desse modo, após a análise do questionário junto aos gestores da PMSJ, foram discutidos outros cenários além da alternativa inicial de renovação da frota. Estes, por sua vez, vão requerer obras de infraestrutura, renovação nos modelos de operação atuais e implementação de novos modos de transporte.

O quadro 9 resume esses cenários projetados, os quais foram aqui pensados tendo em vista os estudos existentes, desenvolvidos pelo

PLAMUS (MEDEIROS, 2015) e Versão Preliminar do Novo Plano Diretor Participativo da cidade de São José (SÃO JOSÉ, 2016).

Quadro 9 - Cenários

Cenários		
1	2	3
Renovação total da frota (5 - 10 anos) Curto prazo	Faixas exclusivas e Transporte Integrado (15 - 20 anos) Médio prazo	Tranporte aquaviário (30 - 50 anos) Longo prazo

Fonte: Elaborado pela autora.

Embora tenham sido discutidos e aqui resumidamente apresentados, devido a complexidade, a indidponibilidade de dados necessários e, principalmente ao tempo disponível para o trabalho, decidiu-se aplicar apenas o cenário 1. Esse cenário mostrou-se viável e possível de aplicação neste estudo de caso, snedo ele de renovação total da frota. Seus resultados serão apresentados no item 4.5.

Mesmo sendo apenas o cenário 1 aplicado em totalidade neste estudo de caso, os outros cenários foram discutidos, estudados e preliminarmente projetados. Por esse motivo, eles serão também apresentados a seguir, permitindo que sejam experimentados futuramente em outras aplicações do próprio MPTS-URB, partindo-se da obtenção das informações e do tempo necessários.

4.4.1.1 Cenário 1: renovação total da frota

Esse cenário foi proposto como sendo: (a) de investimento consideravelmente baixo, quando comparado aos cenários 2 e 3; (b) investimento indireto, quando entendido como um serviço concedido, embora possa ser parcialmente subsidiado e; (c) viável, quando visto sob a ótica ambiental para redução do CLV.

Do ponto de vista da gestão administrativa, pode ser atrativo considerar a renovação periódica dos veículos, ou no mínimo, estabelecer critérios de eficiência energética, tecnologia, e qualidade ambiental, que acompanhem e atendam premissas estabelecidas, bem como as alterações e revisões normativas (LINDAU *et al.*, 2012).

Desse modo, considerando a frota operante atualmente em São José e suas características (Tabela 19), e a exemplo do que foi estudado por Cruvinel *et al.*, (2012) no âmbito do transporte de cargas, o cenário

1, propõe renovar 100% da frota de São José com veículos compatibilizados com a fase P7 do Diesel.

Apenas a título de informação, outra alternativa referente a esse escopo, seria investir em veículos que utilizem combustíveis menos poluentes como biocombustíveis (D'AGOSTO *et al.*, 2015). Apesar da frota de ônibus urbanos ser predominantemente de motor a diesel, algumas cidades brasileiras como Rio de Janeiro e Santos, já possuem em sua frota, ainda que em quantidades pequenas, ônibus com tecnologias alternativas, tais como ônibus a etanol, biodiesel, GNV e modelo híbrido diesel-elétrico (LINDAU *et al.*, 2012).

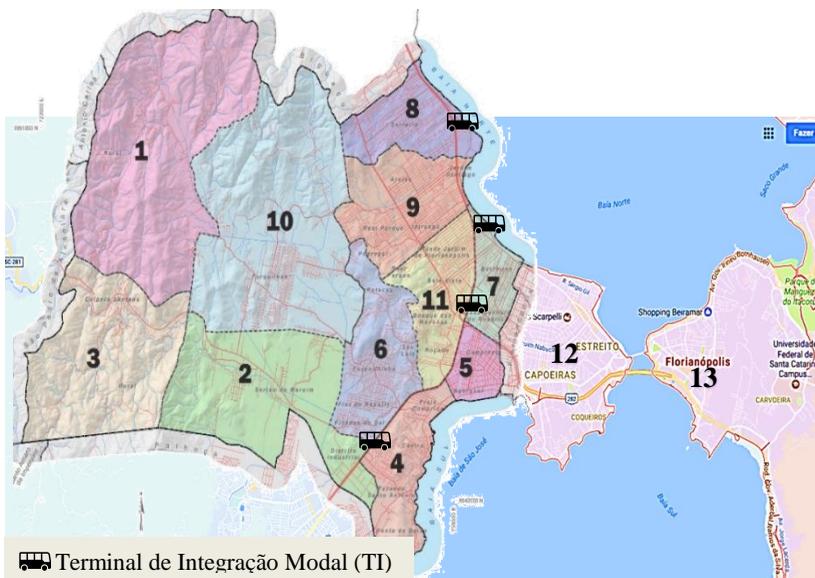
4.4.1.2 Cenário 2: faixas exclusivas e transporte integrado

O cenário 2, procurou ser compatível com as expectativas da Prefeitura de São José, de modo a considerar uma ou mais alternativas já estudadas pelo PLAMUS, em parceria com as prefeituras de Florianópolis e Região Metropolitana (RM), bem como, igualmente consideradas na Versão Preliminar para Consulta Pública do Novo Plano Diretor Participativo da cidade (SÃO JOSÉ, 2016).

A partir desses estudos obteve-se acesso a localização para as áreas de especial interesse para equipamentos públicos (AEEU-C), bem como eixos previstos para corredores exclusivos de transporte coletivo. A projeção temporal dos estudos do PDPSJ é de 30 anos (2015 - 2045).

A Figura 29 apresenta os locais estudados pelo PDPSJ (SÃO JOSÉ, 2016) para implantação de terminais de integração modal em São José.

Figura 29 - Terminais de integração estudados pelo PDPSJ (2016)

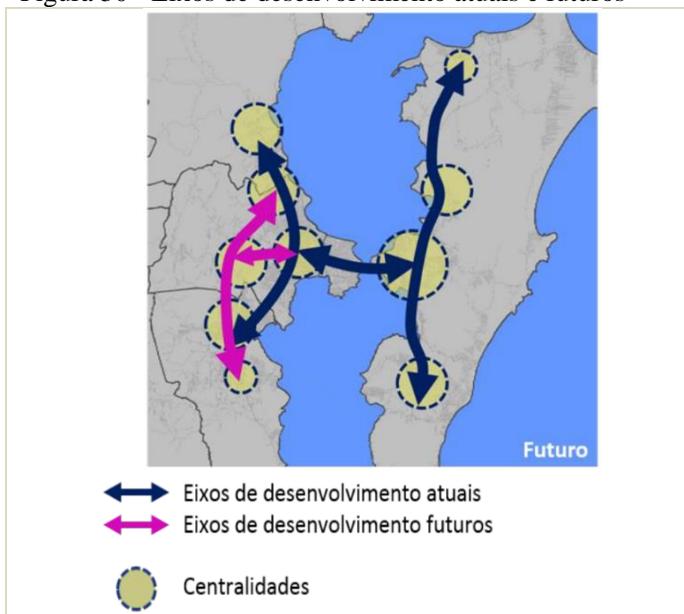


(¹) Micro zonas e bairros (1 a 13): vide Tabela 17

Fonte: Adaptado de PDSJ (SÃO JOSÉ, 2016).

Referente às referências do PLAMUS, dos dois cenários apresentados por esse estudo para São José, tendencial e orientado, ambos demandam alteração na infraestrutura, novos investimentos e projeção temporal máxima de 40 anos. Ambos os cenários partiram do entendimento das demandas atuais e futuras, e principais centralidades, como mostrado na Figura 30.

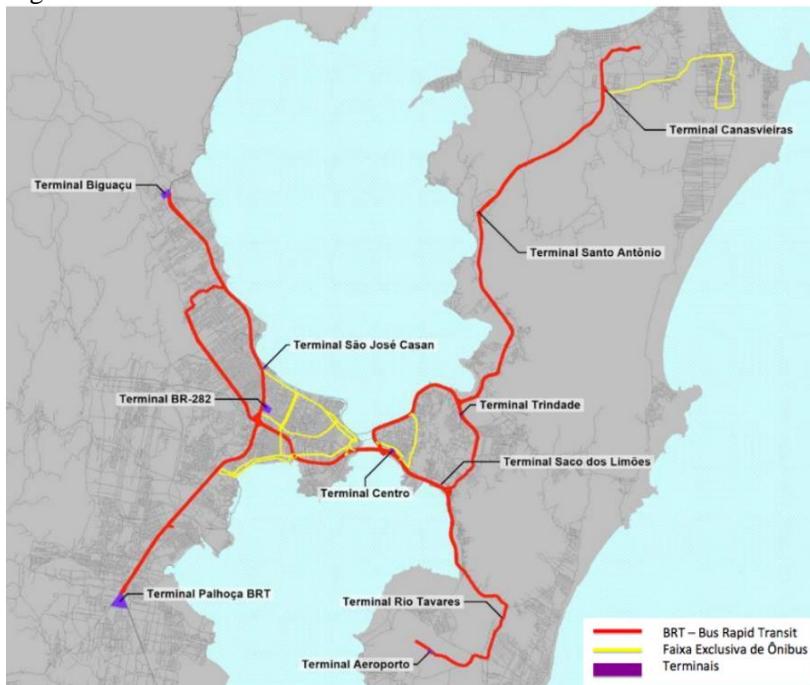
Figura 30 - Eixos de desenvolvimento atuais e futuros



Fonte: PLAMUS (MEDEIROS, 2015).

O cenário tendencial do PLAMUS, com menos investimentos que o cenário orientado, está apresentado na Figura 31.

Figura 31 - Cenário tendencial: sistema BRT e faixas exclusivas



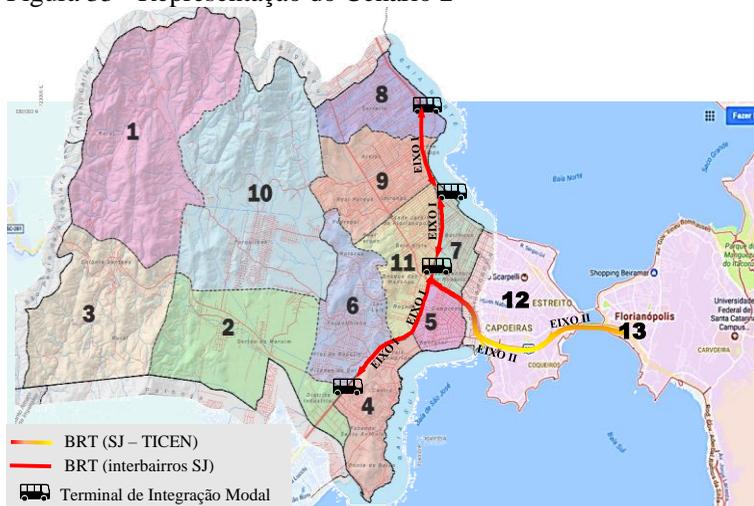
Fonte: PLAMUS (MEDEIROS, 2015)

Com base nessas informações, resume-se o cenário 2: faixas exclusivas com veículos padronizados (veículos articulados de piso baixo e maior capacidade) em dois eixos totalmente segregados, sendo:

1. Eixo I: municipal exclusivo Norte-Sul (alimentação – integração/distribuição) com paradas entre terminais. Ele parte das zonas de maior demanda em São José, para terminais de integração intermunicipais, porém com paradas entre esses terminais para distribuição parcial e realimentação. As faixas são exclusivas podendo-se prever separador físico como tachões ou canteiro de concreto.
2. Eixo II: intermunicipal Oeste-Leste (integração – integração) sem parar. Ele faz o transporte intermunicipal direto, por faixa exclusiva, podendo-se prever separador físico como tachões ou canteiro de concreto.

Comparando-se com o sistema atual, as demandas para tais eixos seriam aquelas atualmente atendidas pelos itinerários mais carregados

Figura 33 - Representação do Cenário 2



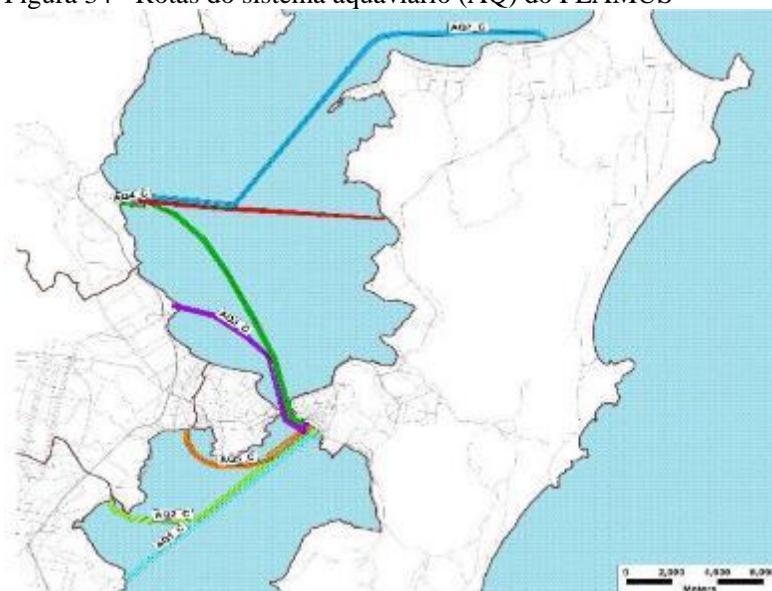
(1) Micro zonas e bairros (1 a 13): vide Tabela 17

Fonte: Adaptado de PLAMUS (MEDEIROS, 2015) e PDPSJ (SÃO JOSÉ, 2016).

4.4.1.3 Cenário 3: transporte aquaviário

O cenário 3 considerou os cenários 1 e 2 como implantados, e a continuidade dos investimentos dada a projeção temporal de longo prazo. Ele já foi estudado e avaliado pelo PLAMUS, como mostra a Figura 34.

Figura 34 - Rotas do sistema aquaviário (AQ) do PLAMUS



Fonte: PLAMUS (MEDEIROS, 2015)

O transporte aquaviário consiste no deslocamento de mercadorias e de passageiros por barcos, navios ou balsas, via um corpo de água, tais como oceanos, mares, lagos, rios ou canais. Podem ser utilizadas as três nomenclaturas: transporte aquático, aquaviário ou hidroviário. O transporte aquático engloba tanto o transporte marítimo, utilizando como via de comunicação os mares abertos, como transporte fluvial, usando os lagos e rios. Como o transporte marítimo representa a grande maioria do transporte aquático, muitas vezes é usada esta denominação como sinônimo (PORTOPÉDIA, 2013).

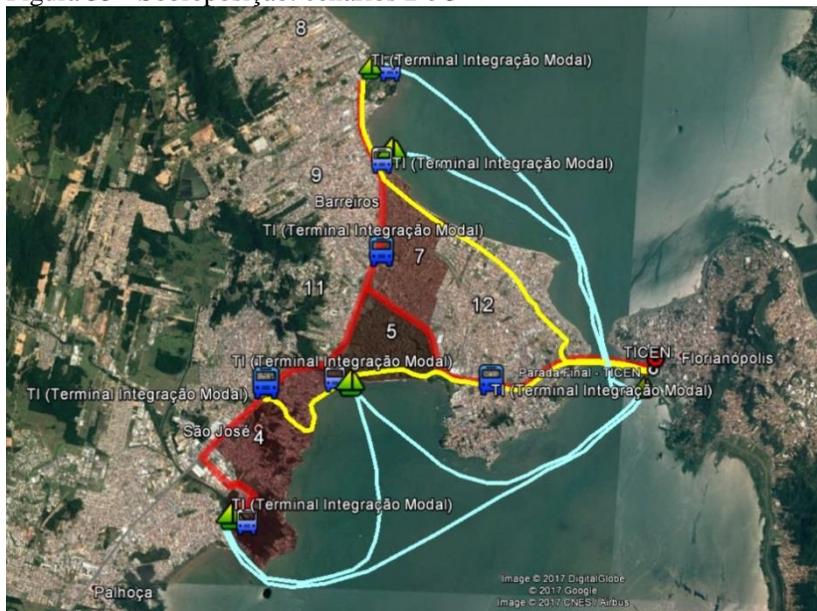
Assim como o hidroviário, esse transporte requer algumas condições específicas, além da localização geográfica favorável. Para ser viável, são necessárias condições favoráveis de navegação como profundidade do canal, direção das correntes marinhas, vento, mapeamento de fauna marinha, entre outros (BRASIL, 2010).

Segundo D'Agosto (2015), no que tange aos aspectos ambientais, o transporte aquaviário possibilita a redução das emissões de gases poluentes causadores do efeito estufa. Nesse sentido, com base em experiências internacionais como Nova York, Bristol, Hong Kong,

Dubai, Sydney e Istambul, Santa Catarina tem potencial para desenvolver um sistema de transporte aquaviário eficiente.

Assim, a exemplo do PLAMUS, foram aqui projetadas 5 rotas de transporte aquaviário de passageiros, todas elas, partindo de um terminal integrado de transporte. Neste cenário foram ainda acrescentados outros dois eixos de faixas exclusivas, nos mesmos moldes daquelas do cenário 2. A Figura 35 apresenta a sobreposição dos cenários 2 e 3.

Figura 35 - Sobreposição: cenários 2 e 3



Fonte: Elaborado pela autora

4.5 ANÁLISE DOS CENÁRIOS: CUSTO LOGÍSTICO VERDE (CLV_{cenários})

A última fase da contribuição metodológica consiste em recalculer o CLV para cada um dos cenários propostos, tendo em vista retroanalisar os custos ambientais evitados, assim como os ganhos ambientais, quantitativos e qualitativos, paralelamente a análise do investimento do cenário.

Neste estudo de caso, devido à complexidade dos dados necessários para calcular o CLV de todos os cenários, e tendo em vista ainda, a responsabilidade com as informações apresentadas, não foi

possível evoluir com o CLV para todos eles. Assim, foi possível calcular neste momento o CLV do cenário 1.

Para o $CLV_{\text{cenário1}}$ foi adotada a mesma demanda de passageiros e extensões dos itinerários do CLV_{atual} , assim como, o valor calculado para o CLV (L_{diesel}) da amostra. Dessa forma entende-se garantir a comparação apenas entre a característica da frota, no que compete ao fator de emissão e ao consumo de óleo diesel dessa frota.

Assim, tomando-se os dados já apresentados na Tabela 19 e retomando-se a Equação 18, tem-se:

$$CLV_{\text{cenário1}/\text{dia}} = (1.072,10) \times (\text{fator de emissão}) \quad 19$$

Em que:

$CLV_{\text{cenário1}/\text{dia}}$ = custo logístico verde diário do cenário 1

(kg CO_2/L_{diesel});

1.072,10 = resultado do CLV_{amostra} expresso em L_{diesel}

(Equação 16);

fator de emissão = relação entre a massa das moléculas de CO_2 emitidas pelos veículos pesados, tipo ônibus urbano, e o consumo desse veículo em L_{diesel} . (IPEA, 2012; MMA, 2013; D'AGOSTO *et al.*, 2015).

A Tabela 21 traz a relação entre o fator de emissão para a frota do cenário 1, a classificação na Fase PROCONVE dessa frota e o fator de emissão para tal classificação.

Tabela 21 - Relação entre fator de emissão de CO_2 e idade da frota – cenário 1

Frota nova ano/modelo	Fase Proconve	⁽¹⁾ Fator de Emissão (kg CO_2/L_{diesel})
2017/ 2018	P7	0,3515

⁽¹⁾ IPEA (2012) e MMA (2013). Valor apresentado na Tabela 19 referente a Fase P7.

Fonte: Elaborado pela autora

A partir disso, multiplicando-se o consumo em L_{diesel} calculado para amostra pelo fator de emissão de CO_2 da frota nova (Fase P7), tem-se o Custo Logístico Verde do cenário 1 da amostra, em kg/ CO_2 . Isso é demonstrado pela Equação 20.

$$CLV_{\text{cenário 1}/\text{dia}} = (1.072,10) \times (0,3515) = 376,84 \text{ (kg}CO_2\text{)} \quad 20$$

Como resultado da substituição total da frota oprante para amostra considerada, foi possível evitar a emissão de 1.682,95 kgCO₂ ou 1,68 t CO₂ no ar atmosférico.

Em termos monetários, esse mesmo custo pode ser estimado através de créditos de carbono¹⁹ ou Redução Certificada de Emissões (RCE). Esses RCE são certificados emitidos para uma pessoa ou empresa que reduziu a sua emissão de gases do efeito estufa (GEE). Por convenção, 1 tonelada de dióxido de carbono (CO₂) corresponde a um crédito de carbono. Em valores monetários, para esta data, tem-se que essa mesma tonelada equivale a: 1t CO₂ = € 7,57 = R\$ 28,82 (BM&FBOVESPA, 2017).

A Tabela 22, apresenta o resumo comparativo dos resultados de CLV em KgCO₂ do cenário atual e cenário 1. A Tabela 23, apresenta os custos evitados pelo cenário 1 em relação ao cenário atual, em tCO₂, e a valoração monetária em Reais (R\$) desse custo evitado. Em outras palavras, no conceito de créditos de carbono, é o equivalente a quanto se estará ganhando em R\$ por tCO₂ não emitida.

¹⁹ O mercado de créditos de carbono surgiu a partir do Protocolo de Quioto, acordo internacional que estabeleceu que os países desenvolvidos deveriam reduzir, entre 2008 e 2012, suas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) 5,2% em média, em relação aos níveis medidos em 1990. O Protocolo de Quioto criou o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que prevê a redução certificada das emissões. Uma vez conquistada essa certificação, quem promove a redução da emissão de gases poluentes tem direito a créditos de carbono e pode comercializá-los com os países que têm metas a cumprir. Atualmente, no Brasil, as operações de compra e venda de créditos de carbono são feitas por meio de leilão eletrônico no *site* da BM&FBOVESPA (BRASIL, 2013).

Tabela 22 - Comparativo entre cenários da amostra: atual e projetado

	CLV (kgCO ₂)			⁽¹⁾ Fator de Emissão	
	1 dia	5 anos	15 anos	Fase Proconve	(kg CO ₂ /Ldie sel)
Frota operante (atual)	2059,79	3.759.117,48	11.277.352,44	Média (P3, P4, P5)	1,92
Frota nova (cenário 1)	376,84	687.738,75	2.063.216,25	P7	0,3515

⁽¹⁾ CARVALHO (2011); MMA (BRASIL, 2013).

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 23 - Custos evitados (tCO₂) e créditos de carbono (R\$) entre o cenário atual e o cenário 1.

	1 dia	5 anos	15 anos
Custo Evitado (tCO ₂)	1,68	3.071,38	9.214,14
Ganho em Créditos de Carbono (R\$) ⁽¹⁾	R\$ 48,50	R\$ 88.514,03	R\$ 265.542,10

⁽¹⁾ R\$/tonelada CO₂ (data base 23/10/2017 - 1t CO₂ = R\$ 28,82)

Fonte: Elaborado pela autora.

4.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este item abordará resumidamente os resultados obtidos com a aplicação em cada etapa, assim como justificativas e entendimentos sobre esses. Ao final, será analisada a relação desses resultados com a viabilidade metodológica do MPTS-Urb em contexto geral.

Quanto ao cálculo do CLV atual, o procedimento adotado mostrou-se satisfatório e coerente, mesmo com as simplificações adotadas. O método de cálculo analítico realizado merece investimento em programação (macros ou aplicativos), tendo em vista o uso intensivo de cálculos matemáticos, o que pode dificultar a aplicação em prefeituras de municípios menores, com equipes reduzidas. Quanto aos dados, foi possível perceber a dificuldade em se obter e gerir as informações. Ainda, com relação aos dados específicos, como as

emissões por passageiro por quilômetro, foi possível constatar que esses passaram a ser exigidos, e, portanto, estimados e aferidos, apenas a partir do I Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores (BRASIL, 2011), fazendo -se referência aos veículos fabricados entre 2009 e 2010. A isso fez-se coincidir com vigência da Resolução nº 403/2008 do CONAMA, em vigor a partir de 2009. Anteriormente a essa e, até o presente momento, no Brasil, não foi possível encontrar informação diferente ou atualizada sobre fatores de emissão de CO₂ por passageiro, por quilometro percorrido, no transporte coletivo urbano por ônibus.

Sobre os resultados do Custo Logístico Verde atual da amostra (CLV_{atual}) expressos em litros de combustível (L_{diesel}), os valores referentes às emissões, para 1 dia de operação, resultaram em 35% (R\$ 1.154,28) do total desse custo (R\$ 3.322,44). Os custos com energia representam os outro 65% (R\$ 2.168,15) do CLV_{atual} total. Sendo assim, nota-se que os custos com emissões são equivalentes a 53% dos custos de consumo de combustível. Projetando esses valores para o período de 1 ano, considerando o mesmo valor base (R\$ 3,099 maio/2017) do litro do combustível (L_{diesel}), chega-se a um custo aproximado de R\$ 40.000,00 por ano para amostra considerada.

Assim, nesse momento, vislumbrou-se a possibilidade de, mediante a continuidade dos estudos com maior detalhamento e aferição dos dados, evoluir-se para a definição de um índice financeiro de emissão de CO₂ por passageiro por quilômetro (IP = R\$/pass.), ou mesmo um índice verde que possa classificar o sistema de transportes das cidades em níveis de eficiência energética (IE= R\$/pass.), auxiliando no planejamento verde do transporte, para cidades inteligentes e eficientes ambientalmente.

Referente ao planejamento dos cenários, o método trouxe o conceito de uma aplicação MCDA (multicritério) a fim de identificar os indicadores de sustentabilidade específicos para cada região ou cidade que se pretende estimar e reduzir o CLV. Os cenários aplicados nesta pesquisa procuraram ser realistas e compatíveis com as possibilidades vislumbradas para o município e pela sua atual gestão.

Quanto ao resultado da aplicação – cenário 1 – apenas alterando a tecnologia do veículo, quanto ao processamento e combustão do combustível (fase P7 – diesel S10), o qual já está atualmente desenvolvido para fins de redução de emissões (MMA, 2013), foi possível reduzir em 547% as emissões de poluentes na amostra considerada, passando de 2.059,79 kgCO₂ para 376,84kgCO₂ emitidas diariamente. Extrapolando-se para o período de 5 anos, isso

representaria uma redução de 687.738,75 kgCO₂ ou aproximadamente 69 toneladas de CO₂ na atmosfera dessa região.

Finalmente pode-se perceber que, mesmo com as simplificações e dificuldades aqui encontradas, há viabilidade no conceito aplicado pelo método aqui desenvolvido, de acordo com o propósito maior da contribuição metodológica: ser uma ferramenta de apoio ao tomador de decisão no momento de analisar e decidir sobre os planos de transporte da sua cidade, podendo ele valorar os custos ambientais (CLV) das emissões de CO₂ (P) e consumo de combustíveis fósseis (E) pelo setor de transportes, e internalizar esses custos no planejamento dos investimentos futuros (cenários) a fim de evita-los, reduzi-los, e acima disso, contribuir para a sustentabilidade ambiental do planeta.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

Aceitando o fato de que não se pode viver sem locomover-se, procurou-se, e pode-se constatar nessa pesquisa que, as consequências do modelo de mobilidade urbana, até então desenvolvido nas cidades, tem potencial contribuição ao consumo de energia e as emissões de poluentes pelo setor de transportes. Essas, se projetadas no horizonte futuro serão, além de onerosas, não compensadas ambientalmente. Elas são crescentes e podem levar ao esgotamento dos recursos naturais e ao desequilíbrio do clima.

A construção do conceito metodológico esteve apoiada nos conceitos de logística como roteirização verde e otimização, procurando associá-los a intenção constante de sustentabilidade ambiental, a economia de recursos naturais e equilíbrio do clima. Os dados foram obtidos por meio de pesquisa bibliográfica e documental a qual identificou estudos que trouxessem conceitos sobre logística de transporte sob a ótica ambiental, e permitiu o entendimento da Logística Verde, Sustentável e de Baixo Carbono. Notou-se que os estudos mais esclarecidos destes conceitos tinham como referência instituições internacionais como *Intergovernmental Panel on Climate Change* e *European Commission Environment*. O estudo da logística sustentável em transporte foi mais recorrente no Canadá e Reino Unido, principalmente, na cadeia logística de suprimentos e transporte de cargas. No Brasil, notou-se linhas de pesquisa voltadas ao estudo de outras fontes de combustível, principalmente a biomassa (biocombustíveis), às renovações tecnológicas em veículos, com ênfase para diferentes combustíveis, e à transferência modal.

No que concerne à identificação de práticas, metodologias e métodos de planejamento de transporte que apliquem os conceitos de logística sob a ótica ambiental, foram em maior incidência, identificados no campo da logística verde, principalmente aplicados na distribuição de suprimentos e através de problemas de roteirização verde. Notou-se fortemente a aplicação dessas práticas em estudos envolvendo empresas de distribuição e indústrias.

No entanto, foram poucas as aplicações ou relações diretas entre os termos logística verde e sustentável, e planejamento de transporte, embora, os conceitos então reconhecidos, mostraram grande potencial para a associação dessas duas grandes áreas.

Formou-se o entendimento de que logística sustentável é a que relaciona a sustentabilidade na logística de transporte e o planejamento de transporte das cidades, estando mais próxima do desenvolvimento de metodologias de planejamento sob a ótica das questões ambientais, como redução de emissões de CO₂ e consumo de combustíveis fósseis.

Quanto ao objetivo geral de desenvolver um método de planejamento de transporte urbano de passageiros, sob a ótica da sustentabilidade ambiental, com vistas à valoração dos custos ambientais, de consumo de combustível e emissão de CO₂, foi possível atingi-lo, estruturando tal contribuição apoiada no conceito de logística sustentável, aplicando-a em uma amostra do sistema de transporte de São José/ SC (Região Metropolitana de Florianópolis) e avaliando-a a partir da análise de seu desenvolvimento e resultados obtidos.

Os objetivos específicos também foram atingidos. O desenvolvimento do método e sua aplicação forneceram subsídios para a formação de um indicador de sustentabilidade ambiental no transporte, o Custo Logístico Verde (CLV). Com ele foi possível valorar através de uma aplicação prática o consumo de energia e emissões de poluentes do transporte de passageiros, e convertê-las em consumo de combustível (L_{diesel}), e massa de CO₂ emitida na atmosfera (kg/CO₂).

Tal aplicação permitiu estimar, para a amostra de transporte considerada no estudo de caso, os valores referentes às emissões de CO₂, para 1 dia de operação, resultando em 35%, ou R\$ 1.154,28, do total do CLV de 100% ou R\$ 3.322,44. Os custos com energia representaram os outros 65% ou R\$ 2.168,15 desse CLV_{atual} total. Percebeu-se que os custos com emissões são equivalentes a 53% dos custos de consumo de combustível. Fazendo-se a projeção desses valores para o período de 1 ano, mantendo-se o mesmo valor base para o litro do combustível (L_{diesel}) em R\$ 3,099 (maio/2017), chegou-se a um custo logístico verde aproximado de R\$ 40.000,00 para 1 ano de operação no horizonte da amostra considerada.

Foi demonstrado em termos de emissões de CO₂, a redução em 547% dessas na amostra considerada no estudo de caso, passando de 2.059,79 kgCO₂ para 376,84kgCO₂ emitidas diariamente. Extrapolando-se para o período de 5 anos, isso representaria uma redução de 687.738,75 kgCO₂ ou aproximadamente (-) 69 toneladas de CO₂ na atmosfera dessa região.

Entendeu-se que o método pode ser aplicado em diferentes cenários, cidades, bairros ou regiões, utilizando-se vários modos de transporte em uma mesma rede ou apenas um modo. No entanto, é fundamental destacar a indispensabilidade de dados como fatores de

emissão de CO₂ dos veículos utilizados no transporte. Esses fatores precisam ser monitorados, cobrados e publicados pelo setor envolvido, e devem ser acompanhados através de testes. Nesse sentido foi evidenciada a falta desses dados para veículos produzidos antes de 2011, por exemplo. A isso evidenciou-se a relação e influência direta entre as normativas de controle como resoluções, planos e metas internacionais e o desenvolvimento dessas internamente no Brasil. A exemplo está a melhoria contínua do óleo diesel, e as resoluções do CONAMA.

Quanto a viabilidade dessa contribuição, concluiu-se que é pertinente para apoiar os gestores na tomada de decisão, e principalmente, no entendimento de que é possível internalizar o custo ambiental no custo global do transporte, para então planejar sistemas e operações mais otimizadas e sustentáveis ambientalmente.

Finalmente, ficou demonstrado que é possível mensurar os custos dessas questões e melhorar esse cenário através de medidas, planos e metodologias, que associem o planejamento de transporte à integração modal, ao planejamento urbano e ao planejamento sustentável; desenvolver índices de referência e controle, para as variáveis sócio-econômicos-ambientais das cidades, como de emissões de poluentes e consumo de combustíveis no transporte de passageiros. Ainda, é possível promover e motivar o acompanhamento e o controle desses índices.

Por fim, percebeu-se na logística sustentável associada ao planejamento de transporte, é uma potencial atratividade para novos estudos e possibilidades de inovação, tendo como motivação maior a continuidade dos insumos e recursos naturais, além de contribuir em curto, médio e longo prazo, para a melhoria constante do ar atmosférico e, conseqüentemente, da saúde das pessoas.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sobre oportunidades, vislumbrou-se a partir dos resultados, a continuidade da pesquisa no sentido de desenvolver-se um índice financeiro de emissão de CO₂ por passageiro por quilômetro, ou mesmo um índice verde, que possa classificar em níveis de eficiência energética o sistema de transportes das cidades. Outra contribuição importante seria a programação dessa contribuição metodológica, tornando-a mais acessível aos gestores, visto o uso intensivo de cálculos matemáticos neste trabalho. Soma-se a isso, o conhecimento de que em cidades menores como a deste estudo de caso - São José, as dificuldades são maiores, e limitam as possibilidades de utilizar ferramentas importantes,

quando essas não são práticas, de linguagem conhecida e fácil entendimento.

Ainda, quanto a necessidade de verificações futuras e reaplicações desta contribuição em outros cenários, principalmente, buscando-se definir parâmetros e índices que levem em conta a matéria prima nacional, ou seja, que considere a combustão do carvão nacional. A combustão do carvão fóssil no Brasil, pode apresentar diferenças com relação ao europeu, tendo em vista a composição geológica-mineralógica dele. Outros estudos como Pires (2009), abordam diferenças de até 20% nas aproximações adotadas pela empresa de pesquisa energética (EPE) através da metodologia do IPCC (2006), quando avaliadas sob as características do carvão nacional.

Torna-se oportuno, também, reaplicar a metodologia utilizando-se veículos híbridos ou que utilizem biocombustíveis, verificando as diferenças quanto aos resultados do CLV (kgCO_2) ou mesmo com modos de transporte diferentes do rodoviário por ônibus.

Outra oportunidade está em associar o MPTS-URB à sistemas de otimização com vistas a eficiência energética, como por exemplo a roteirização verde, buscando rotas de menores índices de CLV, por exemplo. As referências bibliográficas resultantes da revisão sistemática apontaram essa tendência em países como China, Canadá e Inglaterra.

REFERÊNCIAS

- ÁLVARES JR, O. M.; LINKE, R. R. A. **Metodologia simplificada de cálculo das emissões de gases do efeito estufa de frotas de veículos no Brasil**. São Paulo: CETESB. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/proclima/PDF/inventario_efeitoestufa.pdf>. Acesso em, v. 14, n. 06, p. 2011, 2001.
- ANDRADE, A. L. C.; MATTEI, L. A (In)sustentabilidade da Matriz Energética Brasileira. **Revista Brasileira de Energia**, v. 19, n. 9, 2. sem., p. 9-36, 2013.
- ANDRADE, C. E. S.; BITTENCOURT, I. A. **Emissões de CO₂ em sistemas metroviários**: abordagem da energia de tração dos trens. Disponível em: <http://www.anpet.org.br/ssat/interface/content/autor/trabalhos/publicacao/2013/175_AC.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2017.
- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Degradação ambiental e teoria econômica: algumas reflexões sobre uma “economia dos ecossistemas”. **Revista EconomiA**, Brasília, Anpec, v. 12, n. 1, 2011.
- ARAGUNDI MORA, C. A.; ALMENDARIZ CAMPUZANO, J. Z. **Implementación efectiva de una operadora especializada en logística inversa para la industria de bebidas en la ciudad de Guayaquil**. 2013. 122 f. Tese (Carrera de Ingenieria en Gestion Empresarial Internacional) Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Ecuador, 2013. Disponível em <<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/248/1/T-UCSG-PRE-ECO-GES-23.pdf>>. Acesso em ago. 2016.
- ARIOLI, M.; LINDAU, L. A.; COOPER, E. Meta-análise das emissões de gases na exaustão dos ônibus urbanos. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES - ANPET, 28., 2012. **Anais...** Curitiba, PR: ANPET, 2012. p. 1-12. Disponível em: <<http://www.anpet.org.br/xxviiiianpet/anais/documents/AC331.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2016.
- ARTOMNOV, M. D.; ILARONOV, V. A.; MORIN, M. M. **Motor vehicles**. Moscou: MIR, 1976.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA. **Cartilha Diesel e Emissões: a nova legislação 2012**. São Paulo, SP: ANFAVEA, 2012. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/docs/cartilha_proconveP7.pdf>. Acesso em: jun. 2017.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA. **Cartilha Diesel e Emissões: a nova legislação 2012**. São Paulo, SP: ANFAVEA, 2012. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/docs/cartilha_proconveP7.pdf>. Acesso em: jun. 2017.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES PÚBLICOS – ANTP. SISTEMA DE INFORMAÇÃO DA MOBILIDADE URBANA. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana [da ANTP]: relatório geral 2014**. São Paulo, SP: ANTP, jul. 2016. Disponível em: <http://files.antp.org.br/2016/9/3/sistemasinformacao-mobilidade--geral_2014.pdf>. Acesso em: jul. 2016.

BECHEIKH, N.; LANDRY, R.; AMARA, N. Lessons from innovation empirical studies in the manufacturing sector: A systematic review of the literature from 1993-2003. **Technovation**. v. 26, n. 5, p. 644-64, 2006.

BEKTAS, T.; LAPORTE, G. The pollution-routing problem. **Transportation Research**, v. 45, n. 8, p. 1232-1250, 2011.

BERETON, P. et al. Lessons from Applying the Systematic Literature Review Process within the Software Engineering Domain. **The Journal of System and Software**, v. 80, n. 4, p.571-83.

BLOWERS, A. **Planning for a sustainable environment: a report by the Town and Country Planning Association**. London: Routledge, 2013.

BORGES, C. Ministério das Cidades debate projeto de lei em todo o país. **Jornal do Comércio**, Porto Alegre, 20 abr. 2006.

BRASIL, G. H.; SOUZA JUNIOR, P. A.; CARVALHO JUNIOR, J. A. Inventários corporativos de gases de efeito estufa: métodos e usos. **Sistemas & Gestão**, Niterói, RJ, v. 3, n. 1, p. 15-26, 2008. Disponível em:

<<http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/SGV3N1A2/48>>.
Acesso em 06 dez. 2016.

BRASIL. Lei no 12.587, de 03 de janeiro de 2012. Institui as Diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana [...] e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 04 jan. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12587.htm>. Acesso em: maio 2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **Emissões de Dióxido de Carbono por Queima de Combustíveis Fósseis**: Abordagem Top-down. Brasília, DF: MCT, 2010.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília, DF: MCT, 2013. Disponível em: <<http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706227/Estimativa+1ed.pdf/64d58e8a-1bc8-4fa6-aa5c-1d23dfeb9020>>. Acesso em: 18 fev. 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **Segunda Comunicação Nacional à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, DF: MCT, 2010.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa**. Brasília, DF: MCT, 2010.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. SECRETARIA NACIONAL DE TRANSPORTE E DA MOBILIDADE URBANA – SeMob. **Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana**: PLANMOB. Brasília, DF: Ministério da Cidades, 2012. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSE/planmob.pdf>>. Acesso em: jun. 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE. **I Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários**: relatório final. Brasília, DF, 2011. Disponível em:

<<http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/Emissoes-Atmosfericas-1Inventariodeemissoes.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE. **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários**: ano base 2012: relatório final. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Inventario_de_Emissoes_por_Veiculos_Rodoviaros_2013.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 413, de 26 de junho de 2009. Dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 30 jun. 2009. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2009/RES_CONAMA_N413_2009.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2017

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanço Energético Nacional 2015**: ano base 2014: relatório final. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro : BEN, 2015.

BROWN, L. R. **Eco-economia**: construindo uma economia para a terra. Salvador, BA: UMA, 2003. Disponível em <http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_arquivos_64/Eco-Economia.pdf>. Acesso em: fev. 2016.

BRUNDTLAND, G. H. **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro: FGV, 1987.

CARVALHO, C. H. R. **Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros**. Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: IPEA, 2011.

CARVALHO, J. M. C.; CARDO DE CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro. Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros. Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2011. SO, E. G. **Logística**. Lisboa: Sílabo, 2002.

CCR BARCAS. **Barcas S/A**. [S. l.], 2017. Disponível em: <<http://www.grupoccr.com.br/barcas>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

CHANG, Q.; QIN, R. Analysis On Development Path Of Tianjin Green Logistics. **International Journal Of Business And Management**, v. 3, 2009.

CHEN, Y.; HIPEL, K. W. **An integrated approach to multiple criteria decision aid: consequence based preference aggregation.**

Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/237333562_An_integrated_approach_to_multiple_criteria_decision_aid_consequence-based_preference_aggregation>. Acesso em: fev. 2016.

CHEON, S.; DOWALL, D. E.; SONG, D. Evaluating impacts of institutional reforms on port efficiency changes: Ownership, corporate structure, and total factor productivity changes of world container ports. **Transportation Research Part E**, v. 46, n. 4, p. 546–561, 2009.

CILIBERTI, F.; PONTRANDOLFO, P.; SCOZZI, B. Logistics social responsibility: Standard adoption and practices in Italian companies. **Int. J. Production Economics**, V. 113, pp. 88–106, 2008.

CNT. Programa Despoluir. **A fase P7 do Proconve e o impacto no setor de transporte.** – 2.ed. – Brasília: CNT: Sest/Senat, 2012. 20 p.

CONFERÊNCIA DAS PARTES – COP-21, 21., 2015, Paris. **Anais...** Paris, FR: UNEP, 2015. Disponível em: <<http://www.cop21paris.org/>>. Acesso em: 16 jul. 2015.

COOK, D. J.; MULROW, C. D.; HAYNES, R. B. Systematic reviews: synthesis of best evidence for clinical decisions. **Ann Intern Med**, v. 126, n. 5, p. 376-80, 1997.

COSTA, M. E. L. et al. Respostas de protesto na disposição a pagar espontânea e induzida nas técnicas de lances livres e referendo pelo método de valoração contingente. **Biodiversidade**, v. 14, n. 1, 2015.

COSTA, M. S. **Um índice de mobilidade urbana sustentável.** 2008. 274 f. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Área de Concentração Planejamento e Operação de Sistemas de Transporte) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

CRUVINEL, R. R. S.; PINTO, P. V. H.; GRANEMANN, S. R. Mensuração econômica da emissão de CO₂ da frota dos transportadores autônomos de cargas brasileiros. **Journal of Transport Literature**, v. 6, n. 2, p. 234-52, 2012. Disponível em: <<https://issuu.com/journal-of-transport-literature/docs/jtl-v06n02p12>>. Acesso em: 06 dez. 2016.

D'AGOSTO, M. A.; OLIVEIRA, C. M.; ASSUMPCÃO, F. C. Alternativas energéticas para o transporte público urbano no Rio de Janeiro: uma análise utilizando Inventário de Ciclo de Vida (ICV). **Transportes**, v. 22, n. 1, p. 76-97, 2014.

D'AGOSTO, M. A. Transporte, uso de energia e impactos ambientais: uma abordagem introdutória. **Rio de Janeiro**: Editora Elsevier, 2015.

D'AGOSTO, M. A.; RIBEIRO, S. K.; SOUZA, C. D. R. Opportunity to reduce greenhouse gas by the use of alternative fuels and technologies in urban public transport in Brazil. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, n. 2, p. 177-83, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343513000304>>. Acesso em: 06 dez. 2017.

D'AGOSTO, M.; RIBEIRO, S. K. Eco-efficiency management program (EEMP): a model for road fleet operation. **Transportation Research Part D**, v. 9, n. 6, p. 497-511, 2004.

DEMIR, E.; BEKTAŞ, T.; LAPORTE, G. A comparative analysis of several vehicle emission models for road freight transportation. **Transportation Research Part D**, v. 16, n. 5, p. 347-57, 2011.

DIMITRAKOPOULOS, G.; DEMESTICHAS, P. Intelligent transportation systems. **IEEE Vehicular Technology Magazine**, v. 5, n. 1, p. 77-84, 2010.

DUTRA, N. G. S. et al. **O enfoque de city logistics na distribuição urbana de encomendas**. [S. l.], 2004.

ECONOMIA DO MEIO AMBIENTE (EMA). **Valoração dos Custos Ambientais**. Rio de Janeiro, RJ, 2016. Disponível em: <<https://economiadomeioambiente.com/>>. Acesso em: maio 2016.

- EFENDI TRAVEL. **Transportes na Turquia**. Disponível em: <<http://www.efenditravel.com/Bilhetes-de-Ferry-efendimenu6876435897436-tid222-dilur13>>. Acesso em: 23 jun. 2017.
- EMMETT, S.; SOOD, V. **Green Supply Chains: An Action Manifesto**. [S. l.]: Wiley, 2010.
- ENSSLIN, L., MONTIBELLER NETO, G. N.; NORONHA, S. M. **Apoio à Decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Florianópolis: Insular, 2001.
- ERDOĞAN, S.; MILLER-HOOKS, E. A green vehicle routing problem. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 48, n. 1, p. 100-14, 2012.
- ERICSSON, E.; LARSSON, H.; BRUNDELL-FREIJ, K. Optimizing route choice for lowest fuel consumption—potential effects of a new driver support tool. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v. 14, n. 6, p. 369-83, 2006.
- EUROPEAN COMMISSION. **Clean Energy for All Europeans**. [S. l.], 2015. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>>. Acesso em: ago. 2016.
- FERREIRA, B. V.; ROSA, R. A. Modelos matemáticos baseados no Time Dependent Vehicle Routing Problem para planejamento da logística urbana sob a ótica ambiental. **Transportes**, v. 24, n. 3, p. 55-63, 2016.
- FERREIRA, R. S. et al. Modelo DEA online para determinar a eficiência energética de embarcações. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 29., 2015, Ouro Preto, **Anais...** Ouro Preto: ANPED, 2015.
- FERREIRA, R. S.; LAGO NETO, J. C.; SANTOS, J. T. A. N. Modelo dea online para determinar a eficiência energética de embarcações. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET, 29., 2015, Ouro Preto, MG. **Anais...** Ouro Preto, MG, 2015. Disponível em:

<[http://146.164.5.73:20080/ssat/interface/content/anais_2015/Trabalhos Formatados/1075AC.pdf](http://146.164.5.73:20080/ssat/interface/content/anais_2015/Trabalhos%20Formatados/1075AC.pdf)>. Acesso em: 18 set. 2017.

FISCHER-KOWALSKI, M. et al. **Decoupling**: natural resource use and environmental impacts from economic growth. [S. l.]: UNEP, 2011.

FORRESTER, J. **The collected papers of Jay Forrester**, Wright Allen Press. [S. l.], 1975.

FREITAS, C. M.; PORTO, M. F. **Saúde, ambiente e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: SciELO-Editora; FIOCRUZ, 2006.

GIANNETI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B. **A indústria química no contexto da ecologia industrial. Laboratório de Físico-Química Teórica e Aplicada da Universidade Paulista**. São Paulo: SP, 2006.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.

GOLDENBERG, J.; LUCON, O. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. 3. ed. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 2012.

GOLDMAN, M. **Imperial nature**: The World Bank and struggles for social justice in the age of globalization. New Haven: Yale University Press, 2006.

GONÇALVES, J. A. M., PORTUGAL, L. S.; NASSI, C. D. Proposta metodológica de apoio a tomada de decisões em um processo de revitalização de sistemas de trens metropolitanos. CONGRESSO RIO DE TRANSPORTES, 12., 2015, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2015.

GONÇALVES, J. A. M.; PORTUGAL, L. S.; NASSI, C. D. A revitalização do sistema de trens de passageiros do Rio de Janeiro com base em dois sistemas ferroviários bem sucedidos. CONGRESSO RIO DE TRANSPORTES, 2., 2004, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2004.

GOTO, A. K. **A importância do sistema de gestão ambiental para o desenvolvimento de cadeia de suprimentos verde automotiva**. 2012.

226 f. Tese (Mestrado e Doutorado em Administração) - Universidade Nove de Julho – UNINOVE, São Paulo.

GREENPEACE BRASIL. **Site oficial**. [S. l.], 2014. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/brasil/pt/>>. Acesso em: 28 jan. 2017.

GUIMARAES, V. A. et al. Análise da evolução da eficiência energética no setor de transporte brasileiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 27., 2013, Belém-PA. **Anais...** Belém, PA: ANPED, 2013.

HOGAN, D. J. **New Dimensions of Urban Expansion in Latin America**. [S. l.], 2007.

ILHA GRANDE. Horários e preços da barca, flex, fast boat, barcos para Abraão. [S. l.], 2017. Disponível em: <<http://www.ilhagrande.com.br/como-chegar/horarios-para-abraao/>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

INSTITUTE FOR HEALTH METRICS AND EVALUATION. **Estudo de Carga de Doença Global**: gerando evidências, informando políticas de saúde. Seattle, WA: IHME, 2013. Disponível em: <<http://www.healthdata.org>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Portal do IBGE**: base de dados. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/index.php>>. Acesso em: 18 set. 2017.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2007**: Mitigation of Climate Change: Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. United Kingdom; New York: Cambridge University Press, 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/contents.html>. Acesso em: 06 dez. 2016.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2007**: Mitigation of Climate Change: Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. United Kingdom; New York: Cambridge University Press, 2007. Disponível em:

<http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/contents.html>. Acesso em: 06 dez. 2016.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories**. London, United Kingdom, 1996. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>>. Acesso em: 06 jan. 2017.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: The Reference Manual** Energy. v. 3. London, United Kingdom, 1996.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - IAEA. **Brazil: a country profile on sustainable energy development**. Vienna: The Agency, 2006.

JEON, C. M.; AMEKUDZI, A. Addressing sustainability in transportation systems: definitions, indicators, and metrics. **Journal of infrastructure systems**, v. 11, n. 1, p. 31-50, 2005.

KIRBY, H. R. et al. Modelling the effects of transport policy levers on fuel efficiency and national fuel consumption. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 5, n. 4, p. 265-282, 2000.

KOBAYASHI, S.; PLOTKIN, S.; RIBEIRO, S. K. Energy efficiency technologies for road vehicles. **Energy Efficiency**, v. 2, n. 2, p. 125-37, 2009.

LABORATÓRIO DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA - LABTRANS. **Simulador Logístico – SISLOG**. Florianópolis, SC: LABTRANS/UFSC, 2017. Disponível em: <<https://www.labtrans.ufsc.br/pt-br/projetos/logistica/sislog/>>. Acesso em: jan. 2017.

LANDMANN, M. C.; RIBEIRO, H.; DEÁK, C. Uma proposta metodológica para estimar o custo da poluição do ar nas análises de viabilidade de sistemas de transportes urbanos. **TRANSPORTES**, v. 15, n. 1, 2007.

LEAL JUNIOR, I. C.; D'AGOSTO, M. A. Melhoria da Ecoeficiência no Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos. **Transporte e Transformação XVI**, Brasília: Positiva, 2012.

LICKS, L. A.; PIRES, M. Metodologia para o cálculo de emissões de carbono e da eficiência na geração de energia pela combustão do carvão fóssil no Brasil. **Revista Escola de Minas**, v. 63, n. 2, 2010.

LIIMATAINEN, H.; PÖLLÄNEN, M. Trends of energy efficiency in Finnish road freight transport 1995–2009 and forecast to 2016. **Energy Policy**, v. 38, n. 12, p. 7676-86, 2010.

LIN, C. et al. Survey of green vehicle routing problem: past and future trends. **Expert Systems with Applications**, v. 41, n. 4, p. 1118-38, 2014.

LOO, R. **A Methodology for Calculating CO₂ Emissions From Transport and an Evaluation of the Impact of European Union Emission Regulations**. 2009. 66 f. Master (Science in Operations Management and Logistics). Technische Universiteit Eindhoven. Eindhoven, 2009. Disponível em:
<<http://alexandria.tue.nl/extra1/afstversl/tm/te%20Loo%202009.pdf>>.
Acesso em: 24 fev. 2016.

MAIA, A. G.; ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P. **Valoração dos recursos ambientais: metodologias e recomendações**. Campinas: IE/UNICAMP. n. 116, mar. 2004. Disponível em:
<<http://www.eco.unicamp.br/docprod/downarq.php?id=1833&tp=a>>.
Acesso em: abril de 2016.

MANKIW, N. G. **Introdução à economia**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

MARTINS, K. R. C. C. **Proposta metodológica para planejamento energético no desenvolvimento de áreas urbanas: o potencial da integração de estratégias e soluções em morfologia e mobilidade urbanas, edifícios, energia e meio ambiente: o caso da operação urbana Água Branca, no município de São Paulo**. 2010. 798 f. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo: FAUUSP, 2010.

MATTOS, L. B. R. **A importância do setor de transportes na emissão de gases do efeito estufa**: o caso do município do Rio de Janeiro. 2001. 222 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ: COPPE/UFRJ, 2001.

MCKINNON, A. et al. **Green logistics**: improving the environmental sustainability of logistics. London: Kogan Page, 2010.

MEDEIROS, G. Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis Plamus. In: **Seminário Mobilidade Urbana Sustentável**: práticas e tendências. Florianópolis: Logit Engenharia Consultiva, 2015.

MENDONÇA, A. C. **Desenvolvimento de um modelo de previsão de demanda de passageiros do transporte rodoviário interestadual utilizando regressão com efeitos espaciais locais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade de Brasília. Brasília, 2008.

Menezes, U. R. **Introdução ao planejamento de transportes urbano**. Recife, 1971.

MENON, A. et al. Antecedents and consequences of marketing strategy making: a model and a test. **Journal of Marketing**, v. 63, n. 2, p. 18-40, 1999. Disponível em:

<http://www.jstor.org/stable/1251943?seq=1#page_scan_tab_contents>

Acesso em: 18 fev. 2017.

MORLOK, E. K. **Introduction to transportation engineering and planning**. US: McGraw-Hill, 1978.

MUKAI, H; C. S. D. et al. Logística Urbana: a proposta brasileira. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 12., 2007, Belém, **Anais...** Belém, PA, 2007a.

NAPIERALA, H. Empresa virtual: Paradigma organizacional das empresas emergentes. **Ciências Sociais Aplicadas em Revista**, v. 8, n. 14, p. 112, 2008.

NATALI, R. M. T. et al. Perfil de internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes da cidade de São Paulo, 2000-2004. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 29, n. 4, p. 584-90, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rpp/v29n4/18.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2016.

NATIONAL ASSOCIATION OF CITY TRANSPORTATION OFFICIALS – NACTO. **Light Rail Transit Service Guidelines**. New York, NY, 2007.

NEIVA, A. **Notas de aula**. Universidade de São Paulo: Departamento de Engenharia Química, Conjunto das Químicas, 2014. Disponível em: <<http://sites.poli.usp.br/d/pqi2110/arquivos/apost-lab-qtg-2014.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2017.

NOVAES, A. G. et al. **Gerenciamento de transporte e frota**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**: estratégia, operação e avaliação. Rio de Janeiro, RJ: Editora Campus, 2004.

Ogden, K. W. **Urban goods movement**: a guide to policy and planning. Ashgate Publishing Limited, London, 1992.

OLIVEIRA, C. M. O. **Aprimorando a Sustentabilidade da Logística por meio da Gestão da Operação do Transporte de Carga**. Tese (Doutorado em Engenharia do Transporte) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2014.

OLIVEIRA, G. M.; SILVA, A. N. R. Desafios e perspectivas para avaliação e melhoria da mobilidade urbana sustentável: um estudo comparativo de municípios brasileiros. **Transportes**, v. 23, n. 1, p. 59-68, 2015.

ORTIZ, R. A. et al. Morbidity costs associated with ambient air pollution exposure in Sao Paulo, Brazil. **Atmospheric Pollution Research**, v. 2, n. 4, p. 520-9, 2011. Disponível em: <https://ac.els-cdn.com/S1309104215304797/1-s2.0-S1309104215304797-main.pdf?_tid=ef20ca28-db56-11e7-b854-

[0000aab0f02&acdnat=1512655388_6fe8c72b892328b89e6f4624e4eef5dd](https://doi.org/10.1016/j.elsevier.2003.10.001)>. Acesso em: 07 dez. 2017.

ORTIZ, R. A. Valoração econômica ambiental. In: MAY, P.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

ORTIZ, R. A.; MARKANDYA, A.; HUNT, A. Willingness to pay for mortality risk reduction associated with air pollution in São Paulo. **Revista Brasileira de Economia**, v. 63, n. 1, p. 3-22, 2009.

ORTÚZAR, J. D., WILLUMSEN, L. G. Modelling transport. Jonh Wiley Sons. England, 1994. PEARCE, D.W., 1993. **Economic Values and the Natural World**. London: Earthscan Publications: CSERGE, 1993. 129p.

PALMER, A. **The development of an integrated routing and carbon dioxide emissions model for goods vehicles**. [S. l.], 2007.

PETROBRÁS. **Combustíveis Marítimos**: manual técnico. [S. l.], 2013. Disponível em: <<http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/manual-tecnico-combustiveis-maritimos-assistencia-tecnica-petrobras.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2017.

PIRES, M. Estimativa dos coeficientes de emissão de carbono para o carvão mineral brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 10., 2004. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: UFRJ, 2004.

PORTOGENTE. **Transporte aquaviário**. [S. l.], 2016. Disponível em: <<http://portogente.com.br/portopedia/transporte-aquaviario-76574>>. Acesso em: 10 de junho de 2017.

QUIUMENTO, F. **Logística Verde**: Uma nova visão para a Logística com atividade humana integrada ao ambiente. [S. l.], 2011.

REIS, M. C. et al. **Projeto conceitual de embarcação solar para o transporte público de passageiros**. 2016. 99 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Engenharia Naval) – Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville. Joinville, 2016.

REN, J. **Studies on optimization of container loading and vehicle routing for green logistics.** (Tese) Kyoto University, 2012.

RIBEIRO, H. **Fossil fuel energy impacts on health. Encyclopedia of Life Support Systems.** [S. l.]: UNESCO, 2001.

RIBEIRO, H.; ASSUNÇÃO, J. V. Efeitos das queimadas na saúde humana. **Estudos avançados**, v. 16, n. 44, p. 125-148, 2002.

RIBEIRO, L. G. ; LEAL JUNIOR, I. C.; GUIMARAES, V. A. Análise comparativa de emissões atmosféricas em terminais de contêineres. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 29., 2015, Ouro Preto, MG. **Anais...** Ouro Preto, MG, 2015.

RIBEIRO, S. K.; KOBAYASHI, S. **Transport And Its Infrastructure. Fourth Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change. Report.** [S. l.], 2007.

RIBEIRO, S. K.; MATTOS, L. B. R. **A importância do setor de transporte rodoviário no aquecimento global: o caso da cidade do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 2000.

RODRIGUE, J. P.; SLACK, B.; COMTOIS, C. **The Geography Of Transport Systems: Green Logistics.** [S. l.], 2013.

ROGERS, R. **Cidades para um pequeno planeta.** Barcelona: Gustavo Gilli, 2001.

ROMEIRO, A. R.; MAIA, A. G. **Avaliação de custos e benefícios ambientais.** Brasília: Escola Nacional de Administração Pública. [S. l.], 2011.

ROSA, L. P.; RIBEIRO, S. K. The present, past, and future contributions to global warming of CO₂ emissions from fuels. **Climatic Change**, v. 48, n. 2-3, p. 289-307, 2001.

ROWLEY, J.; SLACK, F. Conducting a literature review. **Management Research News**. v. 27, n. 6, p. 31-9, 2004.

SALGADO, V. G. **Indicadores de ecoeficiência e o transporte de gás natural.** Rio de Janeiro: Interciência, 2007.

SAMPAIO, J. A. L. **Princípios de Direito Ambiental**. Belo Horizonte: Del Rey, 2003.

SAMPAIO, J. A. L.; THOMÉ, R. A vedação de retrocesso socioambiental e a sociedade de risco. In: ENCONTRO DE INTERNACIONALIZAÇÃO DO CONPEDI, 1., 201. **Anais...** Barcelona, Espanha, 2015.

SANTOS, A. S.; RIBEIRO, S. K. The role of transport indicators to the improvement of local governance in Rio de Janeiro City: A contribution for the debate on sustainable future. **Case Studies on Transport Policy**, v. 1, p. 01, 2015.

SANTOS, A. S.; RIBEIRO, S. K. The use of sustainability indicators in urban passenger transport during the decision-making process: the case of Rio de Janeiro, Brazil. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, n. 2, p. 251-60, 2013.

SANTOS, A. S.; RIBEIRO, S. K. The use of sustainability indicators in urban passenger transport during the decision-making process: the case of Rio de Janeiro, Brazil. **Current opinion in environmental sustainability**, v. 5, n. 2, p. 251-260, 2013.

SANTOS, J. L. C. **Estruturação de um modelo de avaliação multicritério para a seleção de medidas de gerenciamento da mobilidade voltadas aos pólos geradores de viagens**. 2008. 280 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, 2008.

SÃO JOSÉ (Cidade). **Prefeitura Municipal de São José**. 2016. Disponível em: <<http://www.pmsj.sc.gov.br>>. Acesso em: dez. 2016.

SÃO JOSÉ (Cidade). SECRETARIA DE SEGURANÇA, DEFESA SOCIAL E TRÂNSITO. **Pesquisa On Line de Transporte**. São José, SC, 2015.

SÃO JOSÉ (Cidade). SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO URBANO. **Leitura da cidade de São José – SC: tendências e potenciais: [projeto de revisão do Plano Diretor de São José/SC]**. Florianópolis, 2004.

SÃO PAULO (Estado). **Dados do site do metrô de São Paulo**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.metro.sp.gov.br>>. Acesso em: 18 jul. 2017.

SARKIS, J., MEADE, L. M.; TALLURI, S. E-logistics and the natural environment. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 9, n. 4 p. 303-12, 2004.

SARKIS, J.; GONZALEZ-TORRE, P.; ADENSO-DIAZ, B. Stakeholder pressure and the adoption of environmental practices: The mediating effect of training. **Journal of Operations Management**, v. 28, n. 2, p. 163-176, 2010.

SARKIS, J.; ZHU, Q.; LAI, K. An organizational theoretic review of green supply chain management literature. **Int. J. Production Economics**, v. 130, p. 1–15, 2011.

SATHAYE et al. **The Environmental Impacts Of Logistics Systems And Options For Mitigation**. Working Paper, 2006.

SCOTT, C.; URQUHART, N.; HART, E. Influence of topology and payload on CO₂ optimised vehicle routing. In: CHIO, C. et al. **Applications of Evolutionary Computation**. Berlin: Springer, 2010. p. 141-50.

SEABRA, L. O.; TACO, P. W. G.; DOMINGUEZ, E. M. Sustentabilidade em transportes: do conceito às políticas públicas de mobilidade urbana. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, 2013.

SHAN, L. Research On Green Logistics Service Providers Selection Based On Intuitionistic Language Fuzzy Entropy. **Journal Of Computers**, 2012.

SILVA, P. R. Transporte Marítimo de Petróleo e Derivados na costa Brasileira: Estrutura e Implicações Ambientais. Tese (Doutorado). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

SILVA, R. P.; BRACARENSE, L. S. F. P. Impacto do tráfego de caminhões em meio urbano: o caso de Palmas. In: CONGRESSO DE ENSINO E PESQUISA EM TRANSPORTES, 29., Ouro Preto, **Anais...** Ouro Preto: ANPET, 2015.

- SILVA, S. R. et al. **Operação inverno 2002**: qualidade do ar. São Paulo, SP: CETESB, 2002.
- SILVEIRA, V. C.; CIRINO, J. F.; PRADO FILHO, J. F. Valoração econômica da Área de Proteção Ambiental estadual da Cachoeira das Andorinhas – MG. **Revista Árvore**, v. 37, n. 2, p. 257-66, 2013.
- SIMÃO, L. E.; GONÇALVES, M. B.; RODRIGUEZ, C. M. T. An approach to assess logistics and ecological supply chain performance using postponement strategies. **Ecological Indicators**, v. 63, p. 398-408, 2016.
- SONG, M. et al. A simulation-based approach for sustainable transportation systems evaluation and optimization: theory, systematic framework and applications. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 96, p. 2274-86, 2013.
- SOUSA, M. C. S. **Bens Públicos e Externalidades**. IEMonit: Brasília, 2011.
- SOUZA, C. D. R.; D'AGOSTO, M. A. Modelo de quatro etapas aplicado ao planejamento de transporte de carga. **Journal of Transport Literature**, v. 7, n. 2, p. 207-34, 2012.
- STANLEY, J. K.; HENSHER, D. A.; LOADER, C. Road transport and climate change: stepping off the greenhouse gas. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 45, n. 10, p. 1020-30, 2011.
- STEENHOF, P.; WOUDSMA, C.; SPARLING, E. Greenhouse gas emissions and the surface transport of freight in Canada. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 11, n. 5, p. 369-76, 2006.
- STEINEBACH, G.; GUHATHAKURTA, S.; HAGEN, H. **Visualizing sustainable planning**. Berlin: Springer, 2009.
- SUDALAIMUTHU, S.; RAJ, S. Anthony. **Logistics Management for International Business: Text and Cases**. PHI Learning Pvt. Ltd., 2009.
- TANIGUCHI, E. et al. **City logistics: network modelling and intelligent transport systems**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001.

TANIGUCHI, E. **Underground freight transport systems as city logistics measures**. The 3rd International Symposium on Underground Freight Transportation by Capsule Pipelines and Others Tube/Tunnel Systems: Ruhr- Universität Bochum, 19-20 setembro 2002.

TANIGUCHI, E., THOMPSON, R. G.; YAMADA, T. Modelling city logistics. In: TANIGUCHI, E., THOMPSON, R. G. **City logistics I**. Kyoto: Institute of Systems Science Research, p.3-37, 1999.

TAO, J. **Researches On Establishment Model Of Green Logistics System**. International Conference On Logistics Engineering And Supply Chain, 2008.

THE NATIONAL ACADEMIES. Transportation Research Board: 2008 Annual Report. Washington, [2008?].

THOMÉ, R. **Manual de Direito Ambiental**. Salvador: Juspodivm, 2015.

TORRES, Carolina Adélia Liberato; FERRARESI, Gabriela Nenna. **Logística reversa de produtos eletroeletrônicos**. Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade, v. 5, n. 2, 2015.

TOURIST LINK. **Istambul**. [S. l.], 2017. Disponível em: <<http://www.touristlink.com.br/Turquia/istambul-haydarpasaterminal/overview.html>>. Acesso em: 25 jun. 2017.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British journal of management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.

UHEREK, E. et al. Transport impacts on atmosphere and climate: Land transport. **Atmospheric Environment**, v. 44, n. 37, p. 4772-4816, 2010.

UNITED NATIONS. **World Population Prospects: The 2015 Revision**. New York, NY: Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2015 Disponível em: <<http://esa.un.org/unpd/wpp/Download/Standard/Population/>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

UOL ULTIMAS NOTÍCIAS. **Especial Trânsito**. [S. l.], 2008.

Disponível em:

<<https://noticias.uol.com.br/ultnot/especial/2008/transito/2008/04/25/ult5848u14.jhtm>>. Acesso em: 25 nov. 2017.

VAN WOENSEL, T.; CRETEN, R.; VANDAELE, N. Managing the environmental externalities of traffic logistics: The issue of emissions. **Production and Operations Management**, v. 10, n. 2, p. 207-223, 2001.

VASCONCELLOS, E. A. **Transporte urbano nos países em desenvolvimento**: reflexões e propostas. Annablume, 2000.

VASCONCELLOS, E. A. **Transporte urbano, espaço e equidade**: análise das políticas públicas. Annablume, 2001.

VASCONCELLOS, E. A. **Urban Transport Environment and Equity**: The case for developing countries. Routledge, 2014.

VASCONCELLOS, E. A.; CARVALHO, C. H. R.; PEREIRA, R. H. M. **Transporte e mobilidade urbana**. Brasília: Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe, 2011.

VENTURA, T. S. **Procedimento metodológico para estimativa de demanda transferida em sistemas de transporte ferroviário de passageiros com característica semiurbana**: estudo de caso do trecho Florianópolis (SC)-Itajaí (SC). 238 f. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, SC, 2012.

VIEIRA, F. R.; BARBOSA, C. J. O método de valoração contingente (MAC): uma abordagem teórica. **Revista Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v. 8, n. 15, p. 2492-510, 2012.

VYAS, A. D.; PATEL, D. M.; BERTRAM, K. M. **Potential for Energy Efficiency Improvement Beyond the Light-Duty-Vehicle Sector**. Transportation Energy Futures Series. Argonne, IL. Disponível em: <<https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/55637.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2017.

WILLUMSEN, L. G. et al. **Modelling transport**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

WINTERGREEN, J.; DELANEY, T. ISO 14064, international standard for GHG emissions inventories and verification. In: ANNUAL INTERNATIONAL EMISSIONS INVENTORY CONFERENCE, 16., 2002. **Anais...** Raleigh, NC, 2007.

WMO/UNEP. **Climate Change**. The IPCC Response. World Meteorological Organization and United Nation Environmental Program. Luizane, Suíça, 2009.

XIA, Y.; WANG, B. **Green Logistics In Logistics Industry In Finland. Case: Inex Partners Oy and Suomen Kaukokiito Oy**. 2013. Thesis (Bachelor's) - Lahti University of Applied Sciences, 2013.

YANG, J., et al. Low-carbon city logistics distribution network design with resource deployment. **Journal of Cleaner Production**, pp.1-6 .2013.

ZHANG, Y.; LIU, J. The Establishment Of Green Logistics System Model. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT SCIENCE AND ENGINEERING, 2009. **Proceedings...** Moscow, 2009.

ZHANG, Z. X.; BARANZINI, A. What do we know about carbon taxes? An inquiry into their impacts on competitiveness and distribution of income. **Energy policy**, v. 32, n. 4, p. 507-518, 2004.

APÊNDICE A - CÁLCULO DAS CONSTANTES “E” E “P”

1. Cálculo da constante de conversão “e”

A constante “e” é utilizada para converter a energia consumida no sistema de transporte considerado, de TJ (Tera Joule) para litros de combustível (*l*). Ela será obtida através da Equação 21 já apresentada no Capítulo 2 pela Equação 1.

O cálculo da constante será feito atribuindo-se o valor unitário para o consumo de energia (CC). Assim, tem-se:

$$CC = CA \times F_{conv} \times F_{corr} \quad 21$$

Em que:

CC = Consumo de energia (TJ) = 1 TJ, em que 1 tep = 41,87 E10³ TJ

CA = consumo aparente do combustível em litros de combustível (*l*)

Fconv = fator de conversão (tep/unidade física) = 0,848.

Para obter-se o consumo aparente de combustível (CA) em sua unidade original de consumo (*l*, m³, t, etc), utiliza-se o fator de conversão (Fconv) (Tabela 4). No caso do óleo diesel, Fconv = 0,848 tep/*l*;

Fcorr = fator de correção = 0,95 (de PCS para PCI).

A diferença entre poder calorífico superior (PCS) e inferior (PCI) está associada à presença de água nos combustíveis, o que está relacionado à presença de hidrogênio nesse, mas também à presença de umidade. É dito superior quando se recupera o calor de condensação da água, e inferior quando toda a água contida no combustível, e formada na combustão, se encontrará no estado de vapor.

Assim:

$$CA = \frac{CC}{F_{conv} \times 41,87 \times 10^{-3} \times F_{corr}} \quad 22$$

$$CA = 29,6468 \text{ l} \quad 23$$

A constante “e” é então definida pela Equação 24 a seguir:

$$e = 29,6468 \left(\frac{l}{TJ}\right) \quad 24$$

2. Cálculo da constante de conversão “p”

A constante “p” é utilizada para converter a massa de emissões de CO₂ do sistema de transporte considerado (GgCO₂) em litros de combustível. Ela será obtida aplicando-se, respectivamente, a Equação 7 e Equação 1 já apresentada no Capítulo 2.

De maneira simplificada, representam-se essas equações e os resultados para cada etapa do cálculo.

Primeiramente é necessário transformar as emissões reais de dióxido de carbono (GgCO₂) em emissões de Carbono (GgC):

$$ERCO_2 = ERC \times \frac{44}{12} \quad 25$$

Em que:

ERCO₂ = emissões reais de dióxido de carbono CO₂ (GgCO₂);

ERC = emissões reais de carbono (GgC);

1GgCO₂ = $\frac{44}{12}$ (GgC);

1 GgC = 1 x 10⁹ gC

$$ERC = 2,73 \times 10^{-10} GgC = 0,2727 gC \quad 26$$

As emissões reais de carbono (ERC) devem ser convertidas em emissões reais líquidas de Carbono (ELC)

$$ERC = ELC \times FCO \quad 27$$

Em que:

ELC = emissões reais líquidas de carbono (GgC líquido);

FCO = fração de carbono oxidada = 0,99 (Tabela 7)

$$ELC = 2,7510^{-10} GgC = 0,2755 gC \quad 28$$

Seguidamente, calcula-se o conteúdo de carbono (QC):

$$ELC = QC - QCF \quad 29$$

Em que:

QC = conteúdo de carbono

QCF = conteúdo de carbono fixado

Sabendo que o conteúdo de carbono QC é igual a ELC, somada a quantidade de carbono fixada, e que para combustíveis energéticos a fração de carbono fixada (FCFix) é nula, como já demonstrado na Tabela 6, tem-se $FCFix = 0$. Dessa forma:

$$QCF = QC \times FCFix = 0 \quad 30$$

$$ELC = QC \text{ GgC} \quad 31$$

Da mesma forma que os energéticos, os combustíveis possuem diferentes quantidades de carbono em sua composição, sendo essas específicas para cada tipo de combustível. Assim, faz-se necessário a transformação do conteúdo de carbono de cada combustível (QC), em seu consumo aparente de carbono (CA) mediante a relação com o fator de emissão (Femiss) específico do combustível. Cada combustível tem um valor específico para o Femiss, como já demonstrado na Tabela 5, assim:

$$QC = CA \times Femiss \times 10^3 \quad 32$$

Em que:

CA = conteúdo aparente de carbono (TJ);

Femiss = fator de emissão (tC/TJ) = 20,2 e;

1 GgC = 1000 tC

$$CA = 1,36 \times 10^{-8} (TJ) \quad 33$$

Sabendo que 1 TJ = 23,883 tep

$$CA = 3,26 \times 10^{-7} (tep) \quad 34$$

Para obter o consumo aparente de combustível (CA) em sua unidade original de consumo, neste caso, litros, utiliza-se o fator de conversão (Fconv) (Tabela 4)

$$CA = 3,26 \times 10^{-7} \times Fconv \left(\frac{l}{tep} \right) = 2,76 \times 10^{-7} (l) \quad 35$$

Em que:

F_{conv} = fator de conversão = 0,848

Por último, calcula-se o consumo de combustível (CC), equivalente a $1gCO_2$:

$$CC = CA \times F_{corr} = 2,62 \times 10^{-7} (l) \quad 36$$

Em que:

F_{corr} = 0,95 (IPCC,2006)

Dessa forma, defina a constante “p” como sendo:

$$p = 2,62 \times 10^{-7} \left(\frac{l}{gCO_2}\right) \quad 37$$

APÊNDICE B - ATA DE REUNIÃO PMSJ

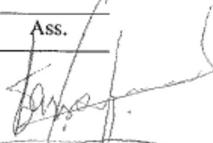
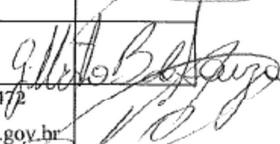
1 ANEXO 1

1.1 Reunião Inicial PMSJ – Apresentação

Local: Prefeitura Municipal de São José - SC

Data: 17/03/2017

Participantes:

Nome	Entidade	Função	Contato	Ass.
Shadia Assaf Bortolazzo	UFSC	Aluna Pós-graduação PPGTG	048 – 99165 6313 sha_assaf@yahoo.com.br	
Andrea Pacheco	Prefeitura	Secretária de Segurança, Defesa Social e Trânsito	048 – 3381 7472 andrea@ssp.sc.gov.br	
Gilberto	Prefeitura	Analista		
Cel. Vânio Luiz Dalmarco	Prefeitura	Secretário adjunto	048 – 3381 7472 dalmarco@ssp.sc.gov.br	

Pauta:

Apresentação do Escopo do Trabalho de Pesquisa e Aplicação da Metodologia

Tópicos da Pesquisa	Discussão/ Informações da PMSJ
1	<p>O atual sistema de transporte coletivo de São José é regido pela lei vigente do Plano Diretor de São José de 1985.</p> <p>O sistema é composto por 15 linhas e 33 veículos operados por 4 empresas privadas (Jotur, Estrela, Biguaçu e Santa Terezinha).</p> <p>Dados de 2014:</p> <p>Passageiros transportados 204.750 pas/mês</p> <p>Estudantes 7.269 pas/mês</p> <p>Quilometragem 169.249 km/mês</p> <p>Frota total —33 veículos</p> <p>Idade média da frota atual: 10,7 anos</p> <p>IPK —1,17.</p>
2	<p>O Plano diretor vigente foi homologado em 1985. Em 2004, a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) chegou a elaborar uma proposta de revisão do Plano, a qual não evoluiu.</p> <p>Desde setembro de 2014, o Novo Plano Diretor Participativo de São José vem sendo desenvolvido e melhorado com a participação popular. A versão preliminar foi apresentada à população em quatro audiências públicas. O processo de reelaboração do Plano incluiu uma série de encontros comunitários para garantir a participação da sociedade. Foram 36 reuniões em 11 regiões da cidade.</p> <p>Os estudos estão em fase final. Em 2017 as reuniões retomaram em 16 de março, e continuarão em 23 e 30 de março; 6, 20 e 27 de abril; 4, 11, 18 e 25 de maio; e 1º, 8, 22 e 29 de junho, às 19h, no Centro de Atenção à Terceira Idade (CATI), na Avenida Beira-Mar de São José. As sessões da Conferência Final são abertas ao público, mas para participar da deliberação, com direito a voz e voto, somente delegados, que foram escolhidos ao longo do processo para representar a sociedade.</p> <p>Entre as readequações que foram incorporadas na revisão do Plano estão os assuntos relacionados ao Novo Código Florestal (Lei 1.265/2012), a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei 12608/2012), a Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei nº 12587/2012), a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12305/2010), entre outras leis, que entraram em vigor no período corrente.</p>

Pauta:

Apresentação do Escopo do Trabalho de Pesquisa e Aplicação da Metodologia

Tópicos da Pesquisa		Discussão/ Informações da PMSJ
3	A questão da eficiência energética no sistema de transporte de São José	O sistema de transporte coletivo de São José opera através do modo rodoviário por ônibus. A questão da eficiência energética dos veículos ainda é desconhecida. Foi solicitado e considerado relevante o cálculo dessa eficiência para subsidiar futuras ações, inclusive no Novo Plano Participativo de transporte.
4	O entendimento de sustentabilidade em transporte	Apresentado o conceito de transporte sustentável, a relevância em considerar indicadores de sustentabilidade em transportes. A expectativa em poder quantificar os custos com a poluição em transporte.
5	O entendimento dos custos indiretos do transporte (emissão de CO ₂ e consumo de energia)	Foi explicado sobre a relevância em quantificar as emissões de poluentes em transportes, tanto no que tange ao consumo de combustíveis fósseis, quanto às causas e custos indiretos como para saúde pública, por exemplo. Foi enfatizado a importância em quantificar as emissões dos veículos coletivos atualmente operantes em São José, servindo como condicionantes para pré-requisitos a serem exigidos em futuras licitações em transporte.
6	Apresentação da metodologia de aplicação do MPTS-URB em São José.	Foi explicado como serão as etapas da aplicação, quais seriam os envolvidos principais, como será feita a escolha da amostra (itinerário - OD para aplicação do método), como serão apresentados os resultados.
7	Definição de equipe envolvida (PMSJ)	Definido que a equipe será composta por gestores da prefeitura, empresários do transporte coletivo de São José e técnicos envolvidos no projeto do Novo Plano Diretor participativo de São José.
8		

**APÊNDICE C - MAPA DA REDE ATUAL DE TRANSPORTE
COLETIVO MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ**



MAPA GERAL: REDE DE TRANSPORTE COLETIVO DE SÃO JOSÉ (SITUAÇÃO ATUAL)

Dados Cartográficos

- Município de São José
- Limite Municipal

- Legenda**
- TICEN
 - Pontos de Paradas de Ônibus
 - Linhas Intermunicipais São José-Florianópolis
 - Limite dos Bairros
 - Itinerários dos Ônibus Municipais (Extensão linha)
 - Avenida das Torres - Partida Barro (9,30 km)
 - Avenida das Torres - Partida Kobrasol (10,12 km)
 - Barreiros/Sede - Partida Barreiros (14,20 km)
 - Barreiros/Sede - Partida Sede (14,53 km)
 - Cruzeiro Barreiros - Partida José Nitro (9,53 km)
 - Cruzeiro Barreiros - Partida Praia Comprida (14,93 km)
 - Direto - Ida (14,35 km)
 - Direto - Volta (15,21 km)
 - Forquilhas/Kobrasol - Ida (20,81 km)
 - Forquilhas/Kobrasol - Volta (20,69 km)
 - Forquilhas/São José - Partida Forquilhas (30,26 km)
 - Jardim Pinheiros/Kobrasol - Partida Jardim Pinheiros (8,53 km)
 - Jardim Pinheiros/Kobrasol - Partida Kobrasol (8,75 km)
 - Kobrasol/Área Industrial - Partida Kobrasol (8,18 km)
 - Kobrasol/Área Industrial - Partida Área Industrial (11,92 km)
 - Poleças/Kobrasol - Ida (16,95 km)
 - Poleças/Kobrasol - Volta (16,79 km)
 - Santana/Kobrasol - Partida Kobrasol (16,52 km)
 - Santana/Kobrasol - Partida Santana (16,24 km)
 - Serraria/Forquilha - Partida Forquilha (29,00 km)
 - Serraria/Forquilha - Partida Serraria (29,43 km)
 - Vila Formosa/Kobrasol - Ida (14,97 km)
 - Vila Formosa/Kobrasol - Volta (14,79 km)



Projeção Universal Transversa de Mercator
 ESCALA 1:55.000
 0 250 500 1.000 1.500
 Metros

Meridiano Central: 51° W GR
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000
 Datum Vertical: Marégrafo de Imbituba/SC
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano Central, arredondadas as constantes 10.000 Km e 500 Km respectivamente.

Fonte:
 Limite Municipal: IBGE 2015.
 Plano Diretor Participativo da PMSJ 2014.
 Dados atualizados Maio/2017 - Prefeitura municipal de São José. Dados retrados de Planus (2015).
 Data base 2014.

**APÊNDICE D - MAPA DOS CORREDORES DE APLICAÇÃO
DO MPTS-URB**



MAPA DA AMOSTRA: REDE DE APLICAÇÃO DO MPTS-URB PARA O TRANSPORTE COLETIVO DE SÃO JOSÉ (SITUAÇÃO ATUAL PARA ANÁLISE)

Dados Cartográficos

- Município de São José
- Limite Municipal

Legenda

- TICEN
- Limite dos Bairros
- Zonas de Maior Atratividade
 - 4
 - 5
 - 7
- Itinerários dos Ônibus
 - Kobrasol/Área Industrial
 - Barreiros/Sede - Ida
 - Barreiros/Sede - Volta
 - Diretão - Ida
 - Diretão - Volta
 - Ipiranga/Florianópolis/Continente
 - Ipiranga/Florianópolis
 - Bela Vista/Florianópolis
 - Ponta de Baixo/Florianópolis

Localização no Estado

Localização no Município

Projeção Universal Transversa de Mercator
 ESCALA 1:55.000
 0 250 500 1.000 1.500
 Metros

Meridiano Central: 51° W GR
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000
 Datum Vertical: Marégrafo de Imbituba/SC
 Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano Central, acessadas a constantes 10.000 Km e 500 Km respectivamente.
 Fonte: Limite Municipal, IBGE 2015.
 Plano Diretor Participativo da PMSJ 2014.
 Dados atualizados Maio/2017 - Prefeitura municipal de São José. Dados retratados de Planus (2015).
 Data base 2014.

Universidade Federal de Santa Catarina
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial

MAPA DA AMOSTRA: REDE DE APLICAÇÃO DO MPTS-URB PARA O TRANSPORTE COLETIVO DE SÃO JOSÉ (SITUAÇÃO ATUAL PARA ANÁLISE)
 Julho/2017 | Plancha Única

Este mapa é parte integrante da dissertação de Shadia Silveira Assaf Bortolazzo, intitulada: Contribuição Metodológica para Planejamento de Transporte Urbano de Passageiros. Uma Proposta Sob a ótica de Sustentabilidade Ambiental, 2017.

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO ON LINE

Questionário 1 - Mobilidade Urbana Sustentável Florianópolis e Região Metropolitana

1) Com relação ao tema “Planejamento e Controle do Sistema de Transportes” e sob o ponto de vista do transporte de passageiros atual no município de São José – SC, você considera:

Q1. O planejamento de forma integrada entre o município, Florianópolis e a Região Metropolitana

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	8,33%	1	91,67%	11	12	2,92	
									12	Responderam
									0	Ignoraram

Q2. A divisão entre os modos de transporte (ônibus, trens ou VLT, balsas ou catamarãs, bicicletas compartilhadas) para o atendimento da demanda

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	8,33%	1	25,00%	3	66,67%	8	12	2,58	
									12	Responderam
									0	Ignoraram

Q3. A continuidade das ações ao longo de diferentes gestões (governos).

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	8,33%	1	91,67%	11	12	2,92	
									12	Responderam
									0	Ignoraram

Q4. O acompanhamento/ atualização dos planos e contratos de acordo com taxas de crescimento populacional.

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	25,00%	3	75,00%	9	12	2,75	
									12	Responderam
									0	Ignoraram

Q5. A capacitação e treinamento dos colaboradores envolvidos (servidores públicos e privados)

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	100,00%	12	12	3	
									12	Responderam
									0	Ignoraram

Q6. A integração entre os diferentes setores da gestão pública

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	16,67%	2	83,33%	10	12	2,83	
									12	Responderam
									0	Ignoraram

Q7. O atendimento às Normas de Qualidade ISO e Normas Ambientais

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	50,00%	6	50,00%	6	12	2,5	
									12	Responderam
									0	Ignoraram

Questionário 1 - Mobilidade Urbana Sustentável Florianópolis e Região Metropolitana

2) Com relação ao tema "Modos de Transporte" e sob o ponto de vista dos modos não motorizados de transporte de passageiros atual no município de São José – SC, você considera:

Q8. A prioridade aos pedestres e ciclistas em relação aos outros modos de transporte

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	18,18%	2	9,09%	1	72,73%	8	11	2,55	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Q9. O controle de acidentes envolvendo ciclistas

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	9,09%	1	18,18%	2	72,73%	8	11	2,64	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Q10. A priorização da Norma de acessibilidade NBR 9050

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	9,09%	1	36,36%	4	54,55%	6	11	2,45	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Q11. Taxa de bicicleta por habitante

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	45,45%	5	27,27%	3	27,27%	3	11	1,82	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Q12. Veículos do transporte coletivo adaptados para deficientes

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	9,09%	1	27,27%	3	63,64%	7	11	2,55	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Q13. Investimento em sinalização incluindo pedestres, deficientes e ciclistas

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	36,36%	4	63,64%	7	11	2,64	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Q14. Investimento em mobiliário urbano (bicicletários, câmeras de vigilância, áreas de descanso)

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	9,09%	1	45,45%	5	45,45%	5	11	2,36	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Q15. Investimento em infraestrutura (calçadas, ciclovias, ciclofaixas, áreas sombreadas)

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	9,09%	1	9,09%	1	81,82%	9	11	2,73	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Questionário 1 - Mobilidade Urbana Sustentável Florianópolis e Região Metropolitana

3) Com relação ao tema “Qualidade do Serviço, Saúde e Meio Ambiente” e sob o ponto de vista do transporte de passageiros atual no município de São José – SC, você considera:

Q16. Pesquisa de satisfação do usuário

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	54,55%	6	45,45%	5	11	2,45	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Q17. Qualidade do ar

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	9,09%	1	36,36%	4	54,55%	6	11	2,45	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Q18. Índice de áreas verdes

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	54,55%	6	45,45%	5	11	2,45	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Q19. Nível de ruído

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	9,09%	1	54,55%	6	36,36%	4	11	2,27	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Q20. Extensão de percursos

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	54,55%	6	45,45%	5	11	2,45	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Q21. Tipo de combustível

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	9,09%	1	54,55%	6	36,36%	4	11	2,27	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Q22. Diversidade nos modos de transporte

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	36,36%	4	63,64%	7	11	2,64	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Q23. Índice de emissão de poluentes (CO2)

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	9,09%	1	36,36%	4	54,55%	6	11	2,45	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Q24. Consumo de combustível

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	45,45%	5	54,55%	6	11	2,55	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Q25. Investimento em tecnologia dos veículos coletivos

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	36,36%	4	63,64%	7	11	2,64	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Questionário 1 - Mobilidade Urbana Sustentável Florianópolis e Região Metropolitana

Q26. Renovação e qualidade da frota

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	27,27%	3	72,73%	8	11	2,73	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Q27. A capacitação e treinamento dos colaboradores envolvidos no transporte

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	27,27%	3	72,73%	8	11	2,73	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Q28. A integração entre os diferentes setores da gestão pública

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	9,09%	1	90,91%	10	11	2,91	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

Q29. O atendimento às Normas de Qualidade ISO e Normas Ambientais

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	45,45%	5	54,55%	6	11	2,55	
									11	Responderam
									1	Ignoraram

4) Com relação ao tema "Qualidade do Serviço e Infraestrutura" e sob o ponto de vista do transporte de passageiros atual no município de São José – SC, você considera:

Q30. Acompanhamento da demanda e usuários atendidos

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	20,00%	2	80,00%	8	10	2,8	
									10	Responderam
									2	Ignoraram

Q31. Extensão de vias pavimentadas

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	60,00%	6	40,00%	4	10	2,4	
									10	Responderam
									2	Ignoraram

Q32. Índice de passageiros por quilômetro (pass/km)

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	10,00%	1	50,00%	5	40,00%	4	10	2,3	
									10	Responderam
									2	Ignoraram

Q33. Nível de serviço (tempo de deslocamento entre a origem e o destino)

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	10,00%	1	90,00%	9	10	2,9	
									10	Responderam
									2	Ignoraram

Q34. Número de acidentes

não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Total	Méd.Ponderada					
0,00%	0	0,00%	0	50,00%	5	50,00%	5	10	2,5	
									10	Responderam
									2	Ignoraram

**ANEXO A – CARACTERÍSTICA DA FROTA OPERANTE EM
SÃO JOSÉ (2017)**

REGISTRO	EMPRESA CONCESSIONÁRIA	PLACA	RENAVAN	DEFICIENTE	ANO/MODELO/CARROCERIA/ MARCA/ MODELO/C	POTENCIA	LOTAÇÃO			
1	2001	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MEE 2975	974003034	Não	2008/2008	M.Benz/Marcopolo Torino U	177 CV	45	32
2	2002	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MED 4275	974188018	Não	2008/2008	M.Benz/Marcopolo Torino U	177 CV	45	32
3	2003	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MEE 2885	974191701	Não	2008/2008	M.Benz/Marcopolo Torino U	177 CV	45	32
4	2004	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MEE 4265	974184047	Não	2008/2008	M.Benz/Marcopolo Torino U	177 CV	45	32
5	2005	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MEK 1865	975882210	Sim	2008/2008	M.Benz/Marcopolo Torino U	177 CV	37	40
6	2006	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MBS 5691	753906694	Não	2000/2000	M.Benz/Marcopolo Torino GUV	211 CV	45	32
7	2015	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MBS 5641	753905078	Sim	2000/2000	M.Benz/Marcopolo Torino GUV	211 CV	45	32
8	2016	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MBS 5621	753909462	Sim	2000/2000	M.Benz/Marcopolo Torino GUV	211 CV	45	32
9	2020	Transporte Coletivo Estrela Ltda	LZE 3518	685747514	Não	1997/1997	Scania/F113 HI. (articulado)	220 CV	51	61
10	2028	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MAO 871	713730102	Não	1998/1999	M.Benz/Marcopolo Torino GUV	211 CV	45	32
11	2029	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MAO 881	713731389	Sim	1998/1999	M.Benz/Marcopolo Torino GUV	211 CV	37	40
12	2030	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MAO 1051	713734973	Sim	1998/1999	M.Benz/Marcopolo Torino GUV	211 CV	37	40
13	2031	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MAO 1241	713736887	Sim	1998/1999	M.Benz/Marcopolo Torino GUV	211 CV	37	40
14	2032	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MAO 1341	713738014	Sim	1998/1999	M.Benz/Marcopolo Torino GUV	211 CV	37	40
15	2033	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MBT 7746	768285941	Sim	2001/2002	VW/Marcopolo Viale U	206 CV	48	42
16	2034	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MBT 7676	767965760	Sim	2001/2002	VW/Marcopolo Viale U	206 CV	48	42
17	2035	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MBT 7686	768282705	Sim	2001/2002	VW/Marcopolo Viale U	206 CV	48	42
18	1016	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MDW 5062	806017570	Não	2002/2002	VW/Marcopolo Viale U	240 CV	47	-
19	1017	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MDW 5074	806018798	Não	2002/2002	VW/Marcopolo Viale U (executivo)	240 CV	50	-
20	1019	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MEY 7364	967146640	Não	2008/2008	VW/Marcopolo Volare W9 ON	150 CV	31	-
21	1020	Transporte Coletivo Estrela Ltda	MEZ 6284	974003760	Não	2008/2008	VW/Marcopolo Volare W9 ON	150 CV	31	-
22	352	Biguaçu Transp. Col., Admin. e Part. Ltda	MBJ 8952	736573488	-	2000/2000	VW/Marcopolo Torino GVU	206CV	44	34
23	365	Biguaçu Transp. Col., Admin. e Part. Ltda	MBK 4131	751911763	-	2001/2001	VW/Busscar Urbavuss U	206CV	43	35
24	391	Biguaçu Transp. Col., Admin. e Part. Ltda	MBR 5194	788025490	-	2002/2002	VW/Marcopolo Viale U	206CV	45	45
25	443	Biguaçu Transp. Col., Admin. e Part. Ltda	MHC 8752	915346729	Não	2007/2007	M.Benz/Busscar Ecosss U	177CV	41	34
26	453	Biguaçu Transp. Col., Admin. e Part. Ltda	MHB 2132	914690701	-	2007/2007	M.Benz/Induscar Apache A	177CV	41	29
27	456	Biguaçu Transp. Col., Admin. e Part. Ltda	MHB 1852	914686470	-	2007/2007	M.Benz/Induscar Apache A	177CV	41	29
28	459	Biguaçu Transp. Col., Admin. e Part. Ltda	MHB 2242	914630741	-	2007/2007	M.Benz/Induscar Apache A	177CV	41	29
29	463	Biguaçu Transp. Col., Admin. e Part. Ltda	MHA 8582	914627830	-	2007/2007	M.Benz/Induscar Apache A	177CV	41	29
30	469	Biguaçu Transp. Col., Admin. e Part. Ltda	MEH 6585	975273183	-	2008/2008	VW/Marcopolo Viale U	185CV	30	47
31	470	Biguaçu Transp. Col., Admin. e Part. Ltda	MHI 2745	978332309	-	2008/2008	VW/Marcopolo Viale U	185CV	38	27
32	482	Biguaçu Transp. Col., Admin. e Part. Ltda	MHY 9819	259783919	-	2010/2010	M.Benz/Induscar Apache A	225CV	38	44
33	490	Biguaçu Transp. Col., Admin. e Part. Ltda	MHZ 579	259792705	-	2010/2010	M.Benz/Induscar Apache A	225CV	38	44
34	494	Biguaçu Transp. Col., Admin. e Part. Ltda	MII 3791	283291079	-	2010/2011	VW/Marcopolo Torino U	218CV	38	48
35	999	Biguaçu Transp. Col., Admin. e Part. Ltda	MCD 7423	808735144	Não	2003/2003	VW/Marcopolo Senior. GVO	145CV	28	-
36	1000	Biguaçu Transp. Col., Admin. e Part. Ltda	MCD 7373	808652630	Não	2003/2003	VW/Marcopolo Senior GV O	145CV	28	-
37	445	Rod. Santa Terezinha Ag. de Viag. e Tur. Ltda	MAW 1782	718638417	Não	1999/1999	Scania/Marcopolo Torino GV U	220CV	55	45
38	454	Rod. Santa Terezinha Ag. de Viag. e Tur. Ltda	MBI 5532	735889210	Não	1998/1999	Scania/F94 Neobus FVO ST	220CV	45	45
39	4302	Rod. Santa Terezinha Ag. de Viag. e Tur. Ltda	MBT 4212	755687558	Não	2001/2001	Scania/Marcopolo Torino GV U	220CV	54	54
40	1219	Jotur Auto ônibus e Turismo Palthocense Ltda	MHA 3020	820116360	Não	2003/2003	M.Benz/Comil Svelto U	170CV	41	31

REGISTRO	EMPRESA CONCESSIONÁRIA	PLACA	RENAVAN	DEFICIENTE	ANO/MODELO	CARROCERIA/ MARCA/ MODELO	POTENCIA	LOTACÃO
41	1221 Jotur Auto Ônibus e Turismo Palthocense Ltda	MHA 3050	820116521	Não	2003/2003	M.Benz/Comil Svelto U	170CV	41 31
42	1281 Jotur Auto Ônibus e Turismo Palthocense Ltda	MEZ 2284	973946806	Não	2008/2008	VW/Mascarello Gran Midi EOD O	185CV	35 31
43	1282 Jotur Auto Ônibus e Turismo Palthocense Ltda	MEZ 2304	973946768	Não	2008/2008	VW/Mascarello Gran Midi EOD O	185CV	35 31
44	1283 Jotur Auto Ônibus e Turismo Palthocense Ltda	MEZ 2174	973946245	Não	2008/2008	VW/Mascarello Gran Midi EOD O	185CV	35 31
45	1284 Jotur Auto Ônibus e Turismo Palthocense Ltda	MEZ 2314	973946890	Não	2008/2008	VW/Mascarello Gran Midi EOD O	185CV	35 31
46	1285 Jotur Auto Ônibus e Turismo Palthocense Ltda	MEZ 2404	973946938	Sim	2008/2008	VW/Mascarello Gran Midi EOD O	185CV	33 31
47	1292 Jotur Auto Ônibus e Turismo Palthocense Ltda	MIK 6487	234394595	Sim	2010/2010	VW/Mascarello Gran Midi EOD O	185CV	29 36
48	1293 Jotur Auto Ônibus e Turismo Palthocense Ltda	MIK 6377	234395893	Sim	2010/2010	VW/Mascarello Gran Midi EOD O	185CV	29 36
49	1296 Jotur Auto Ônibus e Turismo Palthocense Ltda	MIK 7207	234477598	Sim	2010/2010	VW/Mascarello Gran Midi EOD O	185CV	29 36
50	1299 Jotur Auto Ônibus e Turismo Palthocense Ltda	MIK 7127	234476389	Sim	2010/2010	VW/Mascarello Gran Midi EOD O	185CV	29 36
51	2202 Jotur Auto Ônibus e Turismo Palthocense Ltda	MCG 7591	775931519	Não	2001/2002	Agrate/Marcopolo Senior GVUO	140CV	26 -
52	2205 Jotur Auto Ônibus e Turismo Palthocense Ltda	MCG 8061	775964778	Não	2002/2002	Agrate/Marcopolo Senior GVUO	140CV	26 -

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial, Departamento de Engenharia Civil, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial.

Orientador: Prof. Dr. Amir Mattar Valente

Coorientador: Prof. Dr. João Eugênio
Cavallazzi

Florianópolis, 2017