



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES E
GESTÃO TERRITORIAL

Hugo Alexander Martins Pereira

**Método de análise de sistemas de transporte público urbano em cidades de médio porte:
estudo de caso em São José dos Pinhais/PR**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação
em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial da
Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientadora: Prof^ª. Lenise Grando Goldner, Dr^ª.

Florianópolis

2021

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

Alexander Martins Pereira, Hugo
Método de análise de sistemas de transporte público
urbano em cidades de médio porte : estudo de caso em São
José dos Pinhais/PR / Hugo Alexander Martins Pereira ;
orientadora, Lenise Grando Goldner, 2021.
106 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Transportes e Gestão Territorial,
Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. 2.
Transporte Público. 3. Análise. 4. Otimização. I. Grando
Goldner, Lenise. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Transportes e Gestão Territorial. III. Título.

Hugo Alexander Martins Pereira

Método de análise de sistemas de transporte público urbano em cidades de médio porte:
estudo de caso em São José dos Pinhais/PR

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Amir Mattar Valente, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC/BRA)

Prof. Fernando Seabra, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC/BRA)

Prof. Fabio Duarte de Araújo Silva, Dr.

Massachusetts Institute of Technology (IMT/EUA)

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof.a Lenise Grando Goldner, Dr.a

Orientadora

Florianópolis, 2021.

Este trabalho é dedicado aos meus pais, meu querido irmão e ao meu futuro marido.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de agradecer a Deus, por me manter no caminho, com paciência, com calma, com foco e na lembrança que todo o esforço vale a pena.

Agradecer a minha querida professora Lenise, que me acolheu como seu orientado, sempre gentil e parceira em toda a trajetória, desde o primeiro dia de aula quando fomos formalmente apresentados, até todo trabalho de orientação de forma remota e que serei sempre grato.

Agradecer a minha família, sempre me apoiando, me incentivando, desde meu Pai acordando às 3 horas da manhã para me ajudar, fazendo o café e desejando uma boa viagem, sempre preocupado, a minha querida Mãe sempre zelosa orando pelo filho que rumava à UFSC, pois para acompanhar as aulas eram necessários mais de 3 horas e meia de viagem madrugada adentro, após um dia cheio de trabalho.

Agradecer a todos os colegas de trabalho no período do mestrado, na UNIFACEAR, na Universidade Positivo, na Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba (COMEC) e na Prefeitura de São José dos Pinhais, com incentivo, com auxílio em dados, com apoio a pesquisa e por vezes sedentos querendo aprender no mesmo processo.

Agradecer aos meus professores da UFSC, sempre atenciosos, sempre parceiros, sempre propositivos, muito obrigado pelas dicas, pelos conselhos e principalmente, por dividir o conhecimento com este jovem mestre.

Agradecer aos meus alunos que brincavam comigo sobre também ser estudante e sentir na pele o que eles passavam na graduação, no entanto sempre torciam pelo meu sucesso e vibravam a cada novo passo dado.

Por último e não menos importante, agradecer ao meu companheiro Rafael, mais eficiente que um analgésico ou um bom drinque, me apoiando, me ajudando, assumindo as responsabilidades domésticas para que eu pudesse me dedicar a esta dissertação, meu eterno obrigado e saiba que sem você meu amor, essa conta jamais fechariam.

RESUMO

O transporte público é um serviço essencial e deve ser tratado de forma técnica, para contribuir com o planejamento e desenvolvimento urbano das cidades, com foco no usuário e na melhoria da prestação do serviço. A pesquisa científica pode e deve contribuir com estudos que tragam a discussão dos problemas da sociedade, sendo o objetivo dessa dissertação a elaboração de um método para análise de sistemas de transporte público em cidades de médio porte. A metodologia utilizada foi da revisão bibliográfica e estudo de caso, com abordagem quantitativa e o método proposto foi dividido em 3 (três) etapas de aplicação, considerando coleta de dados, avaliação e diagnóstico e proposição de melhorias a região de estudo. O método foi aplicado no município de São José dos Pinhais, considerando apenas a operação do sistema local de transporte coletivo em 6 (seis) linhas municipais. Os principais resultados obtidos a partir da aplicação do método proposto se deram na otimização das linhas estudadas, com melhor organização dos itinerários, aumento da oferta de viagens, aumento do IPK e IPKe, além do potencial de redução dos custos que envolvem a operação. Os resultados foram expressivos podendo o método ser replicado em outras regiões, observando a sua estrutura e dinâmicas do sistema de transporte público a ser estudado.

Palavras-chave: Transporte público. Otimização. Análise.

ABSTRACT

Public transport is an essential service and must be treated in a technical way, to contribute to the urban planning and development of cities, with a focus on the user and on improving the provision of the service. Scientific research can and should contribute to studies that bring the discussion of society's problems, and the objective of this dissertation is to develop a method for analyzing public transport systems in medium-sized cities. The methodology used was the literature review and case study, with a quantitative approach and the proposed method was divided into 3 (three) stages of application, considering data collection, evaluation and diagnosis and proposals for improvements in the study region. The method was applied in the municipality of São José dos Pinhais, considering only the operation of the local public transport system in 6 (six) municipal lines. The main results obtained from the application of the proposed method were in the optimization of the studied lines, with better organization of the itineraries, increased travel offer, increased IPK and IPKe, in addition to the potential cost reduction involved in the operation. The results were expressive and the method can be replicated in other regions, observing its structure and dynamics of the public transport system to be studied.

Keywords: Public transport. Optimization. Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Região Metropolitana de Curitiba	19
Figura 2 – Sistema de Transporte Público Urbano de SJP	21
Figura 3 – Comparação da flexibilidade e capacidade dos modos de transporte	26
Figura 4 – Novo ciclo do transporte público urbano	28
Figura 5 – Demanda anual da RMTTC (2008-2015).....	46
Figura 6 – Resultados da pesquisa de campo de JESUS <i>et al.</i> (2017)	49
Figura 7 – Mapa de viagens geradas por subdistrito para o Arco Oeste da RMG, em dia útil	52
Figura 8 – Mapa de viagens atraídas por subdistrito para o Arco Oeste da RMG, em dia útil	53
Figura 9 – Estrutura do Método Proposto	61
Figura 10 – Etapa 1: Levantamento de Dados.....	62
Figura 11 – Etapa 2: Diagnóstico do Sistema	64
Figura 12 – Etapa 3: Diagnóstico do Sistema	66
Figura 13 – Linhas do Lote 1 utilizadas no estudo.....	73
Figura 14 – Linhas do Lote 2 utilizadas no estudo	74
Figura 15 – Evolução da demanda de passageiros	75
Figura 16 – Modelo estimado	77
Figura 17 – Resultados do modelo OLS.....	78
Figura 18 – Resíduos do modelo gerado	80
Figura 19 – Sobreposição das linhas 110, 135 e 145	81
Figura 20 – Sobreposição das linhas 1000, 1002 e 1003	82
Figura 21 – Novos itinerários das linhas da região do Borda do Campo	87
Figura 22 – Novos itinerários das linhas da região do Colônia Rio Grande	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Metodologia econométrica tradicional	31
Quadro 2 – Resumo da pesquisa bibliográfica sistemática internacional	35
Quadro 3 – Resumo da pesquisa bibliográfica sistemática nacional	44
Quadro 4 – Fatores que influenciam a qualidade do transporte público urbano	55
Quadro 5 – Variáveis para uso no modelo econométrico.....	76
Quadro 6 – Modificações nas linhas 110, 135 e 145.....	86
Quadro 7 – Modificações nas linhas 1000, 1002 e 1003	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados da operação do transporte coletivo em São José dos Pinhais/PR.....	69
Tabela 2 – Linhas escolhidas para estudo	70
Tabela 3 – Dados operacionais das linhas em estudo até de janeiro/2012 a fevereiro/2020....	72
Tabela 4 – Dados operacionais das linhas em estudo a partir de março/2020 até março/2021	72
Tabela 5 – Primeiros resultados da operação na região do Borda do Campo	88
Tabela 6 – Primeiros resultados da operação na região do Colônia Rio Grande	91
Tabela 7 – Comparação do desempenho das linhas	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTP Associação Nacional dos Transportes Públicos
COMEC Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba
DEA *Data Envelopment Analysis*
IPK Índice de passageiros por quilômetro rodado
IPKe Índice de passageiros equivalentes/pagantes por quilômetro rodado
NTU Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos
PIB Produto Interno Bruto
PEC Proposta de Emenda à Constituição
RMC Região Metropolitana de Curitiba
RMG Região Metropolitana de Goiás
RMTC Rede Metropolitana de Transporte Coletivo de Goiânia
SBE Sistema de Bilhetagem Eletrônica
SEMUTTRAN Secretaria Municipal de Transportes e Trânsito
SET Sindicato das Empresas de Transporte Coletivo Urbano de Passageiros de Goiânia
TPU Transporte Público Urbano

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo Geral.....	16
1.2.2	Objetivos específicos	16
1.3	JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TEMA	17
1.4	ÁREA DE ESTUDO	18
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	22
1.6	LIMITAÇÕES DA PESQUISA PROPOSTA.....	23
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA NARRATIVA	24
2.1.1	Conceitos Iniciais	24
2.1.2	A organização do TPU.....	25
2.1.3	O caráter social do TPU	27
2.1.4	O planejamento no TPU.....	29
2.1.5	Econometria e o planejamento de transportes.....	31
2.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA.....	32
2.2.1	Proposta da revisão sistemática.....	33
<i>2.2.1.1</i>	<i>Revisão Sistemática Internacional</i>	<i>33</i>
<i>2.2.1.1.1</i>	<i>Evaluation of rural passenger transportation services with bus operation mode in the metropolitan area</i>	<i>37</i>
<i>2.2.1.1.2</i>	<i>Bridging the gap between weak-demand areas and public transport using an ant-colony simulation-based optimization.....</i>	<i>39</i>
<i>2.2.1.1.3</i>	<i>Factors affecting performance of urban bus transport systems in India: A Data Envelopment Analysis (DEA) based approach</i>	<i>41</i>
<i>2.2.1.1.4</i>	<i>A methodology to improve a public transport system.....</i>	<i>42</i>
<i>2.2.1.2</i>	<i>Revisão Sistemática Nacional</i>	<i>43</i>

2.2.1.2.1	Análise do grau de vulnerabilidade do sistema de transporte público urbano por ônibus a partir do estudo da demanda	45
2.2.1.2.2	Avaliação das variáveis que influenciam o uso do transporte público de passageiros: um estudo de caso do transporte coletivo por ônibus	47
2.2.1.2.3	Matriz O/D com base nos dados do Sistema de Bilhetagem Eletrônica.....	50
2.2.1.2.4	O papel da equidade no planejamento de transportes no Brasil	53
2.2.1.2.5	Avaliação do transporte público na RMR pelos indicadores de qualidade definidos pelo regulamento	54
2.2.1.2.6	Transporte público por ônibus no Brasil e a COVID-19: rumo ao colapso dos sistemas?	56
3	MÉTODOS DE PESQUISA E PROPOSTO.....	59
3.1	MÉTODO DE PESQUISA CIENTÍFICA	59
3.2	MÉTODO PROPOSTO.....	60
3.2.1	Etapa 1: Levantamento de Dados	62
3.2.2	Etapa 2: Diagnóstico do Sistema	63
3.2.3	Etapa 3: Propostas de Alterações na Operação	66
4	ESTUDO DE CASO: SÃO JOSÉ DOS PINHAIS/PR	69
4.1	APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO	70
4.1.1	Aplicação da Etapa 1: Levantamento de Dados	70
4.1.2	Aplicação da Etapa 2: Diagnóstico do Sistema	74
4.1.2.1	<i>Demanda diária.....</i>	74
4.1.2.2	<i>Modelo Econométrico de Demanda</i>	76
4.1.2.3	<i>Sobreposição e Superoferta.....</i>	80
4.1.2.4	<i>Fatores que impactam na operação e utilização da frota</i>	83
4.1.3	Aplicação da Etapa 3: Propostas de alteração na operação	84
4.1.3.1	<i>Propostas para as linhas 110, 135 e 145</i>	85
4.1.3.2	<i>Propostas para as linhas 1000, 1002 e 1003</i>	88
4.2	ANÁLISE DOS RESULTADOS	91

4.2.1	Análise da etapa 1	92
4.2.2	Análise da etapa 2	92
4.2.3	Análise da etapa 3	94
5	CONCLUSÕES.....	97
5.1	LIMITAÇÕES DA PESQUISA REALIZADA	99
5.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	100
	REFERÊNCIAS.....	101
	APÊNDICE A – Estrutura da Pesquisa	106

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O transporte público urbano é considerado pela Constituição Federal uma atividade essencial desde o ano de 2015, com a promulgação da PEC 74/2013¹ e, portanto, a sua importância na gestão pública deveria se igualar a sua importância ante a carta magna da república.

Neste aspecto, séries históricas levantadas pela ANTP (Associação Nacional dos Transportes Públicos) e pela NTU (Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos) retratam a constante redução do volume de passageiros transportados por este modo de transporte no Brasil, no qual pode estar relacionada a ineficácia da gestão e políticas públicas de incentivo ao modo coletivo de deslocamento de passageiros em regiões urbanas.

O deslocamento diário de passageiros é essencial para acesso ao trabalho, educação e lazer na grande maioria das cidades e torna-se ainda mais presente em cidades de médio porte ou em cidades que compõe grandes regiões metropolitanas, muito em função da adequação de custos por parte dos usuários, sobretudo quando estes custos estão associados as necessidades diárias de deslocamentos.

São José dos Pinhais é a maior cidade em número de habitantes da Região Metropolitana de Curitiba (RMC), com estimados 329.058 habitantes de acordo com as projeções do IBGE², o que a classifica como uma cidade de médio porte. Contudo, São José dos Pinhais se diferencia muito pelas características da mesma, sendo um polo industrial de todo do Estado do Paraná, com 3 (três) rodovias federais que cortam o município nas ligações diretas para o litoral paranaense e os estados de Santa Catarina e São Paulo e por último, e não menos importante, o principal aeroporto do Paraná se localiza em São José dos Pinhais, fatores estes somados que trazem uma dinâmica diferente para o município, se comparado a outros com populações similares e que não contam com as mesmas variáveis.

¹ **Transporte passa a ser direito social na Constituição.** Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2015/09/09/transporte-passa-a-ser-direito-social-na-constituicao>>. Acesso em: 09 dez 2020.

² **São José dos Pinhais.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/sao-jose-dos-pinhais/panorama>>. Acesso em: 09 dez 2020.

O transporte coletivo local teve seus serviços licitados no ano de 2012 e desde então duas empresas operam os dois lotes que dividem São José dos Pinhais em região urbana e rural, sendo a responsabilidade de gerenciamento do sistema das empresas de ônibus e a supervisão e decisões finais ao órgão municipal competente, sendo atualmente este a Secretaria Municipal de Transportes e Trânsito (SEMUTTRAN).

Além das linhas urbanas licitadas em operação, há também as linhas intermunicipais de caráter metropolitano que ligam o município a Curitiba (capital do Estado do Paraná), Pinhais, Piraquara e Colombo, sendo a responsabilidade de gestão destas linhas da Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba (COMEC), autarquia ligada à Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Obras Públicas, resultando num complexo sistema de transporte local com operações e gestões diferentes que não se comunicam por vezes nas decisões e podem impactar na qualidade e eficiência dos serviços prestados.

A cidade conta com possibilidades de acessos a RMC por meio de rodovias federais (BR-116, BR-277 e BR-376) o que acaba por facilitar o transporte com modo individual de deslocamento e principalmente o deslocamento de cargas, em função dos acessos ao Porto de Paranaguá (PR) e aos Estados de São Paulo (via BR-116) e Santa Catarina (via BR-376).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Elaborar um método de análise de desempenho operacional para sistemas de transporte público urbano em cidades de médio porte populacional, aplicando o mesmo para fins de validação na cidade de São José dos Pinhais/PR em 6 linhas urbanas do transporte municipal.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Aplicar o método de análise de desempenho operacional proposto para São José dos Pinhais/PR, considerando coleta de dados do sistema desde o início da vigência do contrato de licitação;
- b) Elaborar dentro das etapas propostas do método, um estudo econométrico explicativo do comportamento da demanda de passageiros do sistema de transporte local de São José dos Pinhais/PR;

- c) Identificar dentro das etapas propostas do método, a sobreposição das linhas e a oferta de viagens de acordo com a demanda de passageiros das linhas a serem estudadas na cidade de São José dos Pinhais/PR;
- d) Propor modificações nas linhas analisadas, a partir dos resultados obtidos no método proposto, de modo que possa melhorar o desempenho operacional deste recorte do sistema de transporte público urbano em São José dos Pinhais/PR.

1.3 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TEMA

Estudar, planejar e aplicar conceitos que envolvam o planejamento de sistemas de transportes contribui de forma direta com o desenvolvimento integrado de um município ou de uma região, seja pelo deslocamento de pessoas para lazer, ou talvez até mais importante, o deslocamento de trabalhadores e a sua facilidade de acesso a regiões industriais, fatores que contribuem com a atratividade de instalação de novas indústrias e ampliação da cadeia de negócios na região. Integrar o transporte público urbano ao conceito de planejamento da cidade é uma das forças motrices para desenvolver o município. (CAMPOS, 2013)

Demanda de passageiros, atratividade, eficiência, qualidade, avaliação da prestação do serviço, a análise destas características é fundamental, pois no planejamento em transportes quanto maior número de informações, o planejador se embasa para tomada de decisões que, de sobremaneira quando relacionada ao poder público, no qual toda e qualquer ação, por representar atos que envolvam os recursos públicos e de atendimento a este público, não pode carecer de elementos verdadeiramente técnicos. (OSÓRIO et al., 2018)

A carência de uma autarquia para pesquisa em planejamento urbano expõe uma fragilidade na cidade de São José dos Pinhais, fragilidade essa que pode ser suprida com pesquisas científicas e acadêmicas que visem contribuir com estudos e análises dos cenários atual e futuro do sistema de transporte coletivo, uma vez que se trata da maior cidade da RMC, segunda maior economia Paraná³ e peça no desenvolvimento regional.

Percebe-se tal fragilidade ao acessar o sítio eletrônico da SEMUTTRAN, no qual não consta nenhuma informação ou dado sobre o transporte público urbano da cidade, sendo que

³ **Oito cidades do Estado do Paraná estão entre as 100 com maiores PIBs municipais do Brasil.** Disponível em: < <http://www.ipardes.pr.gov.br/Noticia/Oito-cidades-do-Estado-do-Parana-estao-entre-100-com-maiores-PIBs-municipais-do-Brasil>>. Acesso em 12 dez. 2020.

estes dados não são observados em nenhum ambiente do portal eletrônico da prefeitura municipal.

Um fato recente que evidencia a necessidade de estudos e do planejamento de transportes é o cenário da pandemia do vírus Sars-Cov-2, evento inédito na história recente do país dado o tamanho de seu impacto e afetando de forma calamitosa o transporte coletivo, em função das medidas de distanciamento social para diminuir o potencial de propagação do vírus. Neste cenário com a forte queda da demanda de passageiros, análises e estudos são indispensáveis para o planejamento e recuperação do setor, tal como são apontados pela ANTP e NTU em suas recentes análises.

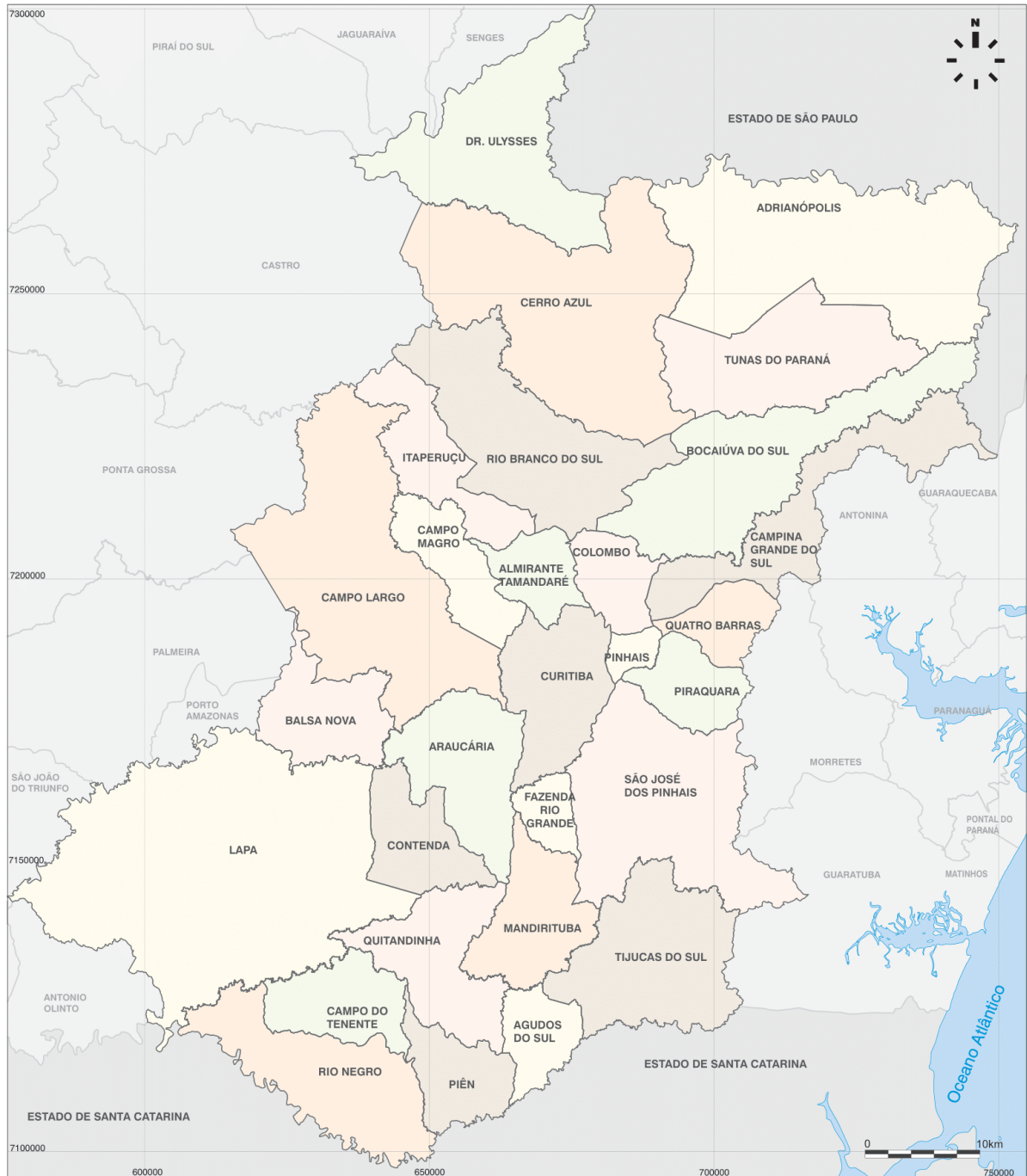
Esta pesquisa pretende contribuir com a elaboração de um método para análise de um sistema de transporte público urbano, especialmente em cidades de médio porte, no qual a aplicação ganha relevância com os impactos da pandemia do vírus Sars-Cov-2 e características de cidades com zonas rurais, análises estas escassas na bibliografia por serem mais raras as pesquisas que de modo geral tem foco em regiões urbanas.

A pesquisa elabora tem compromisso acadêmico e científico marcado pelo desenvolvimento de um método e sua validação, sem vincular seus resultados a sua imediata aplicação, cabendo exclusivamente aos órgãos competentes a avaliação de utilização ou não do resultado de um estudo científico. Ao final do trabalho espera-se que este estudo possa ser adaptado e validado em diferentes regiões com características similares, considerando as regionalidades que possuem grande importância e que novas reflexões também contribuem para a melhoria dos estudos na engenharia de transportes.

1.4 ÁREA DE ESTUDO

O estudo direcionado deste trabalho será aplicado na cidade de São José dos Pinhais, um dos municípios que compõe a RMC, que possui características de produção industrial automobilística além da forte presença da agricultura familiar. Ao todo a RMC é composta por 29 municípios, sendo São José dos Pinhais o de maior população segundo as projeções para 2021 do IBGE e segundo maior PIB do Estado.

Figura 1 – Região Metropolitana de Curitiba



Fonte: COMEC (2021)

A posição estratégica do município com fácil acesso ao litoral paranaense, mais precisamente ao Porto de Paranaguá, além de ligação com o Estado de Santa Catarina e São Paulo, muito em função das rodovias federais que cortam o município, já citado anteriormente, traz variáveis ao estudo do sistema de transporte local, dada a dinâmica ao qual está inserido e as necessidades dos aproximadamente 330 mil habitantes.

O estudo deste trabalho se concentra no sistema de transporte público urbano do município de São José dos Pinhais, Paraná, que tem sua operação licitada em vigência desde 2012 e com a supervisão das ações pelo poder público municipal.

A principal característica do sistema atualmente é a ligação dos bairros da cidade, seja na zona rural ou nas áreas urbanas, com os dois terminais de transbordo e integração (Terminal Afonso Pena e Terminal Central), concentrando as ações de distribuição das viagens com destino à Curitiba ou RMC ou mesmo internas do município, uma vez que a região central possui forte presença do comércio e nas localidades adjacentes à zona rural com acessos às rodovias federais se concentram as indústrias automobilísticas.

O sistema local conta atualmente com a operação de 72 linhas municipais e 20 linhas metropolitanas, sendo que destas 72, 45 se concentram no lote 1 de operação (Auto Viação São José dos Pinhais Ltda.) e as demais 27 no lote 2 de operação (Auto Viação Sanjotur Ltda.). A operação destas linhas é realizada com a utilização de 80⁴ veículos que se encontram aptos para circulação, conforme regras⁵ do contrato em vigência.

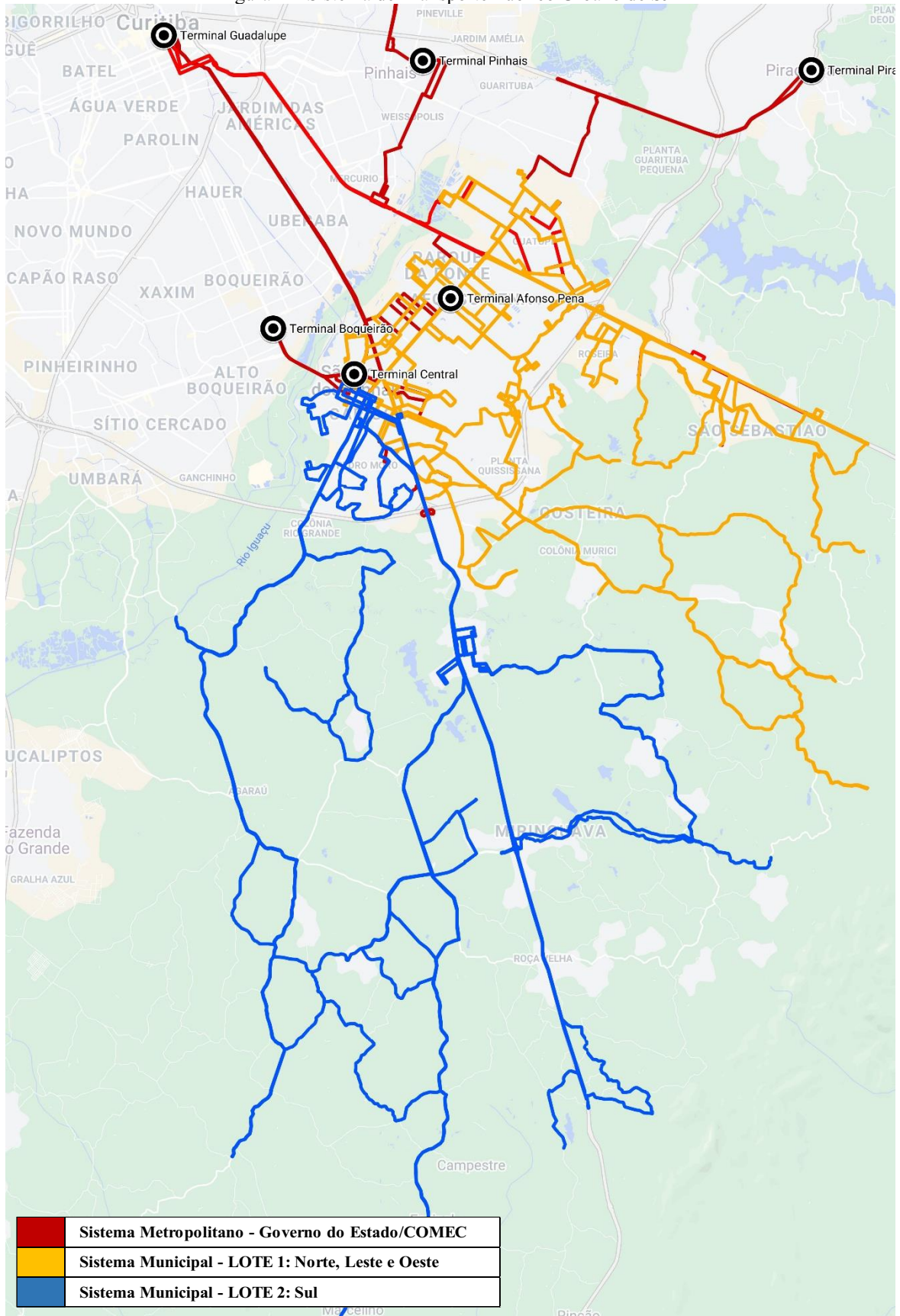
Com viagens variando entre movimentações intra e intermunicipais, as características presentes em São José dos Pinhais podem facilmente serem encontradas em outra cidade de porte médio, inseridas em contextos de regiões metropolitanas, muitas destas com perfil de cidade dormitório, no qual os passageiros se deslocam até outro município para suas atividades e retornam para origem como ponto de residência.

Na figura 02 apresentada na sequência desta seção, pode-se ver uma representação simplificada das linhas em operação, com a seguinte identificação: i) linhas na cor laranja representam o lote 1 (regiões norte, leste e oeste) que representam 2/3 do sistema urbano; ii) linhas na cor azul representam o lote 2 (região sul) que representa 1/2 do sistema urbano; e iii) linhas na cor vermelha representam a operação metropolitana, gerenciadas pela COMEC.

⁴ Dados da Secretaria Municipal de Transportes e Trânsito de São José dos Pinhais, atualizado em 14/01/2021.

⁵ São considerados aptos a operação os veículos com até 10 anos de uso e para reserva com até 12 anos, sendo essa quantia de frota reserva de no mínimo 10% do total.

Figura 2 – Sistema de Transporte Público Urbano de SJP



Fonte: O autor (2021)

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho apresenta-se estruturado em seis capítulos conforme descrição a seguir.

O primeiro capítulo contempla uma breve introdução ao tema, as características do município de São José dos Pinhais e as primeiras informações correspondentes ao sistema de transporte público urbano, além de explorar os objetivos a serem alcançados no decorrer deste e a importância e justificativa do tema, não apenas para o desenvolvimento científico e acadêmico, como também para possíveis aplicações e contribuições junto à sociedade.

O segundo capítulo traz a revisão bibliográfica, sendo dividida em revisão bibliográfica narrativa e sistemática. São apresentados conceitos sobre os elementos de um sistema de transporte coletivo urbano, conceitos acerca do planejamento de sistemas de transportes e seus componentes, tais como demanda, operação, fatores que impactam na operação, polos geradores de viagens, assim como relatórios de outros trabalhos com pesquisa na área de análise e planejamento de sistemas de transportes em cidades de médio porte oriundos de bases de dados de pesquisas, anais de eventos e revistas técnicas da área de transportes.

O terceiro capítulo aborda o procedimento metodológico científico para elaboração deste trabalho e a apresentação do método proposto para análise de um sistema de transporte coletivo em cidades de médio porte, explanando as etapas propostas do mesmo e relacionando o mesmo aos conceitos já apresentados ao longo do capítulo 2.

O quarto capítulo deste trabalho contém a aplicação do método proposto, sendo que a aplicação para fins de validação concentra-se em três linhas urbanas de cada lote da operação concessionada em São José dos Pinhais, apresentando a aplicação das etapas propostas do método de análise e os resultados obtidos para discussão e validação do método.

Por fim, o trabalho encerra-se com as considerações finais da pesquisa e indicações de trabalhos futuros que poderão ser desenvolvidos, bem como as referências que dão suporte a elaboração de toda a pesquisa.

1.6 LIMITAÇÕES DA PESQUISA PROPOSTA

O presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um método de análise de desempenho operacional para aplicação em sistemas de transporte coletivo em cidades de médio porte e como uma produção acadêmica e científica não tem característica de consultoria técnica e sim, propor caminhos para avaliações que possam em estudos e pesquisas futuras, contribuam com o crescimento da área do transporte coletivo.

Por mais que o método se proponha a análise de uma cidade, este trabalho aplicará ao método com fins de validação do mesmo para um recorte do sistema de transporte público urbano de São José dos Pinhais, testando as etapas propostas em 6 linhas da operação local, divididas em 3 linhas para cada lote da operação, com grande demanda e que atendam regiões populosas no município, sejam em termos de densidade populacional, bem como de bairros com instalações industriais que demandam o transporte coletivo.

Vale ressaltar que o momento atual impactado pela pandemia do vírus Sars-Cov-2 provoca reflexões e análises técnicas profundas, na busca do equilíbrio econômico dos sistemas de transporte, a pandemia não será diretamente o objeto de análise deste trabalho, embora as linhas escolhidas para o estudo de caso sejam impactadas pelo cenário de emergência em saúde pública.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA NARRATIVA

2.1.1 Conceitos Iniciais

O transporte público desde 2015 é considerado um serviço essencial à população dentre os direitos sociais previstos na Constituição Federal e como tal, sua importância não deve restringir-se a previsões e institutos legais. O transporte coletivo é um dos modos de transportes que são utilizados e compõe todo o escopo que envolve a mobilidade urbana, sendo responsável pelo deslocamento de aproximadamente 28% da população (ANTP, 2020), além de ser um elo nas políticas de desenvolvimento urbano integrado.

Esse por sua vez é um indutor do crescimento das cidades, dado o seu caráter de serviço essencial à população, bem como ser o meio de deslocamento das pessoas aos locais de trabalho, de lazer, de consumo, estudos entre outros. Curitiba e região estão entre os modelos em destaque no país, dada a Rede Integrada de Transporte (RIT), com o pagamento de uma única tarifa e o usuário podendo se deslocar entre 19 municípios sem pagar uma segunda tarifa. Este modelo é comumente copiado por vários outros municípios no Brasil, dada a sua característica de inovação e integração ao planejamento urbano, auxiliando o crescimento ordenado das regiões, embora este modelo já tenha alcançado sua saturação, carecendo de novas alternativas para buscar a recuperação dos passageiros perdidos ao longo dos anos. (VASCONCELLOS, 2019)

A estrutura de um sistema de transporte como todo é composta pela via, veículo, usuário e meio ambiente, sendo esses interligados na gestão e operação. A via para o TPU são as ruas e avenidas, faixas e corredores exclusivos e dentro da sua estrutura urbana, os locais de parada e terminais para integração ou transbordo de passageiros. O veículo são os ônibus em todas as configurações operacionais, dos quais realizam o transporte dos usuários e tornam-se componentes vitais nos estudos para composição tarifária que é repassa ao usuário, este que por sua vez é todo aquele que fez uso do sistema de transporte. Por fim, o meio ambiente é a representação do que nos cerca e neste caso traz impactos significativos a operação e ao planejamento, pois as interferências no trânsito, tais como congestionamentos, obras viárias, acidentes entre outros, afetam diretamente o serviço.

O papel do serviço do transporte público é de grande importância na sociedade, pois se dá através do deslocamento o acesso a serviços como educação e saúde, ao emprego, a

educação, ao lazer, logo sem uma estrutura adequada e que seja capaz de ofertar uma operação de qualidade e que seus custos tenham uma função social, o conceito de serviço público acaba prejudicado. (GUIMARÃES, 2019).

Dentro da estrutura de um serviço de transporte, para plena operação dois elementos chaves devem ser considerados e constantemente acompanhados, de modo a evitar grandes impactos no serviço e principalmente no planejamento dos transportes: condição da estrutura viária contemplando a rede viária, pavimentação, previsão de recuos para paradas, além da rede de transporte insuficiente que pode ocasionada pelas áreas sem cobertura do sistema, do uso de veículos antigos ou com idades vencidas, de acordo com as regras vigentes de cada tipo de operação. (ROSA, 2016).

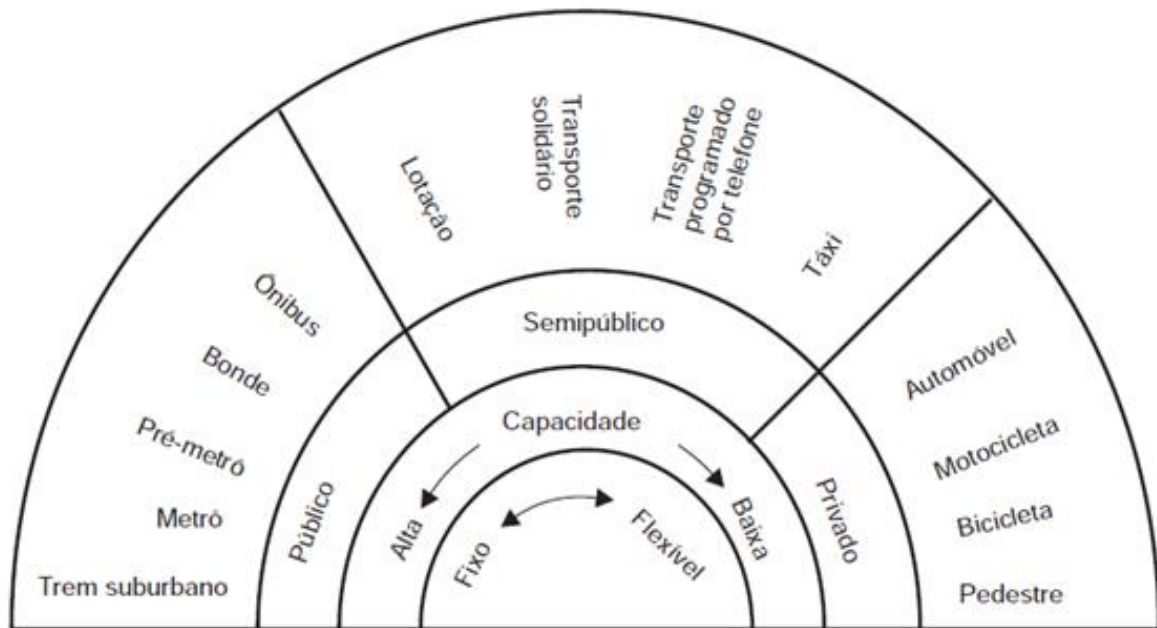
Os elementos citados anteriormente são ainda mais impactantes em cidades que possuam operação do transporte coletivo em regiões rurais, no qual a característica do serviço é muito diferente dos atendimentos urbanos, uma vez que até a limpeza dos veículos pode ser um fator gerador de reclamações por parte dos usuários, mesmo que sejam apresentadas as razões para que tal condição seja afetada.

2.1.2 A organização do TPU

O TPU em sua grande maioria tem a responsabilidade na gestão pelo poder executivo municipal, salvo os casos de regiões metropolitanas em que a coordenação cabe a unidade federativa a luz do que reflete o Estatuto da Metrópole e a gestão metropolitana integrada, embora a participação local deva ser considerada em função do conhecimento específico e das condicionantes que a operação pode apresentar.

O transporte pode ser dividido em seus modos operantes, dos quais há variação de capacidade de passageiros e dos veículos que prestam o serviço. Estas modalidades podem ser flexíveis e de acordo com a demanda da região haverá uma opção mais adequada, ofertando um serviço de melhor qualidade a um menor custo operacional. Ferraz e Torres (2004) trazem uma abordagem sobre a flexibilidade e a capacidade dos diferentes modos, conforme já elucidado anteriormente e que são ilustrados a seguir na figura 3.

Figura 3 – Comparação da flexibilidade e capacidade dos modos de transporte



Fonte: Ferraz e Torres (2014) apud Gray e Hoel (1992)

Algumas modalidades de transporte mesmo de caráter privado necessitam de estruturas públicas urbanas para sua plena utilização, citando o modo a pé e com bicicletas, uma vez que são necessários calçamentos e ciclovias para a utilização deste modo. Os ônibus necessitam também de uma estrutura adequada, contudo em cidades que possuam regiões rurais as exigências podem ser menores quanto a superestrutura viária existente, considerando que o objetivo é acessibilidade e não a mobilidade, ou seja, prioriza-se o acesso e a possibilidade de deslocamento em detrimento a velocidade operacional, abordagens que são explanadas por Vasconcellos (2013).

A estrutura para a operação do transporte coletivo se faz presente também com pontos de parada, estações de transferência e terminais, sendo estes últimos responsáveis pelas integrações internas no sistema e/ou com municípios adjacentes, seja mediante o pagamento de uma única tarifa, seja com complemento tarifário, destacando novamente o modelo amplamente conhecido da cidade de Curitiba e da RIT, no qual o usuário com uma única tarifa tem a possibilidade de trafegar por quase toda a Região Metropolitana de Curitiba, independente de quantas viagens sejam realizadas, desde que dentro de terminais de integração.

A organização do sistema de transporte coletivo urbano é de vital importância para a gestão da operação, com regras definidas em processos licitatórios, com reajustes tarifários que sejam condizentes com a realidade do transporte local e com gatilhos que possibilitem ações do poder público que vise melhorar o serviço ofertado, incluir políticas de subsídios com ou sem

aporte financeiro direto ou explorar outras vias que aumentem a arrecadação e reduza a tarifa ao usuário. (OLIVEIRA FILHO, 2018).

A organização de um sistema não incide apenas em políticas tarifárias ou demais ações provenientes do poder público, sendo essa um elemento central para os demais componentes da operação, como a organização de linhas e seus itinerários, definição da frequência de viagens, controle e fiscalização para alcance de níveis de qualidade, sistemas de acesso a informações pelo usuário.

2.1.3 O caráter social do TPU

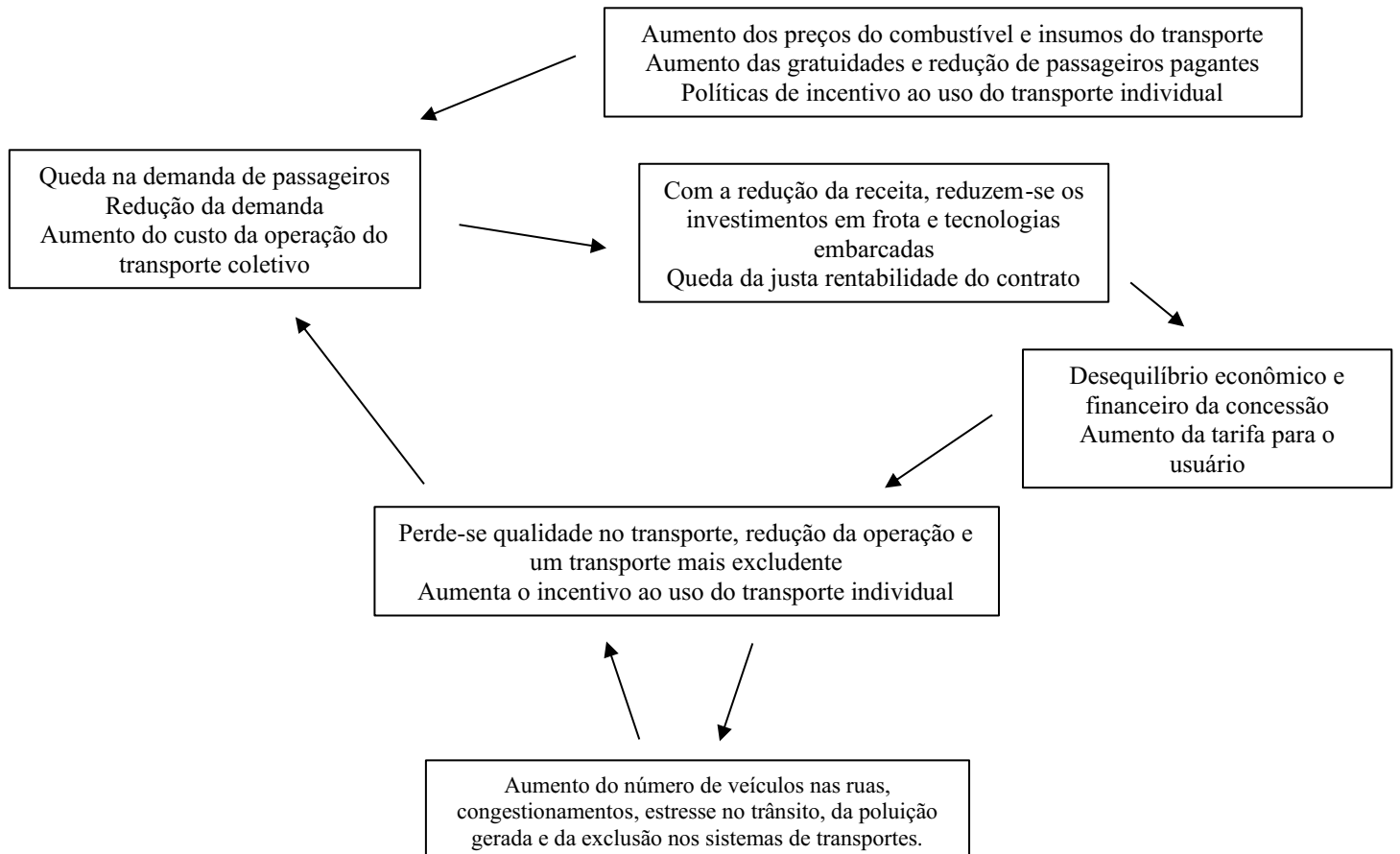
Brasil, um país de inúmeras desigualdades e com históricos de impactos econômicos sejam por períodos políticos conturbados ou cenários externos dependendo do humor dos grandes mercados, conta com uma população dependente de modos de deslocamentos acessíveis em termos financeiros, que atendam às suas necessidades e que tragam um mínimo de conforto durante a sua utilização, sobretudo quando as viagens realizadas são demasiadamente longas.

A organização deve contemplar o caráter social e essencial do transporte público, a começar pelo atendimento as necessidades do usuário como seu deslocamento para o trabalho ou acesso a serviços de saúde e educação. Não se pode admitir que a utilização do modo coletivo de transporte seja um fator de distinção social, utilizável apenas para os menos favorecidos e que não possuam condição de adquirir seu veículo e realizar viagens individuais (VASCONCELLOS, 2013). O caráter social deve atender a todos e ser disponível a todos, desde o menos favorecido que com uma tarifa mais acessível pode direcionar seus escassos recursos em outras necessidades, bem como do mais favorecido, com um serviço de qualidade, seguro e rápido, indicando em um cenário mais otimista que o modo coletivo também se aplica a ele.

Com o crescimento do índice de motorização das cidades a realidade do transporte coletivo se transformou em aumento de custos e perda de passageiros, necessitando de constantes adequações com reduções de quilometragens, diminuição da oferta de linhas e afetando o seu caráter social. O impacto da motorização não índice apenas na redução de passageiros e aumento de custos, impacta de forma direta no trânsito que é o elemento de meio ambiente que cerca o usuário, aumentando tempo de viagem, tornando o serviço mais

desconfortável, menos atrativo e cada vez mais restritivo a quem não possui uma alternativa. (FREITAS, 2016).

Figura 4 – Novo ciclo do transporte público urbano



Fonte: adaptado de Ferraz e Torres (2004)

A figura 4 vista retrata o panorama já mencionado, com o aumento da motorização há um ciclo do transporte público urbano que sofre impactos e ao final de todo esse processo o usuário acaba sendo lesado, o que recai no conceito da sua função social que na verdade acaba se transformando em um serviço mais excludente, menos coletivo, mais individualizado e com deslocamentos mais caros. São reflexões abordadas por Vasconcellos (2014), Guimarães (2019), Freitas (2016) e tantos outros, no qual direcionam ao poder público a necessidade de novas políticas de priorização do transporte coletivo, bem como da manutenção da qualidade, modicidade tarifária e foco voltado ao seu caráter social.

A priorização do transporte coletivo integra todo esse processo para evitar que o modo coletivo seja desvalorizado e que seus custos acabem aumentando, sobretudo quando a única fonte de arrecadação para custeio do sistema é oriunda do pagamento das tarifas pelos usuários.

Parte desses estudos envolvem o conhecimento das motivações para deslocamento e dos anseios dos passageiros, como tarifa mais acessível ou menor tempo de viagem, pois essas informações são valiosas na gestão e no planejamento da operação do transporte público.

O ciclo apresentado incide no aumento de custos e conseqüentemente no aumento de tarifa, no entanto esse cenário não é uma novidade na área dos transportes, pois dados reunidos pela ANTP (2020) já destacavam a queda histórica de passageiros e conseqüentemente uma redução no IPK e aumento de tarifa técnica. Sendo o transporte coletivo um serviço com função social se faz necessário à sua priorização para não transferir ao usuário o ônus do mal planejamento e de modo até destacado em tempos com aumento de desemprego⁶, muito em função da pandemia que assola o mundo, aumentos tarifários tornam o sistema ainda mais excludente para aqueles que mais precisam do serviço público.

2.1.4 O planejamento no TPU

Uma das garantias de eficiência técnica e econômica de um sistema de transporte público nasce em seu planejamento, elemento técnico fundamental para a operação e gestão de um sistema. O início de toda a estrutura de planejamento advém da concepção e desenho do sistema, a identificação das linhas, dos polos geradores de viagens (PGV) que demandam uma atenção especial em função do impacto na mobilidade urbana, assim como a composição econômica do sistema, os modelos de projeções e o acompanhamento constante das constantes da operação. (CAMPOS, 2013).

O conceito de planejamento do transporte público é bem explorado na tese de Silva (2017) no qual temos a dimensão de longo prazo, reforçado pelo acompanhamento de indicativos de curto e médio prazo, conforme já citado anteriormente. Contudo, o planejamento não pode ser restrito a área de transporte e deve contar com a interação de demais setores para uma visão de desenvolvimento urbano integrado. Essas demais áreas devem contemplar os estudos de urbanismo, impacto ambiental, adensamento habitacional, pois a falta de integração entre esses setores da administração pública resulta em crescimento desordenado, transporte

⁶ **Desemprego diante da pandemia atinge 14,2% em novembro e bate novo recorde.** Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2020/12/23/desemprego-diante-da-pandemia-atinge-142percent-em-novembro-e-bate-novo-recorde.ghtml>>. Acesso em: 20 jan. 2021

ineficaz, superoferta e baixa oferta de linhas, além de áreas sem atendimento do TPU, indo de encontro a função social desse.

Nesse contexto o conhecimento local das condições do sistema viário e principalmente das demandas da população tem forte impacto nos trabalhos de planejamento, para exemplificar considere a operação de linhas em zonas urbanas e zonas rurais, o planejamento acaba indo muito além da condição do pavimento da via, embora esse seja vital há outros elementos, tais como: consumo de combustível, os danos a serem reparados pela manutenção, a qualidade do pneu, a limpeza, sanitização em tempos de pandemia ou mesmo operações de socorro a quebras ou falhas que os veículos possam ter. Conhecer essas realidades faz toda a diferença ao se planejar um sistema que seja eficiente tecnicamente, economicamente e socialmente. (ANTP, 2007)

Outra questão extremamente relevante é abordada no trabalho de Indi (2014) com o envolvimento popular, ou seja, dos usuários do sistema no planejamento do próprio indo ao encontro dos pontos abordados sobre conhecer a demanda do usuário, no entanto não se limitar a característica da viagem e sim nos fatores que podem evitar o aumento da evasão do sistema. O norte para o planejamento dos transportes públicos urbanos advém dos estudos técnicos desenvolvidos pelos profissionais especialistas na área, tais como engenheiros civis, de transportes, urbanos e urbanistas, soma-se a isso a participação popular e as mudanças necessárias para otimizações e aumento da atratividade do transporte coletivo se darão de forma mais bem estruturada, sem grandes imprevistos.

Como já abordado, o planejamento dos transportes se dá numa visão ampla, integrada e do pleno desenvolvimento urbano da região inserida, com especialistas, com a participação popular, com conhecimento local da realidade, da qualidade do sistema viário. Esses elementos são abordados por Sousa (2015) numa síntese de parâmetros e conceitos alusivos a qualidade do transporte como um todo e estes são pilares no planejamento, pois de forma alguma um técnico da área poderá iniciar o planejamento sem os dados do sistema ao qual pretende-se estruturar para oferta futura aos usuários.

O modo coletivo de transporte continuará sendo o grande modo para deslocamento das pessoas, sobretudo quando os custos para a manutenção de uma viagem individual se elevarem e quando há políticas públicas voltadas ao TPU, são reflexões apresentadas ao longo do trabalho de Pereira (2018), no qual destaca a percepção do usuário nessa construção de um sistema mais eficiente, somando as considerações apresentadas nessa seção.

2.1.5 Econometria e o planejamento de transportes

O planejamento dos transportes como já mencionado envolve variáveis técnicas e inclusive preditivas, um estudo delicado e de vital importância, no qual não pode se limitar a modelos empíricos ou basear projeções futuras no conhecimento ou experiência de vida de alguns personagens da gestão de transportes.

Avaliar um conjunto de dados e a partir deles, buscar modelos que representem o comportamento dos dados obtidos é uma etapa no planejamento e nos estudos que envolvem a engenharia de transportes, aqui especificadamente o transporte coletivo. Ações que demandam tomadas de decisão por parte de um agente público não podem e não devem limitar-se ao conhecimento empírico desses gestores ou de influências não científicas, uma vez que baseados em pressupostos ultrapassados, as decisões podem trazer como resultado um efeito de oneração ao erário público e ao usuário do sistema. (GONÇALVES; BEZ; NOVAES, 2007).

Tais estudos que envolvam os fenômenos e variações da economia em uma determinada série a ser analisada integra a econometria, área de conhecimento que se envolve com a engenharia de transportes sendo uma ferramenta científica para explicar tendências e realizar projeções, correlacionando indicadores econômicos com o objeto em estudo. (GUJARATI; PORTER, 2011)

Gujarati e Porter (2011) trazem na clássica obra um aprofundamento sobre as teorias econométricas, metodologias e todos os parâmetros que devem ser atendidos ao aplicar um determinado modelo para um estudo, do qual todos seguem o mesmo roteiro ou método para trabalho esquematizado no quadro 01 apresentado na sequência:

Quadro 1 – Metodologia econométrica tradicional

1	Exposição da teoria ou hipótese
2	Especificação do modelo matemático da teoria
3	Especificação do modelo estatístico ou econométrico
4	Obtenção dos dados
5	Estimação dos parâmetros do modelo econométrico
6	Teste de hipóteses
7	Projeção ou previsão
8	Uso do modelo para fins de controle ou de política

Fonte: Gujarati e Porter (2011, p.27)

O uso da econometria no planejamento de transportes não se restringe apenas a movimentação de cargas nos diversos modais, como há aplicação nos estudos que envolvem o transporte público urbano de passageiros, dependendo da profundidade e abrangência de dados, diferentes modelos econométricos podem ser aplicados, desde aqueles que se valem de dados socioeconômicos, bem como de séries temporais dentro de um conjunto a ser avaliado. A combinação em estudos envolvendo a densidade populacional e ao PIB mostram-se correlacionados, conforme Small e Verhoef (2007) citam em sua obra.

A economia tem grande impacto no transporte coletivo uma vez que na medida em que ela esteja aquecida o poder de compra das pessoas acaba por aumentar e a possibilidade de aquisição de veículo particular também aumenta, principalmente quando a qualidade do TPU e seus custos acabam impactando a demanda.

Conforme já mencionado, modelos econométricos auxiliam a explicação dos fenômenos correlacionados com indicadores socioeconômicos, destacando aqui aplicação direta em hipóteses de geração de viagens e atração, considerando as variáveis econômicas que influenciam o poder de explicação, citando aqui o poder de compra do usuário em relação a tarifa praticada, a quantidade de pessoas empregadas e a distância necessária para deslocamento até seu trabalho. Esses últimos elementos citados são componentes da etapa de hipótese ao gerar um determinado modelo, compartilhadas no trabalho de Paiva (2019) e a relação dos modelos em planejamento de transportes e que podem ser aplicadas aos estudos econométricos.

Ressalta-se que aqui cabe o poder de explicação do modelo e não de previsão, tal como é alertado por Souza e D'Agosto (2013), no qual a aplicação de um modelo do tipo gravitacional com o cálculo das variáveis de ajuste se adequam ao campo de previsão em curto prazo. Ao pesquisador de posse dos dados cabe a gestão dos modelos desenvolvidos e seus testes de hipóteses, apresentados nas literaturas clássicas sobre econometria. Um bom modelo não necessariamente é aquele em que possua seu melhor coeficiente de determinação ou r^2 e sim aquele que procura, dentro da hipótese formulada, explicar melhor o comportamento do fenômeno de acordo com as variáveis escolhidas.

2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

Nesta etapa da pesquisa com a realização de uma revisão bibliográfica sistematizada, busca-se maior foco e aprofundamento em pesquisas recentes acerca do tema estudado, considerando um roteiro para realização da mesma, evitando assim que os resultados possuam

alguns tipos de viés por parte do pesquisador, tendo alguns destes modelos apresentados por Conforto, Amaral e Silva (2011).

A aplicação da revisão sistemática é precedida de rigor, estabelecendo uma linha temporal de corte, bases para pesquisas, palavras-chaves para alcance de títulos e início de um suporte para seleção das obras, ressaltando que a contribuição deste tipo de pesquisa remete a estudos mais recentes, contribuições metodológicas e análises sob pontos de vistas diversos ou considerando dados e realidades diferentes, o que acaba por enriquecer o processo em andamento.

Conforto, Amaral e Silva (2011) abordam as diferenças entre as pesquisas bibliográficas de caráter narrativo e sistemático, sendo a primeira uma etapa de descrição de estudos, apresentação de conceitos e informações sobre determinado assunto ou área, sendo o segundo modo um modelo com maior rigor, aprofundamento, permitindo a redução de vieses pré-estabelecidos, com busca por melhores resultados em coleta de dados com filtros estabelecidos.

2.2.1 Proposta da revisão sistemática

O objetivo da aplicação da revisão sistemática neste trabalho dar-se-á na busca por estudos recentes que envolvam análises sobre o transporte público local, avaliação da variação da demanda de passageiros, análises ou avaliações de cidades com transporte público urbano em regiões rurais, assim como estudos que possam abordar os recentes impactos causados no TPU pela pandemia do vírus Sars-Cov-2.

2.2.1.1 Revisão Sistemática Internacional

Para a revisão sistemática internacional, a pesquisa foi realizada nas bases SCOPUS e TRID, considerando os seguintes filtros para SCOPUS: TITLE-ABS-KEY (urban AND transit AND bus AND transportation) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE , "Portuguese")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2015) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2014) OR LIMIT-TO (

PUBYEAR , 2013) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2012)) AND (LIMIT-TO (OA , "publisherfullgold") OR LIMIT-TO (OA , "repository")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI")). Para a base TRID, foram utilizados os seguintes filtros: KEYWORDS (urban transit bus transportation), SUBJECT AREAS ("Passenger Transportation"), RESULT TYPE ("Articles and papers" LIMIT-TO ("Limit results to free or fee-based full-text links")), SELECT DATE RANGE ("From" 2012 "To" 2021), de tal modo que foram limitados os trabalhos a um período de 10 anos, com palavras chaves pré-definidas, com trabalhos apenas na área de engenharia para evitar pesquisas em áreas de conhecimento que não são afins a este trabalho. No que tange ao idioma a pesquisa se restringiu em "inglês" e "português", incluindo ainda o tipo de acesso a publicação, sendo a preferência por aqueles com acesso aberto.

A busca acima retornou em 128 artigos na base Scopus e 155 artigos na base TRID, dos quais foram previamente selecionados 28 para análise posterior, seguindo o roteiro da revisão sistemática e considerando ainda uma avaliação qualitativa das obras, sendo o resumo deste protocolo de revisão apresentado a seguir:

- a) Os bancos de dados para pesquisa adotados foram a base SCOPUS e TRID online, com as palavras-chave já mencionadas para busca;
- b) A linha temporal de corte foi estabelecida em até 10 anos para pesquisas em formatos de artigos, dissertações e teses, colocando como ano limite 2011;
- c) Para seleção dos documentos foram realizadas as leituras preliminares dos títulos das obras, palavras-chaves, resumos e a introdução;
- d) Avaliação qualitativa dos artigos pesquisados, para filtro na área de transporte público urbano de passageiros por ônibus;
- e) Para seleção final das obras a serem exploradas nesta revisão foram prospectados os seguintes assuntos: avaliação de um sistema de transporte público urbano, transporte em cidades de médio porte, avaliação do sistema sob a ótica do usuário, fatores que podem aumentar a demanda de passageiros, impacto da pandemia Covid-19 e transporte público em zonas rurais.

Dos 28 artigos previamente selecionados, foram avaliados dentro do protocolo estabelecido e após a aplicação dele, considerando a avaliação qualitativa das pesquisas, foram selecionados 4 artigos que abordam: o transporte em zona rural, transporte em regiões de baixa demanda, fatores que impactam o desempenho em sistemas de transportes e o deslocamento

dos pedestres para integração no uso do transporte coletivo. Embora a pesquisa inicial tenha retornado um número elevado de artigos, considerando as palavras-chave utilizadas, muitos artigos apresentavam estudos em áreas diferentes das almejadas para construção da revisão sistemática e desta dissertação.

Quadro 2 – Resumo da pesquisa bibliográfica sistemática internacional

Base	Periódico	Título	Autores	Ano
SCOPUS	Transportation Research Part C: Emerging Technologies	Modeling epidemic spreading through public transit using time-varying encounter network	Mo B., Feng K., Shen Y., Tam C., Li D., Yin Y., Zhao J.	2021
SCOPUS	Archives of Transport	Evaluating accessibility of small communities via public transit	Danesi A., Tengattini S.	2020
SCOPUS	Archives of Transport	Impact assessment of short-term management measures on travel demand	D'Cruz J.J.M., Alex A.P., Manju V.S., Peter L.	2020
SCOPUS	Energies	Iabacus: A Wi-Fi-based automatic bus passenger counting system	Nitti M., Pinna F., Pintor L., Pilloni V., Barabino B.	2020
SCOPUS	Journal of Advanced Transportation	Coordinated Headway-Based Control Method to Improve Public Transit Reliability considering Control Points Layout	Zhang H., Liang S., Zhao J., He S., Zhao T.	2020
SCOPUS	Public Transport	Understanding factors influencing public transport passengers' pre-travel information-seeking behaviour	Yeboah G., Cottrill C.D., Nelson J.D., Corsar D., Markovic M., Edwards P.	2019
SCOPUS	Transportation Research Record	Passenger Travel Time Reliability for Multimodal Public Transport Journeys	Dixit M., Brands T., van Oort N., Cats O., Hoogendoorn S.	2019
SCOPUS	Transport	Optimizing limited-stop bus services along a public transit corridor with a differential fare structure	Tang C., Ge Y.-E., Lam W.H.K.	2019
SCOPUS	Advances in Civil Engineering	Optimization of headways and departure times in urban bus networks: A case study of Çorlu, Turkey	Ceylan H., Ozcan T.	2018
SCOPUS	Transportation Research Part D: Transport and Environment	Does public transit improvement affect commuting behavior in Beijing, China? A spatial multilevel approach	Wu W., Hong J.	2017
SCOPUS	Expert Systems with Applications	An advanced GA-VNS combination for multicriteria route planning in public transit networks	Dib O., Moalic L., Manier M.-A., Caminada A.	2017
SCOPUS	Journal of Sensors	Discovering Public Transit Riders' Travel Pattern from GPS Data: A Case Study in Harbin	An S., Wang L., Yang H., Wang J.	2017
SCOPUS	Transportation Research Record	Effects of transit quality of service characteristics on daily bus ridership	Kashfi S.A., Bunker J.M., Yigitcanlar T.	2015
SCOPUS	Journal of Urban Planning and Development	Shifts between automobile, bus, and bicycle commuting in an urban setting	Hu L., Schneider R.J.	2015
SCOPUS	WIT Transactions on the Built Environment	The integration of buses with a high level of service in the medium cities urban context	Losa M., Pratelli A., Riccardi C.	2014
SCOPUS	Alexandria Engineering Journal	Development of an advanced public transportation system for captive commuters on urban arterials in Ilorin, Nigeria	Adeleke O.O., Jimoh Y.A., Akinpelu M.A.	2013

SCOPUS	WIT Transactions on the Built Environment	Improving performance of public transit buses by minimizing driver distraction	D'Souza K.A., Maheshwari S.K.	2012
SCOPUS	WIT Transactions on the Built Environment	A methodology to improve a public transport system	Salvo G., Caruso L., Santoro N.	2012
TRID	Transport Policy	The effects of ride-hailing services on bus ridership in a medium-sized urban area using micro-level data: Evidence from the Lane Transit District	Nicole S. Ngo, Thomas Götschi, Benjamin Y. Clark.	2021
TRID	Transport and Telecommunication Journal	A Deep Learning Approach for Predicting Bus Passenger Demand Based on Weather Conditions	Fontes, Tânia; Correia, Ricardo; Ribeiro, Joel; Borges, José Luís	2020
TRID	Sixth International Conference on Transportation Engineering	Analysis of Competitive Public Transport Adjustment Strategy Based on Multi-Alternative Decision Field Theory	Zhang, Yiyuan; Zhang, Nian; Luo, Xia	2020
TRID	20th COTA International Conference of Transportation Professionals	Research on the Influence of Built Environment on Ridership: Insights from Nanjing	Tai, Jinghua; Yang, Min; Li, Guoqiang; Gao, Zhao	2020
TRID	PLoS One	Evaluation of passenger satisfaction of urban multi-mode public transport	Zhang, Xinhuan; Liu, Hongjie; Xu, Mingming; Mao, Chengyuan; Shi, Junqing; Meng, Guolian; Wu, Jinhong	2020
TRID	Transportation Research Procedia	An assessment towards identifying improvement needs of urban bus stop infrastructure: Knowledge gained from Bhubaneswar	Basu, Debasis; Roy, Subhojit; Maitra, Swati Roy; Majumdar, Bandhan Bandhu	2020
TRID	Transportation Research Procedia	Factors affecting performance of urban bus transport systems in India: A Data Envelopment Analysis (DEA) based approach	Gadepalli, Ravi; Rayaprolu, Siddhartha	2020
TRID	PROMET-Traffic & Transportation	Multi-criteria analysis of indicators of the public transport infrastructure	Ušpalyte-Vitkuniene, Rasa; Šarkiėne, Edita; Žilionienė, Daiva	2020
TRID	Transportation Research Procedia	Bridging the gap between weak-demand areas and public transport using an ant-colony simulation-based optimization	Calabrò, Giovanni; Inturri, Giuseppe; Le Pira, Michela; Pluchino, Alessandro; Ignaccolo, Matteo	2020
TRID	International Conference on Transportation and Development	Some 21st Century Transportation Solutions: A Comparative Analysis	Muller, Peter J.	2019
TRID	Transportation, Volume	Effects of Taichung bus policy on ridership according to structural change analysis	Yeh, Chao-Fu; Lee, Ming-Tsung	2019
TRID	26th World Road Congress	Experiences in the Development of Urban Public Transport Planning Projects in Argentina	Fariña, O.	2019
TRID	Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems	Policy Implications of Work-Trip Mode Choice Using Econometric Modeling	Irfan, Muhammad; Khurshid, Ahmed N; Khurshid, Muhammad B; Ali, Yasir; Khattak, Aemal	2018

TRID	Journal of Public Transportation	Exploring Passenger Assessments of Bus Service Quality Using Bayesian Networks	Wu, Jingxian; Yang, Min; Rasouli, Soora; Xu, Chengcheng	2016
TRID	11th Asia Pacific Transportation Development Conference and 29th ICTPA Annual Conference	Improving Method of Deficit Routes on Urban Buses Based on Smart Card Data in Taichung City	Chao-Fu Yeh; Mao-Hsun Yang; Hsueh-Wen Tsai; Lai-Yi Ng; Ya-Wei Chen	2016
TRID	Transportation Research Part A: Policy and Practice	Impact of weather on urban transit ridership	Fontes, Tânia; Costa, Vera; Dias, Teresa Galvão	2014
TRID	14th COTA International Conference of Transportation Professionals	Passenger Flow Estimation Based on Smart Card Data in Public Transit	Yu, Chang; He, Zhaocheng	2014
TRID	European Transport Conference	The Economic Value of Bus Subsidy	Abrantes, Pedro	2014
TRID	Journal of Public Transportation	Critical appraisal of web-based passenger information systems	Jain, Gaurav V.; Jain, S. S.; Parida, Manoranjan	2014
TRID	Fourth International Conference on Transportation Engineering	Evaluation of Rural Passenger Transportation Services with Bus Operation Mode in a Metropolitan Area	Guo, Lichao; Guo, Xiucheng; Jiang, Xiaohong	2013
TRID	Twelfth COTA International Conference of Transportation Professionals	Public Transport Smart Card Data Analysis and Passenger Flow Distribution	Li, Man; Du, Bowen; Huang, Jian; Zhu, Tongyu	2012
TRID	Transport Policy	Evaluating the spatial equity of bus rapid transit-based accessibility patterns in a developing country: The case of Cali, Colombia	Delmelle, Elizabeth Cahill; Casas, Irene	2012

Fonte: O autor (2021)

2.2.1.1.1 Evaluation of rural passenger transportation services with bus operation mode in the metropolitan area

No estudo desenvolvido por Guo, Guo e Jiang (2013) a abordagem sobre o papel do transporte em zonas rurais e aspectos da evolução em sua operação são de suma importância, ao compararmos mesmo que em escalas diferentes em termos populacionais, a região metropolitana de Zhengjiang com as operações em zona rural do sistema de transporte em São José dos Pinhais, cidade estudo desta dissertação.

Os autores destacam que na evolução do acesso aos serviços de transporte coletivo em zonas rurais, os moradores dessas regiões mais afastadas utilizavam até meados de 1990 meios

não-motorizados de locomoção, tais como tração animal ou deslocamento a pé, o que destaca o distanciamento dos serviços públicos nessas regiões.

Na sequência da pesquisa são apresentadas as comparações entre operações do transporte em zonas urbanas e rurais, o que mostra uma relação de inferioridade no serviço e no atendimento, com um processo de evolução a uma fase de gestão mais organizada, planejada e que busque novas perspectivas para uma prestação de serviço com o mínimo de qualidade para estas localidades. Se no início a operação era feita por pessoas físicas ou jurídicas, sem organização, com veículos antigos e que ofertavam pouca segurança, na medida em que há um órgão de administração integrado a operação, os ganhos são percebidos com uma melhor estruturação do transporte em zonas rurais.

As primeiras medidas apresentadas no estudo de Guo, Guo e Jiang (2013) foram:

- a) Integração do principal órgão de administração após a extinção dos contratos com as empresas de transporte, renovação da frota operante, gestão dos itinerários e uma melhor organização com as empresas que viriam a operar o sistema;
- b) Novos veículos com ar-condicionado, 60 lugares, sistema de GPS, monitoramento interno com câmera e sonorização, possibilitando com os novos veículos melhor eficiência e qualidade no transporte rural;
- c) Padronização na operação com itinerários, estações e pontos de paradas fixos, frequência nas linhas, tabelas horárias e tarifa, sendo parte da integração da gestão com o órgão de administração, no qual trouxe ainda política de impostos, caracterização dos veículos e critérios na operação do serviço;
- d) Itinerários projetados de modo a atender a distribuição dos vilarejos, com 22 pontos de parada estipulados, sendo utilizados 3 modelos para estes pontos, melhorando as condições de espera antes de uma viagem.

Após essas modificações foram aplicados questionários para um *feedback* sobre as novas operações com os usuários do transporte rural, de modo a melhorar a compreensão das características do transporte rural. Alguns pontos nos resultados são relevantes e que acabam se apresentando em outras regiões com este modo de transporte, tendo destaque a distância de locomoção dos usuários até um ponto de parada, chegando a 6% da amostra com tempo de deslocamento a pé superior a 30 minutos. Outros pontos são a lotação, associada a baixa pontualidade, tempo de espera e distância percorrida, contudo a característica de operação em

zona rural acaba por vezes apresentando tais aspectos que podem ser otimizados, sendo um passo o retorno dos usuários.

Ao final da pesquisa, os autores apresentam resultados da reorganização da operação de ligação Zhengjiang-Rongbing, sendo antes um serviço precário e ineficiente, ganhando contornos de eficiência com a integração da operação, melhor organização de itinerários, otimização dos custos, controle na operação, pontos de paradas pré-estabelecidos e redução do tempo de percurso, entre outros, culminando numa melhoria refletida no aumento de passageiros transportados por ano de 800.000 para 1.700.000, indicando que uma melhor qualidade na operação é um fator de atratividade.

Ainda segundo os autores “quando o rural e as fronteiras geográficas urbanas são eliminadas, o transporte público de passageiros urbano e o transporte rural de passageiros formarão um sistema de serviços integrados promovendo um serviço de transporte público eficiente e de qualidade”⁷ (GUO; GUO; JIANG, 2013), uma conclusão muito pertinente e lógica, uma vez que em cidades ou região com áreas rurais, o desenvolvimento urbano se dá com a integração destas áreas e o transporte público se torna uma peça essencial nesse processo.

2.2.1.1.2 Bridging the gap between weak-demand areas and public transport using an ant-colony simulation-based optimization

Catânia, região da Sicília na Itália, cidade com pouco mais que 306.000 mil habitantes é o foco da pesquisa de Calabrò *et al.* (2020), com aplicação de método de simulação com o efeito de colônia de formigas para otimizar um sistema de transporte no atendimento de linhas alimentadoras em regiões de baixa demanda.

Inicialmente os autores abordam as características de um sistema de transporte público com foco na melhoria da mobilidade urbana e conseqüentemente na otimização de serviços em áreas metropolitanas, assim como o serviço de transporte como elemento de política para inclusão social, dada a sua abrangência com todos os tipos de usuários.

Regiões urbanizadas com baixos índices de demanda de passageiros podem ser caracterizados por baixa densidade residencial e um alto índice de motorização, caraterístico de

⁷ “When the rural and urban geographical boundaries eliminate, urban public transportation and the rural passenger transportation will form integration service system to provide a high quality, efficient public transportation service.”

áreas com maior poder econômico, no qual impactam diretamente no serviço de transporte quanto a área de cobertura e da capacidade do número de passageiros transportados na região. A baixa demanda em linhas pode ser ainda mais acentuada com a sobreposição de serviços de transporte, no qual acabam por distribuir os passageiros, culminando em impactos no equilíbrio entre os custos da operação e o serviço ofertado, uma vez que com custos menos atraentes a operação tende a ser minorada.

O estudo proposto na pesquisa trouxe a aplicação de um modelo em ambiente simulado para otimização com colônia de formigas, sendo esses exemplos de sistemas funcionais que podem entregar soluções complexas se estiverem organizadas. Na aplicação em sistemas de transportes urbanos, o ambiente simulado com o uso de formigas busca identificar em um cruzamento de pontos de parada e área de cobertura, combinados com fatores socioeconômicos e de acessibilidade ao sistema, qual seria o itinerário mais adequado atendendo aos objetivos de alimentação de sistema metroviário local e de melhoria na cobertura e atratividade de linhas alimentadoras.

No modelo, uma determinada formiga buscará o menor caminho entre o formigueiro e uma fonte de alimento, a partir de uma trilha de feromônios. O modelo aplicado com variadas formigas buscando o menor caminho para duas linhas alimentadoras propostas no estudo incluem a redução da sobreposição de linhas, ou seja, com paradas (nós) que incluam mais de uma linha atendendo, e desenhos de itinerários circulares, optando por extensões mais curtas com menores tempos de viagem.

Os resultados do estudo indicam que as maiores gerações de viagens são consequências de percursos com tempo total de deslocamento entre 20 e 30 minutos, indicando que trajetos otimizados podem ser um fator de atratividade, combinado a área de cobertura do atendimento do transporte. Ao final da análise dos resultados do método aplicado, os autores indicam que a simulação resultou em um itinerário circular com maior extensão com tempo de viagem de 30 minutos, no entanto ressaltam que itinerários mais extensos não são indicados para um sistema tronco-alimentador, uma vez que o objetivo é a alimentação do sistema de metrô local, que em função do acréscimo de tempo de viagem a inclusão de linha circular no sentido contrário poderia trazer uma solução.

No entanto, nas considerações finais os autores indicam a necessidade de melhoria do método, natural no campo da pesquisa, pois os métodos são aprimorados com dados diferentes e ajustes para obtenção de resultados mais próximos do equilíbrio entre os objetivos de um sistema alimentador, aliado ao fator de atratividade e ao custo da operação.

2.2.1.1.3 Factors affecting performance of urban bus transport systems in India: A Data Envelopment Analysis (DEA) based approach

A utilização dos sistemas de transportes urbanos públicos é uma característica de regiões em desenvolvimento, independente de localização, população ou extensão geográfica de uma determinada área. Na pesquisa de Gadepalli e Rayaprolu (2020), mesmo considerando as regiões metropolitanas de Dubai, na Índia, o transporte sofre com queda de passageiros em um período observado de 2009 a 2017 com índices de 6% a 27%, impactando diretamente na prestação do serviço e afetando o desempenho do sistema, bem como influenciando a queda de passageiros.

Os autores levantaram uma série de dados que envolve a operação do transporte coletivo para aplicar uma análise de regressão que envolve envoltória de dados, cruzando informações de entrada e saída em um sistema, verificando quais as maiores influências e pontos que podem ser objeto de melhoria com vistas num melhor desempenho e organização do serviço de transporte público urbano.

Embora as cidades analisadas tenham uma população maior que as duas maiores cidades do Brasil, os fatores que são avaliados dentro do modelo DEA se relacionam com os estudos de sistemas de transportes em cidades ou regiões de porte inferior, sendo: ônibus em operação, custos de pessoal, custos dos combustíveis e lubrificantes, eficiência em termos de consumo dos veículos, despesas de capital e custo total (como variáveis de entrada) e o serviço fornecido dentro dos elementos de saída, tais como a quilometragem operacional do sistema, o número de passageiros transportados e o IPK e a receita da operação. A relação na queda de passageiros com os elementos apontados é o resultado do estudo desenvolvido por Gadepalli e Rayaprolu (2020).

Os resultados do modelo aplicado no estudo apontam que as operações na Índia não estão alinhadas ou orientadas com os padrões de viagens dos usuários em regiões de alta demanda, indicando a necessidade de melhor organização da oferta. Outros pontos levantados são associados as variáveis de entrada, especialmente ao consumo dos veículos, no qual em trajetos compreendidos entre 5 e 10km, pode representar um ganho na eficiência. A redução no custo de uma operação influencia de forma direta na oferta do serviço, com possibilidade de ampliação dela.

Um extrato do estudo diz respeito ao planejamento da oferta do serviço de transporte público, independente da dimensão populacional, orientar melhor os serviços, atendendo regiões de elevada demanda, bem como aos padrões de viagem predominantes na operação se faz essencial. A ausência de tais medidas pode bem explicar a redução apontada nos passageiros transportados na região do estudo, embora na contramão exista um forte crescimento populacional indiano.

2.2.1.1.4 A methodology to improve a public transport system

Políticas de mobilidade urbana devem levar em consideração os diferentes modos de deslocamento dentro das cidades, sejam estes com o uso do sistema de transporte público urbano ou até mesmo a integração da mobilidade dos pedestres para acesso aos sistemas diversos. O estudo apresentado por Salvo, Caruso e Santoro (2012) remete a uma reflexão dentro do planejamento dos transportes públicos, o ato de caminhar pelo usuário e a relevância dele na locação de pontos de para dentro da operação dos transportes urbanos.

Dependendo da distância a ser percorrida a caminhada pelo usuário para alcançar o seu destino é um modo alternativo de transporte urbano, sobretudo quando leva-se em consideração o aumento da frota circulante no transporte individual que traz uma série de consequências seja na qualidade de vida no meio urbano como numa piora da qualidade do tráfego nos sistemas viários locais. A distância a ser percorrida então pelo usuário para acesso a um sistema de transporte público é objeto de análise na pesquisa de Salvo, Caruso e Santoro (2012), aliando o uso de sistemas de informação geográfica (SIG), bem como de literaturas sobre o tema, sendo os potenciais resultados aliados a políticas de planejamento de transportes.

Os autores destacam em seu estudo o aumento na demanda pela mobilidade urbana, sendo o uso de carros particulares um fator que preocupa, face as consequências na emissão de gases, segurança viária, poluição sonora e do ar, bem como no congestionamento das vias. Nesta linha de pensamento, o transporte individual não é uma peça funcional em um sistema de transporte e tampouco é sustentável, contudo, o transporte coletivo enfrenta uma série de pontos negativos que acabam por tornar o transporte individual mais atrativo: a falta de conforto, tempo de espera, a lotação das viagens, falta de limpeza nos veículos e em equipamentos urbanos, horários de partidas que não estão alinhados as demandas, bem como o acesso as paradas de ônibus.

A localização das paradas dos coletivos é um fator relevante, pois apenas distâncias máximas e mínimas de deslocamento, bem como raios de cobertura para atendimento não devem ser os únicos elementos de avaliação, pois a existência ou não de uma estrutura de passeio adequada, bem como da declividade do terreno e da acessibilidade para pessoas com mobilidade reduzida devem ser objeto de uma análise conjunta nas tomadas de decisão.

O estudo de caso da pesquisa foi desenvolvido na cidade de Palermo, Itália, no qual os autores avaliaram a condição de uma via urbana que liga o norte e o sul da cidade, com extensão de 1 km, a Viale Lazio. Para avaliação os autores levantaram a energia consumida pelos usuários para deslocamento até as paradas de ônibus, concluindo que para um usuário de projeto (40 a 50 anos, com massa aproximada de 70 kg) os deslocamentos até 300m os usuários não precisariam de uma recuperação de energia após a chegada a parada de ônibus, sendo assim um valor limite a ser empregado, segundo os resultados do estudo.

2.2.1.2 Revisão Sistemática Nacional

A seguinte estrutura foi adotada para o protocolo da revisão sistemática, com abrangência nacional, aplicada nesse trabalho:

- a) Os bancos de dados para pesquisa adotados foram os anais dos Congressos da ANPET e Rio em Transportes, além da Revista Transportes e em apoio a base de dissertações e teses da CAPES;
- b) A linha temporal de corte foi estabelecida em até 10 anos para pesquisas em formatos de artigos, dissertações e teses, colocando como ano limite 2011;
- c) Para busca foram utilizadas de forma geral as palavras-chave: “transporte público urbano”, tendo o refinamento da pesquisa realizado nas etapas seguintes;
- d) Na base selecionada com o corte temporal foram selecionados 52 artigos para a filtragem da avaliação, sendo a sua distribuição: 37 documentos extraídos do Congresso da ANPET, 7 documentos do Congresso Rio em Transporte e 8 documentos da Revista Transportes;
- e) Para seleção dos documentos foram realizadas as leituras preliminares dos títulos das obras, palavras-chaves, resumos e a introdução;

- f) Avaliação qualitativa dos artigos pesquisados, para filtro na área de transporte público urbano de passageiros por ônibus;
- g) Para seleção final das obras a serem exploradas nesta revisão foram prospectados os seguintes assuntos: avaliação de um sistema de transporte público urbano, transporte em cidades de médio porte, avaliação do sistema sob a ótica do usuário, fatores que podem aumentar a demanda de passageiros, impacto da pandemia Covid-19 e transporte público em zonas rurais.

Após a leitura dos títulos, resumos e introduções, foram selecionados 22 artigos para avaliação final e inserção na revisão bibliográfica sistemática desta dissertação. Os artigos compreendem desde avaliação de demanda, estudos de caso, políticas tarifárias, como também o impacto da pandemia do Covid-19.

Dos 22 artigos previamente selecionados, foram escolhidos 6 para a revisão sistemática, uma vez que eles atendem ao objetivo de discussão sobre a análise de sistemas de transportes, foco em gerenciamento da demanda e medidas que possam ser implantadas para melhoria dos sistemas, uma vez que tais medidas podem auxiliar na reversão da queda de passageiros, além dos cenários de impacto da pandemia do Covid-19.

Quadro 3 – Resumo da pesquisa bibliográfica sistemática nacional

Publicação	Título	Autores	Ano
ANPET	Análise do grau de vulnerabilidade do sistema de transporte público urbano por ônibus a partir do estudo da demanda	Luisa Cordeiro Evangelista Moraes; Willer Luciano Carvalho	2017
ANPET	Gestão de sistemas integrados de transporte de passageiros: estudo comparativo Recife – Medellín	Luiz Guimarães Ribeiro Neto; Anísio Brasileiro	2017
ANPET	Variáveis intervenientes ao serviço de transporte coletivo urbano por ônibus no Brasil	Vanessa Teresinha Alves; Márcia Elisa Echeveste	2017
ANPET	Transferência de passageiros em terminais de integração de passageiros: expectativas de especialistas versus usuários	L.C.J. Miranda; L.K. Oliveira	2017
ANPET	Avaliação das variáveis que influenciam o uso do transporte público de passageiros: um estudo de caso do transporte coletivo por ônibus	Mylena Cristine Rodrigues de Jesus; Janaina Antonino Pinto; Iara Alves Martins de Souza	2017
ANPET	Matriz O/D com base nos dados do sistema de bilhetagem eletrônica	Henrique Cirqueira Mesquita; Marina Jorge Amaral; Willer Luciano Carvalho	2017
ANPET	Pesquisas de origem e destino na região metropolitana do Recife	Maurício Renato Pina Moreira; Sideney Schreiner	2017
ANPET	O papel da equidade no planejamento de transportes no Brasil	Thiago Guimarães; Karen Lucas	2017
ANPET	Transporte público em áreas rurais: uma análise bibliométrica	Camila Umbelino Carvalho; Suely Da Penha Sanches; Diego Luiz Cavalca	2017
ANPET	Avaliação do transporte público na RMR pelos indicadores de qualidade definidos pelo regulamento	Fillype Augusto R. de Souza; Caio Augusto T. S. de Menezes	2017

ANPET	Análise das evoluções dos custos e tributos do sistema de transporte público da região metropolitana de Recife	Ricardo José Barbosa de Oliveira Filho; Enilson Medeiros dos Santos	2017
ANPET	A mobilidade urbana e o transporte coletivo por ônibus em Belo Horizonte: cenários e projeções para 2022 e 2032	Giovanni Candido Miranda; Carlos Lobo; Daniela Antunes Lessa	2017
ANPET	Análise da percepção da qualidade do transporte público na região metropolitana de Goiânia	Mariana Araújo Guimarães; Luiz Eduardo Coelho Filho; Willer Luciano Carvalho	2018
ANPET	Obstáculos para desenvolver e estabelecer uma tarifa única para o sistema de transporte público do Rio de Janeiro	Beatriz Rodrigues; Matheus Henrique Cunha Barboza; Nanny Caroline Cunha Ribeiro	2018
ANPET	Transporte público por ônibus no Brasil e a COVID-19: rumo ao colapso dos sistemas?	Olmo Borges Xavier	2020
ANPET	Os impactos da COVID-19 no sistema de transporte público de passageiros na região metropolitana de Fortaleza utilizando dados de SMART CARD	José Nauri Cazuza de Sousa Júnior; Mário Angelo Nunes de Azevedo Filho	2020
ANPET	Impactos da pandemia por COVID-19 nos deslocamentos e atividades principais em cidades brasileiras de médio porte	Laryssa de Andrade Mairinque; Josiane Palma Lima	2020
Rio Transporte	Análise do modelo de reajuste tarifário no transporte público por ônibus na cidade de Santa Maria-RS	Anderson Kopyoleski; Douglas Ramos Stamberg; Matheus de Moraes Rodrigues; Carlos José Antônio Kümmel Félix	2020
Rio Transporte	Estudo para implantação de uma linha de transporte público circular na cidade de Toledo-PR	Eduardo Cesar Amancio; Mayra Branco; Paula Caroline Alves Pudell; Gabriela da Costa Bonetti; Tatiana Maria Cecy Gadda	2020
Rio Transporte	O uso de políticas tarifárias diferenciadas como medidas de gerenciamento de demanda	Ana Luiza Brunoro de Oliveira	2020
Revista Transportes	Efeitos da variação da tarifa e da renda da população sobre a demanda de transporte público coletivo urbano no Brasil	Carlos Henrique Ribeiro de Carvalho; Rafael Henrique Moraes Pereira	2012

Fonte: O autor (2021)

2.2.1.2.1 Análise do grau de vulnerabilidade do sistema de transporte público urbano por ônibus a partir do estudo da demanda

No estudo de Moraes e Carvalho (2017) há uma abordagem sobre as vulnerabilidades de um sistema de transporte público, explanando os diversos eventos que podem impactar na operação do transporte, sejam estas ações de forma planejada ou eventual, como o ocorrido no ano de 2020 com a pandemia mundial do vírus Sars-Cov-2.

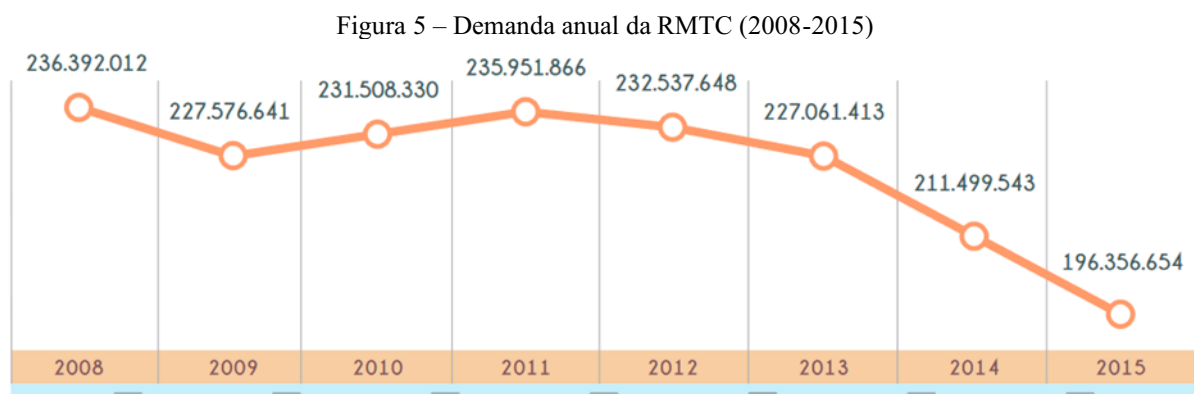
Na abertura do estudo apresentam-se dados do comportamento da demanda de passageiros por variados modos de transporte no Brasil, destacando claro a movimentação de passageiros pelo modo coletivo e a redução na demanda de passageiros, trazendo variáveis como a descentralização de serviços urbanos, aumento das viagens a pé e com automóveis,

economia, criminalidade, além de outros fatores, podendo destacar extra pesquisa os fatores de expectativa dos usuários, dos quais se relacionam diretamente com a qualidade dos serviços prestados.

Ao longo do estudo os autores conceituam a importância do transporte coletivo e sua composição para o deslocamento diário das pessoas, seu papel no sistema viário e a compilação de estudos que envolvem as ameaças a operação do transporte, desde as variações na infraestrutura do sistema viário ao qual o TPU está inserido, bem como políticas tarifárias, aumento de custos, redução de oferta e a diminuição da atratividade do sistema.

A atratividade é bem abordada como um elemento que se relaciona a eficiência do sistema aliada as expectativas e necessidades dos usuários, pois um sistema menos atrativo resulta em ações de uma série histórica, de uma gestão que peca no planejamento e nas decisões tomadas, o que traz um serviço ineficiente. Os elementos abordados são de grande relevância principalmente quanto ao papel do gestor público, independente do porte da cidade ou região estudada, pois a constante avaliação do sistema traz impactos imediatos na operação do transporte coletivo, seja em racionalizações ou aumento de sobreposição de linhas.

Por fim, antes do estudo aplicado na região metropolitana de Goiânia, Moraes e Carvalho (2017) abordam os conceitos de vulnerabilidade e a necessidade de um conjunto de dados a serem analisados para destacar dentro de uma série histórica, quais seriam esses elementos ou eventos de vulnerabilidades, finalizando com as ações externas que influenciam um sistema, sejam de natureza social, econômica, climática e política, sendo essa última passível de pesquisa focada apenas nessas ações.



Fonte: SET (2015).

A figura 5 apresentada no estudo de Moraes e Carvalho (2017) traz a acentuada queda de passageiros no período observado na região de Goiânia e como destacado, movimento de

tendência que ocorre no cenário nacional também. Os autores destacam a influência do aumento do transporte individual motorizado, combinado a perda social e comercial na região.

No método de pesquisa foram utilizadas coleta de dados diários da demanda de transporte na região de Goiânia, observando dias em que a variação em relação ao dia anterior fosse superior a 10%, para mais ou menos, pesquisando quais eventos ocorram na região no dia do pico da variação para determinar as vulnerabilidades. Para classificar essa variação observada utilizou-se uma classificação de controle estatístico de processo (CEP) com o coeficiente de variação (CV).

Os resultados indicaram que as maiores variações foram constadas em períodos com feriados, uma vez que é nítido o aumento do transporte individual dada a característica das viagens para lazer dos usuários e nas vésperas de feriado, pelo mesmo motivo. Eventos pontuais como os jogos da Copa do Mundo FIFA© 2014, eventos de pecuária ou romarias (típicos da região) ou dias chuvosos, apresentaram variação com comportamento mais uniforme, apesar de um coeficiente de variação para dias chuvosos resultar em 214%, o que não representa neste caso um impacto tão forte, tendo em vista a variação em vezes de -2% para -3% (maioria das situações).

Por fim, uma grande contribuição da pesquisa está na análise de série história para determinar o impacto e as vulnerabilidades do sistema ante a eventos e períodos com feriados, uma vez que tais informações são valiosas, somando ao fato de apresentarem potenciais fatores de queda na demanda de transporte.

2.2.1.2.2 Avaliação das variáveis que influenciam o uso do transporte público de passageiros: um estudo de caso do transporte coletivo por ônibus

Jesus, Pinto e Souza (2017) trazem em sua pesquisa a problemática das variáveis que afetam a redução dos passageiros transportados em um sistema para cidades de médio porte, no qual podem se aplicar em outras regiões, dada a percepção da qualidade da prestação do serviço público pelo usuário, ante as suas necessidades e possibilidades no momento do estudo ou quando analisada uma determinada série histórica.

O estudo abre com uma abordagem sobre os congestionamentos nas grandes vias e a demanda das pessoas por um transporte de qualidade, rápido, confortável, flexível, cômodo e acessível, o que acaba por influenciar na opção pelo modo de transporte individual, aumentando

o problema de origem nas vias de circulação, o aumento do número de veículos trafegando pela cidade. Destaca-se também nas escolhas por outros modos, na medida em que o serviço público se torne ineficiente ante a expectativa do usuário, o crescimento dos transportes clandestinos ou irregulares, aumentando a concorrência, acentuando a queda de passageiros do modo coletivo, aumentando os custos operacionais e iniciando um perigoso ciclo de queda no TPU.

Na sequência as autoras adentram nos fatores que desestimulam o uso do transporte coletivo por parte dos usuários tais como tarifa, lotação, conforto dentro do veículo, ruído, cumprimento de horários (confiabilidade), dentre outros fatores que são abordados em pesquisas científicas e literatura acerca do tema. Um ponto abordado com ênfase é a lotação dos veículos que acaba por impactar no conforto que o usuário tem e a sua percepção entre o serviço entregue e a tarifa paga pelo usuário e o fator de confiabilidade, uma vez que afeta a vida desses passageiros, pois o não cumprimento de horário gera atrasos na viagem, atrasos na entrada em seu trabalho ou ambiente de estudos, embora estes possam ser agravados por ações do meio em que o transporte coletivo está inserido.

Para captar a percepção dos usuários, as autoras aplicaram um questionário em uma cidade de médio porte no Estado de Minas Gerais (MG), observando um nível de confiança de 95%, não apresentado a margem de erro estimada, para um universo de 117.643 habitantes o estudo coletou 600 questionários na amostra, sendo 383 o valor mínimo. A pesquisa deu-se no ano de 2016, sendo aplicados 426 questionários em campo e 174 por meio eletrônico.

Os resultados indicaram um perfil de amostra com 50% dos respondentes entre 18 e 21 anos, em sua maioria com uso do transporte coletivo para estudos e atividades cotidianas, sendo 16% dos entrevistados utilizam o ônibus para ir ao trabalho e 15% para fins de lazer. (JESUS; PINTO; SOUZA, 2017). No questionário aplicado foram levantadas informações sobre: acessibilidade, frequência de atendimento, tempo de viagem, confiabilidade, característica dos ônibus, característica dos locais de parada, sistema de informações, comportamento dos operadores e estado das vias. Foram avaliados 27 parâmetros dentre os 9 fatores mencionados, do total foram considerados “bom” um total de 3, “regular” 13 e “ruim” 11, sendo apresentado esse resumo dos resultados na figura 6.

Figura 6 – Resultados da pesquisa de campo de JESUS *et al.* (2017)

Indicador	Parâmetro de avaliação	Bom	Regular	Ruim
Acessibilidade	Distância entre a residência e o ponto de ônibus mais próximo	■		
	Estado dos passeios		■	
	Iluminação das vias		■	
	Segurança na travessia das ruas		■	
	Declividade do trajeto		■	
Frequência no atendimento	Intervalo de um ônibus para outro da mesma linha (2ª a sábado)			■
	Intervalo de um ônibus para outro da mesma linha (Domingos e feriados)			■
Tempo de viagem	Tempo médio dentro do ônibus		■	
	Tempo médio de viagem (realizada por ônibus em "Até 15 minutos") utilizando carro			■
	Tempo médio de viagem (realizada por ônibus em "Entre 15 e 30 minutos") utilizando carro			■
	Tempo médio de viagem (realizada por ônibus em "Mais que 30 minutos") utilizando carro			■
Confiabilidade	Confiabilidade dos horários de ônibus divulgados pela empresa			■
Características dos ônibus	Estado de conservação dos ônibus		■	
	Número de portas e largura efetiva do corredor		■	
	Altura dos degraus		■	
	Aparência dos ônibus		■	
Características dos locais de parada	Existência de sinalização nas paradas e pontos de ônibus		■	
	Existência de cobertura nas paradas e pontos de ônibus			■
	Existência de banco nas paradas e pontos de ônibus			■
	Aparência das paradas e pontos de ônibus		■	
Sistemas de informações	Existência de informações com itinerários e horários disponíveis		■	
	Existência de informações adequadas nas paradas e pontos de ônibus			■
	Existência de meio de informações e reclamações (pessoalmente, por telefone ou <i>on line</i>)			■
Comportamento dos operadores	Sobre as habilidades dos motoristas na direção	■		
	Sobre o comportamento e cortesia dos motoristas e cobradores	■		
Estado das vias	Sobre o pavimento das vias e quantidade de buracos			■
	Sobre a quantidade de lombadas e valetas com sinalização		■	

Fonte: JESUS *et al.*, (2017).

Os resultados, embora aplicados numa determinada cidade de porte médio em Minas Gerais, expressa informações no contexto da realidade do transporte coletivo no Brasil, destacando aqui os pontos ruins que podem ser determinantes para a opção pelo modo individual de deslocamento: frequência, confiabilidade, locais de parada, sistemas de informação ao usuário e o estado das vias. Esse extrato de informações que partem do usuário é preponderante para o gestor público atuar na reversão da queda de passageiros e no aumento descontrolado do custo do sistema.

As autoras finalizam com proposições para melhoria dos fatores que foram avaliados, destacando dentre os 27 indicadores quais estariam sob a competência das empresas operadoras do serviço de transporte coletivo e quais oriundas do poder concedente. Vale ressaltar aqui, extra pesquisa, que cabe uma análise do modelo de operação do transporte na região em estudo para verificar as competências de cada ente no sistema, de tal modo que as demandas podem ser direcionadas e aquelas eventualmente não previstas de forma legal em contrato de concessão, serem avaliadas pelo poder concedente com ajustes na concessão.

2.2.1.2.3 Matriz O/D com base nos dados do Sistema de Bilhetagem Eletrônica

Na medida em que os sistemas de transporte vão se modernizando, são ultrapassadas as barreiras do pagamento de tarifa por espécie ou por algum tipo de bilhete impresso ou em material descartável por parte do usuário, aumentando assim a presença do Sistema de Bilhetagem Eletrônica (SBE) que segundo Mesquita, Amaral e Carvalho (2017) na elaboração de sua pesquisa, 85,2% das cidades brasileiras com mais de 100 mil habitantes já dispunham de SBE.

A bilhetagem eletrônica fornece algumas vantagens operacionais e relacionadas ao planejamento de um sistema de transporte: a) pagamento antecipado da tarifa; b) redução do tempo de viagem em função do uso de cartão para pagamento de tarifa; c) possibilidade de políticas tarifárias diferenciadas; d) integração temporal; e) dados em tempo real dos passageiros; f) passageiros transportados por tipo (pagantes, estudantes, idosos, isentos e operadores e/ou outros que tem direito a isenção não prevista em legislação federal); g) quando os sistemas dotados de georreferenciamento, há mapeamento dos pontos de embarque, desembarque e pagamento da tarifa.

O banco de dados que pode ser coletado também favorece uma gestão moderna do sistema, sendo nesta pesquisa o uso de tais dados para construção de uma matriz de origem e destino, instrumento fundamental para o planejamento de sistemas de transportes, independente do porte da cidade e/ou região, a obtenção da matriz O/D possibilita o redesenho do sistema se ajustando as demandas observadas, otimizando a operação, reduzindo custos e ofertando melhor serviço aos usuários.

Os autores na pesquisa elencam o desenvolvimento dos SBE e suas possibilidades, que quanto mais avançada a tecnologia embarcada, um maior número de informações pode ser

obtido da operação do TPU. Destacam ainda as formulações de matrizes O/D e pesquisa brasileira relacionando os dados do SBE com a construção de uma matriz.

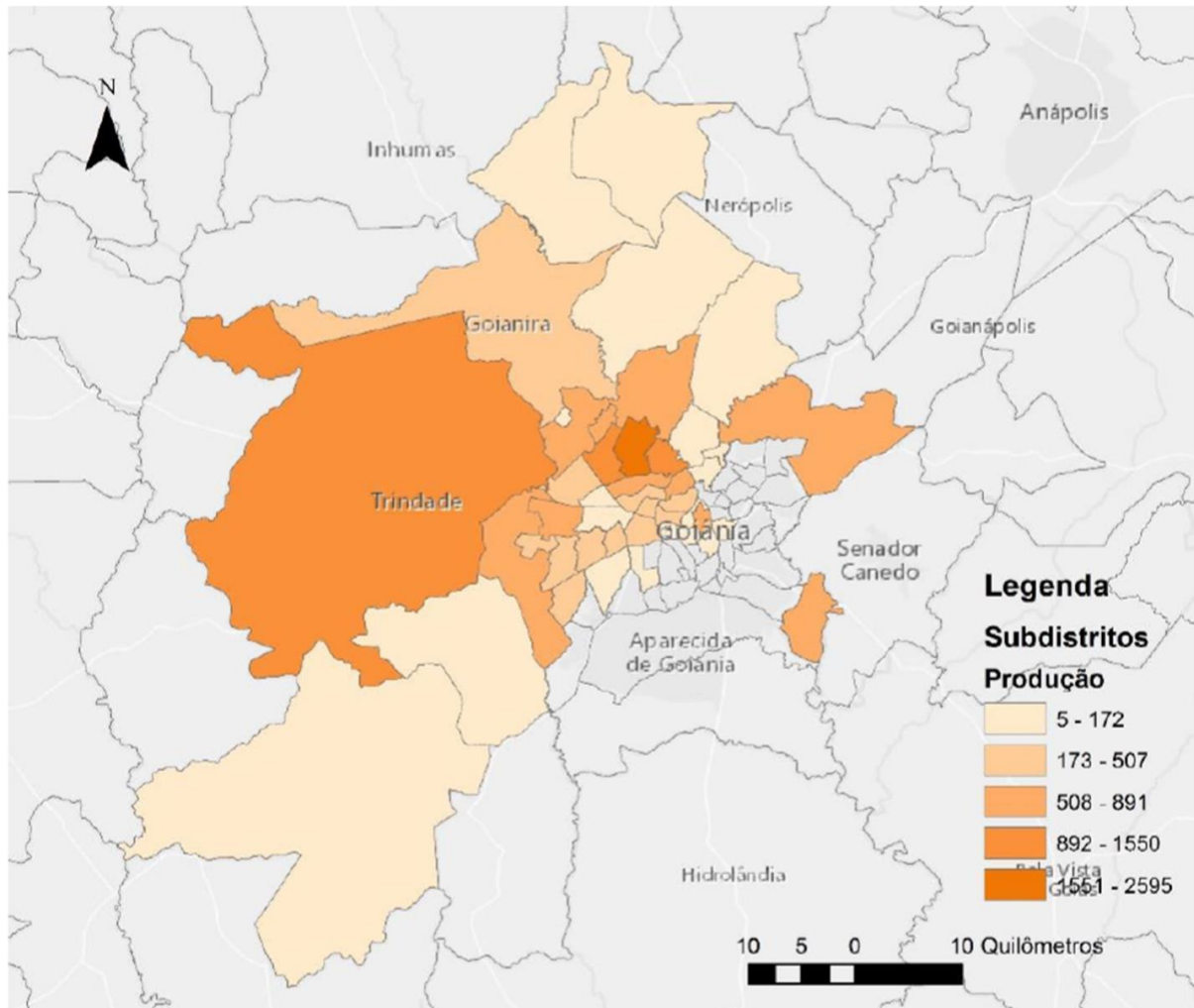
Considerando essa base, o estudo propõe a construção de uma matriz O/D a partir dos dados do SBE do sistema de transporte da Região Metropolitana de Goiás, apresentando rapidamente algumas características do TPU da RMG, adotando para coleta de dados três dias em uma semana típica: terça-feira (08 de março de 2016, dia útil), sábado (05 de março de 2016) e domingo (06 de março de 2016), sendo uma escolha coerente por se tratar de semana com recebimento de salários e, portanto, representa grande movimentação de passageiros. No entanto, a pesquisa limita-se a um único dia em um único mês, sem criar um elo de comparação com outro dia típico em outro mês e procurar uma análise de série histórica para avaliar o melhor cenário temporal de aplicação, embora os autores façam essa ressalva no início do estudo.

Os dados coletados para a análise futura incluem: identificação dos usuários, datas e horas das validações dos cartões de transporte, localização geográfica, cartão usado (idoso, venda a bordo, venda embarcada, estudante, aposentado, etc.), informações sobre a linha, faixa horária, região e subsistema, alimentando um bando de dados que até então não conta com tratamento específico, pois os sistemas de bilhetagem não foram até então desenvolvidos com o propósito de construção de matrizes O/D ou então de serem ferramentas auxiliares para o planejamento e gestão do TPU. (MESQUITA; AMARAL; CARVALHO, 2017).

O tratamento dos dados foi realizado através de programação com linguagem Python, elaborando um algoritmo permitindo o cruzamento das informações e posteriormente sendo inseridos em plataforma SIG, mais precisamente o programa ArcGIS, criando uma visualização dos dados. Na pesquisa, foram reduzidas as informações para produção do artigo, da matriz original 607 x 607, para 42 x 42, em função da divisão do sistema de transporte em subsistemas de acordo com uma divisão já proposta pelo IBGE no censo de 2010.

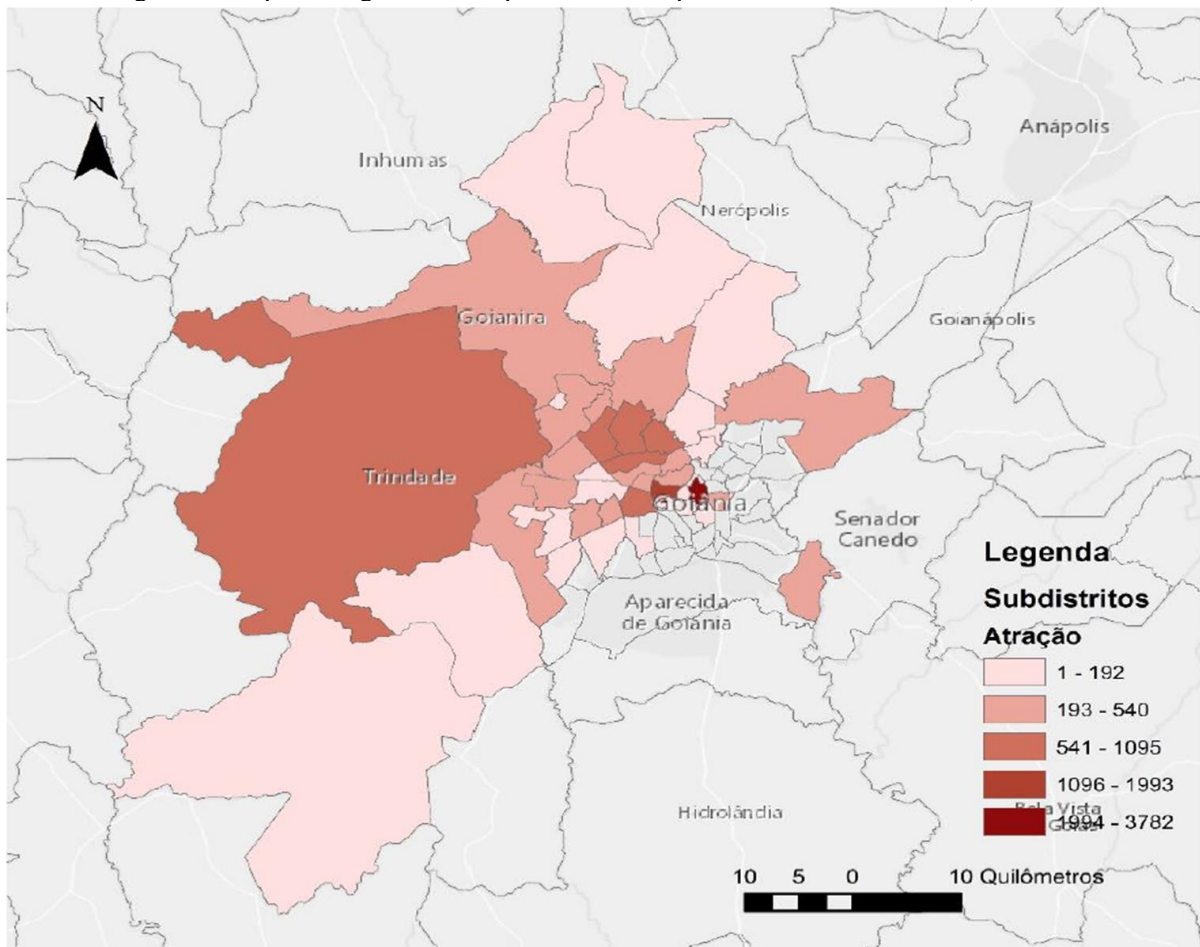
Embora possua limitações, o estudo apresenta uma grande contribuição como ferramenta de planejamento em sistemas de transportes, que utilizam o avanço da tecnologia para contribuição da gestão, aposentando de certa forma métodos mais manuais, caros e que acabam por demandar muito tempo para sua análise. As figuras 7 e 8 representam os resultados obtidos após tratamento dos dados, estes inseridos no artigo desenvolvido pelos autores.

Figura 7 – Mapa de viagens geradas por subdistrito para o Arco Oeste da RMG, em dia útil



Fonte: Mesquita, Amaral e Carvalho (2017)

Figura 8 – Mapa de viagens atraídas por subdistrito para o Arco Oeste da RMG, em dia útil



Fonte: Mesquita, Amaral e Carvalho (2017)

2.2.1.2.4 O papel da equidade no planejamento de transportes no Brasil

O papel social do transporte coletivo é um princípio básico que não apenas o planejador de transportes deve ter e sim toda a administração pública, uma vez que o serviço público se torna mais essencial a quem é mais vulnerável na escalada social. Guimarães e Lucas (2017) abordam o tema na ótica a equidade do transporte, uma vez que pela revisão literária realizada em sua grande maioria o desenvolvimento acaba por ser ordenado para as regiões mais favorecidas com as classes mais abastadas, excluindo pela ineficácia do serviço público os usuários de renda baixa ou que residem em regiões mais periféricas e/ou distantes dos grandes centros do acesso a diversos serviços ou na dificuldade de acesso.

A dificuldade aqui listada, com relação ao serviço de transporte público, se destaca pela baixa oferta do TPU, pelo tempo de viagem muito grande em comparação as regiões de maior renda, pela qualidade da operação. O planejamento do transporte deve ser orientado como

um serviço à população, atendendo as necessidades que não podem se basear apenas em conhecimentos empíricos ou instruções padronizadas para todas as regiões e todas as populações de determinada cidade.

Embora generalizem, seja pela literatura, seja pela opinião dos autores, que a formação dos profissionais de engenharia civil, estes por sua vez em grande maioria como personagens do planejamento e gestão do transporte público, tenha carências ou lacunas numa formação com caráter social, tal generalização acaba por ser perigosa, pois não se trata do escopo do artigo elaborado, bem como demandaria uma análise muito profunda da formação dos profissionais de engenharia civil e mesmo esta demanda necessitaria um recorte por ano, regiões, diretrizes curriculares, entre outros pontos que não eram escopo do estudo.

A partir da construção do conceito e do princípio de equidade no planejamento de transportes, os autores partem para uma investigação com os profissionais da área, através de uma *survey online*, por mais que a amostra não seja estatisticamente representativa a nível nacional, seus resultados expressam um recorte para as reflexões propostas do que para generalizações.

A amostra gerou um perfil dos respondentes que segundo os autores, dentro da revisão realizada, está alinhada a literatura utilizada, com um perfil de homem, branco e com elevado grau de instrução, sendo que a maioria dos respondentes alega ter conhecimento sobre os conceitos de mobilidade sustentável e da equidade no planejamento do transporte coletivo.

Nas reflexões finais, destacam-se alguns pontos de grande relevância como a boa interpretação das áreas pesquisadas, contudo com os respondentes caindo em contradição, por exemplo, embora acreditem na priorização da redução das desigualdades, o mesmo perfil amostrado opina pela neutralidade nas técnicas de planejamento do transporte. As grandes áreas investigadas foram: a) reconhecimento de desigualdades em transportes; b) equidade em práticas de planejamento de transportes; c) estratégias prioritárias para o transporte coletivo; d) equidade na mobilidade sustentável.

2.2.1.2.5 Avaliação do transporte público na RMR pelos indicadores de qualidade definidos pelo regulamento

A carta magna das leis e ordenamentos jurídicos, a Constituição Federal, versa sobre o transporte público coletivo e que “devem ser garantidos por meio de um transporte público coletivo de passageiros um serviço rápido, seguro, confortável, contínuo, abrangente, confiável,

eficiente, eficaz e com tarifas módicas” (SOUZA; MENEZES, 2017). A importância do transporte na vida das pessoas vai muito além dos direitos que elas detêm através da legislação vigente, o transporte é um indutor do desenvolvimento urbano integrado e deveria ser tratado com foco nos usuários e a sua qualidade.

A qualidade do transporte é um ponto alto no estudo de Souza e Menezes (2017), destacando um elemento chave na avaliação: a regulamentação dos serviços. Seja em uma operação com contrato de concessão ou em casos de permissão precária, a regulamentação dos serviços dá o Norte e define as regras da operação, bem como elucida os indicadores de qualidade e metas que devem ser alcançadas para uma prestação efetiva do serviço público essencial.

Tais indicadores de qualidade são de alguma forma subjetivos e também baseados em conceitos já estabelecidos em literaturas clássicas, pesquisas recentes e em regulamentos dos variados sistemas de transportes no Brasil. A percepção da qualidade é inerente as expectativas dos usuários frente ao pagamento que ele realiza para usufruir da operação, se as necessidades não são atendidas e aspectos de conforto não são atendidos, invariavelmente haverá uma minoração da avaliação do serviço, abordagem está bem explorada no artigo em resumo.

Os autores trazem um elemento da literatura clássica de Ferraz e Torres (2014) que é apresentação dos fatores ou indicadores de qualidade que devem ser avaliados constantemente na operação do transporte coletivo, apresentado no quadro 4 a seguir:

Quadro 4 – Fatores que influenciam a qualidade do transporte público urbano

QUALIDADE	CONCEITO
Acessibilidade	É a distância percorrida para iniciar e finalizar a viagem por transporte público, sendo influenciada pelas características do percurso como declividade, estado das calçadas etc.
Frequência de atendimento	Intervalo de tempo entre a passagem de dois veículos consecutivos de transporte público numa mesma linha e sentido.
Tempo de viagem	Tempo gasto no interior dos veículos.
Lotação	Quantidade de passageiros no interior dos veículos.
Confiabilidade	Grau de certeza dos usuários de que um veículo de transporte público vai passar na origem e chegar ao destino no horário previsto.
Segurança	Acidentes envolvendo os veículos e atos de violência.
Características do veículo	Tecnologia e o estudo de conservação dos ônibus.
Locais de parada	Sinalização adequada, existência de bancos e cobertura.
Sistema de informações	Disponibilidade de folhetos com horários, itinerários de linhas, indicações de estações e postos de atendimento.
Conectividade	Facilidade de deslocamento entre dois locais quaisquer.
Comportamento dos operadores	Postura dos motoristas e cobradores (quando houver).
Estado das vias	Qualidade da superfície de rolamento.

Fonte: Ferraz e Torres (2004)

Uma premissa levantada pelos autores que se torna muito perigosa na gestão pública é o conceito de qualidade ser relacionado apenas a uma condição de redução de custos para manutenção da operação e sobrevivência dos operadores, em conflito com a visão onde o usuário é o foco da atenção, uma vez que o serviço público deve ser ajustado para atender as necessidades da população.

A metodologia proposta pelos autores é muito assertiva, estudando de forma profunda os relatórios de avaliação produzidos ao longo da concessão, considerando o momento em que estes foram estabelecidos, em comparação com um histórico de reclamações registradas por parte dos usuários, para verificar se a avaliação da operação está em sincronia com a percepção do passageiro do sistema, embora esse possa não registrar a sua visão em função de desconhecimento dos canais oficiais ou de exclusão tecnológica, algo perceptível em regiões rurais ou pessoas mais idosas que possuam dificuldade em lidar com a tecnologia.

Os resultados apresentam uma relação entre os atributos de confiabilidade, segurança, adequabilidade e relacionamento, indicados no estudo sobre os relatórios de avaliação, estão relacionados com as reclamações dos usuários. Na sequência há uma avaliação de variação ano após ano das notas recebidas pelas empresas operadoras, conforme regras de avaliação previstas no regulamento e apresentadas no estudo.

A contribuição deste estudo está justamente em relacionar as regras da operação, previstas nos dispositivos regulatórios, com os registros realizados pelos usuários, por vezes de difícil alcance, contudo em sintonia com as necessidades de melhorias do sistema. Os autores chamam atenção para os baixos índices de reclamação por parte dos usuários sobre superlotação dos veículos, em que pese esta possa já estar ligada as baixas expectativas dos usuários que podem em determinado momento priorizar o acesso ao sistema do que o conforto que ele oferece.

2.2.1.2.6 Transporte público por ônibus no Brasil e a COVID-19: rumo ao colapso dos sistemas?

Entre o negacionismo e a ciência, o que há de concreto com a pandemia da COVID-19 é o impacto catastrófico na economia mundial, com ações para conter a disseminação do vírus que ainda não possui remédio com eficácia comprovada, vários setores da economia foram afetados e precisaram se reinventar para continuar com seu modelo de negócio ativo.

O transporte público urbano coletivo no país já vinha sofrendo desgastes e queda de passageiros, com um período ainda mais acentuado após os movimentos de 2013 pela redução de tarifas, sendo essa abordagem pré-pandemia muito bem explanada por Xavier (2020), construindo o panorama de queda de qualidade, redução de passageiros e aumento dos custos operacionais do TPU. Com a pandemia do COVID-19 a ferida histórica do transporte coletivo ficou ainda mais exposta, não sendo incomum os discursos de colapso e comprometimento das operações dado o abismo em que se encontram os fluxos de caixa das empresas operadoras.

A pandemia também evidenciou como não há uma unidade na condução da política nacional de mobilidade urbana no Brasil, com tomadas de decisões diversas nas mais variadas regiões do país em que algumas cidades criaram sistemas de aporte emergencial para manutenção do serviço essencial, enquanto outras permitiam apenas passageiros sentados nas viagens e outras com a interrupção abrupta do serviço, todas em nome do combate a disseminação do vírus.

O problema ganhou proporções ainda maiores devido, na maioria dos sistemas de transportes públicos, a única fonte de arrecadação para custeio da operação: o pagamento da tarifa pelos usuários, que já subsidiavam as isenções e gratuidades, agora se viram diante do cenário de manter uma operação que se tornou ainda mais cara, de mais baixa qualidade e com status de enfermo grave.

Como muito bem apresentado por Xavier (2020), não é de hoje que associações como ANTP e NTU, fomentam o debate para organização do sistema de transporte público urbano no Brasil com vias de encontrar um equilíbrio econômico e que proporcione a qualidade que o usuário almeja e merece, embora as comparações com países desenvolvidos por vezes seja desproporcional, ainda mais quando comparamos as realidades e peculiaridades locais, o usuário tem anseios similares, busca um serviço de transporte com tarifa justa e qualidade.

Na medida em que a fonte de custeio se concentra no passageiro pagante, uma crise da proporção da pandemia que afeta o mundo todo, o número de pessoas que perdem seus ofícios, tem diminuição de renda e, portanto, buscam formas de equacionar suas despesas pessoais e de manutenção dos custos que envolvem a família, o transporte sofre cada vez mais e abre uma perigosa passagem aos modos não regulamentados, que não oferecem segurança alguma em nome de uma economia ilusória.

Como já mencionado anteriormente, a crise da pandemia abre uma possibilidade de análise profunda do sistema local, buscando um ajuste a nova realidade, as novas demandas,

priorizando a qualidade muito perdida ao longo dos últimos anos e sentida pelos usuários, muitos destes que se evadiram do TPU em busca de novos modos de deslocamento que atendam às suas necessidades.

Quando somados os retratos anterior e atual, no curso da pandemia, evidencia-se a magnitude do desafio a ser enfrentado. Faz-se necessário um acompanhamento dos desdobramentos das medidas mitigadoras que a cada dia se mostram mais necessárias em todo território nacional. O colapso dos sistemas de transporte público por ônibus no Brasil ganha nitidez na mesma proporção em que decisões deixam de ser tomadas. (XAVIER, 2020, p. 291)

3 MÉTODOS DE PESQUISA E PROPOSTO

3.1 MÉTODO DE PESQUISA CIENTÍFICA

O método da pesquisa consiste na apresentação dos procedimentos a serem executados por parte do pesquisador de forma a alcançar os objetivos propostos, respondendo as problemáticas apresentadas, de modo ordenado e estruturado cientificamente.

A pesquisa científica é um caminho para encontrar as respostas das quais não detemos o conhecimento prévio, através da aplicação de métodos, procedimentos racionais, sistemáticos, empíricos, experimentais, uma explanação direta que o professor Gil (2002) traz logo ao início de sua obra.

Da obra de Silva e Menezes (2001) temos que “a pesquisa é um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para um problema, [...] quando se tem um problema e não se tem informações para solucioná-lo”. Essa citação nos traz ao ambiente de contribuição científica para o desenvolvimento da sociedade, do progresso em busca de avanços para quem mais precisa.

Há várias formas de classificarmos uma pesquisa, dado os métodos e procedimentos que ela deve ter, sendo a pesquisa aplicada que “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais” (SILVA; MENEZES, 2001), e de fato os interesses locais podem receber a contribuição científica para busca de soluções, sendo que uma pesquisa sobre problemas práticos pode conduzir à descoberta de princípios científicos, como aborda Gil (2002).

Quanto a abordagem, segundo os conceitos apresentados por Silva e Menezes (2001), a pesquisa aqui proposta tem abordagem quantitativa, uma vez que as análises dentro do método podem-se traduzir em números as opiniões e informações, de modo a classificá-las e analisá-las. Embora a abordagem quantitativa utilize técnicas estatísticas ou outros recursos como modelos explicativos ou preditivos, a pesquisa não se torna fria em seus resultados quanto ao aspecto social, sendo esta relação uma ação do pesquisador no envolvimento e quanto aos objetivos propostos por ela.

Em relação aos objetivos, a pesquisa se enquadra como exploratória do tipo estudo de caso, proporcionando ao pesquisador maior familiaridade com o problema, abordando desde a

revisão bibliográfica, o levantamento de dados, análise de exemplos, até a formulação de hipóteses ou modelos. (SILVA; MENZES, 2001)

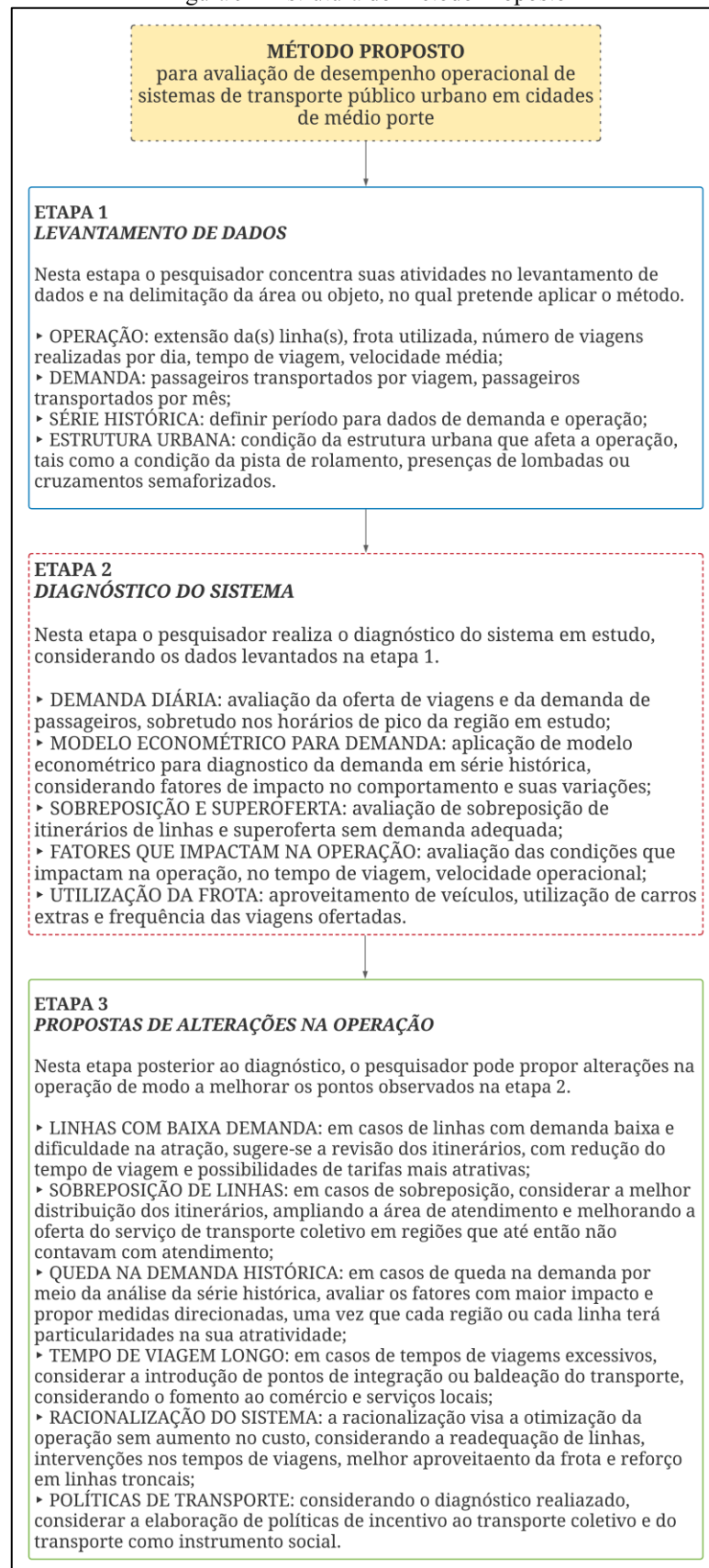
Para representação da estrutura da pesquisa, foi elaborado um fluxograma representado no apêndice A desta dissertação, sendo os principais pontos ilustrados:

- a) Revisão da Literatura;
- b) Revisão Narrativa: transporte público urbano e planejamento em transportes;
- c) Revisão Sistemática: análise do TPU;
- d) Planejamento da Pesquisa;
- e) Metodologia da Pesquisa Científica;
- f) Método proposto na dissertação: indicação das etapas;
- g) Análise dos resultados;
- h) Conclusão e recomendações para pesquisas futuras.

3.2 MÉTODO PROPOSTO

O método proposto para este trabalho tem como base três etapas para análise de um sistema de transporte público urbano em cidades de médio porte, sendo: i) levantamento de dados; ii) diagnóstico do sistema; e iii) propostas de alteração na operação. A figura 9, apresentada na sequência, ilustra a estrutura do método proposto neste trabalho, no qual será detalhada na seção 3.3.

Figura 9 – Estrutura do Método Proposto



Fonte: O autor (2021).

3.2.1 Etapa 1: Levantamento de Dados

Nesta etapa, o pesquisador que pretende replicar o método aqui apresentado deve se concentrar no levantamento de dados que envolvam e a delimitação da área ou objeto de estudo, tais como lotes de uma operação, região da cidade ou conjunto de linhas que representem uma parcela significativa da operação. Estas informações são de suma importância, pois sem os dados do sistema, sem o panorama da operação, o pesquisador ficará sem embasamento para decisões que fujam do espectro subjetivo.

Figura 10 – Etapa 1: Levantamento de Dados

ETAPA 1

LEVANTAMENTO DE DADOS

Nesta etapa o pesquisador concentra suas atividades no levantamento de dados e na delimitação da área ou objeto, no qual pretende aplicar o método.

- ▶ OPERAÇÃO: extensão da(s) linha(s), frota utilizada, número de viagens realizadas por dia, tempo de viagem, velocidade média;
- ▶ DEMANDA: passageiros transportados por viagem, passageiros transportados por mês;
- ▶ SÉRIE HISTÓRICA: definir período para dados de demanda e operação;
- ▶ ESTRUTURA URBANA: condição da estrutura urbana que afeta a operação, tais como a condição da pista de rolamento, presenças de lombadas ou cruzamentos semaforizados.

Fonte: O autor (2021).

Considerando a delimitação para aplicação do método, deve-se proceder com o levantamento de dados relativos à operação, sendo: extensão e itinerário da(s) linha(s), a frota utilizada podendo incluir dados sobre eventuais tabelas extras para reforços em horários de maior demanda, número de viagens realizadas por dia (útil, sábado e domingos/feriados) incluindo um recorte em horários de maior demanda, tempo de viagem média e velocidade operacional média. Os dados sobre a operação contribuem para o diagnóstico do sistema, muito no que se refere a fatores que externos que venham a prejudicar a operação ou que não otimizem a mesma.

Sobre a demanda das linhas estudadas deve-se levantar a quantidade de passageiros transportados (pagantes/equivalentes e totais) por viagem ou faixa de horário, além da relação

de passageiros totais no mês, sendo este último dado mais relevante a estudos de viabilidade econômica de uma linha, sendo essa não inclusa neste método.

Em posse dos dados que representem o cenário atual da operação, deve-se levantar os dados de série histórica de operação (frota, viagens por dia) e demanda de passageiros (dia, mês), no qual possibilitam uma variedade de análises na etapa de diagnóstico do sistema.

Por fim, levantar os dados sobre as condições da estrutura viária urbana que é utilizada para o transporte coletivo é de grande relevância, como exemplo a condição precária de uma pista de rolamento afeta diretamente a velocidade desenvolvida pelos veículos e o tempo de viagem. Entretanto, os dados sobre a estrutura viária devem contemplar presença de dispositivos para redução de velocidade, tais como lombadas e/ou travessias elevadas, bem como de cruzamentos semaforizados e de eventuais pontos com geometria da via não adequada para giro de um veículo para transporte coletivo.

Além das condições de vias, os pontos para parada dos veículos, sejam eles dotados ou não de abrigos específicos, assim como estações e/ou terminais de integração, a condição de estrutura deles também interfere nas escolhas dos usuários, na medida em que não haja segurança, informação ao usuário, conforto no período de espera, pontos que contribuem com a baixa percepção de qualidade do sistema.

3.2.2 Etapa 2: Diagnóstico do Sistema

Com base nos dados coletados na etapa 1, o pesquisador poderá realizar um diagnóstico da operação do sistema de transporte coletivo em uma cidade de médio porte, atendendo a delimitação realizada, buscando uma maior compreensão das características da operação e da demanda de passageiros, uma vez que a dinâmica da operação é diferente de região para região e leva em conta uma série de fatores que são característicos não apenas da cidade em estudo, bem como da grande região ao qual ela está inserida.

A primeira etapa do diagnóstico consistirá na análise do cenário atual da operação do transporte coletivo, com base nos dados levantados, o pesquisador terá um extrato da oferta de viagens, a compatibilidade entre oferta e demanda, frequência de viagens em horários de maior demanda e um fluxo de origem e destino proporcionada pelas linhas.

Figura 11 – Etapa 2: Diagnóstico do Sistema

ETAPA 2**DIAGNÓSTICO DO SISTEMA**

Nesta etapa o pesquisador realiza o diagnóstico do sistema em estudo, considerando os dados levantados na etapa 1.

- DEMANDA DIÁRIA: avaliação da oferta de viagens e da demanda de passageiros, sobretudo nos horários de pico da região em estudo;
- MODELO ECONOMÉTRICO PARA DEMANDA: aplicação de modelo econométrico para diagnóstico da demanda em série histórica, considerando fatores de impacto no comportamento e suas variações;
- SOBREPOSIÇÃO E SUPEROFERTA: avaliação de sobreposição de itinerários de linhas e superoferta sem demanda adequada;
- FATORES QUE IMPACTAM NA OPERAÇÃO: avaliação das condições que impactam na operação, no tempo de viagem, velocidade operacional;
- UTILIZAÇÃO DA FROTA: aproveitamento de veículos, utilização de carros extras e frequência das viagens ofertadas.

Fonte: O autor (2021).

O diagnóstico deve contemplar a análise dos itinerários das linhas com vias de identificar possíveis sobreposições e superofertas, pois tais situações que venham a ocorrer podem representar uma baixa otimização da operação, bem como um atendimento do transporte coletivo de forma desigual ou até mesmo deixando regiões sem acesso ao serviço ou demasiadamente distantes, tornando o mesmo pouco atrativo. Sobreposição de linhas podem causar impactos na circulação viária, pois uma vez que um número maior de veículos está passando pela mesma via (por vezes sem necessidade de concentração em excesso de linhas), reduz a velocidade média e aumenta consequentemente o tempo de viagem.

Além dos fatores que impactam na operação, a sobreposição e superoferta de linhas pode denunciar uma ausência de otimização e racionalização da operação, com a utilização de um número maior de veículos para realizar o transporte, bem como de aumento nos custos da operação. Para suportar aumento de custos, embora essa análise não seja escopo deste método, deve munir-se de informações sobre a arrecadação do sistema que por vezes pode ter como fonte única o pagamento de tarifas por parte dos usuários e a estimação deste volume é de suma importância.

Compreender a dinâmica da demanda de passageiros não se deve limitar ao conhecimento empírico de um pesquisador e sim, ir além, com estudos mais profundos que

busquem uma melhor representação deste comportamento, bem como de fatores que sejam sensíveis a eventuais variações, positivas ou negativas. Um fator que representa uma sensibilidade é a tarifa paga pelo usuário, contudo não se pode afirmar categoricamente sem qualquer estudo comprobatório que esta é a única responsável pela variação na demanda de passageiros, tais estudos requerem mais do que análises empíricas.

Para a método proposto sugere-se a aplicação de estudos econométricos que abordem a série histórica da demanda de passageiros e tragam explicações sobre o comportamento e variação desta série, estudando fatores que vão muito além da tarifa paga pelo usuário. Nesta etapa do método, é proposto a aplicação de um estudo de demanda que envolva a construção de um modelo econométrico, com a relação de dados econômicos e elementos de série temporal, com o histórico de informações da demanda de transporte do município em questão. O modelo proposto envolve elementos de estudos gravitacionais, na utilização de fatores do PIB e de tarifas com a demanda, no entanto sem a relação de origem e destino característicos de modelos gravitacionais. Embora o modelo proposto na segunda etapa do método não se enquadre em perfil clássico, a combinação dos fatores gravitacionais e de séries temporais agrega com os potenciais resultados no sentido de explicar o comportamento da demanda de passageiros, subsidiando a terceira etapa do método.

Além destas variáveis a serem utilizadas, parte-se do ponto que o poder de explicação se concentra na demanda de passageiros, ou seja, esta será a variável dependente do modelo, incluindo como demais variáveis independentes para explicação a tarifa paga pelo usuário, já mencionada anteriormente, a variação do PIB do município, o aumento populacional, o aumento da frota de veículos particulares (automóveis e motocicletas), variação da população economicamente ativa e até mesmo variáveis do tipo *dummy*, no qual podem indicar a presença ou não de determinado índice, informação ou aspecto em um período na série, citando como um exemplo eventuais paralisações do sistema de transporte ou o advento do deslocamento de passageiros com transporte sob demanda (aplicativos).

O uso de variáveis *dummy* devem ser justificadas pelo pesquisador e estas variaram conforme o objeto em estudo, auxiliando na modelagem desenvolvida e ajustando o modelo ao real comportamento. Sugere-se aqui que o pesquisador inclua as variáveis em cenários de análises e testes estatísticos dos resultados, para verificar se ele é válido.

3.2.3 Etapa 3: Propostas de Alterações na Operação

Após a realização da etapa de diagnóstico do sistema, o desenho de propostas para alterações com foco na melhoria da prestação do serviço se torna tecnicamente embasada e potencialmente economicamente viável. Um exemplo inicial se dá na programação da operação com base no número de linhas, veículos da frota utilizados e da quilometragem realizada, comparando ao volume de arrecadação estimado no período, para que o custo da operação não ultrapasse a arrecadação, caso não exista outra fonte de recursos.

Figura 12 – Etapa 3: Diagnóstico do Sistema

ETAPA 3

PROPOSTAS DE ALTERAÇÕES NA OPERAÇÃO

Nesta etapa posterior ao diagnóstico, o pesquisador pode propor alterações na operação de modo a melhorar os pontos observados na etapa 2.

- ▶ **LINHAS COM BAIXA DEMANDA:** em casos de linhas com demanda baixa e dificuldade na atração, sugere-se a revisão dos itinerários, com redução do tempo de viagem e possibilidades de tarifas mais atrativas;
- ▶ **SOBREPOSIÇÃO DE LINHAS:** em casos de sobreposição, considerar a melhor distribuição dos itinerários, ampliando a área de atendimento e melhorando a oferta do serviço de transporte coletivo em regiões que até então não contavam com atendimento;
- ▶ **QUEDA NA DEMANDA HISTÓRICA:** em casos de queda na demanda por meio da análise da série histórica, avaliar os fatores com maior impacto e propor medidas direcionadas, uma vez que cada região ou cada linha terá particularidades na sua atratividade;
- ▶ **TEMPO DE VIAGEM LONGO:** em casos de tempos de viagens excessivos, considerar a introdução de pontos de integração ou baldeação do transporte, considerando o fomento ao comércio e serviços locais;
- ▶ **RACIONALIZAÇÃO DO SISTEMA:** a racionalização visa a otimização da operação sem aumento no custo, considerando a readequação de linhas, intervenções nos tempos de viagens, melhor aproveitamento da frota e reforço em linhas troncais;
- ▶ **POLÍTICAS DE TRANSPORTE:** considerando o diagnóstico realizado, considerar a elaboração de políticas de incentivo ao transporte coletivo e do transporte como instrumento social.

Fonte: O autor (2021).

As proposições podem ser pontuais dentro da região em estudo, pois a partir do diagnóstico o pesquisador terá condições de avaliar as intervenções, buscando uma otimização do sistema, a redução da sobreposição e superoferta de linhas, bem como de um sistema mais inteligente que atenda a demanda do usuário dentro da perspectiva do transporte coletivo.

O redesenho de itinerários com vistas a redução do tempo de viagem, sem reduzir a área de cobertura, é um ponto de partida interessante que pode ser avaliado pelo pesquisador, uma vez que itinerários não otimizados acabam por aumentar o tempo de viagem e reduzir a oferta de horários na operação. Se para um determinado itinerário, o redesenho buscar menos curvas, vias com dispositivos redutores de velocidade, atendimentos mais diretos e que mantenham a cobertura do atendimento, ao final haverá ganhos com redução de tempo de viagem e possibilidade de com a mesma quilometragem que até então uma linha realizava, ofertar uma melhor frequência do serviço aos usuários.

Se por um lado o pesquisador pode melhorar a oferta de uma linha, alterações em serviços com baixa demanda também devem ser objeto de propostas para alteração, verificando a possibilidade, a partir do redesenho da operação, unificar itinerários ou até mesmo propor a programação de serviços de forma a comportar a baixa demanda, sendo essa programação alinhada a otimização do uso de veículos na operação, ou seja, para um mesmo carro várias regiões sendo atendidas com linhas específicas e em horários mais objetivos.

Outro resultado da etapa de diagnóstico é o modelo utilizado para explicar o comportamento da série histórica, no qual pode direcionar proposições para racionalização de linhas, conforme já mencionado com o redesenho das linhas e da operação, bem como para novas políticas que envolvam o transporte coletivo e que atendam a dinâmica local, uma vez que cada região possui uma característica e necessidades diferentes. Podem servir como exemplos de experiências de políticas de incentivo ao uso do transporte coletivo: tarifas diferenciadas em horários de baixa demanda, linhas que realizam a ligação de bairros mais próximos com tarifas mais baixas e para viagens mais longas o complemento tarifário, programas de trocas de tarifas do transporte coletivo por recicláveis ou até mesmo em programas de incentivo a emissão de notas fiscais para retorno do imposto pago.

Toda e qualquer proposição deve ser precedida de estudo, acompanhamento e avaliação dos resultados, produzindo a partir dos resultados obtidos conclusões sobre o método proposto e sua eficácia quanto ao aumento da atratividade do transporte coletivo e sua operação otimizada, sejam através de políticas de incentivo, da racionalização do sistema, da redução da sobreposição de itinerários, da superoferta em descompasso com a demanda necessária, bem como dos estudos que envolvam os fatores que impactam no número de passageiros transportados.

4 ESTUDO DE CASO: SÃO JOSÉ DOS PINHAIS/PR

Uma característica na cidade em estudo, São José dos Pinhais/PR, consiste no fato de o sistema de transporte local não ter sofrido reajuste da tarifa paga pelo usuário há 2 (dois) anos, sendo mais um elemento para análise da condição da operação e verificação dos resultados com a aplicação do método de análise proposta nessa dissertação. São José dos Pinhais transporta atualmente pouco mais de 800⁸ mil passageiros por mês, sendo a sua operação separada em dois lotes, conforme processo licitatório de concorrência pública ocorrido no ano de 2012.

O método proposto foi aplicado no município de São José dos Pinhais no período de março/2021 a outubro/2021, em caráter experimental, seguindo as etapas contidas no método com as análises dos resultados apresentados na seção 4.2. Algumas informações em resumo da operação do sistema local encontram-se na tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Dados da operação do transporte coletivo em São José dos Pinhais/PR

Lote/Região	Passageiros Transportados (mês)	Veículos Utilizados	IPK
LOTE 1 – Norte, Leste e Oeste	580.000	49	1,782
LOTE 2 - Sul	220.000	25	1,108

Fonte: Prefeitura de São José dos Pinhais (2021).

Um dado citado é o IPK ou índice de passageiros por quilômetro, sendo a razão entre os passageiros transportados e a quilometragem operacional do sistema, que por sua vez indica o melhor aproveitamento da linha, sendo valores desejáveis acima de 1,00 (um). Além da indicação de aproveitamento o IPK influencia de forma inversamente proporcional a tarifa técnica de uma operação, ou seja, quanto maior o IPK, menor será a tarifa técnica e da mesma forma, menor poderá ser a tarifa social praticada e paga pelo usuário.

Considerando esses dados iniciais, pode-se adiantar que uma tarifa paga pelo usuário tende a ser impraticável sem que exista políticas de modicidade com subsídios para redução dos valores despendidos pelos passageiros. Para aplicação do método proposto serão escolhidas 6 linhas, com uma divisão igual entre os dois lotes de operação, em função das características e regiões diferentes de atendimento, sendo as linhas apresentadas na tabela 2 apresentada na sequência:

⁸ Valores médios no período de abril/2020 a maio/2021, conforme dados da Secretaria Municipal de Transportes e Trânsito de São José dos Pinhais/PR

Tabela 2 – Linhas escolhidas para estudo

Código/Linha	Extensão (km)	Viagens (DU)	IPK	IPKe⁹
110-TAP/Libanópolis	46,88	7	0,62	0,39
135-TAP/Borda do Campo	28,49	46	1,67	1,13
145-TAP/Santa Tereza	37,70	6	0,53	0,31
1000-Colônia Rio Grande	17,90	44	1,84	1,36
1002-Jd. Eldorado	17,70	29	1,54	1,08
1003-Jd. Itália	17,95	34	1,48	1,08

Fonte: Prefeitura de São José dos Pinhais (2021).

As linhas escolhidas têm um papel de grande relevância dentro do sistema de transporte público urbano local de São José dos Pinhais, integrando desde operações com características de sistemas troncais para grandes demandas e frequências, bem como atendimento a zonas rurais e regiões com desenvolvimento mais precário, oportunamente com ocupações irregulares de loteamentos.

Outro aspecto relevante são as áreas de atendimento, contidas dentro de um perímetro urbano do município, contudo em bairros com grande densidade demográfica o que por sua vez indicam a essencialidade do atendimento e prestação do transporte coletivo, no entanto os indicadores técnicos da operação podem indicar, sem qualquer análise prévia ou com aplicação do método proposto, que embora as linhas cumpram sua função de serviço essencial, as mesmas podem não apresentar uma viabilidade econômica na sua operação, o que eventualmente poderá ser confirmado ou não, com os resultados da aplicação do método de 3 etapas já descrito anteriormente.

4.1 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

4.1.1 Aplicação da Etapa 1: Levantamento de Dados

O levantamento de dados referentes ao sistema de transporte na região de estudo contribui para as análises posteriores e demais proposições, sendo necessário ter a maior riqueza possível em tais informações. Um registro é a fonte dos dados, se o órgão gestor possui uma gama maior de informações a fim de que possam contribuir com estudos mais robustos sobre a

⁹ O IPKe é o índice de passageiros por quilômetro equivalente, ou seja, são considerados apenas os passageiros equivalentes pagantes para cálculo. O IPK é o valor utilizado para cálculo da tarifa técnica de uma linha, sistema ou operação.

operação, de tal modo que quanto menor a for a quantidade de informações, um grau mais elevado de dificuldade na gestão se apresentará.

Para a cidade em estudo, São José dos Pinhais, foram levantados os seguintes dados do sistema num período de janeiro/2013 a dezembro/2020, considerando a disponibilidade de informações na Prefeitura municipal:

- a) Passageiros transportados (por mês);
- b) Passageiros pagante (por mês);
- c) População do município (por ano);
- d) Número de veículos registrados por tipo (por mês);
- e) Salário-mínimo (por ano);
- f) Tarifa social do transporte (por ano, de acordo com a cronologia de decretos);
- g) Valor médio do litro da gasolina (por mês);
- h) Produto Interno Bruto – PIB (por ano).

As variáveis utilizadas nesse modelo são direcionadas em sua maioria ao comportamento do usuário, tais como o volume dos passageiros ou da população do município e suas relações, bem como do valor médio do litro da gasolina, como principal combustível utilizado no país.

Com relação as linhas do recorte para análise, foram levantados os seguintes dados no período de janeiro/2018 a maio/2021:

- a) Número de viagens por tipo de dia (útil, sábado, domingos e feriados);
- b) Extensão e itinerário da linha;
- c) Frota utilizada por tipo de veículo;
- d) Passageiros transportados (por mês);
- e) Tempo e velocidade de viagem (médio, em dias úteis).

Dados referentes a média de passageiros por viagem não foram encontrados nos dados fornecidos pela Prefeitura de São José dos Pinhais nos anos de 2018 e 2019, apenas com maior riqueza nas informações os dados encontrados no período de 2020 e 2021. A ausência de dados

será mais bem explorada nas etapas 2 e 3, com a avaliação e proposições sobre a operação e a gestão do sistema.

Tabela 3 – Dados operacionais das linhas em estudo até de janeiro/2012 a fevereiro/2020

Linha	Extensão km	DU	Viagens		Frota	Tempo min	Velocidade km/h
			SÁB	D/F			
110	46,88	8	7	3	1	80	15,54
135	28,49	56	36	19,5	5	63	27,13
145	37,70	9,6	6	6	1	80	28,27
1000	17,90	60	50,0	31,5	4	60	15,00
1002	17,70	44	32,0	18,0	3	65	21,67
1003	17,95	44	37,5	17,5	3	65	21,67

Fonte: Prefeitura de São José dos Pinhais (2021).

Tabela 4 – Dados operacionais das linhas em estudo a partir de março/2020 até março/2021

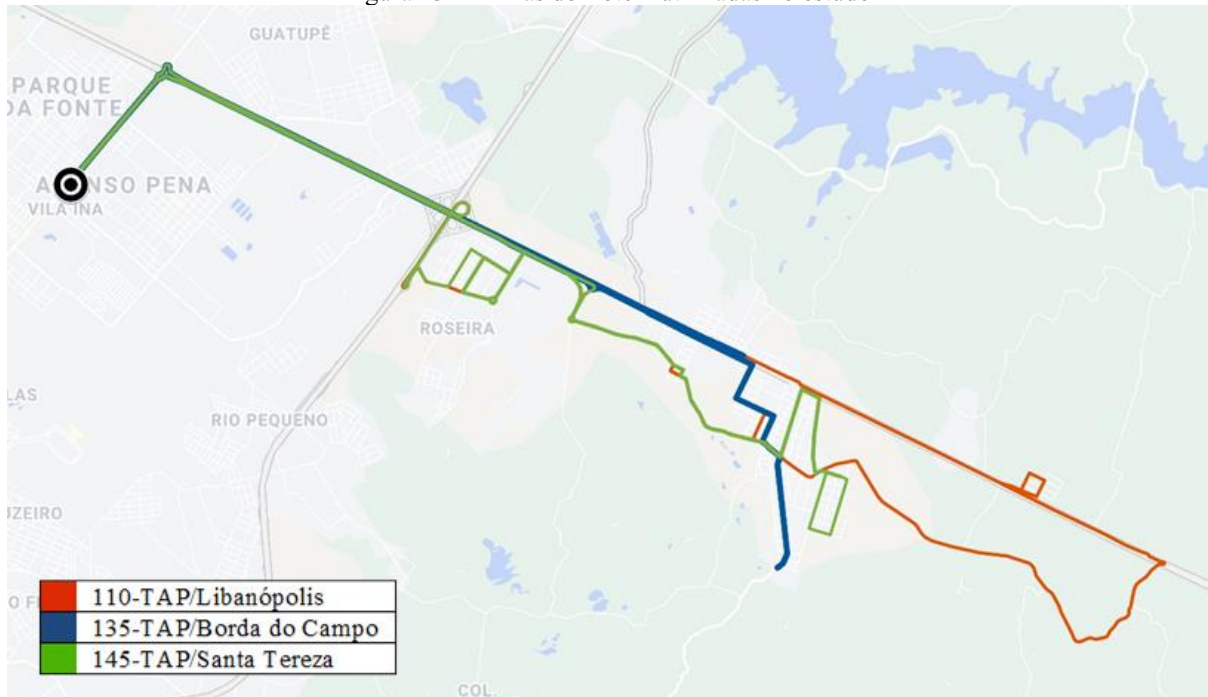
Linha	Extensão km	DU	Viagens		Frota	Tempo min	Velocidade km/h
			SÁB	D/F			
110	46,88	7,0	3,0	3,0	1	80	15,54
135	28,49	46,0	22,5	19,5	4	63	27,13
145	37,70	6,0	6,0	6,0	1	80	28,27
1000	17,90	44,0	29,0	17,0	3	60	15,00
1002	17,70	29,0	18,0	15,0	2	65	21,67
1003	17,95	34,0	17,0	15,0	2	65	21,67

Fonte: Prefeitura de São José dos Pinhais (2021).

Os dados apresentados nas tabelas 3 e 4 mostram em parte o impacto na redução da operação devido ao período pandêmico no ano de 2020, com ajustes na operação para redução do custo da operação e manutenção de serviço mínimo à população. O objeto do presente método não é analisar o período pandêmico, contudo o seu impacto traz um importante espaço para que sejam estudadas e reavaliadas as operações do transporte coletivo nas cidades, sobretudo com foco na prestação do serviço e busca por um equilíbrio que envolva demanda e custo.

Na figura 13 apresentada na sequência são representados os itinerários das linhas adotadas no Lote 1 da operação municipal de São José dos Pinhais, objeto da aplicação do presente método. Na região indicada há a concentração de linhas no bairro Borda do Campo, nas adjacências da rodovia BR-277, principal ligação com o litoral paranaense e acesso ao núcleo industrial de montadoras automobilísticas instaladas na área em questão.

Figura 13 – Linhas do Lote 1 utilizadas no estudo



Fonte: O autor (2021).

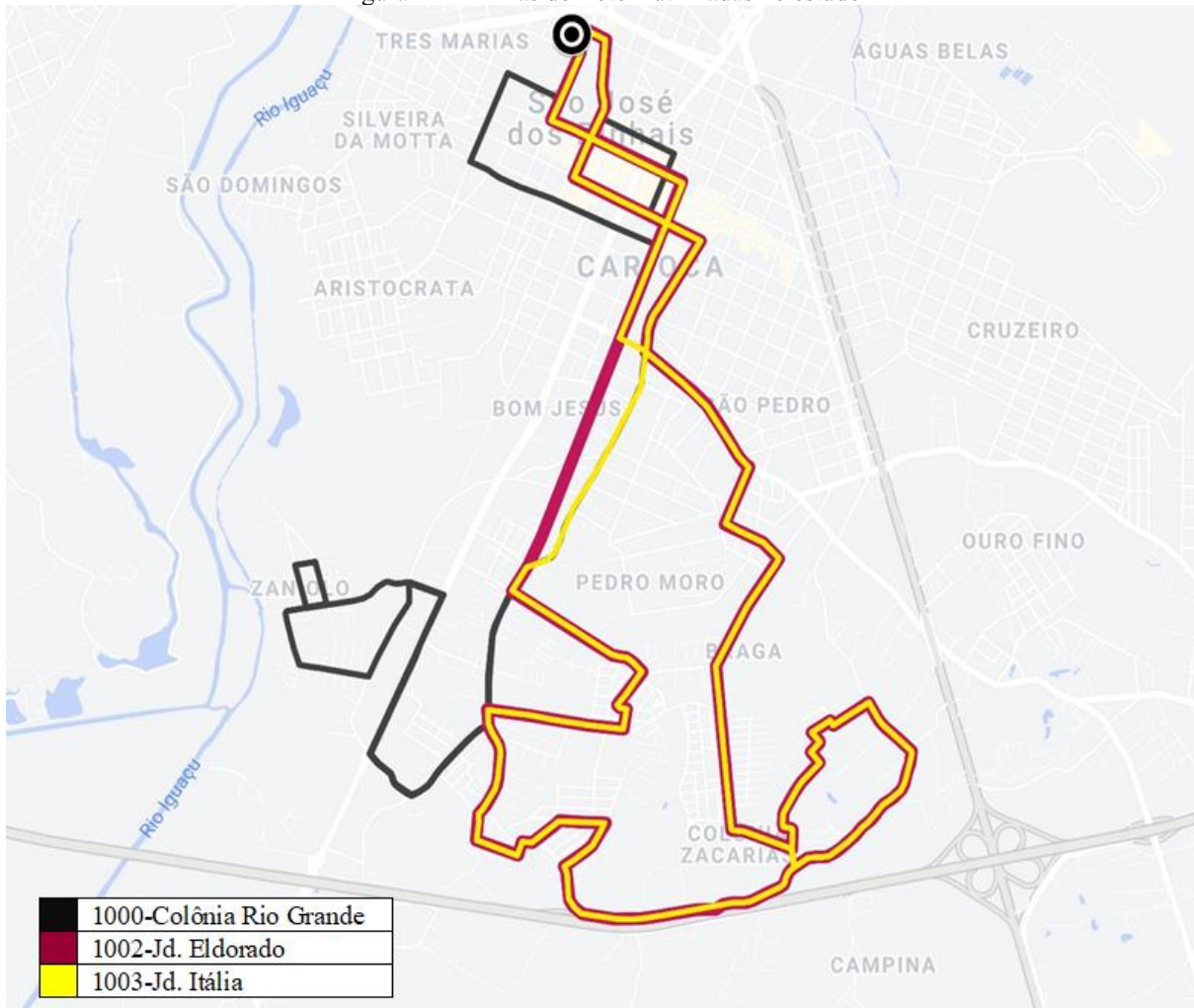
A visualização do itinerário auxilia para estudos de sobreposição dos atendimentos, tal como o exemplo da figura 14, apresentada na sequência, com os itinerários da linha 1002 e 1003, bem como da análise em conjunto da quantidade de viagens ofertadas se há ou não superoferta em determinada linha. As linhas que fazem parte do lote 1 para o estudo atendem uma região¹⁰ com aproximadamente 20 mil habitantes, segundos dados do último CENSO e disponibilizados no atlas¹¹ do município, atualizados no ano de 2021. Já as linhas do lote 2, utilizadas para o estudo, contam com uma área maior, sendo a região¹² com aproximadamente 25 mil habitantes, considerando também a publicação do município no ano de 2021, conforme já mencionado.

¹⁰ Bairros atendidos: Borda do Campo, Dom Rodrigo e parcialmente Roseira de São Sebastião

¹¹ **São José dos Pinhais em números.** Disponível em: < <http://www.sjp.pr.gov.br/wp-content/uploads/2021/04/Apostila-2021-1.pdf>>. Acesso em 12 out. 2021.

¹² Bairros atendidos: Colônia Rio Grande, Santo Antônio, Itália e Bom Jesus.

Figura 14 – Linhas do Lote 2 utilizadas no estudo



Fonte: O autor (2021).

4.1.2 Aplicação da Etapa 2: Diagnóstico do Sistema

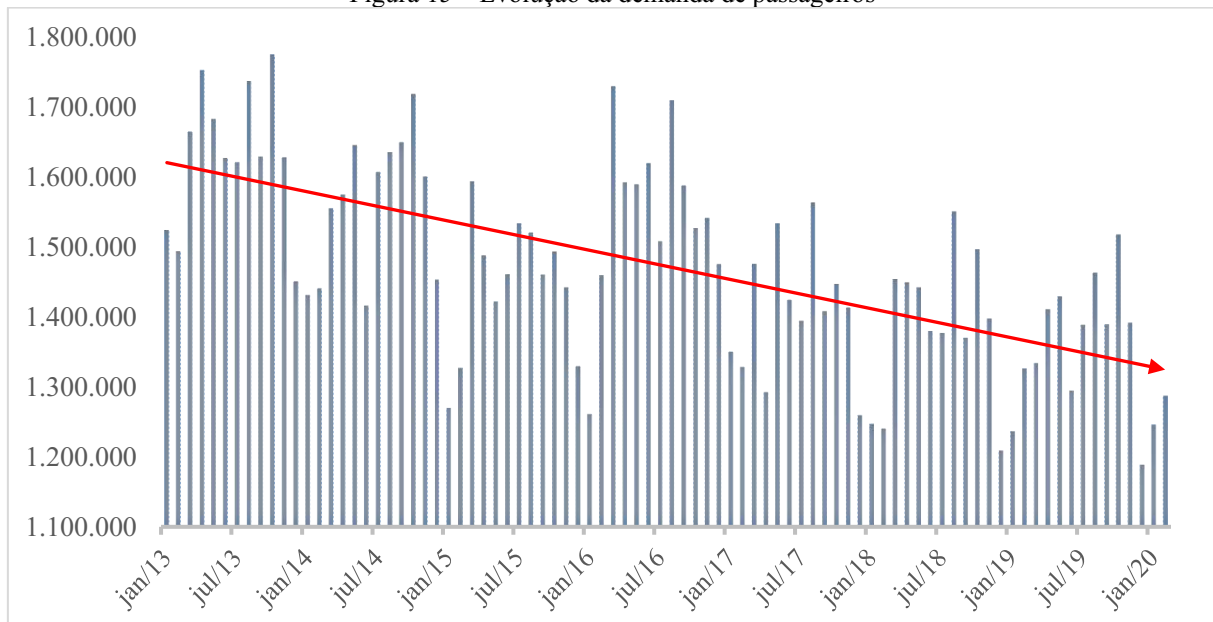
A etapa 2 do presente método tem por objetivo apresentar os diagnósticos do sistema estudado, com base nos dados levantados na etapa 1 e informações complementares, que auxiliam na melhor interpretação das condições operacionais do sistema. Reforçando que este método indica caminhos que podem ser percorridos, cabendo ao pesquisador que o adotar buscar atualizações com estudos sequenciais considerando a região que pretenda aplicar.

4.1.2.1 Demanda diária

As linhas que fazem parte do presente estudo possuíam uma característica do início da concessão, considerando o corte temporal de janeiro de 2012 até fevereiro de 2020 com maior

número de viagens e número maior de veículos empregados, com o advento da pandemia foram implantados horários com tabelas reduzidas de modo a equacionar o custo da operação. Embora o período pandêmico tenha apresentado de forma mais acentuada a redução de passageiros e uma latente necessidade de estudos mais aprofundados, de tal modo que sejam adequadas as operações aos padrões de viagens e a demanda atual, as linhas do sistema de transporte público urbano de São José dos Pinhais já apresentavam uma tendência de queda, mesmo sem considerar o período pandêmico a partir de março de 2020, conforme ilustra o gráfico a seguir na figura 15.

Figura 15 – Evolução da demanda de passageiros



Fonte: Prefeitura de São José dos Pinhais (2021), gráfico elaborado pelo autor (2021).

Cada uma das linhas apresenta características diferentes quanto a sua extensão e seu padrão de viagens, sendo o deslocamento para trabalho o principal deles e com isso, impacta de forma direta nos horários de pico, pois quanto maior a distância a ser percorrida e conforme exista necessidade de transbordo intermediário, o horário de pico da linha se modifica.

A linha 135-TAP/Borda do Campo como exemplo tem viagens que iniciam entre 4 e 5 horas da manhã, com demanda considerável de passageiros, diferentemente da linha 1003-Jd. Itália, com início mais próximo das 6 horas da manhã, muito em função da distância em relação ao centro da cidade, local de grande concentração de empregos e de atração das viagens através do modo coletivo de transporte.

4.1.2.2 Modelo Econométrico de Demanda

Uma etapa do método proposto é a análise da série histórica da demanda de passageiros, considerando variáveis econômicas que impactam na variação dos passageiros transportados. Para tanto foram utilizados dados do início da concessão a partir de janeiro de 2013 até o final de 2020, englobando também o período pandêmico.

O modelo econométrico utilizado, conforme já descrito na etapa 2 do método, combina alguns elementos de modelos gravitacionais como dados econômicos com uma determinada série histórica de dados relativos à demanda de passageiros transportados, sendo essa combinação de elementos com objetivo de explicar como a demanda se comporta nessa série histórica. Outro ponto a ser mencionado na utilização de um estudo econométrico é o de não enviar os resultados de acordo com a expectativa ou com conceitos pré-estabelecidos pelo pesquisador.

A técnica escolhida para geração do modelo foi do Método dos Mínimos Quadrados Ordinários ou *Ordinary Least Squares* (OLS), com o cálculo dos coeficientes que direcionam cada variável e um erro, possibilitando o ajuste. Para elaboração de um modelo econométrico, no qual abordasse a série histórica, foram utilizadas variáveis econômicas com diversas simulações de acordo com a combinação de dados. Ao todo foram listadas as seguintes variáveis para potencial uso no modelo:

Quadro 5 – Variáveis para uso no modelo econométrico

Variável	Descrição
auto_pop	Razão entre o número de automóveis registrados no mês e a população do município
automoveis	Número de automóveis registrados no mês no município
caminhonete	Número de caminhonetes registradas no mês no município
camioneta	Número de camionetas registradas no mês no município
ciclomotor	Número de ciclomotores registrados no mês no município
d1_pandemia	Variável <i>dummy</i> para os meses afetados pela pandemia
d2_sem_aula	Variável <i>dummy</i> para os meses sem atividades escolares
d3_retirada_cob	Variável <i>dummy</i> para os meses a partir da retirada dos cobradores
d4_aumento_sist	Variável <i>dummy</i> para os meses com aumento de demanda de passageiros no sistema
d5_aumento_lote_01	Variável <i>dummy</i> para os meses com aumento de demanda de passageiros no lote 1
d6_aumento_lote_02	Variável <i>dummy</i> para os meses com aumento de demanda de passageiros no lote 2
litro_gas	Valor médio do litro da gasolina por mês
moto_pop	Razão entre o número de motocicletas registradas no mês e a população do município
motocicleta	Número de motocicletas registradas no mês no município

motoneta	Número de motonetas registradas no mês no município
pax_sistema	Passageiros transportados por mês no sistema
pax_lote_01	Passageiros transportados apenas no Lote 01
pax_lote_02	Passageiros transportados apenas no Lote 02
pib_corrente	PIB a preços correntes do município
pib_uni	PIB <i>per capita</i> do município
populacao	População do município
sm	Salário-mínimo
tarifa	Tarifa social vigente do transporte público no mês
tarfia_sm	Quantidade de tarifas que podem ser adquiridas com 1 (um) salário-mínimo
utilitario	Número de veículos utilitários registrados no mês no município
veic_pop	Razão entre o número total de veículos registrados no mês e a população do município

Fonte: O autor (2021).

A utilização de variáveis *dummy* possibilitam que o modelo se ajuste melhor ao comportamento da demanda e eventos que podem influenciar os dados, sem que estes sejam enviesados. Como saída um modelo trará informações de quais variáveis representam o maior impacto nos resultados, dentro da série estudada e das variáveis simuladas.

Ao todo foram levantados 96 dados que representam 96 meses de operação entre janeiro de 2013 a dezembro de 2020, incluindo o período pandêmico mesmo que este não seja o foco do método, contudo uma maior abrangência na série temporal adotada pode resultar em informações de saída mais precisas e contundentes sobre o sistema de transporte em estudo.

No modelo em estudo as variáveis foram lançadas em formato de logaritmo para facilitação na leitura dos resultados, sendo o modelo escolhido após simulações o representado a seguir:

Figura 16 – Modelo estimado

<pre> Estimation Command: ===== LS LOG(PAX_SISTEMA) LOG(PIB_CORRENTE) LOG(TARIFA_SM) LOG(MOTO_POP) D1_PANDEMIA D2_SEM_AULA D4_AU M_SIST Estimation Equation: ===== LOG(PAX_SISTEMA) = C(1)*LOG(PIB_CORRENTE) + C(2)*LOG(TARIFA_SM) + C(3)*LOG(MOTO_POP) + C(4)*D1_PANDEMIA + C(5)*D2_SEM_AULA + C(6)*D4_AUM_SIST Substituted Coefficients: ===== LOG(PAX_SISTEMA) = 0.419217701181*LOG(PIB_CORRENTE) + 0.757985274312*LOG(TARIFA_SM) - 1.08171976074*LOG(MOTO_POP) - 0.613051388193*D1_PANDEMIA - 0.141857878659*D2_SEM_AULA + 0.0522523064958*D4_AUM_SIST </pre>
--

Fonte: O autor (2021).

Figura 17 – Resultados do modelo OLS

Dependent Variable: LOG(PAX_SISTEMA)				
Method: Least Squares				
Sample: 2013M01 2020M12				
Included observations: 96				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(PIB_CORRENTE)	0.419218	0.052734	7.949706	0.0000
LOG(TARIFA_SM)	0.757985	0.211314	3.587010	0.0005
LOG(MOTO_POP)	-1.081720	0.369455	-2.927883	0.0043
D1_PANDEMIA	-0.613051	0.042958	-14.27110	0.0000
D2_SEM_AULA	-0.141858	0.022664	-6.259231	0.0000
D4_AUM_SIST	0.052252	0.018087	2.888879	0.0048
R-squared	0.895881	Mean dependent var	14.11915	
Adjusted R-squared	0.890097	S.D. dependent var	0.258441	
S.E. of regression	0.085677	Akaike info criterion	-2.015993	
Sum squared resid	0.660656	Schwarz criterion	-1.855721	
Log likelihood	102.7676	Hannan-Quinn criter.	-1.951208	
Durbin-Watson stat	0.746817			

Fonte: O autor (2021).

Os resultados de saída do modelo, apresentados anteriormente nas figuras 16 e 17, indicam uma relação forte de influência negativa na demanda de passageiros com o aumento da relação de motocicletas por habitante e embora outras variáveis como o valor do litro do combustível ou da própria população tenham sido utilizados, o resultado tem grande importância, uma vez que as motocicletas possuem um preço mais acessível para compra e menor consumo de combustível, este modo de locomoção torna-se mais atrativo principalmente para grandes distâncias.

Os dados utilizados não se limitam apenas as linhas em estudo para validação do método e sim de todo o sistema, a variável que indica um decréscimo de usuários no sistema de transporte a medida em que a relação entre motocicletas e população aumenta, é um resultado relevante que indica a fuga dos usuários em busca de um modal mais econômico e mais flexível quanto a disponibilidade. Para a simulação destes valores foram levantadas informações junto ao órgão estadual de trânsito com o número de veículos cadastrados por tipo, simulando todos no modelo econométrico, sendo descartados resultados de variáveis que indicavam aumento da demanda de passageiros na mesma medida que o número de veículos daquela categoria também aumentavam.

Uma informação associada é o custo de deslocamento, sendo mais sentido em grandes distâncias e com modos de deslocamento que se tornem mais atrativos, a competição de uso em

relação ao transporte coletivo ganha uma dinâmica diferente. Estas informações de distância das linhas podem ser incluídas em diferentes simulações para validação, considerando o número de viagens, duração e extensão da linha, considerando que com menor flexibilidade do transporte coletivo, o uso de motocicletas torna-se atrativo e acessível.

Um resultado que pode chamar a atenção é a elasticidade da variável que relaciona o PIB a preços correntes, contudo ele pode indicar o crescimento populacional, independente da faixa econômica e desta forma, ser uma relação com o aumento da demanda de passageiros no sistema.

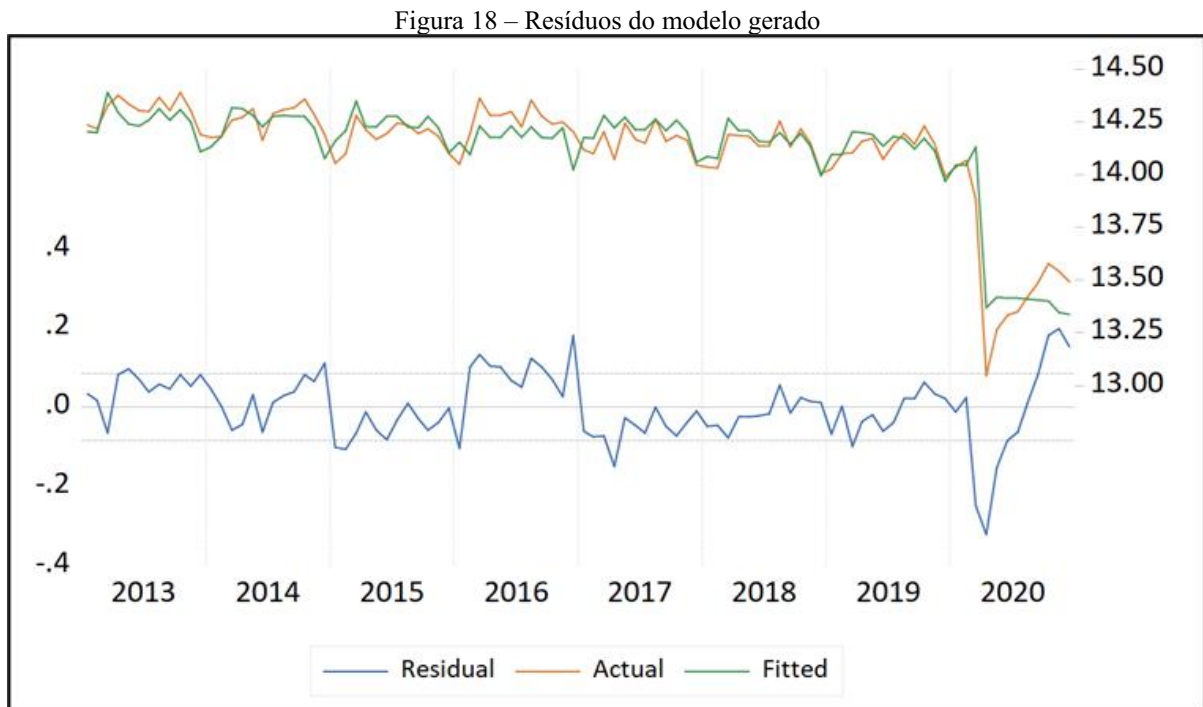
O crescimento populacional mencionado deve ser objeto de análise constante, em função da localização de novos empreendimentos, do zoneamento, do poder aquisitivo e da cobertura do sistema de transporte, pois com esse conjunto de dados a opção pelo transporte coletivo pode ser sim uma influência direta e positiva. Um exemplo que justifica se dá no contexto e da dinâmica local, na região que atende a linha 100-Colônia Rio Grande, no qual o maior condomínio residencial do município foi inaugurado em meados de 2018 e gera demanda no transporte coletivo, dada as características do público-alvo e do acesso ao sistema de transporte local.

Outro fator relevante está associado ao valor da tarifa social praticada e o poder de compra do salário-mínimo, sendo uma relação positiva no lado econômico, pois um aumento no poder de compra representa uma atração do sistema de transporte. Cabe ressaltar que não necessariamente uma tarifa mais módica representa a tarifa necessária para a manutenção do equilíbrio econômico e financeiro do sistema, portanto, o uso da tarifa social como política de transporte deve ser sempre acompanhado de medidas que garantam a saúde do sistema, sendo estas análises vistas mais adiante na aplicação da etapa 3 do método.

As variáveis *dummy* inseridas no modelo trouxeram respostas esperadas, tais como a redução de passageiros em função do período pandêmico, bem como dos meses sem atividades escolares, uma vez que reforços em linhas que atendam principalmente a rede estadual de ensino são naturalmente suprimidas nestes períodos, além de tabelas horárias que podem ser modificadas com a alcunha de “tabela de férias”, por vezes utilizadas para redução do custo e ajuste da oferta a demanda de passageiros.

O resultado do modelo com R^2 ajustado representa um bom resultado com o valor de 0,89, ou seja, mesmo com a inclusão do período pandêmico dentro da série histórica o poder de

explicação do modelo é bastante satisfatório, sendo mais visível na figura 18 a seguir com a comparação do modelo gerado, dos dados analisados e os resíduos:



Fonte: O autor (2021).

O modelo gerado apresenta um bom comportamento e ajuste aos dados fornecidos, com maior dificuldade em ser mais preciso com o período pandêmico, podendo inclusive ser objeto de outros trabalhos uma vez que a dinâmica de decisões do poder executivo com a restrição de atividades para combater o avanço da contaminação, bem como dos próprios indicadores da pandemia, poderiam se tornar variáveis que trariam um potencial melhor poder de explicação do modelo. Considerando que os dados analisados contemplam todos os meses da concessão até o final do ano de 2020, o resultado é bem satisfatório para análise e com base nas variáveis de maior influência subsidiar propostas a serem vistas na etapa 3 do presente método.

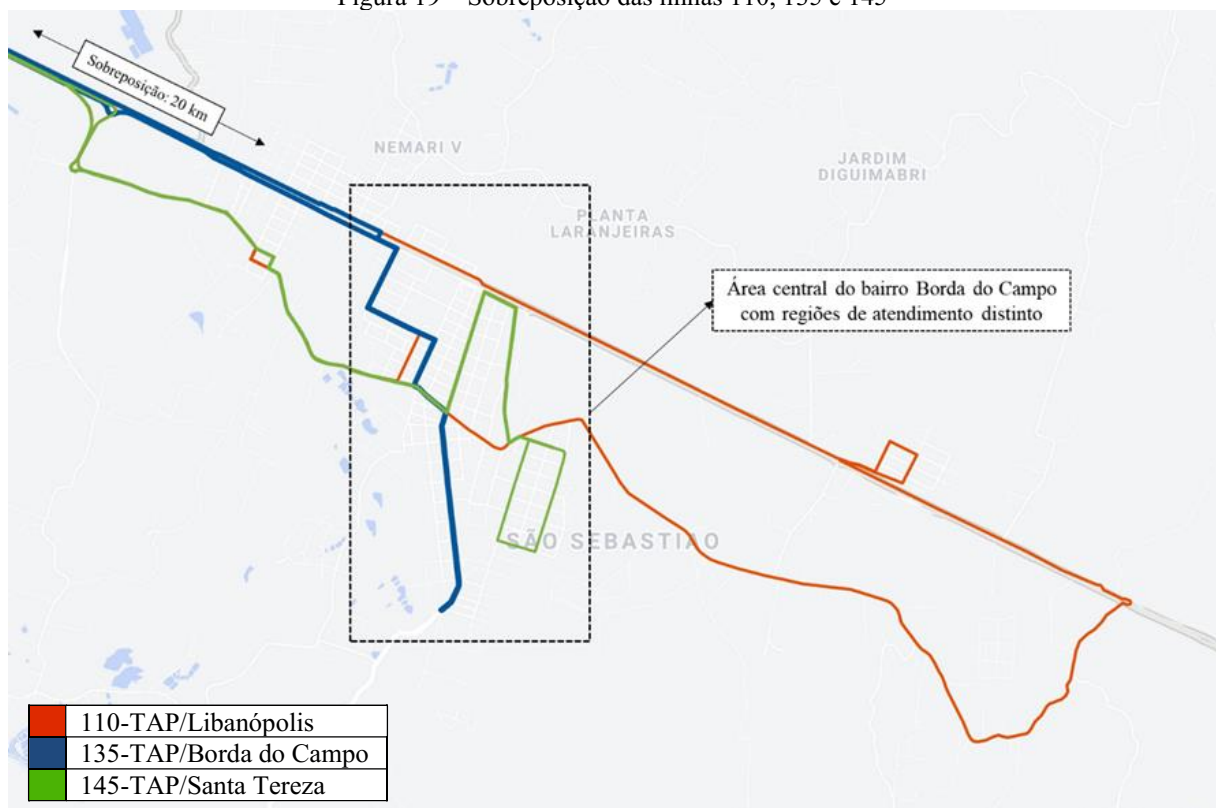
4.1.2.3 Sobreposição e Superoferta

Analisar uma operação de transporte coletivo passa necessariamente por um estudo sobre a sobreposição de linhas em itinerários semelhantes e da superoferta em regiões com demanda insuficiente para uma oferta de viagens mais robusta. As linhas em estudo apresentam as duas características, no qual podem representar deficiências no sistema, tais como:

quilometragem operacional sem demanda que a justifique, dificuldade em ampliar o número de viagens e expandir a operação, utilização de um número maior de veículos para operar o mesmo itinerário, bem como dos impactos na estrutura de cálculo tarifário, em que pese não seja o foco deste método, um sistema pouco otimizado gera um custo maior e pressiona aumentos tarifários e conforme já apresentado na revisão bibliográfica pode iniciar um ciclo de perda de passageiros e perda da qualidade.

Quando são analisadas as linhas 110, 135 e 145, percebe-se que somente o final do itinerário tem características de atendimento exclusivo em determinada região e conforme já apresentado, as operações não possuem grande IPK e, portanto, suas configurações atuais não são saudáveis ao sistema. Na figura 19 apresentada na sequência, observa-se a área com atendimento distinto por parte das linhas.

Figura 19 – Sobreposição das linhas 110, 135 e 145



Fonte: O autor (2021).

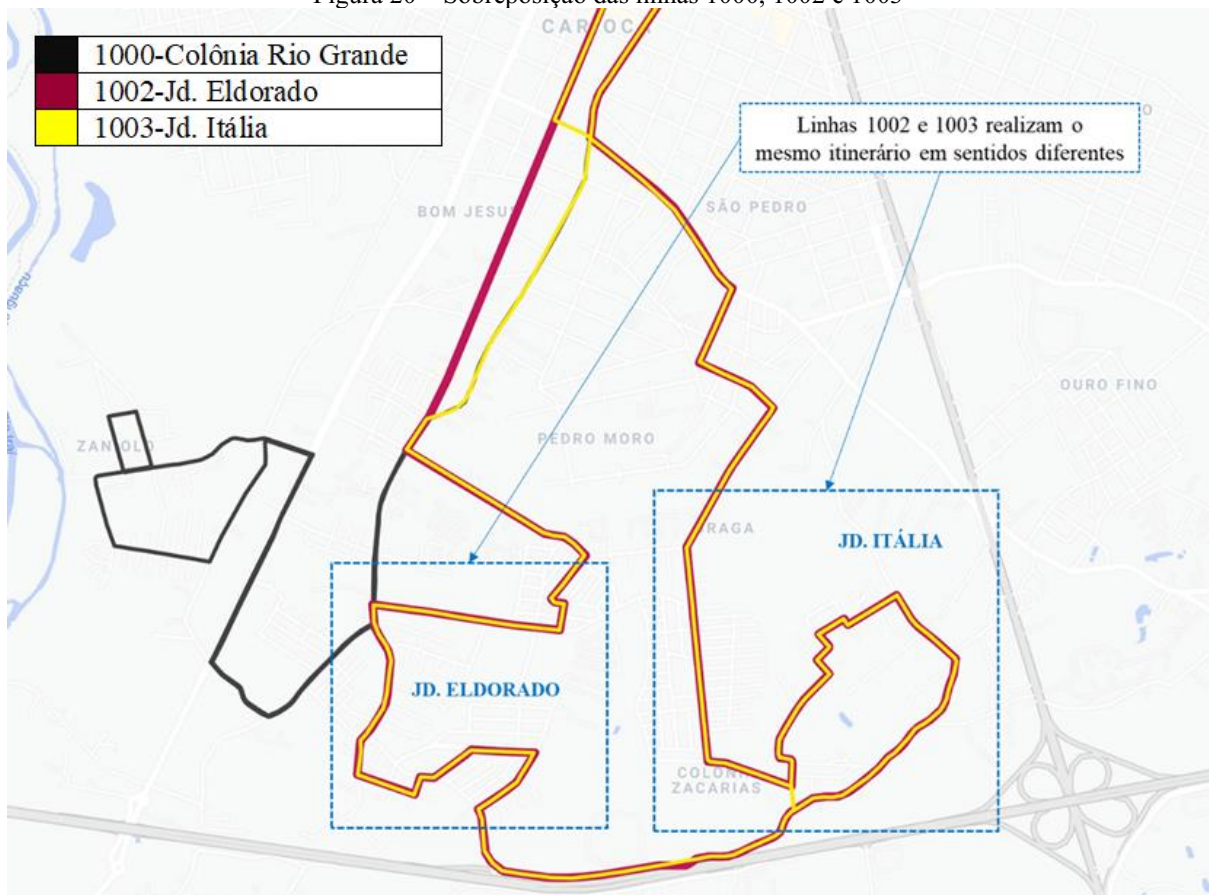
A área central da região do Borda do Campo, bairro que concentra as operações das linhas 110, 135 e 145, oferecem sobreposição das linhas fora dessa região central com média de 20 km de extensão (considerando itinerários de ida e volta), além da superoferta de viagens, sobretudo na linha 135, maior operação, retratando um sistema pouco otimizado que tende a

ser deficitário. As poucas viagens que são ofertadas nas linhas 110 e 145, também se devem ao itinerário extenso e maior dificuldade de ampliar a operação com baixa demanda. Para maior otimização do sistema local, na etapa 3 serão apresentadas modificações na operação local que possam trazer um atendimento mais organizado, ampliação do número de viagens e melhoria do IPK, que diretamente afeta a estrutura tarifária.

A segunda região em estudo utilizada para aplicação deste método conta com sobreposição e superoferta em regiões com índices baixos de demanda, considerando a demanda local de deslocamento que tende a levar os usuários do bairro (origem) ao centro da cidade (destino), dada a presença de comércio e serviços.

A figura 20 a seguir ilustra bem a sobreposição em função da espessura de linha e cores utilizadas para representação gráfica dos itinerários.

Figura 20 – Sobreposição das linhas 1000, 1002 e 1003



Fonte: O autor (2021).

No segundo caso em análise não apenas a sobreposição afeta a operação, mas também a superoferta de viagens nas regiões demarcadas da figura 20, apresentada anteriormente, com

as regiões dos bairros Jd. Eldorado e Jd. Itália contando com linhas em dois sentidos de seus itinerários e baixo IPK, sobretudo se for considerada a extensão total muito baixa das linhas. A falta de otimização só eleva os custos e dificulta ainda mais a melhoria do sistema de transporte. No caso da linha 1000, considerando a sobreposição causada pelas linhas 1002 e 1003 em uma porção de seu itinerário, a principal linha da operação do Lote 2 no município é pouco otimizada, com dois sentidos em uma parte do trecho e com um tempo de duração da viagem muito elevado, principalmente pela proximidade do centro da cidade.

A redução da sobreposição de linhas possibilita o aumento de viagens com a concentração da operação em linhas do tipo troncal, com sistema alimentador, aumentam-se as viagens em regiões mais distantes como é o caso da linha 110, com grande parte de trecho em sobreposição e grande extensão, o aumento da frequência de viagens torna-se inviável no ponto de vista da demanda e o equilíbrio econômico do sistema. Se a sobreposição requer uma discussão de desenho da operação de forma diferente, a superoferta precisa ser avaliada, pois embora seja um desejo de um planejador urbano ofertar um serviço mais robusto, se não houver demanda o aumento da operação gera um efeito negativo no sistema.

4.1.2.4 Fatores que impactam na operação e utilização da frota

Um dos maiores impactos numa operação foi visto anteriormente e se trata da sobreposição das linhas, uma vez que um número maior de veículos será utilizado para realizar o mesmo itinerário, bem como a concentração de viagens nas mesmas vias que de forma direta reduzem a velocidade média operacional, bem como gera aumento no tempo de viagem.

Não apenas elementos do sistema de transporte público urbano devem ser avaliados, assim como a dinâmica do trânsito local, em especial no que se refere ao sistema funcional de cada via e a implantação de dispositivos de controle de velocidade, tais como equipamentos semafóricos, travessias elevadas e lombadas físicas. Se as vias não possuírem hierarquização haverá uma desorganização do sistema viário e conseqüentemente afeta-se a mobilidade no município.

Com itinerários longos e sobrepostos, bem como a superoferta de viagens, a otimização da frota torna-se mais difícil e menos veículos em operação não significa que o sistema tenha sido reduzido, pelo contrário representa uma melhor organização e melhor aproveitamento dos recursos, reduzindo o custo da operação o que pode abrir espaço para novas

políticas de transporte, que envolvem a tarifa social, medidas estas que serão abordadas na etapa 3 do método.

4.1.3 Aplicação da Etapa 3: Propostas de alteração na operação

As propostas que serão detalhadas na sequência têm como objetivo sugerir caminhos para melhoria no sistema de transporte local, bem como nos indicadores técnicos de cada linha, possibilitando que o conjunto gere uma qualidade maior na operação. Um transporte com mais qualidade, mais ágil, com uma oferta adequada a demanda e que traga mais possibilidades aos usuários, independente do destino de locomoção dos usuários.

Como já citado ao longo da construção desta dissertação, há elementos que afetam diretamente a operação e podem ser contemplados em proposições de alterações, sendo as contribuições como parte das abordagens a serem apresentadas na sequência. Mudanças como ajustes de itinerários para operações circulares estão em concordância com os estudos internacionais, bem como das expectativas dos usuários, no qual o tempo de viagem, acesso ao sistema, maior flexibilidade na disponibilidade de horários são pontos a serem considerados ao elaborar propostas de modificação.

A otimização de um sistema passa por essas revisões, no qual acompanha ações aplicadas em estudos em diversas regiões do Brasil e em outras partes do mundo, acessíveis pela revisão sistemática. Estas pesquisas auxiliam na construção de propostas, evitando que as proposições do método ora em estudo sejam consideradas com pouco embasamento ou de caráter pessoal no momento da decisão.

Se por um lado experiências representadas nas pesquisas da revisão sistemática contribuem para o desenvolvimento de propostas, os resultados do método econométrico desenvolvido indicam pontos a serem pensados sobre a operação, tais como a influência na redução de passageiros, antes uma expectativa de resultado a ser indicado e neste momento uma realidade, já apresentada ao longo desta dissertação. A otimização do sistema pode contribuir com a otimização dos custos e a redução do custo tarifário, sendo que tarifas módicas possuem um caráter social importante, uma vez que usuários com menor poder aquisitivo são beneficiados, bem como de intervenções com viagens mais rápidas e itinerários mais inteligentes, podem influenciar na escolha do modo de transporte, uma vez que o sistema de transporte coletivo é mais barato ao usuário do que o deslocamento com veículo próprio.

Serão apresentadas propostas de alteração, com base no estudo e seguindo o método proposto para: linhas com baixa demanda, sobreposição, alterações de itinerário que contemplem melhoria no tempo de viagem. As propostas podem contribuir com o início de uma mudança na queda de demanda, aumentando a atratividade do sistema, sendo que são resultados ousados, contudo, alinhados uma estratégia de racionalização do transporte e de políticas que podem se valer dos resultados para um novo olhar sobre o transporte coletivo.

Deve-se lembrar que esta dissertação busca apresentar um método de avaliação de desempenho operacional que seja válido no sentido de auxiliar pesquisadores e gestores da área pública, na tarefa de melhorar esse serviço essencial pela Constituição e indispensável a uma parcela significativa da população, sobretudo em tempos que a economia sofra variações e se mostre mais exigente às famílias.

4.1.3.1 Propostas para as linhas 110, 135 e 145

Uma primeira forma de realizar ajustes nas linhas com baixa demanda é compreender seus deslocamentos, suas áreas principais de atendimento e seus concorrentes. O modelo gerado trouxe resultados sobre o número de motocicletas crescendo na razão pela população, ou seja, esse crescimento pode indicar uma fuga do passageiro, sobretudo em regiões mais distantes e mais sensíveis.

Aumentar a atratividade do transporte em uma determinada região exigirá soluções práticas que tragam maior oferta de viagens, menor tempo de viagem e novas opções para o deslocamento. Considere duas linhas deste estudo com baixa demanda, quilometragem elevada e pouca opção para deslocamento: 110-TAP/Libanópolis e 145-TAP/Santa Tereza, duas regiões que são atendidas com poucas viagens no sistema urbano e que consolida uma queda de passageiros.

Uma primeira proposta consiste em modificar o itinerário, pois se as regiões contam com uma demanda mais baixa, eles podem realizar a transferência em um ponto intermediário e continuar a viagem, se assim o usuário optar, com uma linha que concentrará a demanda eliminará a sobreposição dos itinerários. Considerando que as linhas 110 e 145 contam com poucas viagens em dias úteis e a linha 135 conta com um número muito maior, um redesenho local poderá: aumentar a oferta de viagens nas regiões de atendimento exclusivo pela linha 110

(Libanópolis) e 145 (Santa Tereza), otimizar a frota e até mesmo possibilitar aumento de viagens na linha 135, com uma formatação diferente e operação como troncal.

As medidas apresentadas a seguir foram sugeridas com base no presente método e implantadas desde junho de 2021, em caráter experimental, no município de São José dos Pinhais, para serem avaliadas e validadas, sendo as modificações apresentadas no quadro 6 a seguir:

Quadro 6 – Modificações nas linhas 110, 135 e 145

Código antigo	Mudança	Novo código
110-TAP/Libanópolis	Supressão da linha na área central do Borda do Campo; Aumento das viagens diárias de 7 para 15; Redução do tempo de viagem na operação com ajustes na tabela; Manutenção dos principais horários e inclusão de novas ofertas para ajustes as empresas locais;	151-Borda do Campo/Libanópolis
135-TAP/Borda do Campo	Supressão da linha na região do loteamento Q'Sonho que ganha nova linha para atendimento; Aumento das viagens diárias de 44 para 60; Redução do tempo de viagem; Sincronia com as linhas locais no momento da transferência.	150-Terminal Afonso Pena/Borda do Campo
145-TAP/Santa Tereza	Supressão da linha na extensão fora do bairro Borda do Campo; Atendimento na região do loteamento Q'Sonho; Aumento das viagens diárias de 6 para 37; Sincronia com a linha 150 na transferência.	152-Borda do Campo/Santa Tereza

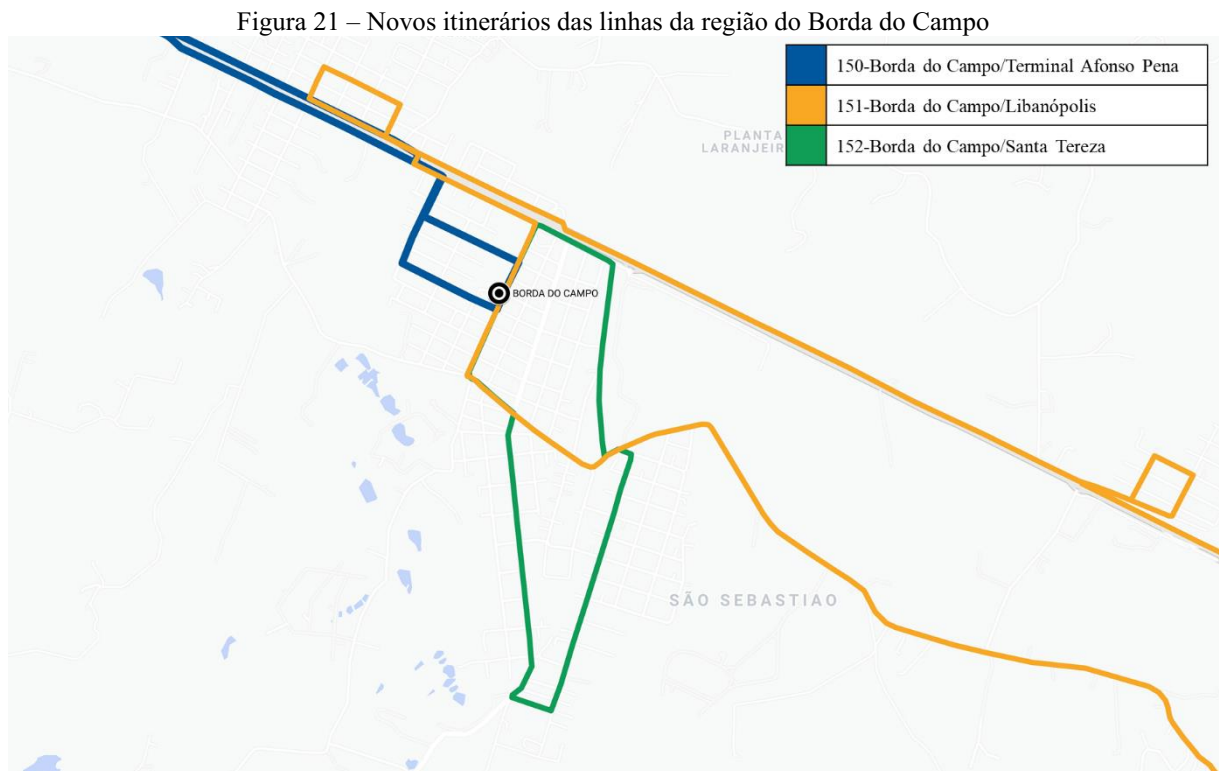
Fonte: O autor (2021).

As modificações trouxeram uma dinâmica diferente na região, pois até então os usuários das linhas 110 e 145 não realizavam qualquer baldeação com destino ao Terminal Afonso Pena, contudo a manutenção dos itinerários e formato encarecia o sistema e dificultava qualquer aumento na oferta de viagens e até mesmo numa possibilidade de retenção de passageiros no bairro, ofertando maior visibilidade ao comércio local.

Com a nova estrutura, o mesmo número de veículos empregados na operação foi mantido, contudo houve um ganho de quilometragem na operação e aumento das viagens, chamando a atenção a nova operação 150-Borda do Campo/Terminal Afonso Pena com 60 viagens em dias úteis, um número superior a operação anterior a pandemia. Como forma de atrair novos usuários na dinâmica de transbordo e de maior atenção ao comércio local, foi implantada uma política tarifária diferenciada com uso do sistema de bilhetagem eletrônica, com tarifa módica para as linhas que necessitam de transbordo e complemento no pagamento caso prossigam com a viagem.

A tarifa para os usuários das linhas 151-Borda do Campo/Libanópolis e 152-Borda do Campo/Santa Tereza foram reduzidas de R\$ 4,05 para R\$ 2,00, com uso do cartão de

bilhetagem eletrônica, possibilitando acesso ao comércio local, as unidades básicas de saúde que não possuem estrutura física nos bairros de origem das linhas, bem como na medida em que as atividades retornem o acesso as escolas municipais e estaduais. Na figura 21 a seguir são apresentados os itinerários novos com o ponto de transferência na região central do Borda do Campo:



Fonte: O autor (2021).

Com o novo desenho da operação na região foram descontinuados os itinerários com sobreposição, possibilitando uma racionalização e organização mais eficiente da operação com aumento das viagens em dias úteis aos usuários. O ponto relevante da aplicação do método é uma racionalização que ao contrário do que poderia se esperar trouxe aumento na operação, contudo com uso mais inteligente dos recursos disponíveis. Somado a uma política tarifária módica na região houve atração de novos usuários ao sistema local, indicando um resultado positivo da aplicação do método.

O sistema troncal implantado elevou o número de passageiros transportados na região, aumentando o número de viagens e assim, podendo distribuir melhor a demanda, com maior longevidade das tabelas vigentes sem necessidade de inclusão de novos horários. Outro ponto

relevante é ampliação do serviço de transporte em regiões mais afastadas como o Libanópolis, com a nova proposta, reduzindo a extensão das viagens, embora com baldeação no Borda do Campo para conexão com a linha troncal, há ganho expressivo com o aumento das viagens e uma maior flexibilidade para os usuários na região.

Tabela 5 – Primeiros resultados da operação na região do Borda do Campo

Código/Linha	Extensão (km)	Viagens (DU)	IPK	IPKe
150-Borda do Campo/TAP	21,88	60	2,50	1,60
151-B. do Campo/Libanópolis	15,41	15	1,20	0,85
152-B. do Campo/Santa Tereza	5,82	37	2,10	1,10

Fonte: Prefeitura de São José dos Pinhais (2021).

Os resultados apresentados na tabela 5 são promissores, indicando ganho na operação em termos de disponibilidade de horários, redução do tempo de viagem e uma flexibilidade para eventuais modificações. Com o retorno de atividades educacionais, controle da pandemia, avanço da vacinação na população e da redução de medidas de restrição, há uma tendência de aumento de passageiros, não nos mesmos moldes do cenário em 2019 e 2020, muito em função das novas dinâmicas que a sociedade está inserida.

4.1.3.2 *Propostas para as linhas 1000, 1002 e 1003*

Se nas linhas estudadas 110, 135 e 145, o impacto principal é na distância percorrida, sobreposição e baixa demanda, as linhas 1000-Colônia Rio Grande, 1002-Jd. Eldorado e 1003-Jd. Itália estão entre as principais operações do Lote 2 do sistema TPU de São José dos Pinhais e se estas apresentam uma baixa otimização, presume-se que as demais linhas também necessitem de um estudo aprofundado para uma melhor organização e melhor prestação de serviço.

Com elevada taxa de sobreposição e tempos de viagem elevados, se for levado em conta a pequena distância do centro da cidade, o principal foco deve ser um novo desenho do itinerário que procure reduzir o tempo de viagem e com o mesmo número de veículos empregados, apresentar aumento nas viagens e expansão do serviço. Considerando que as linhas 1002 e 1003 contam com itinerários sobrepostos e demanda insuficiente que justifique as operações com estas configurações mesmo antes do impacto da pandemia.

As propostas aqui consistem em modificar os itinerários das linhas, com separação do atendimento nos bairros, tornando os mesmos mais exclusivos e com menor tempo de viagem, evitando a sobreposição e melhor distribuição da demanda. As medidas apresentadas a seguir

foram sugeridas com base no presente método e implantadas desde agosto de 2021, em caráter experimental, no município de São José dos Pinhais, para serem avaliadas e validadas, sendo as modificações apresentadas no quadro 7 a seguir:

Quadro 7 – Modificações nas linhas 1000, 1002 e 1003

Código antigo	Mudança	Novo código
1000-Colônia Rio Grande	Implantação de itinerário circular; Redução do tempo de viagem de 60 para 45 min; Supressão da linha a partir das 20h em dias úteis e após as 14h nos sábados; Aumento das viagens em dias úteis de 44 para 48 (até as 20h), e de 44 para 52,5 (considerando a operação da linha 399); Criação de linha para atendimento após as 20h e após as 14h nos sábados, em função da baixa demanda nesses horários.	301-Colônia Rio Grande; 399-Colônia Rio Grande/Eldorado
1002-Jd. Eldorado	Implantação de itinerário circular; Supressão do atendimento ao Jardim Itália; Manutenção de atendimento na marginal da rodovia BR-376/BR-116 (Contorno Leste de Curitiba); Redução do tempo de viagem de 65 para 50 min; Supressão da linha a partir das 20h em dias úteis e após as 14h nos sábados; Aumento das viagens em dias úteis de 29 para 34 (até as 20h), e de 29 para 38,5 (considerando a operação da linha 399). Criação de linha para atendimento após as 20h e após as 14h nos sábados, em função da baixa demanda nesses horários.	302-Eldorado/Gestamp; 399-Colônia Rio Grande/Eldorado
1003-Jd. Itália	Supressão do atendimento ao Jardim Eldorado; Supressão do atendimento à marginal da rodovia BR-376/BR-116 (Contorno Leste de Curitiba) pela baixa demanda; Redução do tempo de viagem de 65 para 55 min; Aumento das viagens em dias úteis de 34 para 38.	303-Jd. Itália

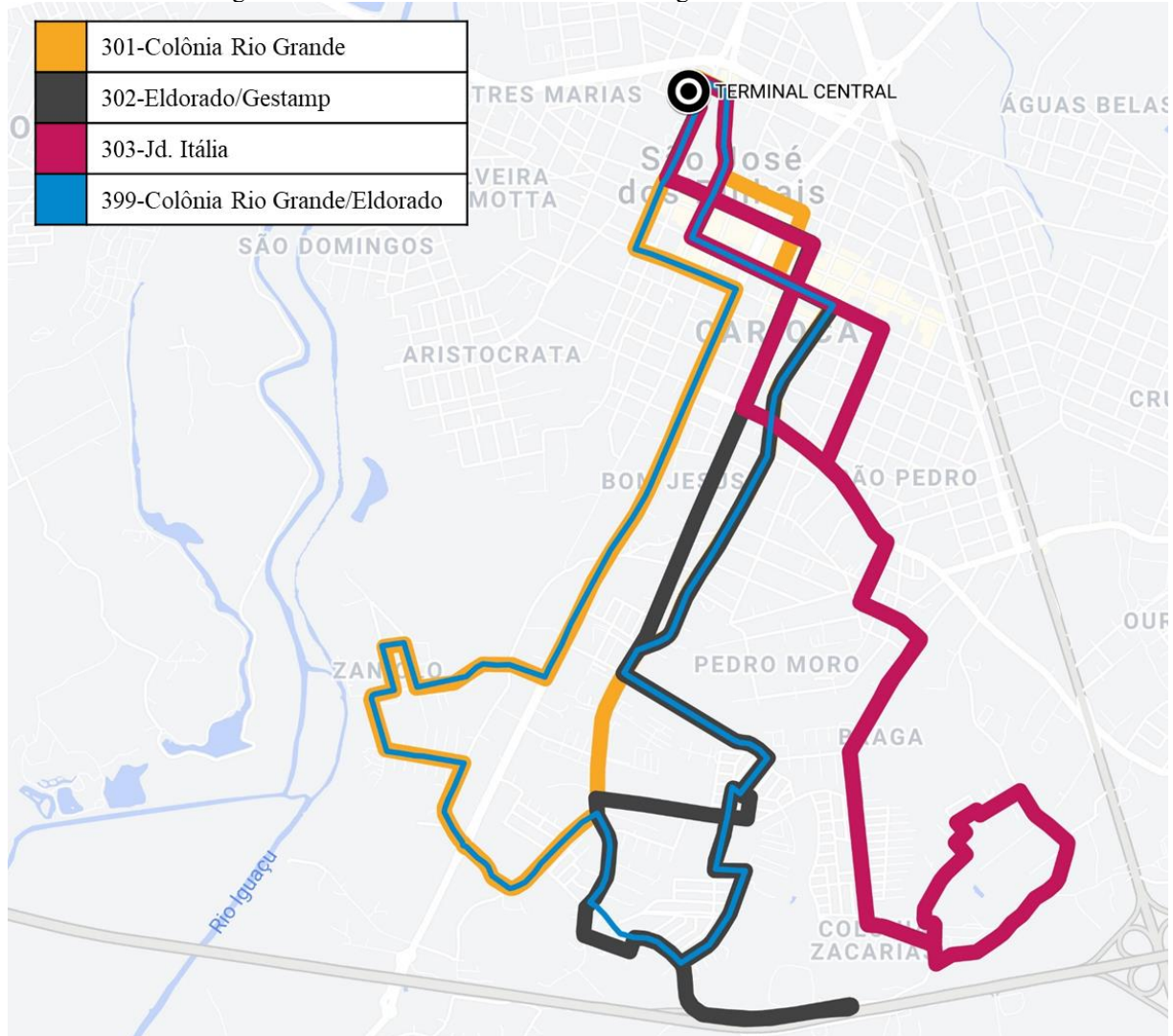
Fonte: O autor (2021).

As modificações distribuíram de formas mais homogênea a demanda de passageiros, sobretudo nos horários de pico, com redução do número de passageiros por viagem em função da maior frequência, um ponto muito positivo se levado em consideração que menos ocupantes no veículo é mais desejável no período de enfrentamento à pandemia.

Outro resultado das modificações se deu no uso da frota, mais racional e com economia a partir da criação da linha 399-Colônia Rio Grande/Eldorado que para as viagens na mesma faixa de horário utilizavam o triplo de veículos para uma demanda baixa. A economia gerada tanto na utilização de frota, como em tempo de viagem, refletiu-se na quilometragem operacional do sistema, com redução de 8.500 km por mês, chegando a representar em média

R\$ 50.000,00 de economia¹³. Na figura 22 a seguir são apresentados os novos itinerários da operação na região do Colônia Rio Grande:

Figura 22 – Novos itinerários das linhas da região do Colônia Rio Grande



Fonte: O autor (2021).

Os novos itinerários, embora sem grandes modificações na cobertura do atendimento, proporcionam menor tempo de viagem e um deslocamento mais rápido, sendo um ponto positivo na alteração, bem como na distribuição da demanda, com indicadores que apresentam maior eficiência e transferência de demanda entre as linhas, em função das áreas de atendimento exclusivo. Por se tratar de região próxima ao centro não foram sugeridas políticas tarifárias diferenciadas pois o Lote 2 da operação no sistema TPU de São José dos Pinhais possui

¹³ Economia estimada, segundo dados da Prefeitura de São José dos Pinhais, com base no custo do quilômetro rodado do sistema do mês de setembro/2021.

operações em áreas rurais, sendo algumas das linhas com itinerários de extensões acima dos 70 km, considerando ida e volta, ainda que não tenham uma tarifa diferenciada acima para auxiliar na saúde econômica, a reorganização das linhas urbanas pode subsidiar as viagens em regiões rurais, sem penalizar um usuário que conta com pouca oferta e com maior dificuldade no atendimento do transporte coletivo.

Os primeiros resultados da modificação se mostram muito promissores, com IPK muito acima do período pré-pandêmico e que contribui muito para manutenção do serviço de transporte nas regiões rurais, com política de tarifa módica.

Tabela 6 – Primeiros resultados da operação na região do Colônia Rio Grande

Código/Linha	Extensão (km)	Viagens (DU)	IPK	IPKe
301-Colônia Rio Grande	11,49	48	2,96	2,34
302-Eldorado/Gestamp	15,01	34	2,44	1,75
303-Jd. Itália	13,93	38	1,95	1,47
399-Col. Rio Grande/Eldorado	14,07	4,5	1,70	1,22

Fonte: Prefeitura de São José dos Pinhais (2021).

A melhoria dos indicadores das linhas se destaca pelo momento em que os sistemas de transporte passam pela abrupta queda de passageiros, aumento nos custos advindos do diesel, perda nas receitas e dentro do ciclo já apresentado na revisão literária, uma queda na qualidade do serviço. Melhorar o sistema aplicando métodos que proporcionem não apenas ganhos em indicadores, mas também na operação que é refletida no usuário, tornam-se uma ferramenta para a sustentabilidade do transporte público no país.

4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O método proposto para análise do desempenho operacional proposto neste trabalho foi aplicado em São José dos Pinhais, em caráter experimental, no ano de 2021 entre os meses de março/2021 e agosto/2021, com coleta e avaliação dos resultados após as modificações propostas, conforme a etapa 3 orienta.

Dentre os elementos já citados neste trabalho a otimização é uma palavra que destaca-se durante a organização e estruturação da base teórica para esta dissertação, levando em conta as diferentes regiões de análise, os contextos e os objetivos referente a busca pela melhora em sistemas de transporte público urbano, destacando as avaliações quanto a expectativa do

usuário, a indicação ou não de itinerários circulares, o impacto nestes itinerários da caminhada dos usuários ou a particularidade do transporte e seu acesso a zonas rurais. Estes elementos contribuíram para a construção do presente método, na escolha de quais linhas passariam por essa modificação e da avaliação dos resultados obtidos.

Um ponto a ser destacado inicialmente nesta seção de análise são os dados coletados, pois este ponto é crucial na proposição de replicação do método, pois uma quantidade maior de informações contribui para análise de um sistema de transporte coletivo, sobretudo ao se considerar que em cada município as características diferentes, as dinâmicas e padrões de deslocamentos se diferem, o perfil da economia, são os dados que ajustam o método proposto, uma vez que as características de São José dos Pinhais podem se assemelhar a outro município de porte semelhante em termos populacionais.

4.2.1 Análise da etapa 1

Os resultados obtidos na fase de levantamento e coleta de dados foram satisfatórios, com uma pesquisa em partes facilitada pelo acesso direto ao portal do município de São José dos Pinhais que contém o resumo dos principais dados, no entanto algumas informações necessárias para a geração do modelo econométrico ou da avaliação quanto a sobreposição de itinerários ou superoferta de viagens, fez-se necessário um trabalho mais direto junto a secretaria competente, com elaboração de mapas e organização das informações para facilitar a aplicação do método.

A defasagem dos dados socioeconômicos do município em relação aos bairros e regiões acabou por mudar a coleta de dados, uma vez que estes são alimentados pelo último levantamento censitário do país realizado em 2010, poderiam comprometer os resultados, optando-se por uma coleta geral do município com dados mais atuais.

Em relação as informações operacionais do sistema de transporte coletivo de São José dos Pinhais, durante a fase de levantamento de dados percebeu-se uma fragilidade no controle de dados por parte da administração municipal, com relação a um maior controle no passado dos dados de demanda de passageiros das linhas, controle de itinerários e suas modificações, bem como de estudos que envolvessem o planejamento do sistema local.

4.2.2 Análise da etapa 2

A aplicação da segunda etapa com o diagnóstico do sistema torna-se fundamental, sobretudo com o direcionamento para a construção das propostas de alteração. Em se tratando das eventuais alterações que podem ser propostas, um sistema que apresente necessidade de melhorias afeta diretamente o usuário. Neste ponto se tem os impactos do caráter social do transporte coletivo, no acesso ao sistema, no impacto da ausência do serviço público no que se refere ao deslocamento para trabalho, estudos, lazer, entre outros.

Com os dados levantados a fase de diagnóstico foi satisfatória, com resultados relevantes sobretudo no modelo econométrico gerado de acordo com os dados coletados, bem como na avaliação da sobreposição de linhas e da superoferta. Considerando que a superoferta de viagens dificulta a melhoria da oferta de viagens e a sobreposição de linhas acaba por reduzir a otimização de frota, são aspectos que influenciam no desempenho da operação e afetam a qualidade do serviço de transporte coletivo.

A geração do modelo econométrico auxilia na interpretação da dinâmica da demanda de transportes na região, bem como dos fatores que impactam na variação dos números, reforçando um elemento apresentado na revisão bibliográfica no ciclo que o transporte fica sujeito quando há uma constante redução no volume de passageiros transportados. No sistema de São José dos Pinhais há uma queda significativa de passageiros dentro da série de dados coletados, no qual o modelo gerado evita que pré-conceitos ou conclusões empíricas impactem na avaliação e na sequência do método. Chama atenção o resultado da própria pandemia com variáveis binárias que mostram uma queda na ordem de 60% dos passageiros, algo que é validado com dados da própria Prefeitura em relação ao ano de 2019 e o início do período pandêmico, sendo também um ponto relevante a influência das motocicletas, sobretudo no ajuste do modelo as variáveis e os resíduos gerados.

Com os resultados do modelo gerado tem-se que o aumento da frota de motocicletas, os meses afetados pelas medidas de restrição para evitar a propagação do vírus Sars-Cov-2 e o recesso escolar com grandes influenciadores na demanda de passageiros. As motocicletas representam um veículo de baixo investimento, econômico e que em tempos recentes com uma economia nacional favorável a aquisição deste bem não era um entrave, independente do modelo de negócio. A economia gerada, a não necessidade de se ajustar a tabelas de horários, a flexibilidade de horários e a facilidade na aquisição são pontos que o transporte coletivo pode competir na fase de proposição com otimização do sistema, maior oferta de viagens e em horários mais flexíveis.

Como resultado da etapa de diagnóstico, o método segue para a última etapa com a construção de proposições, tendo como informações relevantes a sobreposição de itinerário de todas as 6 linhas analisadas, a superoferta em regiões com baixa demanda de usuários, índices de desempenho modestos e com obstáculos na reversão da fuga de usuários, representados tanto pelo modelo econométrico, como pelo gráfico que ilustrava apenas a demanda ao longo de uma série histórica.

4.2.3 Análise da etapa 3

As modificações propostas com base nos resultados das etapas 1 e 2 nas linhas em estudo apresentaram resultados satisfatórios que contribuem não apenas com o aumento da operação e maior oferta aos usuários, mas também resultados que contribuem para a melhoria da saúde do sistema. Com o advento da pandemia os sistemas de transporte coletivo sofreram com a perda de passageiros e uma necessidade de manutenção dos serviços, considerando que muitas regiões não realizaram estudos que possibilitassem alterações para manter um serviço mínimo com responsabilidade financeira, o que se percebe é a necessidade de injeção de recursos financeiro vultuosos para fazer frente ao desequilíbrio gerado.

A tabela 7, apresentada na sequência, resume o resultado atual das novas operações frente as antigas, com perspectivas positivas para aumento da demanda de passageiros e com isso, também a possibilidade de aumento na oferta, de modo responsável e seguindo um método planejado para viabilizar as operações:

Tabela 7 – Comparação do desempenho das linhas

Código	Redução da Extensão (%)	Aumento das¹⁴ viagens (%)	Aumento IPK (%)	Aumento IPKe (%)
150	-30,19	+30,46	+49,70	+41,59
151	-204,21	+114,29	+93,55	+117,95
152	-547,70	+516,67	+296,23	+254,84
301	-55,79	+16,67	+60,87	+72,06
302	-17,92	+32,76	+58,44	+62,04
303	-28,86	+11,76	+31,76	+36,11

Fonte: Prefeitura de São José dos Pinhais (2021).

A linha 152-Borda do Campo/Santa Tereza foi a única com aumento da área de atendimento e, portanto, impactou de forma direta no aumento de passageiros, contudo a área

¹⁴ Considerando as viagens da linha 399-Colônia Rio Grande/Eldorado.

de atendimento exclusivo que teve um aumento expressivo das viagens foi bastante beneficiada e gerou aumento da demanda de passageiros, potencialmente se tornando um fator de atratividade. Em relação a operação da linha 150-Borda do Campo/Terminal Afonso Pena, em que pese tenha seu itinerário reduzido, a demanda de passageiros subiu de forma considerável, com projeções que estão acima da soma das antigas operações.

Na região do bairro Colônia Rio Grande os resultados foram acima do esperado, pois houve uma resposta muito rápida as mudanças com aumento na demanda de passageiros e economia ao sistema, sendo tais economias podendo ser redirecionadas a novas operações e expansão do atendimento aos usuários.

A busca pela otimização do serviço de transporte público, com melhor emprego dos recursos disponíveis, sobretudo no difícil período da pandemia com a queda do número de passageiros transportados, da queda em arrecadação e da perda na qualidade da operação, os resultados obtidos são significativos e podem abrir caminho para um número maior de linhas que possam ser objeto de estudo.

Ao considerar que o sistema de transporte público de São José dos Pinhais se sustenta apenas com o pagamento da tarifa oriunda do usuário, a melhoria da sua sustentabilidade e dos indicadores como o IPK e IPKe é vital para evitar um colapso financeiro nas operações. Portanto, a aplicação do método aqui proposto tornou-se fundamental num período e no processo de organização deste serviço essencial no município de estudo.

O novo desenho da operação tornou os itinerários mais objetivos e auxiliou o sistema a se tornar mais eficiente, uma vez que se reduzem as sobreposições de itinerários e como consequência positiva aumenta-se a oferta de viagens em determinada região. Se antes uma região era atendida por uma linha com itinerário de 60 a 65 minutos, com o novo desenho a redução média foi de 20 minutos no tempo de viagem, em função dos impactos da pandemia com linhas que receberam cortes na operação para uma adequação ao novo cenário.

Outro ponto a ser destacado é a prioridade na oferta de serviços com os novos desenhos propostos a partir do método, que contemplam um número maior de viagens em horários de pico que atendam as principais necessidades de viagem, sejam elas de deslocamento ao trabalho ou das aulas com a retomada do ensino presencial na rede pública de forma mais direta.

O método trabalha a partir da análise do sistema em estudo uma proposta de melhor organização dos recursos, com vistas em desempenho e ampliação da operação, sem que haja

pressão sobre o custo operacional, embora este tema não tenha sido tratado de forma direta nesta dissertação.

5 CONCLUSÕES

O estudo envolvendo a área de planejamento de transportes se tornam cada vez mais necessários, na medida em que a pandemia do vírus Sars-Cov-2 retirou a cortina que por vezes encobria problemas do transporte público, a pesquisa científica pode e deve ser um meio de contribuição ao levar o conhecimento para propor caminhos e resoluções as demandas da sociedade.

Em que pese o cenário pandêmico trouxe à tona problemas já existentes nos sistemas de transportes públicos no Brasil, tornou-se mais latente a necessidade de trazer ao campo do estudo científico uma análise mais profunda e que possa contribuir com a melhoria deste serviço essencial. Cidades como São José dos Pinhais que possuem sistemas de transporte coletivo complexos sofrem os impactos não apenas da pandemia, como da ineficiência da gestão pública, resultando na queda da qualidade e principalmente num histórico de perda de passageiros transportados.

O presente estudo teve por objetivo a elaboração de um método que pudesse analisar um sistema de transporte público urbano em uma cidade de médio porte, a partir da estruturação de etapas para aplicação do método que vão desde um extenso trabalho de coleta de dados e de conhecimento do sistema local, ao diagnóstico com as primeiras análises sobre a operação e as proposições de melhorias, considerando os resultados obtidos pelo método.

No decorrer desta dissertação, como papel fundamental no suporte conceitual e técnico para a construção do método proposto, foi elaborada uma revisão bibliográfica que contemplasse não apenas o estado da arte, com contribuições de autores e obras da área da engenharia de transportes, bem como uma revisão sistemática com relevantes pesquisas no âmbito nacional e internacional, no qual possibilitaram diversas avaliações em sistemas de transportes que permeiam a qualidade, o planejamento, as características em regiões rurais e até mesmo o impacto da pandemia.

O método elaborado para análise de sistemas de transporte público em cidades de médio porte foi subdividido em 3 (três) etapas para facilitar não apenas a compreensão, bem como a aplicabilidade dele, sendo a primeira etapa relativa ao levantamento de dados do sistema de transporte ou mesmo de recortes da operação, podendo incluir regiões ou lotes que tenham eventualmente passado por processo de licitação. Na sequência uma etapa de diagnóstico é realizada, avaliando o comportamento da demanda, aplicações de estudos econométricos para

explicar as variáveis que mais afetam a operação, bem como a análise das características operacionais que venham a reduzir o desempenho do sistema ora em estudo. Por fim, considerando os dados levantados e os diagnósticos realizados, chega-se à etapa de proposição, com propostas de modificação do sistema, com objetivos de melhoria na eficiência técnica, aumento da oferta aos usuários e possibilitando um caminho para equilíbrio econômico da operação.

Para efeitos de validação, foi aplicado o método proposto na cidade de São José dos Pinhais, no período de junho de 2021 a setembro de 2021, em 6 (seis) linhas urbanas que compõe o lote 1 e lote 2 da operação municipal, compreendendo tanto regiões mais próximas ao centro da cidade, como localidades mais afastadas e próximas a regiões rurais. O município em sua complexidade conta com grande parte da operação do lote 2 compreendida em região rural, com colônias e presença forte de produtores.

Os resultados obtidos pela aplicação do método proposto são satisfatórios, pois em um curto espaço de tempo houve uma otimização da operação, com redução da sobreposição de linhas, redesenho de alguns itinerários, aumento da oferta de viagens e ao final do processo, ganhos no índice de passageiros transportados, o IPK. Um destaque positivo deu-se na linha 301-Colônia Rio Grande, com resultados do mês de setembro de 2021 o IPK da linha é superior ao projetado no início da concessão em 2012, quando o número de passageiros do sistema era maior.

Não apenas a otimização do sistema é destaque, um ponto do método aplicado é o modelo econométrico gerado que tem por objetivo auxiliar na explicação do comportamento da demanda dentro da série histórica, abordando algumas características relevantes na variação do volume de passageiros, como a influência do aumento da proporção de motocicletas por habitantes no município, uma vez que tal modelo de veículo acaba tornando-se atrativo pela economia gerada, sobretudo em distâncias grandes. Se por um lado o resultado negativo das motocicletas chama a atenção, o aumento do poder de compra das tarifas em relação ao salário-mínimo vigente acaba comprovando que a tarifa é um fator determinante na escolha pelo modo coletivo de transportando, abrindo espaço para estudos de políticas tarifárias diferenciadas.

As conclusões que o modelo econométrico trouxe elimina a possibilidade de um diagnóstico do sistema enviesado, com resultados prontos baseados única e exclusivamente nas expectativas do pesquisador, sendo nocivo a replicação do método para novos estudos, considerando novos contextos.

Considerando os objetivos desta dissertação, no que se refere a elaboração de um método de análise de desempenho de um sistema de transporte público urbano em uma cidade de médio porte foi atingindo, com resultados expressivos desde a coleta de dados, o diagnóstico, as proposições e a melhoria nos indicadores. A aplicabilidade foi validada para São José dos Pinhais com sucesso pelos resultados obtidos, contudo a validação em uma única cidade de estudo não torna a replicação do método uma regra.

5.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA REALIZADA

Algumas limitações e dificuldades foram encontradas ao longo da elaboração desta dissertação, tais como o grande volume de dados a serem analisados, as complexidades e dinâmicas do sistema de transporte em estudo e principalmente o advento da pandemia do vírus Sars-Cov-2. Embora as limitações tragam novas perspectivas e cenários a serem analisados, elas abrem caminho para novos estudos e ampliação do método aqui proposto.

Uma limitação do método encontra-se no porte do município, uma vez que há dinâmicas completamente diferentes em alguns casos para cidades de pequeno ou grande porte. Considere uma cidade de pequeno porte, por vezes a mesma pode ter uma característica de dormitório, ou seja, de deslocamentos para outras cidades visando o acesso a empregos, comércio, serviços etc., neste caso o atendimento do transporte pode concentrar-se no deslocamento até rodoviárias ou somente de destinos externos. No estudo desta dissertação, a cidade de São José dos Pinhais está contida na Região Metropolitana de Curitiba que por sua vez conta com cidades de pequeno porte e uma característica completamente diferente das necessidades apresentadas em uma cidade de médio porte.

Outro ponto de limitação é a avaliação de fatores de atratividade com vistas em geração de viagens, ou seja, quais elementos ou variáveis influenciam de forma direta o aumento da demanda de passageiros, no qual o modelo econométrico utilizado não aborda de forma direta, pela sua característica de explicar o comportamento passado numa dada série histórica e não como um modelo de previsão.

A atratividade acaba sendo um fator muito individual, dada as necessidades e expectativas de cada usuário, podendo modelar para facilitar uma proposta de modificação, contudo com esse viés um novo método deverá ser elaborado e validado.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Os impactos da pandemia do vírus Sars-Cov-2, bem como a mudança do porte da cidade a ser estudada, são caminhos e recomendações para futuras pesquisas que visem o aperfeiçoamento deste método. Um recorte do período pandêmico poderia trazer abordagens sobre os impactos nos usuários e as novas demandas de mercado, com atividades remotas e um novo comportamento da população no que se refere ao deslocamento nas cidades, se há ou não necessidade de realizar o mesmo, por vezes em função de medidas de prevenção a contaminação do vírus.

Se a avaliação do período pandêmico por um lado é uma pesquisa para aprofundamento e maior conhecimento das dinâmicas e impactos nos sistemas de transporte, uma pesquisa que busque uma melhoria do presente método quando modificado o porte do município é um caminho interessante a ser trabalhado, como já mencionado o exemplo de uma cidade de pequeno porte e seus padrões de viagens que diferem de outras regiões.

Enquanto o método proposto se limitou ao desempenho operacional, pesquisas futuras podem contribuir com análises no campo financeiro da operação e a estrutura de uma tarifa a partir de modificações operacionais, bem como dos impactos sociais que o sistema de transporte traz em uma cidade ou em uma região específica.

REFERÊNCIAS

ANTP. Associação Nacional dos Transportes Públicos. **Integração nos transportes públicos**. São Paulo: ANTP, 2007. 89 p. (Cadernos Técnicos). Volume 5. Disponível em: http://files-server.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2016/02/24/844ED48C-AD51-4C8E-A50C-15B4E13548EE.pdf. Acesso em: 27 jan. 2021.

CALABRÒ, Giovanni *et al.* Bridging the gap between weak-demand areas and public transport using an ant-colony simulation-based optimization. In: AIIT 2ND INTERNATIONAL CONGRESS ON TRANSPORT INFRASTRUCTURE AND SYSTEMS IN A CHANGING WORLD, 2., 2020, Catania. **Transportation Research Procedia**. [S.L.]Roma: Elsevier Bv, 2020. p. 234-241. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146520301745>. Acesso em: 28 jul. 2021.

CAMPOS, Vânia Barcellos Gouvêa. **Planejamento de Transportes: Conceitos e Modelos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. 188 p.

CONFORTO, Edivandro Carlos; AMARAL, Daniel Capaldo; SILVA, Sérgio Luis da. 1 **Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 8., 2011, Porto Alegre. Anais [...] . Porto Alegre: Cbgdp, 2011. p. 1-12.

FERRAZ, Antonio Clóvis Pinto; TORRES, Isaac Guillermo Espinosa. **Transporte Público Urbano**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2004. 428 p.

FREITAS, Paulo Vitor Nascimento de. **Qualidade do transporte público por ônibus: um estudo sobre a percepção dos usuários e o desempenho técnico em João Pessoa** (pb). 2016. 183 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

GADEPALLI, Ravi; RAYAPROLU, Siddartha. Factors affecting performance of urban bus transport systems in India: a data envelopment analysis (dea) based approach. In: WORLD CONFERENCE ON TRANSPORT RESEARCH - WCTR 2019, 1., 2020, Mumbai. **Transportation Research Procedia**. [S.L.]Mumbai: Elsevier Bv, 2020. p. 1789-1804. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146520306323?via%3Dihub>. Acesso em: 28 jul. 2021.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 175 p.

GONÇALVES, Mirian Buss; BEZ, Edson Tadeu; NOVAES, Antônio Galvão. **Modelos econométricos aplicados à previsão de demanda por transporte interestadual de passageiros de ônibus no Brasil**. Transportes, [s.l.], v. 15, n. 1, p.24-33, 2 jul. 2007. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/transportes.v15i1.44>.

GUIMARÃES, Geraldo Spagno. **Comentários à Lei de Mobilidade Urbana: lei nº 12.587/12 e atualizações**. Belo Horizonte: Fórum, 2019. 303 p.

GUIMARÃES, Thiago; LUCAS, Karen. **O papel da equidade no planejamento de transportes no Brasil**. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET, 31., 2017, Recife. **Anais [...]**. Recife: Anpet, 2017. p. 158-171. Disponível em: <http://146.164.5.73:30080/tempsite/anais/completos/aspectos-economicos-sociais-politicos-e-ambientais-do-transporte.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2021.

GUJARATI, Damodar N.; PORTER, Dawn C.. **Econometria Básica**. 5. ed. Porto Alegre: Amgh, 2011. 924 p.

GUO, Lichao; GUO, Xiucheng; JIANG, Xiaohong. Evaluation of Rural Passenger Transportation Services with Bus Operation Mode in a Metropolitan Area. In: FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON TRANSPORTATION ENGINEERING, 4., 2013, Reston, Va. **ICTE 2013**. Reston, Va: American Society Of Civil Engineers, 2013. p. 404-409. Disponível em: <https://in.booksc.me/book/81592154/5a620b>. Acesso em: 25 ago. 2021.

INDI, Adilson Fernandes. **Participação popular no transporte público de passageiros: caso dos comitês de transporte coletivo do distrito federal**. 2014. 108 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Transportes, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

JESUS, Mylena Cristine Rodrigues de; PINTO, Janaina Antonino; SOUZA, Iara Alves Martins de. **Avaliação das variáveis que influenciam o uso do transporte público de passageiros: um estudo de caso do transporte coletivo por ônibus**. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET, 31., 2017, Recife. **Anais [...]**. Recife: Anpet, 2017. p. 974-985. Disponível em: <http://146.164.5.73:30080/tempsite/anais/completos/gestao-de-transportes.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2021.

MESQUITA, Henrique Cirqueira; AMARAL, Marina Jorge; CARVALHO, Willer Luciano. **Matriz O/D com base nos dados do sistema de bilhetagem eletrônica**. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET, 31., 2017, Recife. **Anais [...]**.

Recife: Anpet, 2017. p. 1035-1046. Disponível em: <http://146.164.5.73:30080/tempsite/anais/completos/gestao-de-transportes.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2021.

MORAES, Luisa Cordeiro Evangelista; CARVALHO, Willer Luciano. **Análise do grau de vulnerabilidade do Sistema de Transporte Público Urbano por ônibus a partir do estudo da demanda**. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET, 31., 2017, Recife. **Anais [...]**. Recife: ANPET, 2017. p. 869-880. Disponível em: <http://146.164.5.73:30080/tempsite/anais/completos/gestao-de-transportes.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2021.

OLIVEIRA FILHO, Ricardo José Barbosa de. **Análise de políticas de subsídios ao transporte público urbano: o caso do sistema de transporte público de passageiros da região metropolitana do Recife (STPP/RMR)**. 2018. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

OSÓRIO, Kaique et al. **Modelos de geração de viagens para transporte urbano de carga em cidades históricas: o caso de São João Del Rei-MG**. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET, 32., 2018, Gramado. **Anais...**. Gramado: ANPET, 2018. p. 2475 - 2486. Disponível em: http://www.anpet.org.br/anais32/documentos/2018/Modelos%20e%20Tecnicas%20de%20Planejamento%20de%20Transportes/Modelagem%20Aplicada%20ao%20Transporte%20de%20Carga/7_703_AC.pdf. Acesso em: 12 dez. 2020.

PAIVA, Carlos. **Modelos Tradicionais Transporte e Tráfego**. 2010. Disponível em: https://www.sinaldetransito.com.br/artigos/modelos_tradicionais.pdf. Acesso em: 01 fev. 2021.

PEREIRA, Denys Alves Pio. **Transporte coletivo urbano por ônibus: uma análise da percepção do usuário em cidades de médio porte**. 2018. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

ROSA, Bruna Oliveira. **Desenho de Rede de Transporte Público Urbano: uma aplicação do método reset**. 2016. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Engenharia de Transportes, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

SALVO, G.; CARUSO, L.; SANTORO, N.. A methodology to improve a public transport system. In: URBAN TRANSPORT 2012, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2012, Southampton, Uk. **Urban Transport XVIII**. Southampton, Uk: Wit Press, 2012. p. 219-227. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/268237588_A_methodology_to_improve_a_public_transport_system. Acesso em: 28 jul. 2021.

SET (Goiânia). **Anuário 2015**. 2015. Disponível em: <http://www.sitpass.com.br/site/arquivos/downloads/set-anuario-2015.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2021.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muskzat. **Metodologia da Pesquisa e Eleaboração de Dissertação**. 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. 121 p.

SILVA, Wellington Nascimento. **Análise da Mobilidade Urbana por Transporte Sustentável nas Cidades Médias Brasileiras**. 2017. 183 f. Tese (Doutorado) - Programa de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

SMALL, Kenneth; VERHOEF, Erik T.. **The Economics of Urban Transportation**. New York: Routledge, 2007. 276 p.

SOUSA, Gerardo Pereira de. **Requisitos para a prática da gestão estratégica do transporte público**: um estudo da DFTRANS. 2015. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Transportes, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

SOUZA, Cristiane Duarte Ribeiro de; D'AGOSTO, Márcio de Almeida. **Modelo de quatro etapas aplicado ao planejamento de transporte de carga**. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2238-10312013000200011>. Acesso em: 01 fev. 2021.

SOUZA, Filipe Augusto R. de; MENEZES, Caio Augusto T. S. de. **Avaliação do transporte público na RMR pelos indicadores de qualidade definidos pelo regulamento**. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET, 31., 2017, Recife. **Anais [...]**. Recife: Anpet, 2017. p. 341-352. Disponível em: <http://146.164.5.73:30080/tempsite/anais/completos/aspectos-economicos-sociais-politicos-e-ambientais-do-transporte.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2021.

VASCONCELLOS, Eduardo A.. **Mobilidade urbana em Curitiba - os limites do sonho**. Revista dos Transportes Públicos, São Paulo, v. 1, n. 151, p.7-24, jan. 2019. Quadrimestral. Disponível em: <<http://files.antp.org.br/2019/4/10/rtp151-2.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. **Políticas de transporte no Brasil**: a construção da mobilidade excludente. Barueri: Manole, 2013. 289 p.

XAVIER, Olmo Borges. **Transporte Público por ônibus no Brasil e a COVID-19: rumo ao colapso dos sistemas?**. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET, 34., 2020, 100% Digital. **Anais [...]** . 100% Digital: Anpet, 2020. p. 282-293. Disponível em: <http://www.anpet.org.br/anais34/?=Planejamento%20dos%20Transportes%20I>. Acesso em: 03 fev. 2021.

APÊNDICE A – Estrutura da Pesquisa

