



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

JANINI DE OLIVEIRA DIAS DA SILVA

**ANÁLISE ESPACIAL DE INDICADORES DE MOBILIDADE
SUSTENTÁVEL NA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS**

SPATIAL ANALYSIS OF SUSTAINABLE MOBILITY INDICATORS IN CAMPINAS
METROPOLITAN REGION

CAMPINAS
2023

JANINI DE OLIVEIRA DIAS DA SILVA

**ANÁLISE ESPACIAL DE INDICADORES DE MOBILIDADE
SUSTENTÁVEL NA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS**

Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FECFAU da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, para obtenção do título de Mestra em Arquitetura, Tecnologia e Cidade, na área de Arquitetura, Tecnologia e Cidade.

Orientador: Prof. Dr. Pedro José Perez Martinez

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO OU TESE DEFENDIDA PELA ALUNA JANINI DE OLIVEIRA DIAS DA SILVA E ORIENTADO PELO PROF. DR. PEDRO JOSÉ PEREZ MARTINEZ

ASSINATURA DO ORIENTADOR

CAMPINAS

2023

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

Si38a Silva, Janini de Oliveira Dias, 1995-
Análise espacial de indicadores de mobilidade sustentável na região metropolitana de Campinas / Janini de Oliveira Dias da Silva. – Campinas, SP : [s.n.], 2023.

Orientador: Pedro José Perez Martinez.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Mobilidade urbana. 2. Indicadores - Campinas, Região Metropolitana de (SP). 3. Planejamento urbano. 4. Análise espacial (Estatística). 5. Sustentabilidade - Indicadores. 6. Autocorrelação espacial. I. Perez-Martinez, Pedro José, 1974-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: Spatial analysis of sustainable mobility indicators in Campinas metropolitan region

Palavras-chave em inglês:

Urban mobility

Indicators - Campinas, Metropolitan Region of (SP)

Urban planning

Spatial analysis (Statistics)

Sustainability - Indicators

Spatial autocorrelation

Área de concentração: Arquitetura, Tecnologia e Cidade

Titulação: Mestra em Arquitetura, Tecnologia e Cidade

Banca examinadora:

Pedro José Perez-Martinez

Ana Paula Bortoleto

Andrea de Oliveira Cardoso

Data de defesa: 09-02-2023

Programa de Pós-Graduação: Arquitetura, Tecnologia e Cidade

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0001-7283-3392>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/6421754084144099>

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO

**ANÁLISE ESPACIAL DE INDICADORES DE MOBILIDADE
SUSTENTÁVEL NA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS**

Janini de Oliveira Dias da Silva

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora,
constituída por:

Prof. Dr. Pedro José Perez Martinez
Presidente e Orientador/FECFAU

Prof.^a Dr.^a Ana Paula Bortoleto
FECFAU

Prof.^a Dr.^a Andréa de Oliveira Cardoso
UFABC

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no
SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da
Unidade.

Campinas, 09 de fevereiro de 2023

Dedico este trabalho à minha família. Que sempre estiveram presentes e incentivaram meus estudos, me auxiliando a percorrer este caminho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Pedro José Perez Martinez, por ter me orientado neste trabalho.

Aos meus pais, por sempre acreditarem em mim e oferecerem todo o apoio que lhes foi possível. Ao meu pai José Antônio e minha mãe Rita de Cássia que me ensinaram a perseverar e nunca desistir frente às adversidades. Ao meu irmão Nicholas, simplesmente por ser a melhor pessoa do mundo.

Aos meus avós, por todo o amor e cuidado dedicados a mim. A minha avó lara e o meu avô Antônio *in memoriam*, por estarem sempre presentes. Aos meus avós Leonida e Wilson, que mesmo distantes, abençoam minha trajetória.

Ao meu companheiro Maltos, por compreender a importância desta etapa na minha carreira. Pela paciência nos momentos difíceis e por ter me apoiado desde o dia em que nos conhecemos.

Aos meus tios por fazerem parte da minha formação, além de me mostrarem outros horizontes e pontos de vista.

Aos meus amigos Fernanda, Victor, Neto e Bruno, pelas risadas e desabafos compartilhados.

Ao Tiago Ribeiro que tem acompanhado minha trajetória desde o início da minha graduação.

Aos engenheiros Fernando Ribeiro, Sarah Andrade e Isabela Macedo, à geógrafa Letícia Sousa, à arquiteta Laura Machado e principalmente ao economista Kaio Arlei Strelow, por terem me auxiliado nesta pesquisa.

Aos colegas e funcionários da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP. À Secretaria de Transportes Metropolitanos de São Paulo pela disponibilidade dos dados utilizados nesta pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 88887.621883/2021.

E por último, a todos os meus queridos professores. Com destaque para Caio Maroso, Denise Geribello, Evandra Ramos, Jorge Furini.

Por fim, a todos que, de alguma forma, estiveram presentes nesta caminhada: minha gratidão.

“Um único sonho é mais poderoso do que mil realidades”

- J.R.R. Tolkien

RESUMO

A alta dependência do uso do transporte individual bem como a ausência de planejamento da mobilidade tem se mostrado insustentável para o meio urbano e já atinge a escala metropolitana. Desta forma, é importante buscar ferramentas que auxiliem a mitigação de externalidades e promovam uma mobilidade mais sustentável. Com base nos dados da Pesquisa Origem Destino (OD) realizada em 2011 pela Secretaria de Transportes Metropolitanos (STM) na Região Metropolitana de Campinas-SP, o presente estudo propõe, por meio da aplicação de técnicas de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) e modelagem econométrica espacial, demonstrar a relação entre o número de viagens em modos coletivos, variável dependente, e indicadores de mobilidade sustentável nas 128 Zonas de Tráfego da Região Metropolitana de Campinas (RMC). A AEDE identificou dois padrões de distribuição das viagens realizadas por modos coletivos nas zonas de tráfego da região. O padrão alto-alto caracteriza as zonas que apresentaram maior uso do transporte coletivo e se localizavam à sudoeste do município de Campinas próximas aos municípios de Hortolândia, Sumaré e Monte Mor. Já as zonas com menor uso do modal, caracterizadas pelo padrão baixo-baixo, se localizavam nas extremidades da região, nos municípios de Artur Nogueira, Santa Bárbara D'Oeste, Americana, Nova Odessa e Indaiatuba. Comprovando a ausência de políticas públicas de incentivo ao uso dos transportes coletivos na maioria do território. O modelo de regressão espacial identificou que a Densidade Demográfica foi o indicador que apresentou maior significância e os indicadores Renda Média Mensal e Idade Média da Frota não apresentaram significância, ou seja, não foram fatores que influenciam no Número de Viagens realizadas por Modos Coletivos. Confirmando que o maior uso dos modos coletivos ocorre apenas em áreas mais densas e a existe alta dependência dos modos individuais motorizados nos deslocamentos realizados pela população de toda RMC.

Palavras-chave: Mobilidade Urbana Sustentável; Indicadores de Mobilidade Urbana Sustentável; Planejamento urbano baseado em indicadores; Análise Espacial; Zonas de Tráfego.

ABSTRACT

The high dependence on the use of individual transport, as well as the lack of mobility planning, has proved to be unsustainable for the urban environment and has already reached the metropolitan scale. Therefore, it is important to seek tools that help mitigate externalities and promote more sustainable mobility. Based on data from the Origin Destination Survey (OD) carried out in 2011 by the Secretariat of Metropolitan Transport (STM) in the Metropolitan Region of Campinas-SP, this study proposes, through the application of Exploratory Spatial Data Analysis (AEDE) techniques and spatial econometric modeling, to demonstrate the relationship between the number of trips in collective modes, dependent variable, and indicators of sustainable mobility in the 128 Traffic Zones of the Metropolitan Region of Campinas (RMC). AEDE identified two patterns of distribution of trips made by collective modes in the region's traffic zones. The high-high pattern characterizes the zones that showed greater use of public transport and were located southwest of the municipality of Campinas, close to the municipalities of Hortolândia, Sumaré and Monte Mor. The zones with less use of the modal, characterized by the low-low pattern, were located at the ends of the region, in the municipalities of Artur Nogueira, Santa Bárbara D'Oeste, Americana, Nova Odessa and Indaiatuba. Proving the absence of public policies to encourage the use of public transport in most of the territory. The spatial regression model identified that Demographic Density was the most significant indicator and the Average Monthly Income and Average Fleet Age indicators were not significant, that is, they were not factors that influence the Number of Trips made by Collective Modes. Confirming that the greater use of collective modes occurs only in denser areas and that there is a high dependence on individual motorized modes in the displacements made by the population of the entire RMC.

Keywords: Sustainable Urban Mobility; Sustainable Urban Mobility Indicators; Urban planning based on indicators; Spatial Analysis; Traffic Zones.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Consequências da chuva ácida nas florestas, cidades e águas.
- Figura 2:** Formação da Região Metropolitana de Campinas
- Figura 3:** Proposta de implantação do BRT Campinas
- Figura 4:** Situação do BRT Rapidão
- Figura 5:** Mapa Viário, Ferroviário e Mancha Urbana da RMC
- Figura 6:** Vetores de expansão e mancha urbana da RMC
- Figura 7:** Crescimento do número de automóveis e motocicletas da RMC
- Figura 8:** Eixos Industriais da RMC
- Figura 9:** Movimentos Pendulares na RMC
- Figura 10:** Mapas de zoneamento das Pesquisas OD de 2003 e 2011
- Figura 11:** Resultados da Pesquisa OD 2011 da RMC
- Figura 12:** Esquema gráfico das técnicas aplicadas
- Figura 13:** Amostra das 128 Zonas de Tráfego da Pesquisa OD 2011
- Figura 14:** Mapa de distribuição: Número de Automóveis por Zona
- Figura 15:** Mapa de distribuição: Idade Média da Frota
- Figura 16:** Mapa de distribuição: Renda Média Mensal
- Figura 17:** Mapa de distribuição: Densidade Demográfica
- Figura 18:** Mapa de distribuição: Viagens por Modos Coletivos
- Figura 19:** Mapa de distribuição: Viagens por Modos Individuais
- Figura 20:** Diagrama de Dispersão de Moran: Viagens por Modos Coletivos
- Figura 21:** Mapa de Clusters: Viagens por Modos Coletivos
- Figura 22:** Gráfico dos resíduos do Modelo de Regressão
- Figura 23:** Diagrama de Dispersão de Moran: Resíduos do Modelo SEM

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais Temas Abordados nos Sistemas de Indicadores de Mobilidade

Quadro 2: Descrição dos dados utilizados

Quadro 3: Descrição dos indicadores

Quadro 4: Estatística Descritiva dos Resultados dos Indicadores

Quadro 5: Estatística I de Moran para a Região Metropolitana de Campinas

Quadro 6: Resultados Estatísticos das variáveis dependentes do Modelo de Erro Espacial

Quadro 7: Comparação entre critérios dos Modelos

ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS
AEDE – ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS
AGEMCAMP - AGÊNCIA METROPOLITANA DE CAMPINAS
BRT – *BUS RAPID TRANSIT* (ônibus de trânsito rápido)
CO – MONOXIDO DE CARBONO
CO₂ – DIÓXIDO DE CARBONO OU GÁS CARBONICO
DENATRAN – DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO
DETRAN - DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DE SÃO PAULO
EMTU - EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS
EMDEC - EMPRESA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO DE CAMPINAS
EMPLASA - EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO
FPICs - FUNÇÕES PÚBLICAS DE INTERESSE COMUM
GEE – GASES DE EFEITO ESTUFA
IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
IMUS – ÍNDICE DE MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL
IMS – INDICE DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL
IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA
ITDP - INSTITUTO DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO
KNN - *K NEAREST NEIGHBORS*
METRO - COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO
MP – MATERIAL PARTICULADO
MQO - MÍNIMOS QUADRADOS ORDINÁRIOS/ MODELO DE REGRESSÃO CLÁSSICO
O/D – PESQUISA ORIGEM DESTINO
ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS
PDUI – PLANO DE DESENVOLVIMENTO URBANO INTEGRADO
PIB – PRODUTO INTERNO BRUTO
PNMU – POLÍTICA NACIONAL DE MOBILIDADE URBANA
PROCONVE - PROGRAMA DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES
RMC – REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS
RMSP – REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO
SAR – *SPATIAL AUTORREGRESSIVE MODEL/ SPATIAL LAG MODEL*
SEM – *SPATIAL ERROR MODEL*
SEMOB – SECRETARIA NACIONAL DE MOBILIDADE URBANA

SP – SÃO PAULO

STM – SECRETARIA DE TRANSPORTES METROPOLITANOS

TICLOG - TERMINAL INTERMODAL DE CARGAS

VLT – VEÍCULO LEVE SOBRE TRILHOS

ZT – ZONA DE TRÁFEGO

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. JUSTIFICATIVA	17
1.2. OBJETIVOS	19
2. REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1. MOBILIDADE URBANA.....	20
MOBILIDADE URBANA NO BRASIL	21
MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL	24
DIMENSÕES DA MOBILIDADE SUSTENTAVEL	26
AMBIENTAL	26
ECONÔMICA	29
SOCIAL	30
2.2. INDICADORES DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL.....	32
INDICADORES DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL	36
RELAÇÃO DE INDICADORES DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL.....	39
SÍNTESE DOS MÉTODOS LEVANTADOS.....	44
2.3. A REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS.....	48
FORMAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS.....	48
HISTÓRICO.....	49
DESENVOLVIMENTO URBANO E ECONÔMICO	51
INFRAESTRUTURAS VIÁRIAS	52
VETORES DE EXPANSÃO URBANA	57
FROTA DE VEÍCULOS	59
PLANO DE DESENVOLVIMENTO URBANO INTEGRADO DA RMC	61
A PESQUISA ORIGEM DESTINO DA RMC.....	65
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	68
3.1. APRESENTAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	69
3.2. DADOS UTILIZADOS	69
3.3. ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS	71
3.4. ANÁLISE DO MODELO DE REGRESSÃO ESPACIAL.....	75
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
4.1. AMOSTRA DOS DADOS E SELEÇÃO DOS INDICADORES	78
4.2. ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....	82
4.3. ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS	89
4.4. MODELO DE REGRESSÃO	93
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	99
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	101
6. REFERÊNCIAS	102

1. INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado das cidades e regiões metropolitanas brasileiras, seu processo acelerado de industrialização e de urbanização, muitas vezes acima da capacidade das infraestruturas existentes, refletem hoje a dura realidade do dia a dia dos cidadãos brasileiros e geram diversas demandas, dentre elas, o aumento do número de deslocamentos urbanos.

Para satisfazer esta necessidade, a promoção massiva do transporte individual motorizado, já provou ser insustentável e deve ser revista. Pois a ausência de planejamento somada ao aumento do uso transporte individual motorizado, refletem nos padrões e na qualidade da mobilidade urbana, gerando diversos aspectos desfavoráveis para o bem-estar da população (MAGAGNIN e SILVA, 2008).

As consequências da priorização do automóvel em relação aos demais modos de transporte coletivo, têm provocado dificuldades nos deslocamentos e no dia a dia das cidades. A partir da problemática acima destacada, estudos surgem para compreender e identificar soluções que aprimorem a qualidade da mobilidade urbana e seus desdobramentos.

Em São Paulo, os atuais sistemas de mobilidade representam atualmente 40% de todas as emissões de CO₂ e até 70% de outros poluentes específicos do transporte. A questão de como dinamizar a mobilidade e ao mesmo tempo, reduzir os congestionamentos, os acidentes e a poluição é um desafio comum a todas as grandes cidades do mundo (WBCSD, 2021).

No Brasil, a mobilidade urbana é uma questão de justiça social, pois dá o acesso a outros direitos, como a saúde, habitação, educação, emprego e lazer, que são fundamentais numa sociedade desigual (LUFT, 2020).

De acordo com Santos *et. al.* (2015), grande parte dos problemas de mobilidade urbana no Brasil, estão concentrados nas 15 maiores regiões metropolitanas¹, que representam 80% da população metropolitana e é onde concentra-se a maior parte da população que gasta mais de 2 horas no trajeto casa-trabalho. Sendo que o tempo médio de deslocamento nessas regiões, por motivo de trabalho, é de 43 a 50 minutos. Nas demais regiões metropolitanas este tempo reduz para 27 minutos e, no restante dos municípios brasileiros, é de 23 minutos.

¹ São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Porto Alegre, Distrito Federal, Fortaleza, Recife, Salvador, Curitiba, Goiânia, Campinas, Manaus, Belém, Vitória e Baixada Santista.

Por esse motivo, é importante identificar os fatores responsáveis pelos problemas de mobilidade nos centros urbanos, uma vez que esses problemas tendem a se intensificar com o passar dos anos, principalmente em regiões metropolitanas, onde a grande parte dos deslocamentos envolvem o uso de veículos individuais (COSTA, *et. al.*, 2017).

Neste sentido, indicadores de mobilidade sustentável tem se mostrado eficientes como ferramentas de gestão, pois oferecem dados e informações que auxiliam no monitoramento e na criação de estratégias e políticas que visem a redução da dependência do automóvel e invistam em um sistema de transporte coletivo mais eficiente, seguro e sustentável que atenda às necessidades de mobilidade da população.

Estas ferramentas têm sido desenvolvidas por diversos autores e instituições de forma a identificar fatores que auxiliem a gestão, o monitoramento da mobilidade urbana regional, além de avaliar impactos de políticas públicas nos municípios. Fornecendo subsídios para o desenvolvimento de estratégias que visam o aperfeiçoamento da mobilidade urbana e consequentemente na qualidade de vida da população.

No entanto, nota-se que metodologias que utilizam indicadores de mobilidade sustentável têm apresentado uma série de limitações como: ausência de dados atualizados e desagregados; dificuldade de acesso a bases de dados confiáveis; métodos complexos e com alta demanda de dados; e despadronização dos indicadores (MACHADO, 2012; RIBEIRO, 2017; ALMEIDA E GONÇALVES, 2018; KARJALAINEN E JUHOLA, 2021).

Desta forma, ao relacionar indicadores de mobilidade sustentável com métodos de econometria espacial, é possível apresentar análises tanto em áreas desagregadas como uma análise global de toda a Região Metropolitana.

1.1. JUSTIFICATIVA

As manchas urbanas fragmentadas e os constantes congestionamentos nas grandes cidades, causados pelo uso excessivo do transporte individual, prejudicam a mobilidade urbana, resultando em danos à população e ao ambiente natural. O setor de transportes é uma das maiores fontes de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em todo o mundo e a poluição atmosférica é responsável por parte dos problemas de saúde pública (CARVALHO, 2011).

Nos últimos anos, a sustentabilidade nos ambientes urbanos tornou-se uma das principais preocupações de pesquisadores e governos por todo o mundo. O relatório de 2021 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) mostra que com o atual aumento de 1,1°C na temperatura média do planeta (em relação aos níveis pré-industriais) as consequências das mudanças climáticas já ameaçam a vida de pessoas, espécies e ecossistemas (LEVIN *et. al.*, 2022).

O relatório estima que, por conta das mudanças climáticas, cerca de 130 milhões de pessoas entrarão em situação de pobreza, a partir de 2030. As mudanças climáticas comprometerão a segurança alimentar e aumentará a incidência de mortalidade relacionada ao aumento das temperaturas, doenças cardíacas e problemas neurológicos (LEVIN *et. al.*, 2022).

Desta forma, os maiores desafios das atuais gestões públicas é agregar os interesses econômicos com a preservação do ambiente natural considerando também a inclusão social e requalificando o espaço urbano. Pois o atual modelo das cidades brasileiras, dependentes do transporte individual motorizado tem se mostrado disfuncional e a integração entre políticas de mobilidade urbana e de sustentabilidade é de extrema importância (CARVALHO, 2016c).

Algumas das principais consequências desfavoráveis da atual situação da mobilidade brasileira que vêm sendo citadas na literatura (MAGAGNIN e SILVA, 2008; MEIRA *et. al.*, 2017; PEREIRA *et. al.*, 2021) são:

- Aumento no número de acidentes de trânsito com vítimas;
- Grandes congestionamentos urbanos gerando maiores gastos nos tempos de viagem;
- Uso indiscriminado de combustíveis fósseis;
- Aumento na emissão de gases de efeito estufa (GEE);

- Emissão de material particulado (MP) e outros poluentes que geram problemas respiratórios e de saúde pública;
- Falta de acessibilidade e segurança viária;
- Dispersão urbana e aumento das distâncias de deslocamento (espraiamento);
- Restrição do acesso as oportunidades urbanas e acentuação da desigualdade social.

Com a evolução de softwares estatísticos e de geoprocessamento, as ferramentas adotadas neste estudo têm sido utilizadas nos últimos anos para auxiliar análises que possuem dados espaciais. Oferecendo resultados que podem ser visualizados em gráficos, tabelas e mapas. Além de ser possível identificar áreas com maiores e menores incidências dos aspectos analisados (ALMEIDA, 2012).

Neste sentido, métodos de econometria espacial tem se mostrado eficientes para a identificação de relações espaciais entre as variáveis levantadas. Estes métodos são baseados em premissas matemáticas que garantem que os modelos estatísticos apresentem as relações entre o espaço, os padrões observados e a variáveis que os explicam (ALMEIDA, 2012).

Portanto, ao relacionar os indicadores com técnicas de análise espacial, foi possível identificar padrões espaciais que identificaram as áreas que necessitam de políticas públicas de mobilidade mais eficientes, a fim de proporcionar o acesso democrático ao espaço urbano, de forma segura, socialmente inclusiva e sustentável.

1.2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar uma análise espacial de Indicadores de Mobilidade Sustentável na RMC com o propósito de contribuir para o planejamento da mobilidade urbana regional através da análise das relações espaciais entre Indicadores Socioeconômicos e de Mobilidade Sustentável na Região Metropolitana de Campinas no ano de 2011.

Os objetivos específicos pretendem:

- Definir um conjunto de Indicadores de Mobilidade Urbana Sustentável;
- Apresentar as análises estatísticas e exploratórias dos indicadores;
- Ajustar um modelo de regressão espacial que relacione o número de viagens realizadas em modos coletivos e os demais indicadores;

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. MOBILIDADE URBANA

A mobilidade urbana é um tema que abrange diversas questões relacionadas ao funcionamento das cidades, como desenvolvimento urbano, direito à cidade, uso e ocupação do solo e a qualidade de vida da população. Seu principal objetivo é permitir o acesso à cidade, para a execução dos direitos básicos do cidadão e aos bens e serviços (BOARETO, 2003).

Este acesso depende de características da população (como renda, raça, escolaridade, gênero e idade); e fatores políticos e espaciais como disponibilidade de diferentes modais (motorizados e não-motorizados), custos e infraestruturas existentes (calçadas, ciclovias, vias asphaltadas, pontos de ônibus) na origem e no destino dos deslocamentos (VASCONCELLOS, 2001).

Pensando na mobilidade, com relação à esfera urbana, alguns dos fatores mais urgentes que precisam ser combatidos para se alcançar uma cidade sustentável são: o alto consumo de combustíveis fósseis; a grande frota de veículos individuais; o esgarçamento, ou espraiamento do tecido urbano; a falta de incentivos no transporte coletivo; e as desigualdades sociais no acesso ao sistema de transportes (CARVALHO, 2016c).

O agravamento das questões citadas acima tem motivado a abordagem dos conceitos de sustentabilidade para o viés da mobilidade, buscando novas perspectivas para o planejamento dos sistemas viários urbanos.

A Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) define mobilidade urbana como “condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano” (BRASIL, 2012). Ou seja, é um atributo referente ao conjunto de fatores, que são necessários para a realização dos deslocamentos nas cidades.

Neste sentido, a mobilidade urbana é compreendida como uma relação entre três principais dimensões: econômica, social e ambiental. A dimensão econômica diz respeito a questões relacionadas ao bem-estar econômico das cidades; a dimensão social, aborda os impactos sociais que afetam a população; e a dimensão ambiental refere-se aos impactos que a mobilidade têm sobre o ambiente natural (BANISTER, 2008).

Dentro dessa perspectiva, os conceitos que constroem o tema da mobilidade urbana são diversos e estão em constante definição. Pois cada definição aborda diferentes atributos da vida urbana: históricos, políticos, culturais, econômicos e espaciais.

Por estes motivos, é importante a constante busca por novas abordagens que apresentem uma compreensão holística das esferas ambiental, política e social da mobilidade. E não trate a mobilidade como um problema relacionado aos sistemas de transportes.

MOBILIDADE URBANA NO BRASIL

A mobilidade é um dos principais fatores que afetam a organização e o funcionamento das cidades. O desenvolvimento espacial e econômico dos municípios e regiões metropolitanas dependem principalmente da quantidade e da qualidade da infraestrutura dos sistemas viários existentes (BANISTER, 2003).

O modelo rodoviarista brasileiro teve início a partir da década de 1930, com as construções das primeiras rodovias do país. Na década de 1950, junto com as primeiras indústrias automobilísticas, inicia-se o aparecimento das primeiras políticas de incentivo ao consumo de veículos automotores individuais e a substituição dos bondes elétricos (BOARETO, 2008; RUBIM e LEITÃO, 2013).

Junto com estes eventos, o processo intenso de urbanização brasileiro, ocorrido a partir da década de 1960, gerou o fenômeno da metropolização, ou seja, ocupações urbanas que ultrapassam os limites das cidades, formando assim, aglomerados urbanos que sofrem com os mais diversos aspectos da falta de planejamento. Reforçando o fenômeno da desigualdade social e da segregação espacial, marginalizando a população mais pobre que é excluída das oportunidades e infraestruturas existentes apenas nos centros urbanos (MARICATO, 1996).

A invenção e comercialização de veículos motorizados revolucionaram a forma como as cidades são moldadas e planejadas. Isso envolve a constante expansão da infraestrutura de estradas e estacionamentos associados com padrões descentralizados de desenvolvimento urbano (BOARETO, 2008; PERO e STEFANELLI, 2015).

A partir deste momento, toda a infraestrutura viária das cidades brasileiras e seu modelo de mobilidade ficam marcadas pelos grandes investimentos na indústria automobilística e pela falta de incentivos em modos coletivos e não-motorizados. Determinando, de forma geral, a maneira como ocorrem os deslocamentos nas cidades (GEHL, 2013; PERO e STEFANELLI, 2015).

No entanto, a política governamental de priorização de modais motorizados produz graves impactos ambientais e urbanos, como congestionamentos, colisões, estilos de vida sedentários, baixa qualidade de ruas e calçadas, ruído, poluição do ar e emissão de gases de efeito estufa (BANISTER, 2008).

Na perspectiva da sustentabilidade, esse processo é bastante negativo, pois o país abandonou sistemas de transporte coletivos, públicos, eletrificados e sobre trilhos para um modelo extremamente dependente de combustíveis fósseis (BOARETO, 2008).

O modelo rodoviário brasileiro favorece e incentiva os deslocamentos motorizados individuais e de cargas. E está sendo constantemente alimentado por investimentos exorbitantes na busca de melhorias no funcionamento de suas infraestruturas. Consequentemente, diminuindo cada vez mais a qualidade dos deslocamentos urbanos e criando um ambiente extremamente insustentável (CARVALHO, 2016b).

O termo mobilidade começou a ser amplamente utilizado no Brasil, a partir da publicação do Estatuto da Cidade (Lei n.10.257/2001). E em 2004 é publicado o Caderno MCidades – Mobilidade Sustentável, que define o conceito de “mobilidade” como um atributo associado às pessoas, aos bens e suas necessidades de deslocamento, considerando o espaço urbano e as atividades nele desenvolvidas (BRASIL, 2004).

Mais a diante, o Ministério das Cidades publica a Lei n. 12.587/2012, conhecida como Plano Nacional de Mobilidade Urbana. No art. 6º, incisos I a IV, a Lei prevê medidas que devem ser adotadas no âmbito federativo, visando melhor mobilidade:

- I. *Integração com a política de desenvolvimento urbano e respectivas políticas setoriais de habitação, saneamento básico, planejamento e gestão do uso do solo no âmbito dos entes federativos;*
- II. *Prioridade dos modos de transportes não motorizados sobre os motorizados e dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado;*

- III. *Integração entre os modos e serviços de transporte urbano;*
- IV. *Mitigação dos custos ambientais, sociais e econômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas na cidade;*
- V. *Incentivo ao desenvolvimento científico-tecnológico e ao uso de energias renováveis e menos poluentes;* (BRASIL, 2012).

Neste sentido, nota-se uma maior preocupação com a integração de políticas de desenvolvimento social, acessibilidade e questões de impacto ambiental, anteriormente não abordadas. A PNMU também apresenta seus principais objetivos: reduzir as desigualdades e promover a inclusão social; promover o acesso aos serviços básicos e equipamentos sociais; e promover o desenvolvimento sustentável.

Porém a partir de 2007, contrariando as diretrizes das publicações acima citadas, houve um aumento exponencial na taxa de motorização do país. Este fato possui relação com o período de crescimento econômico do país, que ofereceu maior poder de compra para a população e facilidades fiscais nas vendas de veículos individuais (RODRIGUES, 2019).

Embora exista uma preocupação com as consequências que o aumento da frota de veículos traz para as cidades, é visível que o fator cultural prevalece acima das questões ambientais. Segundo Boareto (2008), a maioria dos formadores de políticas públicas no Brasil, ainda consideram o automóvel como principal desejo da população. Por isso, justificam os constantes investimentos neste modelo e o sucateamento das outras formas de deslocamento.

Se por um lado, os transportes individuais apresentam vantagens como conforto, disponibilidade imediata, viagens de ponta a ponta, pontualidade e privacidade, é por não ser levado em consideração os custos sociais e externalidades que o uso indiscriminado dos veículos individuais motorizados causam (VASCONCELLOS, 2013).

Desta forma, a fim de compreender e minimizar os problemas urbanos, têm-se trabalhado conceitos e aspectos da mobilidade urbana do ponto de vista da sustentabilidade. De forma que seja possível o desenvolvimento de ferramentas que auxiliem na busca por uma cidade mais sustentável.

MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

Os conceitos de sustentabilidade têm sido amplamente discutidos desde meados de 1970, com o objetivo de moldar ações para enfrentar a crise ambiental e proteger o ambiente natural. Mas, a partir da Conferência de Estocolmo em 1972, o conceito foi amplamente divulgado com base em três pilares: sustentabilidade social, econômica e ecológica (PRADO, 2015).

O Relatório Brundtland, divulgado em 1987, consolidou a definição de desenvolvimento sustentável como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades” (CSD, 1992).

Este relatório chama a atenção para a responsabilidade de implementar um novo modelo de preservação e uso dos recursos naturais relacionando tecnologia, política, economia e sociedade.

Neste sentido, mobilidade urbana sustentável pode ser definida como a atividade que confere as necessidades básicas de acesso e mobilidade de pessoas e bens no território urbano, utilizando recursos renováveis, minimizando o uso do solo e promovendo o bem-estar econômico e social, sem prejudicar a saúde humana e o ambiente natural (BOARETO, 2003; OECD, 2008).

As cidades são as formas urbanas mais sustentáveis existentes e são fundamentais para enfrentar as mudanças climáticas, pois consomem aproximadamente 78% do uso global de energia e são responsáveis por mais de 70% das emissões globais de CO₂ (BANISTER, 2008).

Apesar de existirem diferenças entre cidades, os desafios dos centros urbanos são muito semelhantes. E em diversas partes do mundo são promovidas ações em busca da mobilidade urbana sustentável (SEABRA *et. al.*, 2013).

Para Acselrad (1999), a cidade sustentável é aquela que, para uma mesma oferta de serviços, minimiza o consumo de energia fóssil e de outros recursos materiais, explorando ao máximo os fluxos locais e satisfazendo o critério de conservação de estoques e de redução do volume de rejeitos.

Segundo Nunes da Silva (2004), para promover uma mobilidade mais sustentável e reduzir os impactos ambientais é importante relacionar quatro áreas: incentivar e promover o uso de veículos e infraestruturas mais eficientes e tecnológicas; evidenciar e taxar os custos externos relacionados com os modos de

transportes aos seus usuários; incentivar e promover o uso racional dos sistemas de mobilidade, evidenciando as preocupações ambientais; planejar os sistemas de mobilidade levando em consideração o uso e ocupação do solo.

Atualmente, mais da metade da população mundial vive em cidades e a previsão para 2050, é de que a população urbana total chegará a 75% (WBCSD, 2021). Neste sentido, limitar o aquecimento global e, ao mesmo tempo, administrar o crescimento urbano é uma ação urgente e deve ser coordenada para estabelecer um uso mais limpo e eficiente de energia e recursos.

Em relação aos sistemas sustentáveis de transportes, para Litman (2008), as principais características que devem apresentar são:

- Oferecer acesso às principais infraestruturas urbanas para que as necessidades básicas dos indivíduos e da sociedade, sejam atendidas com segurança e equidade;
- Seja acessível, operando de forma justa e eficiente, oferecendo escolha de diferentes modos de deslocamento e apoiando uma economia competitiva, bem como um desenvolvimento regional equilibrado;
- Além de limitar emissões de gases e resíduos abaixo da capacidade do planeta de absorvê-los, usando recursos renováveis ou de baixa emissão, minimizando o impacto no uso do solo e na geração de ruído.

A acessibilidade do sistema de transportes pode ser definida como a facilidade de acesso aos diferentes locais que podem ser alcançados por uma pessoa, levando-se em conta o tempo e o custo necessário. Portanto, a mobilidade possui a função social de garantir a acessibilidade para todos de forma que atendam às diferentes demandas de deslocamentos (CARDOSO, 2006).

Ou seja, o objetivo final da mobilidade urbana é o direito à cidade e suas oportunidades (COELHO, 2020).

Por se tratar de um assunto relativamente novo, os conceitos de sustentabilidade e de mobilidade urbana ainda são relativos e podem apresentar variações dependendo do cenário social, econômico e localização geográfica (SEABRA, *et. al.*, 2013). Ainda assim, observa-se a ausência de aplicação dos métodos e ferramentas já desenvolvidos e disponibilizados para aplicação nas regiões metropolitanas brasileiras.

Nesse sentido, assim como se trabalha a sustentabilidade nas três dimensões principais: econômica, social e ambiental, o mesmo pode ser feito em relação aos sistemas de mobilidade. De forma que a compreensão da mobilidade vá além da abordagem técnica dos sistemas de transportes.

DIMENSÕES DA MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

A mobilidade urbana sustentável deve ser vista como conjunto de políticas que visam o acesso das pessoas ao espaço urbano, priorizando os modos coletivos e não motorizados, inclusivos e ecologicamente sustentáveis (BRASIL, 2007).

As dimensões da mobilidade sustentável devem ser combinadas e inter-relacionadas, desenvolvendo processos que auxiliem na manutenção da vida na Terra e definindo limites para que os atuais padrões de consumo, a geração de resíduos e uso de recursos não renováveis não se esgotem para as necessidades básicas das futuras gerações.

AMBIENTAL

A questão ambiental da mobilidade está relacionada a necessidade de busca de sistemas mais eficientes tanto para os modais, como na gestão, na operação e no planejamento da mobilidade urbana. Todas estas esferas devem ser pensadas de forma que respondam à demanda existente e mantenham a integridade ambiental (SEABRA *et.al.*, 2013).

Segundo o Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD, 2021), mais de 80% da população urbana está exposta a níveis de poluição do ar que excedem os limites da Organização Mundial de Saúde (OMS). E o setor de transportes é responsável por cerca de 90% da emissão de poluentes locais e 63% da emissão dos poluentes globais (IPEA, 2010).

O setor de transportes brasileiro, representa cerca de 80% do consumo nacional de petróleo. A queima deste tipo de combustível libera diversos poluentes nocivos à saúde e que degradam as cidades, com destaque para o monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos (HC), os materiais particulados (MP), os óxidos de nitrogênio (NOx) e os óxidos de enxofre (SOx) (CNT, 2021).

O dióxido de carbono (CO_2) é um dos principais GEE responsáveis pelo aquecimento global, que gera uma barreira atmosférica dificultando a perda de calor da Terra para o espaço, chamado de efeito estufa. Este gás tem uma participação no Efeito Estufa de cerca de 60% em relação a outros gases poluentes (CNT, 2021).

Por serem mais pesados, os materiais particulados (MP), não se espalham muito pela atmosfera, geralmente se depositam nas vias, calçadas e imóveis nas imediações. O MP é formado por uma mistura de partículas escuras, sólidas e líquidas. No ambiente urbano, sua origem decorre da queima de combustíveis dos veículos, da fumaça industrial e de queimadas (CARVALHO, 2016a).

Segundo pesquisas, a exposição do MP combinado com outras substâncias presentes na atmosfera, tende a se acumular nas vias respiratórias causando mortes prematuras e problemas respiratórios (QUEIROZ *et. al.*, 2007; PEREZ-MARTINEZ *et. al.*, 2022).

As emissões de enxofre também trazem diversas externalidades, sendo a chuva-ácida uma das mais preocupantes. A chuva-ácida ocorre quando partículas de enxofre e nitrogênio, liberadas pela fumaça das fábricas e veículos, associam-se às gotículas de água presentes no ar. Esta associação altera o pH da água das chuvas que quando se precipita, acarreta consequências ecológicas como mudança da composição química dos ecossistemas aquáticos, degradação das florestas, desequilíbrio ambiental e corrosão de monumentos históricos e edificações (Figura 1) (FORNARO, 2006).

Figura 1: Consequências da chuva ácida nas florestas, cidades e águas.



Fonte: Sicflux, 2021.

Com o avanço da tecnologia, o desenvolvimento de biocombustíveis tem ajudado a redução de emissões de GEE e MP, bem como na reabsorção do CO₂ pelas plantações de cana-de-açúcar e das oleaginosas (biomassa). O etanol e o biodiesel, tem apresentado resultados importantes por conta das baixas emissões, no entanto, sua produção requer altos custos que encarecem o produto final, além de depender de grandes áreas para cultivo, podendo aumentar as taxas de desmatamento para avanço da fronteira agrícola (CARVALHO, 2011).

Embora o uso de combustíveis renováveis tenha ganhado espaço no mercado, a demanda de uso do petróleo continua crescendo, principalmente por conta do aumento da frota de veículos nas últimas décadas.

A poluição sonora é uma externalidade negativa relacionada com a mobilidade. Sua ocorrência fica mais intensa nos centros urbanos onde há grande concentração de veículos motorizados. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), as exposições a ruídos com intensidade superior a 75 decibéis podem causar danos à saúde, principalmente estresse e problemas auditivos (CARVALHO, 2011).

A organização das cidades também é uma questão de sustentabilidade ambiental. O crescimento do número de vias, resulta no aumento das poluições visual e sonora, na impermeabilização dos solos devido à pavimentação e na canalização de córregos que incidem em enchentes urbanas (MAGAGNIN e SILVA, 2008).

Pois, cidades espalhadas com baixa densidade e grandes vazios urbanos geralmente são mais dependentes de transportes individuais motorizados, por conta de os deslocamentos serem mais longos. Em uma cidade bem organizada as externalidades negativas são menores e a qualidade da mobilidade urbana e o desenvolvimento urbano são melhores (BOARETO, 2008).

Segundo Sallis *et. al.* (2016), a principal recomendação é que as cidades busquem desenvolver centros urbanos mais compactos e de uso misto que incentivem uma mudança modal de transporte dos veículos motorizados particulares para caminhadas, ciclismo e transporte público.

Para gerar energia, é necessário impactar em algum nível o ambiente natural, pois todo gasto energético geram custos em todas as dimensões. Portanto é importante recuar os padrões hiperconsumistas que podem gerar impactos ecológicos. Dito isso, o desenvolvimento de tecnologias de transporte mais eficientes será de grande importância para satisfazer as demandas de mobilidade nas cidades, minimizando o impacto ambiental.

Sendo assim, faz-se necessário que gestores públicos e tomadores de decisão, desenvolvam políticas que promovam cidades mais compactas e um sistema de transporte coletivo mais eficiente, de forma a reduzir os tempos de viagem e congestionamento que resultarão em menos emissões de poluentes e melhores condições de mobilidade urbana.

ECONÔMICA

A dimensão econômica da mobilidade está relacionada a aspectos da eficiência econômica: tanto dos sistemas de transporte como na busca pelo desenvolvimento econômico das cidades (SEABRA *et. al.*, 2013).

O uso crescente do transporte individual motorizado combinado com a falta de planejamento do uso do solo, têm apresentado impactos relacionados ao aumento dos custos de viagem e tempos de deslocamento, acidentes de trânsito, esgarçamento do tecido urbano, segregações sociais e poluições atmosférica, sonora e visual. Afetando o desenvolvimento econômico das cidades e no bem-estar social (MAGAGNIN, 2011).

A cidade espraiada e fragmentada exige continuamente uma reorganização de serviços públicos e infraestrutura básica (água, esgoto, eletricidade), gerando assim, consumo energético e custos extras para o reordenamento da área. Cidades compactas possuem alta densidade e uso misto, tendendo a apresentar superior eficiência energética por reduzir as distâncias dos trajetos, maximizar a oferta de transporte público e prover qualidade de vida superior aos residentes (ACSELRAD, 1999).

Em relação ao planejamento urbano, as cidades são projetadas para atender principalmente a circulação dos automóveis particulares em detrimento ao transporte coletivo e às necessidades das classes trabalhadoras que dele dependem. Deixando de lado a ocupação do espaço urbano e a construção de um sistema de transportes acessível e sustentável (BOARETO, 2008; CARVALHO E BRITO, 2016).

Comparado ao transporte coletivo urbano, o transporte individual motorizado exige uma ocupação maior do espaço urbano, oferece menor eficiência energética e provoca mais acidentes com vítimas graves e fatais, sendo que as maiores vítimas são pedestres e ciclistas (PEREZ-MARTINEZ, *et. al.*, 2015; TISCHER, 2019; EEA, 2021).

A Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), realizada pelo IBGE (2018), mostra que 17,7% do orçamento das famílias brasileiras é comprometido com transporte urbano, sendo uma das categorias de maior gasto das famílias brasileiras. De acordo com a mesma pesquisa, aproximadamente 70% das famílias possuem gastos com transporte urbano, sendo que destas, 71,4% são gastos com transporte individual motorizado (PEREIRA *et. al.*, 2021).

Esses resultados demonstram uma tendência de diminuição do uso de transportes coletivos em substituição do aumento do uso transporte individual. Essa mudança no padrão de consumo foi intensificada a partir de 2010, por conta de políticas econômicas que favoreceram a expansão de crédito para consumo facilitando a compra e financiamento de automóveis e motocicletas, além de isenções fiscais e redução de impostos sobre automóveis e combustíveis (CARVALHO e PEREIRA, 2011).

Além dos gastos com congestionamentos, o gasto médio anual do sistema de saúde brasileiro com custos decorrentes de acidentes de trânsito e com doenças cardiorrespiratórias são desenvolvidos por conta da poluição do ar é de aproximadamente R\$ 220 bilhões, cerca de 4% do PIB nacional (CONTADOR E OLIVEIRA, 2015).

Estes valores poderiam ser revertidos para desenvolvimento de políticas públicas visando um sistema de transportes coletivo mais eficiente, acessível e seguro que atenda a demanda da maior parte da população e auxilie na redução dos custos com acidentes de trânsito e de outras externalidades negativas da mobilidade.

SOCIAL

As cidades brasileiras são conhecidas pelas distâncias físicas e sociais que se traduzem em desigualdades e falta de acesso a oportunidades de trabalho, bens culturais, serviços de saúde, educação e ao lazer. Desta forma, a mobilidade urbana exerce uma influência indireta, mas significativa, sobre o bem-estar da população (GOMIDE, 2006).

A mobilidade urbana possui a função social de proporcionar o acesso aos direitos básicos dos cidadãos e à diferentes oportunidades. Observa-se que questões de desigualdade social, como desemprego, evasão escolar, altas taxas de

criminalidade e tráfico de drogas, tem suas taxas reduzidas em ambientes onde há integração e planejamento da mobilidade (SARMIENTO *et.al.*, 2020).

Estas desigualdades são intensificadas, uma vez que a mobilidade não atende a população urbana em sua totalidade, tanto fisicamente como financeiramente.

O acesso aos serviços de transporte público pode servir como instrumento fundamental para o combate à pobreza e à desigualdade sobretudo quando grande parte da população brasileira vive distante dos centros comerciais e depende de um modal acessível para realizar seus deslocamentos diários (SILVA, 2019).

A ausência de investimentos no transporte público coletivo gera a sua degradação, precarização e encarecimento de tarifas. Consequentemente estes fatores desfavorecem e desestimulam o seu uso, pois quanto mais caro, maior será a exclusão social (PERO E STEFANELLI, 2015).

Para que o cidadão prefira outros modais, o sistema de transporte público deve ser uma alternativa viável: oferecendo qualidade, segurança e inclusão nas tarifas. Além disso, as vias pertencentes aos outros meios de locomoção, como as calçadas e ciclovias, devem oferecer segurança e qualidade, se tornando alternativas eficazes à melhoria da mobilidade nas cidades (VASCONCELLOS, 2001).

Além das questões de acesso à cidade, a renda da população também reflete no uso e ocupação da cidade. Pessoas de maior renda tendem a usar mais o automóvel do que outros modais de transporte. Ao comparar as distâncias lineares percorridas por famílias de diferentes níveis de renda em um dia útil, foi verificado que o consumo diário de ocupação das vias públicas é realizado quatro vezes mais pelas pessoas de alta renda de que população de renda mais baixa (VASCONCELLOS, 2013).

O mesmo padrão é visto em relação ao consumo de energia, emissão de poluentes e acidentes de trânsito. Ou seja, quanto maior a renda, maior é o consumo de combustíveis, maiores são as emissões de poluentes e mais acidentes de trânsito com vítimas. Sendo que essas vítimas são em sua maioria a população mais pobre que realizam os deslocamentos a pé e de bicicleta (modos ativos) com alta vulnerabilidade e baixa segurança (VASCONCELLOS, 2013).

Com base na Política Nacional do Desenvolvimento Urbano (PNDU) os objetivos para a dimensão social da mobilidade são: acesso democrático à cidade, ao

transporte público, a valorização da acessibilidade universal e dos deslocamentos ativos (BRASIL, 2004).

Segundo Boareto (2003), com a reorganização de serviços básicos na cidade e acessos peatonais, é possível alcançar uma diminuição do número de viagens motorizadas. Um sistema de transporte coletivo bem planejado e de qualidade é capaz de reduzir o tempo e o custo de viagens motorizadas.

Na busca de uma mobilidade urbana mais acessível deve-se pensar na organização e no uso e ocupação da cidade e na priorização dos modos não motorizados e coletivos de transportes, de forma funcional, socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável, baseado nas pessoas e não nos veículos.

Neste sentido, a dimensão social da mobilidade urbana no Brasil é de grande importância, pois se preocupa com questões de interesse social, uso e ocupação do solo, planejamento dos sistemas de transportes, políticas públicas de acessibilidade e de desenvolvimento local. Tudo isso considerando uma das questões mais importantes para a gestão urbana: a participação social.

Segundo Seabra (2013), é certo afirmar que o cenário atual da mobilidade urbana é identificado como insustentável e excludente. A ausência de um elemento agregador compromete a integração das políticas de transporte e circulação. Resultando em políticas urbanas que, em geral, se opõem às estratégias da PNMU pois não geram ações que promovam a priorização dos modos de transportes coletivos e não motorizados.

Desta forma, é importante que os formuladores de políticas públicas orientem suas prioridades no que diz respeito à mobilidade urbana e recuperem os sistemas de transporte públicos de massa e infraestruturas para modos ativos, com foco na eficiência, acessibilidade, ampliação e integração com foco em diminuir a desigualdade social.

2.2. INDICADORES DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

Este item busca apontar os conceitos de indicadores de mobilidade sustentável a partir da literatura científica nacional e internacional. De forma a contribuir na construção de uma visão crítica necessária para o desenvolvimento de

um sistema de indicadores efetivo e que ofereça subsídios para o processo de planejamento e gestão da mobilidade em regiões metropolitanas.

O sucesso na implementação de políticas públicas, de modo geral, está diretamente relacionado com a capacidade de gestão para desenvolver e aplicar estratégias que auxiliem na identificação de fragilidades e potencialidades da área em análise.

Para que se possa alcançar resultados consistentes, é necessário um acompanhamento sistemático da situação que se deseja implementar a estratégia, considerando os interesses existentes da sociedade (HABERMAS, *et. al.*, 1964).

Neste sentido, o uso de indicadores tem se destacado, nas literaturas nacionais e internacionais, como ferramentas muito eficientes de planejamento e gestão, principalmente em situações que demandam acompanhamento. De forma que permitem o diagnóstico, a comparação e a evolução de fenômenos, contribuindo para a tomada de decisão dos gestores (COSTA, 2008).

Para Gudmundsson *et. al.* (2016), a definição de indicador é: uma variável, ou uma combinação de variáveis, selecionadas para representar uma determinada questão mais ampla ou característica de interesse. Esta definição demonstra a relevância do uso de indicadores na análise de situações ou problemas específicos. Porém, nem sempre é possível medir um problema e que inevitavelmente, os indicadores podem apresentar interpretações subjetivas, ou seja, podem ser manipulados para representar ou ocultar diferentes aspectos.

Para calcular um indicador, é necessário o levantamento de dados e informações referentes ao assunto que se deseja abordar. Segundo Miranda (1999), “dado” é definido como um conjunto de registros qualitativos ou quantitativos, que ao serem organizados, agrupados, categorizados e padronizados adequadamente transforma-se em informação.

Para exercer o planejamento e a tomada de decisões, é importante para o gestor público, a análise de grande quantidade de dados referentes a diversos assuntos e setores. Neste sentido, indicadores desempenham muito bem a função de síntese e otimização destas informações.

O elemento-chave de um indicador é a unidade de medida que o representa. Uma variável é definida como uma representação de um atributo que pode assumir diferentes valores. Um indicador pode representar variáveis qualitativas ou quantitativas, como por exemplo, no indicador “satisfação com o sistema de transporte

público” a unidade de medida será “satisfeito” ou “não satisfeito”, enquanto o indicador “taxa de motorização” terá como unidade “veículos/habitantes” (GUDMUNDSSON *et. al.*, 2016).

Para Litman (2008), os indicadores são ferramentas importantes para tomar decisões e medir progressos, pois permitem analisar tendências e modelar impactos. Uma determinada seleção dos indicadores e a forma como os dados são coletados e analisados, podem resultar em opções mais apropriadas e desejadas, enquanto outra seleção pode resultar em opções insustentáveis para a mesma situação.

Por isso, antes de definir uma seleção de indicadores, deve-se analisar cuidadosamente o objeto que será avaliado, a motivação e a disponibilidade de dados e recursos, para que o resultado final possa refletir impactos e perspectivas fiéis à realidade (LITMAN, 2008).

Indicadores podem ser usados para abordar uma grande variedade de assuntos e temas, desde que seu conceito geral, suas características e aplicações, mantenham-se as mesmas. Desta forma, se um dado elemento possui características que o identifiquem como um indicador, então pode ser utilizado como instrumento de tomada de decisão (MAGALHÃES, 2004).

Uma seleção de indicadores permite ao gestor visualizar um cenário e os diversos aspectos de um problema, auxiliando no planejamento e nas possíveis formas de intervenção para solução deste problema. Além disso, um conjunto de indicadores possibilitam, também, o acompanhamento dos resultados de intervenções já aplicadas (GUDMUNDSSON *et. al.*, 2016).

Os indicadores devem ser selecionados de forma que a coleta dos dados necessários seja viável e de fontes seguras. Os métodos de coleta dos dados devem ser padronizados para permitir cálculos e análises comparativas entre sistemas e conjuntos de indicadores já existentes, bem como facilitar a medição em direção aos objetivos propostos. Os dados padronizados permitem que os impactos sejam avaliados em diversos momentos de forma que se possa criar uma análise temporal do mesmo indicador (LITMAN, 2008).

As funções dos indicadores são identificar, medir e descrever de forma simplificada, fenômenos complexos, tendências e progressos temporais, com base em dados estatísticos de fontes confiáveis e atualizadas. Ou seja, traduzir de forma mensurável ou descritiva a situação analisada (BRASIL, 2018).

Para a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, um indicador deve ser entendido como um ou mais parâmetros que apontam e fornecem informações sobre o estado de um fenômeno com uma extensão significativa. E para ser considerado adequado deve apresentar os seguintes requisitos (MAGALHÃES, 2004; OECD, 2008; BRASIL, 2018):

- Simplicidade e clareza: o indicador deve ser capaz de transmitir a informação de forma clara e de fácil compreensão;
- Relevância: ser significativo para a avaliação da análise e para a formulação de políticas;
- Utilidade: ser adequado às necessidades do público-alvo;
- Validade: deve ser capaz de representar as situações que precisam ser medidas e modificadas;
- Confiabilidade: dados serem obtidos através de fontes confiáveis e que utilizem metodologias cientificamente fundamentadas;
- Disponibilidade: os dados básicos devem ser de fácil obtenção;
- Viabilidade: possibilidade de alcançar os resultados dentro do contexto da disponibilidade de dados e orçamentos;
- Desagregabilidade: capacidade de representação em diversas dimensões e escalas.
- Atualização: ter a possibilidade de atualização em intervalos regulares para acompanhamento da análise.

Segundo Gallopín (1996), indicadores são representações operacionais de atributos. Os atributos e os indicadores são escolhidos para descrever a evolução do sistema de interesse e/ou para avaliar o desempenho em relação a algumas metas ou objetivos. A escolha dos atributos é uma etapa crítica; o conjunto ideal de indicadores é o conjunto mínimo que representa os fenômenos de interesse de uma forma abrangente e passível de tomada de decisão.

Assim, indicadores desejáveis são aqueles que resumem ou simplificam informações relevantes, tornam visíveis ou perceptíveis fenômenos de interesse e quantificam, medem e comunicam informações relevantes (GALLOPÍN, 1996).

O uso de indicadores pode apresentar limitações que devem ser consideradas durante a seleção do conjunto das variáveis. Segundo Gallopín (1996), uma das

difficultades de se trabalhar com indicadores é a disponibilidade de informações, que é muito reduzida nos países em desenvolvimento, e grande parte das informações constantemente coletadas e relatadas, pertencem ao âmbito econômico e social, implicando que os fatores ambientais estão sub representados. O valor financeiro de coleta e processamento destas informações são uma restrição para os países e instituições de pesquisa em desenvolvimento.

No Brasil, por exemplo, grande parte dos dados disponibilizados estão agregados e são raramente atualizados, de forma que dificultam e defasam as pesquisas e o desenvolvimento de políticas públicas que dependem de análises específicas e que poderiam alcançar patamares mais detalhados e pontuais (COSTA, 2008).

Segundo O Guia Metodológico Para Indicadores, as principais dificuldades para a construção de um conjunto de indicadores são a definição das variáveis conceituais que melhor representem a situação e a ausência de dados sistemáticos e sua confiabilidade. Sendo assim, é importante a escolha de um número limitado de indicadores na elaboração de índices (BRASIL, 2018).

Alguns autores, apontam e criticam o fato de não existir um conjunto universal de indicadores e que por este motivo muitas pesquisas acabam obtendo resultados redundantes, pouco confiáveis e descontinuados. Mas por outro lado, há autores que reforçam que a dificuldade de padronização dos sistemas se dá por conta da dificuldade na obtenção de dados e cada situação é única e necessita de um sistema adaptado para seu contexto (ALMEIDA E GONÇALVES, 2018; GILLIS, 2016; KARJALAINEN E JUHOLA, 2021).

Como os conceitos de “sustentabilidade” não são definidos em concordância, nem mesmo quais os fatores que se devem levar em consideração, torna-se impossível mensurar a sustentabilidade de forma consensual. Desta forma, sem uma definição padrão, também não há um sistema de indicadores que siga um padrão. As ferramentas disponíveis podem indicar impactos ambientais, econômicos e sociais decorrentes das interações humanas na natureza, porém nenhuma delas é capaz de alcançar todas as necessidades para equilibrar o ambiente natural.

INDICADORES DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

A mobilidade é uma atividade que apresenta impactos econômicos, sociais e ambientais significativos para a sociedade e o meio ambiente. Neste sentido, com o objetivo de alcançar sistemas de mobilidade mais sustentáveis, gestores públicos e tomadores de decisão devem buscar métodos e ferramentas para requalificar as condições de mobilidade e acessibilidade das cidades, de forma a reduzir as emissões de poluentes, bem como melhorar na qualidade de vida urbana.

Sendo assim, indicadores de mobilidade sustentável se mostram excelentes ferramentas para monitoramento e diagnóstico de obstáculos na mobilidade urbana pois definem pontos de partida e de referência que auxiliam no planejamento urbano e na aplicação de políticas públicas. Visando o amplo acesso ao espaço urbano, através do incentivo do uso de transportes coletivos, não motorizados, inclusivos e ecologicamente sustentáveis (GUNDMUNDSSON, 2004).

Um conjunto de indicadores é uma ferramenta que as cidades podem usar para avaliarem a situação atual, compreenderem a evolução natural da mobilidade sustentável (*business as usual*, ou BAU) e avaliar o impacto das soluções selecionadas. Além disso, uma boa experiência em uma cidade pode ser potencialmente usada para ajudar outras cidades semelhantes a desenvolver seus próprios métodos (WBCSD, 2020).

Segundo Litman (2008), para uma análise abrangente e equilibrada da mobilidade, os conjuntos devem incluir indicadores de cada uma das principais dimensões da sustentabilidade. Por exemplo, é importante relacionar indicadores como: equidade de custo do transporte (dimensão econômica); atender toda a malha urbana (dimensão social); e emissões de gases e materiais poluentes (dimensão ambiental).

Alguns indicadores atendem várias dimensões, por exemplo, indicadores de acidentes de trânsito se relacionam com questões de custos econômicos como redução de produtividade e gastos com infraestruturas de saúde; e custos sociais como redução de segurança e da qualidade de vida. O indicador de consumo de combustível pode refletir o consumo de energia, as emissões de poluição, as viagens do veículo e os impactos relacionados ao ambiente natural (LITMAN, 2008).

Embora dados estatísticos relacionados ao transporte sejam frequentemente coletados, sua qualidade é variável e mesmo os melhores dados são muitas vezes incompatíveis com os de outras organizações e jurisdições. Desperdiçando recursos e oportunidades para aprimorar a capacidade de identificar tendências importantes.

Melhorar a qualidade e a consistência das estatísticas relacionadas ao transporte pode fornecer benefícios muito grandes, melhorando nossa compreensão da mobilidade e seus principais impactos econômicos, sociais e ambientais (LITMAN, 2008).

É importante o desenvolvimento de ferramentas capazes de padronizar os indicadores de transporte sustentável e o levantamento de dados necessários. Desta forma, será possível uma análise mais abrangente e integrada e permitirá que os tomadores de decisão possam definir políticas específicas para alcançar as metas de mobilidade sustentável.

RELAÇÃO DE INDICADORES DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

Desde o final dos anos 1990, com os estudos de indicadores de sustentabilidade da Comissão de Desenvolvimento Sustentável da ONU, diversos estudos relacionados começaram a surgir, principalmente focados para avaliação das questões relacionadas a mobilidade sustentável. Neste item, serão destacados alguns conjuntos mais citados:

IMUS – COSTA (2008)

O Índice de Mobilidade Urbana Sustentável (IMUS) desenvolvido por Costa (2008), trata-se de um conjunto de indicadores de mobilidade urbana sustentável, cujo objetivo é a gestão da mobilidade e a formulação de políticas públicas. Como estudo de caso de Costa (2008), o índice foi primeiramente aplicado no município de São Carlos, por conta do acesso aos dados levantados pela atualização do Plano Diretor municipal da época.

O IMUS foi desenvolvido especificamente para as cidades brasileiras utilizando a metodologia Multicritério Apoio à decisão construtivista (MCDAC), sendo composto por 9 domínios, 37 temas e 87 indicadores, todos relacionados aos aspectos da sustentabilidade da mobilidade urbana. Este índice permite avaliar as demandas atuais dos aspectos ambientais, sociais e sustentáveis, sendo uma importante ferramenta para a formulação de políticas públicas de mobilidade urbana sustentável (COSTA, 2008).

O IMUS é composto por nove domínios: Acessibilidade, Aspectos Ambientais, Sociais, Políticos, Infraestrutura de Transportes, Modos não Motorizados, Planejamento Integrado, Tráfego e Circulação Urbana e Sistemas de Transporte Urbano. Os domínios são divididos em 37 temas e os temas são subdivididos em 87 indicadores.

Os resultados têm como finalidade diagnosticar e monitorar a mobilidade urbana dos municípios brasileiros, identificando fatores críticos e influentes que auxiliam na análise e monitoração dos sistemas de mobilidade e que podem ser utilizados em diretrizes políticas que visem a sustentabilidade e uma melhor qualidade de vida. O resultado do IMUS tem se mostrado um importante instrumento para

implantação de políticas públicas municipais que agreguem melhorias para a mobilidade e acessibilidade urbanas e regionais (MIRANDA, 2010).

Esta ferramenta utiliza informações básicas em relação ao município e seu entorno e as relaciona com a mobilidade sustentável, por ser bastante diversificada, pode ser adaptada a qualquer ambiente urbano. No entanto o estudo aponta que a ferramenta se mostrou muito eficiente em cidades de grande e médio porte. (COSTA, 2008; MIRANDA, 2010)

O IMUS é uma ferramenta que se propõe a avaliar e monitorar a mobilidade urbana, sendo considerado de fácil compreensão e obtenção. Permite avaliar condições atuais e os impactos de medidas estratégicas, visando a mobilidade urbana sustentável. E também se propõe a ser um instrumento que auxilia no desenvolvimento de subsídios para formulação de políticas públicas (COSTA, 2008).

Embora um sistema com um grande número de indicadores possa apresentar uma análise mais completa e detalhada, uma quantidade excessiva de informações pode gerar resultados redundantes e confusos. Além de demandar mais tempo gasto nos cálculos, que dependem de uma base de dados bastante variada. E acaba se tornando uma tarefa desconexa para o tomador de decisão.

A metodologia de Costa (2008), foi baseada em um levantamento de 3.228 indicadores de propostos por programas nacionais e internacionais, e desenvolvidos para diferentes escalas e contextos, incluindo aspectos quantitativos e qualitativos.

No Brasil, a metodologia desenvolvida por Costa (2008), é a mais citada na literatura e a mais aplicada em municípios brasileiros. No entanto, como depende de uma extensa gama de dados, grande parte dos trabalhos que utilizam sua metodologia não conseguem realizar o cálculo de todos os 87 indicadores (RIBEIRO, 2017).

IMS – MACHADO (2010)

O Índice de Mobilidade Sustentável (IMS), foi desenvolvido por Machado (2010), com o objetivo de mensurar os principais impactos na mobilidade, na sustentabilidade e na qualidade de vida urbana, bem como identificar as prioridades do planejamento da mobilidade urbana e regional. O estudo de caso foi realizado em dez municípios da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) e revelou as principais fragilidades no planejamento e na gestão da região.

O IMS é composto por nove indicadores quantitativos divididos pelas três dimensões da sustentabilidade: econômica, social e ambiental, conformando um índice equilibrado. Os critérios de seleção dos indicadores foram definidos a partir da disponibilidade de dados anuais oferecidos por bases de dados estatísticas, consagradas e confiáveis. A composição de um sistema com poucos indicadores apresenta vantagens pois facilita a de coleta de dados, minimiza custos e facilita a sua aplicação e interpretação (MACHADO, 2010).

O estudo de caso apresentou uma série histórica da aplicação do IMS nos municípios da RMPA nos anos de 2004 a 2007, a autora realizou análises tanto municipais quanto regionais. Os resultados mostraram ausências de diretrizes de promoção de transporte ativo (não motorizado) e a falta de integração regional dos sistemas de transportes dos municípios.

O estudo também ressaltou a dificuldade na obtenção de dados consistentes e desagregados para cálculo dos indicadores, sobretudo os relacionados com aspectos ambientais, do transporte público e do transporte não-motorizado. Uma vez que a construção do sistema de indicadores é baseada na existência e disponibilidade de dados, de uma forma que não fosse necessário o comprometimento do orçamento público no levantamento de tais dados.

MobiliDADOS (2017)

A MobiliDADOS é uma plataforma desenvolvida pelo Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP), foi criada em 2017 com o objetivo de apresentar informações confiáveis para os processos de elaboração, monitoramento e avaliação de políticas de mobilidade e desenvolvimento urbano.

A plataforma apresenta 22 indicadores que abordam os principais desafios de mobilidade urbana nas capitais e em nove regiões metropolitanas brasileiras e também oferece acesso a todos os dados brutos utilizados além de descrever as metodologias de apuração de cada indicador.

As regiões metropolitanas monitoradas pela iniciativa são: Belém, Belo Horizonte, Curitiba, Distrito Federal, Fortaleza, Recife, Rio de Janeiro, Salvador e São Paulo.

LOURO e COSTA (2017)

Neste estudo pretendeu identificar um sistema de indicadores para avaliar a contribuição do transporte e mobilidade urbana para a cidade saudável. O método envolveu um sistema com 29 indicadores quantitativo divididos em três temas: Transporte e Mobilidade, Saúde Pública e Civismo e Saúde Pública e Ambiente. Onde buscou-se levantar aspectos relacionados aos movimentos pendulares como a regularidade, os destinos, os modos e o tempo gasto; questões relacionadas à segurança e acidentes no trânsito; e por último, questões ligadas ao consumo de combustíveis e controle da qualidade do ar.

O método foi aplicado na Região Metropolitana de Lisboa, em Portugal, composta por 18 municípios, onde reside 19% da população do país. E realizou uma análise estatística com base na classificação dos níveis de dispersão do coeficiente de variação. Foram verificadas limitações ao acesso de dados que restringiram o levantamento de outros indicadores.

SEMOB (2018)

A Secretaria Nacional de Mobilidade Urbana (Semob), por meio do extinto Ministério das Cidades, publicou em novembro de 2018 um relatório intitulado “Indicadores para monitoramento e avaliação da efetividade da Política Nacional de Mobilidade Urbana”, que realizou o levantamento de diversas metodologias e bases de dados e definiu uma seleção de 31 indicadores que auxiliam os governos locais a identificar aspectos das condições dos deslocamentos das pessoas nas cidades brasileiras e o impacto destas condições na vida das pessoas (BRASIL, 2018).

Com a publicação da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) (Lei N. 12.587/2012), que prevê a obrigatoriedade de apresentação de Plano de Mobilidade Urbana para municípios com mais de vinte mil habitantes (alterado em 2020) e para regiões metropolitanas com mais de um milhão de habitantes, o Ministério das Cidades, verificou a necessidade de desenvolver ferramentas para que as gestões locais tivessem autonomia para avaliar e monitorar os impactos gerados pelas políticas públicas de mobilidade urbana, na vida da população.

O conjunto de indicadores buscou abranger diversos aspectos dos problemas de mobilidade urbana, como a sustentabilidade ambiental, o acesso, a equidade e o desenvolvimento urbano integrado, apresentando como mensurar tais aspectos. Indo

além das análises tradicionais como aspectos de eficiência dos sistemas, execução de infraestruturas e acidentes de trânsito. Foi adotada como premissa o aproveitamento de dados já existentes, evitando a criação de novos dados e visando garantir a viabilidade da apuração dos mesmos (BRASIL, 2018).

Os indicadores foram alinhados em sete eixos temáticos alinhados com a PNMU e divididos em longo, médio e curto prazo para apuração. No relatório de 2018 foram apresentados os cálculos dos 12 indicadores de curto prazo já apurados que identificou alguns resultados como: aumento no tempo de deslocamento nas cidades; queda nas taxas de mortalidade no trânsito; baixa cobertura da população atendida pelos sistemas de transportes coletivos; e redução das taxas de emissões de poluentes causados pela queima de combustíveis fósseis.

WBCSD - *World Business Council for Sustainable Development* (2020)

O *World Business Council for Sustainable Development*, selecionou e publicou um manual de indicadores cujo objetivo busca medir o potencial da mobilidade sustentável nas cidades. O sistema de indicadores da WBCSD, é uma ferramenta para avaliar a situação atual das cidades, entender a evolução natural da mobilidade sustentável (*business as usual*) e avaliar o impacto de soluções aplicadas (WBCSD, 2020).

O documento sugere que para refletir a real situação da mobilidade de uma cidade, todos os indicadores devem ser minimamente estimados. Isso permite uma compreensão holística da situação atual e induz um processo para desenvolvimento de propostas e soluções. O método possui um diferencial que permite que a gestão do município inclua outros conjuntos de indicadores já existentes.

O conjunto é composto de 22 indicadores que utilizam a metodologia SMART (específicas, mensuráveis, alcançáveis, relevantes, com prazos) que oferecerão uma avaliação padronizada dos sistemas de mobilidade e um acompanhamento do desenvolvimento e eficiência das políticas de mobilidade aplicadas. O uso deste sistema também servirá para realizar comparações com outras cidades que o utilizarem.

Os indicadores são divididos em quatro dimensões baseadas nos conceitos de desenvolvimento sustentável, são elas: Meio ambiente (indicadores de gases de efeito estufa, eficiência energética, etc.); Qualidade de vida urbana (indicadores de

segurança, acesso, etc.); Sucesso econômico (indicadores de oportunidade econômica, finanças públicas, congestionamento, etc.); e Desempenho do sistema de mobilidade (indicadores de conectividade intermodal, taxa de ocupação, etc.).

Para facilitar a aplicação e os cálculos, foi disponibilizada para as prefeituras uma planilha de Excel contendo as fórmulas e o método de cálculo de cada indicador já pré-estabelecidos. Cabendo aos gestores apenas o levantamento e o tratamento dos dados e informações para aplicação na tabela.

PEREZ-MARTINEZ *et. al.* (2022)

Este trabalho apresentou uma análise transversal e utilizou métodos de análise estatística descritiva e espacial relacionando dados de qualidade do ar, indicadores de mobilidade e óbitos por COVID-19 na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), no período de 17 de março de 2020 a 29 de abril de 2021 (PEREZ-MARTINEZ *et. al.*, 2022).

O estudo cruzou dados do número de óbitos relacionados a pandemia de COVID-19 por Zonas de Áreas de Saúde Pública da Prefeitura de São Paulo com dados dos padrões de mobilidade da Zonas de Tráfego, definidas pela Pesquisa Origem Destino de 2017 e dados de qualidade do ar da Companhia Ambiental de São Paulo (CETESB).

A análise apontou que os deslocamentos de longa distância da população nos sentidos trabalho-casa podem atuar como um vetor de propagação do vírus da COVID-19, do centro para as periferias da RMSP (PEREZ-MARTINEZ *et. al.*, 2022).

O trabalho também apontou que as emissões de CO dos transportes individuais da população de alta renda, poluem cerca de 100 vezes mais de que as emissões dos transportes públicos coletivos (PEREZ-MARTINEZ *et. al.*, 2022).

Foram analisados doze indicadores totais, sendo seis relacionados a mobilidade urbana, quatro indicadores socioeconômicos, um de qualidade do ar e um de mortes por COVID-19.

SÍNTESE DOS MÉTODOS LEVANTADOS

Nos estudos acima citados, verifica-se que os métodos utilizados para cálculo dos indicadores são diversificados e a seleção dos indicadores é limitada pela

disponibilidade de dados. Um fato importante observado nas análises é referente a abordagem da sustentabilidade do transporte urbano é avaliada de diversos aspectos: os indicadores apresentados são muitas vezes similares, mas não apresentam padronização.

Os autores acima citados, demonstram suas principais preocupações em relação aos obstáculos no estudo de indicadores de mobilidade sustentável: ausência de dados desagregados e padronizados; ausência de fontes confiáveis e padronizadas; multiplicidade de métodos de obtenção dos indicadores; e diversidade nos conceitos e definições de sustentabilidade.

Estes fatores geram resultados menos confiáveis e sistemas dificilmente comparáveis. Estes obstáculos acabam desencadeando o desenvolvimento de diversos métodos de obtenção dos indicadores que não se conversam e não se complementam.

Outro fator também muito preocupante que desfavorece os estudos de indicadores de sustentabilidade é em relação a multiplicidade de definições do conceito de sustentabilidade, por conta disso, cada autor seleciona seu conjunto de indicadores com base em noções de sustentabilidade bastante diversificadas (KARJALAINEN E JUHOLA, 2021).

A dificuldade de padronização do uso de indicadores se dá por conta da dificuldade de acesso aos dados necessários, que deveria ser de responsabilidade de órgãos governamentais a manutenção e atualização, bem como o fácil acesso ao público. Os autores também defendem que não há uma metodologia ideal, pois, cada contexto demanda uma avaliação mais adaptada (ALMEIDA E GONÇALVES, 2018).

Com base no que foi apresentado no item anterior, o Quadro 1 apresenta uma síntese dos temas mais recorrentes abordados nos sistemas de indicadores levantados.

Quadro 1: Principais Temas Abordados nos Sistemas de Indicadores de Mobilidade

Autor (es) e Ano/ Temas	COSTA (2008)	MACHADO (2010)	ITDP- Mobilidade s (2017)	LOURO e COSTA (2017)	Semob BRASIL (2018)	WBCSD (2020)	PEREZ- MARTINEZ (2022)
Acessibilidade	✓	-	✓	-	✓	✓	-
Acidentes/ Segurança	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
Distancias percorridas	✓	-	-	✓	-	-	✓
Poluição Atmosférica	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ruído	✓	-	-	-	✓	✓	-

Eficiência Energética	✓	-	-	✓	✓	✓	✓
Uso do solo	✓	-	-	-	✓	✓	✓
Custos da tarifa	✓	✓	✓	-	✓	✓	-
Congestionamentos/ Tempo de viagem	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Oferecimento de transporte coletivo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
Investimento em infraestrutura	✓	✓	-	-	✓	-	-
Inclusão Social	✓	-	-	-	✓	✓	-
Incentivo aos Modos Ativos	✓	-	✓	-	✓	✓	-
Qualidade das infraestruturas	✓	-	✓	-	✓	✓	-
Uso de combustíveis renováveis	✓	✓	✓	-	✓	-	-

Fonte: Desenvolvido pela autora (2022).

Como discutido nos itens acima, para obter-se um bom conjunto de indicadores é necessário que sejam selecionados a partir da observação de necessidades reais, para que possam refletir o objeto estudado com máxima precisão possível e serem úteis na obtenção dos resultados esperados.

Um fator importante que deve ser considerado no uso de indicadores é a participação social, pois ela garante uma vivência local que pode auxiliar no levantamento dos pontos críticos que necessitam ser monitorados, sendo de extrema importância para este tipo de estudo.

Outra questão é o quanto de informação é perdida ao reduzir as informações de regiões muito grandes, como um país ou mesmo município, em um único índice ou indicador. Sendo recomendado o uso de métodos de indicadores para áreas cuja desagregação seja a menor possível. Desta forma obtém-se um diagnóstico muito mais eficiente.

Avaliar e identificar os diversos aspectos da mobilidade urbana é uma tarefa complexa, pois as diversas formas urbanas possuem suas próprias organizações e dinâmicas dos cidadãos. Embora um conjunto de indicadores seja desenvolvido como ferramenta de análise de uma situação específica, ele também pode ser usado como referência em diversas condições.

A aplicação de sistemas de avaliação de mobilidade sustentável em regiões metropolitanas de países em desenvolvimento representa uma oportunidade para comparar outros sistemas de avaliação de sustentabilidade anteriormente aplicados em outras situações.

A mobilidade sustentável é um desafio amplo que diz respeito a diferentes temas, como questões de emissão de GEE, consumo de combustíveis fósseis, qualidade e eficiência dos modais, acessibilidade, integração com uso do solo, congestionamentos, segurança, entre outros mais. Todos esses tópicos podem ser considerados para uma avaliação mais ampla da mobilidade sustentável.

2.3. A REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS

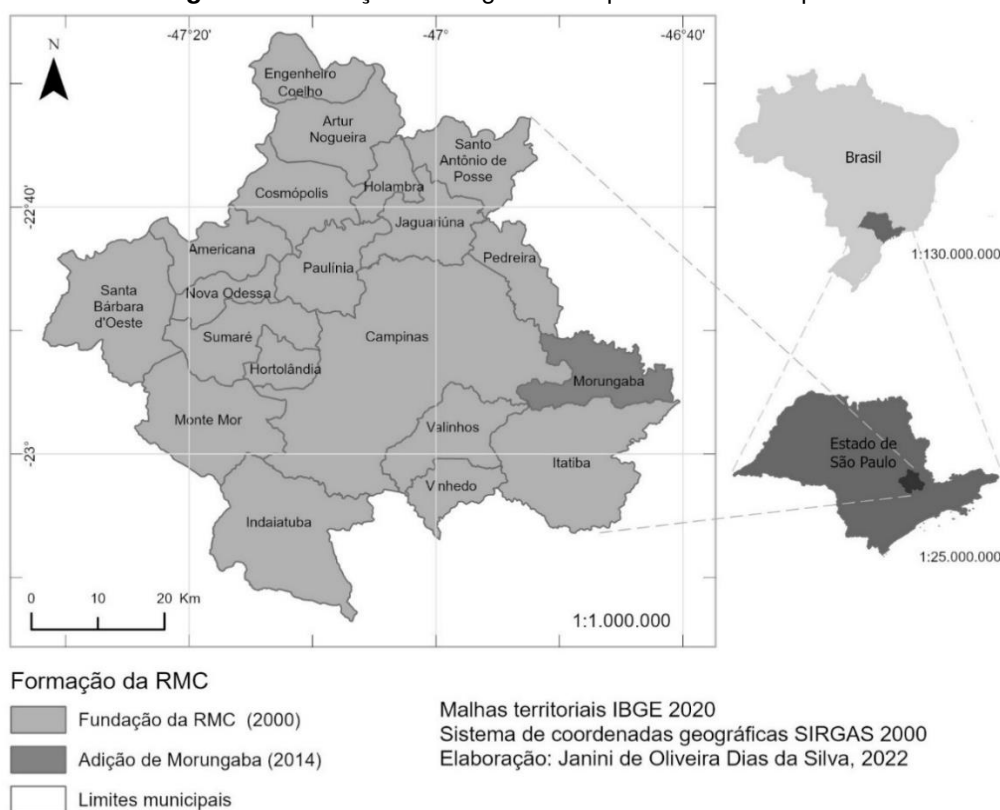
As dificuldades encontradas em relação à mobilidade no país, se relacionam com diversos fatores sociais, econômicos e geográficos que ao longo da história contribuíram para a situação em que se encontra atualmente.

Desta forma, é necessário realizar uma análise histórica da área estudada em relação ao seu sistema viário, além de apontar suas principais fragilidades e potencialidades, buscando um ponto de referência para identificação da atual situação e de possíveis cenários futuros. Neste item serão apresentadas a formação da Região Metropolitana de Campinas (RMC) e suas particularidades.

FORMAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS

Localizada no Estado de São Paulo, a Região Metropolitana de Campinas foi criada pela Lei Complementar Estadual nº 870, de 19 de junho de 2000, sendo inicialmente formada por dezenove municípios e, através da Lei Complementar nº 1.234, de 13 de março de 2014, houve a adição do município de Morungaba, apresentada na Figura 2.

Figura 2: Formação da Região Metropolitana de Campinas



Fonte: São Paulo (2000; 2014)

A Região Metropolitana de Campinas é composta atualmente por vinte municípios paulistas: Americana, Artur Nogueira, Campinas, Cosmópolis, Engenheiro Coelho, Holambra, Hortolândia, Indaiatuba, Itatiba, Jaguariúna, Monte Mor, Morungaba, Nova Odessa, Paulínia, Pedreira, Santa Bárbara d'Oeste, Santo Antônio de Posse, Sumaré, Valinhos e Vinhedo. É a décima maior região metropolitana do Brasil e a segunda maior região metropolitana de São Paulo.

Ocupando uma área total de 3.791 km² e com uma população estimada de 3,2 milhões de habitantes, a RMC é responsável por aproximadamente 9% do Produto Interno Bruto (PIB) estadual e 3% do PIB brasileiro e é um dos mais importantes polos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do país. Todos os municípios da região apresentam alto índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM), resultando em uma média de 0,792 para a RMC, ficando em terceiro lugar no ranking de melhor região metropolitana do Brasil (SÃO PAULO, 2018).

O processo de metropolização da RMC é recente, diversificado e desenvolveu-se vinculado a uma infraestrutura viária bastante competitiva, sendo servida por importantes eixos rodoviários, ferrovias e pelo Aeroporto Internacional de Viracopos, localizado no município de Campinas, considerado o segundo maior do país em transporte de cargas (MONTEIRO *et. al.*, 2020).

HISTÓRICO

A cidade de Campinas foi fundada na década de 1770 e sua economia era baseada no plantio de cana e na produção de açúcar, porém alguns anos após sua fundação, houve a expansão na demanda de café e a cidade tornou-se o primeiro lugar em plantio da região. Em 1868, com a inauguração da Companhia Paulista de Estradas de Ferro, Campinas tornou-se o maior entroncamento ferroviário do império, com ligações ferroviárias para Jundiaí, São Paulo e ao porto de Santos, atraindo para a área grandes investimentos industriais e tecnológicos, além de outras atividades como agropecuária e agroindústria (MENDES, 2014).

No período entre 1930 e 1960, Campinas já apresentava um polo industrial e comercial bastante diversificado, atraindo cada vez mais investimentos e infraestruturas tecnológicas, bem como migrações populacionais, consolidando-se como o mais importante centro regional de São Paulo (CAIADO, 2016).

A partir da segunda metade do século XX, o intenso fluxo migratório para o Sudeste, que deslocou milhões de pessoas do contexto rural para o urbano em busca de emprego, concentrou tanto a população como as indústrias em torno da Região Metropolitana de São Paulo. Dando início ao processo de metropolização e caracterizando a atual configuração das grandes cidades paulistanas (CAIADO, 2016).

A saturação e adensamento do centro urbano de São Paulo, resultou em dificuldades para expansão e logística dos centros industriais. E no decorrer dos anos 1970, iniciou-se um novo processo de migração: a descentralização das atividades econômicas para o interior do país em busca de mão de obra qualificada e barata, incentivos fiscais e facilidade no escoamento de produtos (CAIADO e PIRES, 2006).

Neste cenário, o município de Campinas se torna um dos mais importantes polos de atração de investimentos nacionais e estrangeiros por conta da sua localização, sua infraestrutura viária e pela proximidade com a capital paulista. Que, para não perder seu poder econômico, se manteve como principal centro administrativo das grandes empresas localizadas no interior.

Com a expansão dos polos industriais, dos sistemas viários e consequentemente de zonas habitacionais, Campinas por ser a cidade-sede, desenvolveu um dinamismo que atingiu os municípios vizinhos resultando em conurbações e uma grande e dispersa mancha urbana. Este processo gerou diversos aglomerados de cidades conectadas pela mancha urbana e interdependentes tanto economicamente como em questões administrativas (BAENINGER, 2001).

A partir deste fenômeno, o processo de definição das Regiões Metropolitanas iniciou-se em diversos pontos do país, configurando uma nova forma de gestão e administração dos estados. Campinas e Santos foram as regiões que mais se beneficiaram do processo de descentralização da Região Metropolitana de São Paulo, e por conta disso, também se tornaram Regiões Metropolitanas concentrando a maior parte das atividades industriais e populações. (BAENINGER, 2001).

A partir da década de 70, houve um processo de urbanização muito intenso na periferia de Campinas, que culminou no surgimento de favelas e assentamentos irregulares e clandestinos, estendendo a população pobre para além dos limites municipais em direção aos municípios de Hortolândia, Monte Mor, Sumaré, Americana e Santa Barbara D'Oeste (CAIADO e PIRES, 2006).

Durante as décadas 80 e 90, os fluxos de longa distância deram lugar para uma nova dinâmica: as migrações de curta-distância intra-regionais. A população mais pobre de Campinas foi distribuída para outros municípios como Sumaré, Hortolândia, Monte Mor e Santa Barbara d'Oeste que passaram a ser muito dependentes da cidade sede. Surgindo desta forma, as migrações pendulares, deslocamentos diários da população entre municípios próximos para realizar atividades como trabalho, estudos e outros serviços (BAENINGER, 2001).

As conurbações encontradas nos municípios da RMC se deram principalmente por conta da estrutura viária existente no local que facilitou a criação de parques industriais nas margens das rodovias e posteriormente de assentamentos habitacionais. As duas maiores conurbações existentes atualmente estão situadas na região sudeste na direção do município de Valinhos e na região noroeste na direção de Sumaré, Hortolândia e Monte Mor. Esta última representando uma grande zona periférica onde se encontra a maior parte da população mais pobre (CAMPINAS, 2014).

Os processos de urbanização e industrialização ocorridos na RMC provocaram mudanças muito visíveis na dinâmica das cidades. De um lado, grandes potencialidades e oportunidades em relação às atividades econômicas e industriais foram desenvolvidas, mas por outro lado, a ausência de investimentos em políticas públicas sociais e desenvolvimento urbano equitativo acentuaram a proliferação de favelas, violência e pobreza urbana revelando um padrão de crescimento bastante maléfico, que acentua as desigualdades sociais (CAMPINAS, 2014).

DESENVOLVIMENTO URBANO E ECONÔMICO

A Região Metropolitana de Campinas teve um desenvolvimento industrial diferenciado em relação as outras regiões metropolitanas brasileiras, que são caracterizadas por uma metrópole mais desenvolvida e cercada de cidades-dormitórios. Com o intenso processo de industrialização, os demais municípios da RMC também tiveram a oportunidade de estabelecer uma economia dinâmica e expressiva tanto industrial como agrícola (BAENINGER, 2001).

Por conta de seu dinamismo e sua vasta atividade econômica, tornou-se conhecida pelo título de “Vale do Silício Brasileiro”. Tendo, desde a sua fundação, os

seus desenvolvimentos urbano e econômico relacionados com os sistemas de transportes e logística (MENDES, 2014).

O processo de crescimento e consolidação da RMC como segundo polo industrial do Estado de São Paulo, atraiu investimentos para na área científica e educacional, gerando a estruturação de um polo com diversas atividades tecnológicas destacando a presença de importantes instituições como Instituto Agrônomo de Campinas, CPqD, Embrapa, Cati, e parques tecnológicos, como Ciatec e Techno Park (Campinas), Tech Town (Hortolândia), Jaguari Center (Jaguariúna).

E na área de ensino e apoio à pesquisa, ressalta-se a presença de universidades de renome como a Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP e a Pontifícia Universidade Católica de Campinas - PUCC (SANTOS JR. e PROENÇA, 2020).

Atualmente, a RMC continua a apresentar grande importância no desenvolvimento industrial das áreas automobilística, química e tecnológica, se destacando no refino de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis. Essa atividade tem sua base na Refinaria do Planalto Paulista (Replan), localizada em Paulínia-SP. É, atualmente, a maior refinaria da Petrobras e possui capacidade de processar 69 mil m³/dia, o equivalente a 434 mil barris, representando cerca de 20% do refino de petróleo do Brasil (PETROBRÁS, 2021).

INFRAESTRUTURAS VIÁRIAS

O surgimento e o desenvolvimento da maioria das cidades do estado de São Paulo, se deu por conta da instalação das estações ferroviárias criadas para escoamento das produções agrícolas para o porto de Santos, no século XIX. No caso de Campinas, as companhias que atuavam na região eram: a Cia. Paulista (1872), Cia. Mogiana (1875), Carris Funilense (1890), Ramal Férreo Campineiro (1894) e Cia. Sorocabana (1914), que cruzavam a área em diversas direções e foram responsáveis pelo desenvolvimento das cidades da região, em especial a cidade de Campinas (COSTA, 2010).

Durante o século XX, as linhas férreas que cortavam o território campineiro foram praticamente extintas, restando apenas uma linha para turismo ligando Campinas a Jaguariúna (Mogiana), a Linha Tronco da Cia. Paulista, que liga a Colômbia e a cidade de Jundiaí e o Corredor de Exportação que liga o interior do

estado a Santos – SP, ambas operadas pela América Latina Logística (ALL), sendo responsáveis por grande parte do volume de cargas do estado (MARCHINI e BALDUCCI, 2019).

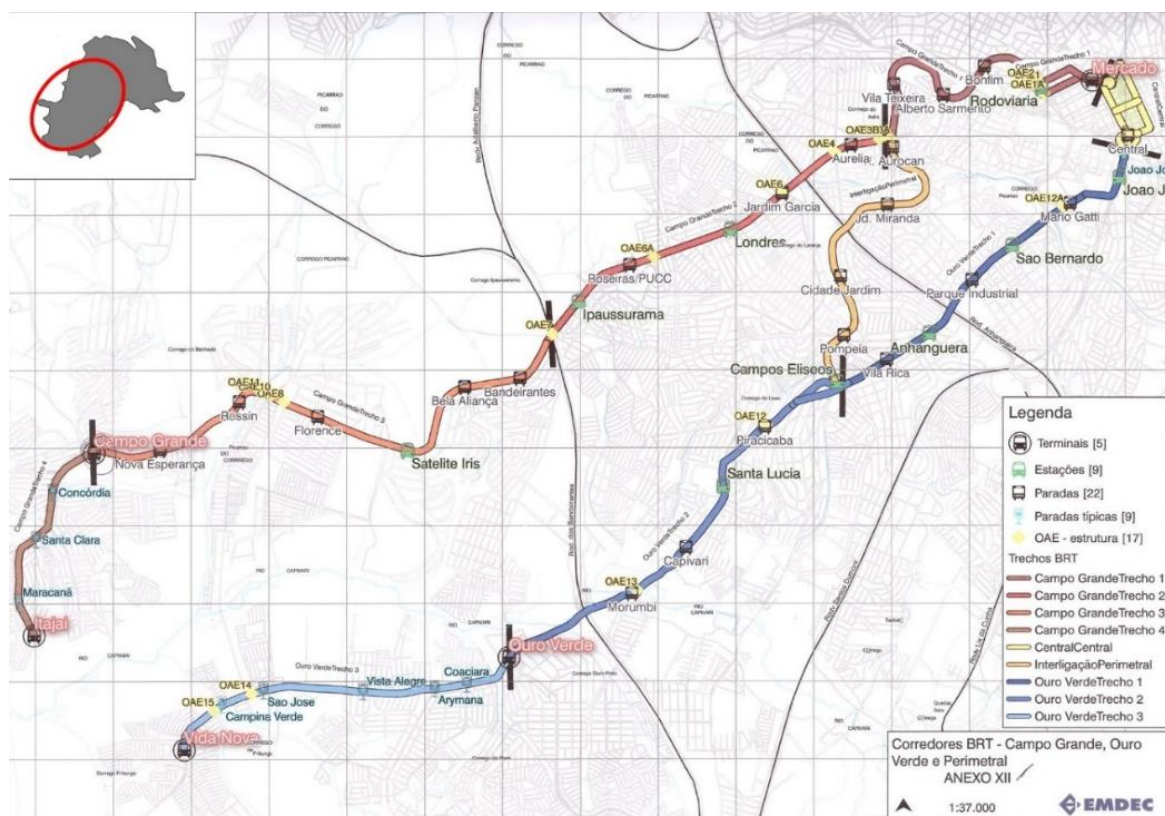
Em 1972, o município de Campinas criou a Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas (EMDEC) e a partir dela surgiram diversos estudos e propostas de reativação das vias férreas, sendo a maioria descartados por falta de insumos ou apoio político. Entre 1990 e 1995, foi implantado um sistema de Veículo Leve Sobre Trilhos (VLT), utilizando os leitos da Cia. Sorocabana e Mogiana.

A linha previa 17 estações (25 km de extensão) e capacidade para transportar 75mil passageiros por dia, mas fracassou por conta do mal planejamento das estações, por baixa procura da população e pela falta de integração com as linhas de ônibus e outros modais. Após ser desativado, a Prefeitura abandonou as infraestruturas e logo os trilhos e vagões foram depredados pela população. Em 2009 os trilhos foram retirados pela América Latina Logística e levados para Maceió, onde foram utilizados no sistema de VLT da cidade (COSTA, 2010).

Na década de 1980, houve a tentativa de implantação de um sistema trólebus no corredor da Av. das Amoreiras que ligaria o Centro da cidade ao Jardim Ouro Verde. O projeto propunha a redução da emissão de poluentes e a promoção do transporte coletivo, com veículos mais rápidos e eficientes. O sistema foi concluído em 1988, mas por conta da quebra da parceria da Prefeitura de Campinas com a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), o ônibus elétrico não chegou a ser implantado (COSTA, 2010).

Outra proposta bastante estudada desde 1970, é o Trem de Alta Velocidade (TAV) que propõe a ligação entre as cidades de Campinas, São Paulo e Rio de Janeiro. Que criaria uma aproximação das três maiores regiões metropolitanas do Sudeste, criando uma gigantesca megalópole brasileira. O estudo segue arquivado pelas complexidades técnicas e legais das desapropriações e falta de verba (COSTA, 2010).

Atualmente, o município de Campinas possui um sistema de BRT (*bus rapid transit*), chamado de “Rapidão”, conta com três corredores: Campo Grande, Ouro Verde e Perimetral. Totalizando 36 estações, 7 terminais e 18 pontes/viadutos, representados na Figura 3.

Figura 3: Proposta de implantação do BRT Campinas

Fonte: Adaptado com base em EMDEC, 2022

O sistema está com seu processo de implantação parado e conta com cerca de 30km de corredores, atuando apenas no perímetro urbano campineiro, mas com propostas para expansão de um corredor que conecte os municípios vizinhos (EMDEC, 2015).

No entanto, a prefeitura municipal rescindiu o contrato com a empresa responsável pela implementação do BRT, por conta de descumprimentos contratuais e atrasos nas entregas de parte das obras. Outro fator desfavorável para a população é a deterioração dos terminais em uso, que afetam a o conforto e a segurança dos usuários (ROVEDO, 2022).

Figura 4: Situação do BRT Rapidão



Fonte: Gustavo Tilio, 2022.

O aeroporto de Viracopos, inaugurado em 1960, fica localizado a 17 quilômetros do centro de Campinas e a 95 quilômetros do centro de São Paulo, é o segundo principal terminal aéreo de cargas do país. Seu terminal de cargas tem uma área de 81 mil m² e responde por cerca de 18% da movimentação total de cargas registrada nos aeroportos brasileiros (SÃO PAULO, 2018).

De cada três toneladas de mercadorias exportadas e importadas, uma passa por Viracopos, que, juntamente com os Aeroportos de Guarulhos e do Rio de Janeiro, respondem por 93% do fluxo anual de cargas do país (SÃO PAULO, 2018).

As rodovias, foram construídas para expandir a capacidade de transporte de cargas e pessoas do interior para a capital e para o porto de Santos. E são fatores determinantes na expansão e desenvolvimento da região, estabelecendo ligações entre centros urbanos e polos geradores de tráfego.

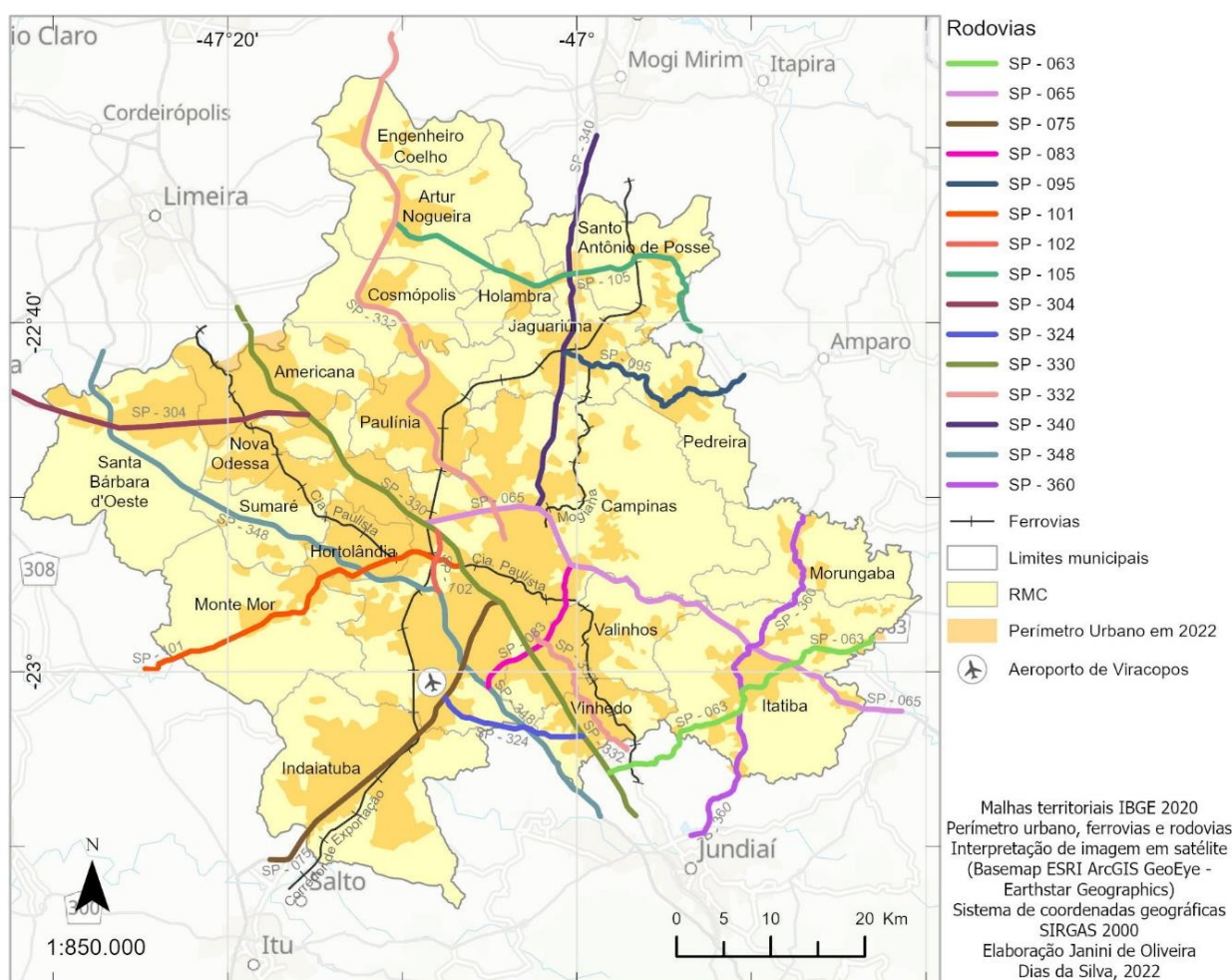
Segundo o Relatório da Confederação Nacional do Transporte referente ao ano de 2021, a malha rodoviária da RMC conta com quatro das melhores rodovias do país, sendo elas: Rod. Bandeirantes (SP-348); Rod. Santos Dummont (SP – 075);

Rod. Anhanguera (SP-330); e Rod. João Tosello (SP – 147), identificadas na Figura 5.

Com o objetivo de evitar grandes congestionamentos no centro urbano, está sendo finalizado o Eixo Perimetral Anel Rodoviário, que é composto por trechos de rodovias que circulam o perímetro da cidade de Campinas.

O Anel Viário, possui aproximadamente 55 Km de extensão e tem a função de evitar que os veículos que não têm origem ou destino na cidade, precisem utilizar o sistema viário local. Este eixo é formado pelas rodovias: Rod. D. Pedro I; Rod. Magalhães Teixeira; Rod. Dos Bandeirantes; Rod. Adalberto Panzan; e Rod. Anhanguera (EMDEC, 2015).

Figura 5: Mapa Viário, Ferroviário e Mancha Urbana da RMC



Fonte: Adaptado pela autora com base nos documentos do PDUI RMC. São Paulo, 2018

VETORES DE EXPANSÃO URBANA

O território metropolitano de Campinas, é consolidado por uma urbanização dispersa e de baixa densidade: manchas urbanas fragmentadas conectadas por rodovias que se apresentam como eixos lineares de conurbação, com rápido avanço do tecido urbano. Principalmente com o aumento da presença de condomínios residenciais e industriais ao longo das rodovias, demonstrando uma tendência de dispersão urbano-regional (SANTOS JR. e PROENÇA, 2020).

As rodovias que cortam os municípios da RMC, se apresentam tanto como vias de tráfego de pessoas e cargas, como fator de crescimento urbano. Na Figura 6, além de estarem apontadas as infraestruturas viárias mais importantes, observa-se como o tecido urbano acompanha o traçado das rodovias formando um grande corredor urbano.

As expansões urbanas da RMC podem ser representadas por sete vetores que acompanham os principais eixos rodoviários e possuem origem no centro metropolitano, que se configura como a área urbana inserida dentro do Anel Rodoviário (CAIADO e PIRES, 2006) (Figura 6).

No eixo 1, sentido dos municípios de Hortolândia e Monte Mor, o padrão de urbanização encontrado é caracterizado por assentamentos urbanos precários, conjuntos habitacionais de baixa renda e indústrias de grande porte localizadas ao longo da Rodovia SP – 101 (CAIADO e PIRES, 2006).

O eixo 2, Rodovia SP – 330 (Rod. Anhanguera) e SP – 304, com sentido para os municípios de Sumaré, Nova Odessa, Americana e Santa Barbara D'Oeste, há uma grande conurbação que se estende por todos os municípios. Sua intensa ocupação foi iniciada nos anos 1970 por uma população de baixa renda e seu padrão de urbanização é marcado por pequenos barracões comerciais, industrial de grande porte e bairros residenciais (CAIADO e PIRES, 2006).

Ao norte do município de Campinas, em direção a Paulínia/Cosmópolis (eixo 3) e Jaguariúna/Santo Antônio da Posse (eixo 4), há o predomínio de população de alta e média renda, com a presença de diversos condomínios residenciais fechados. É também onde encontram-se shoppings centers, universidades, instituições de pesquisa e indústrias de alta tecnologia localizadas ao longo da Rodovia SP – 340 (CAIADO e PIRES, 2006).

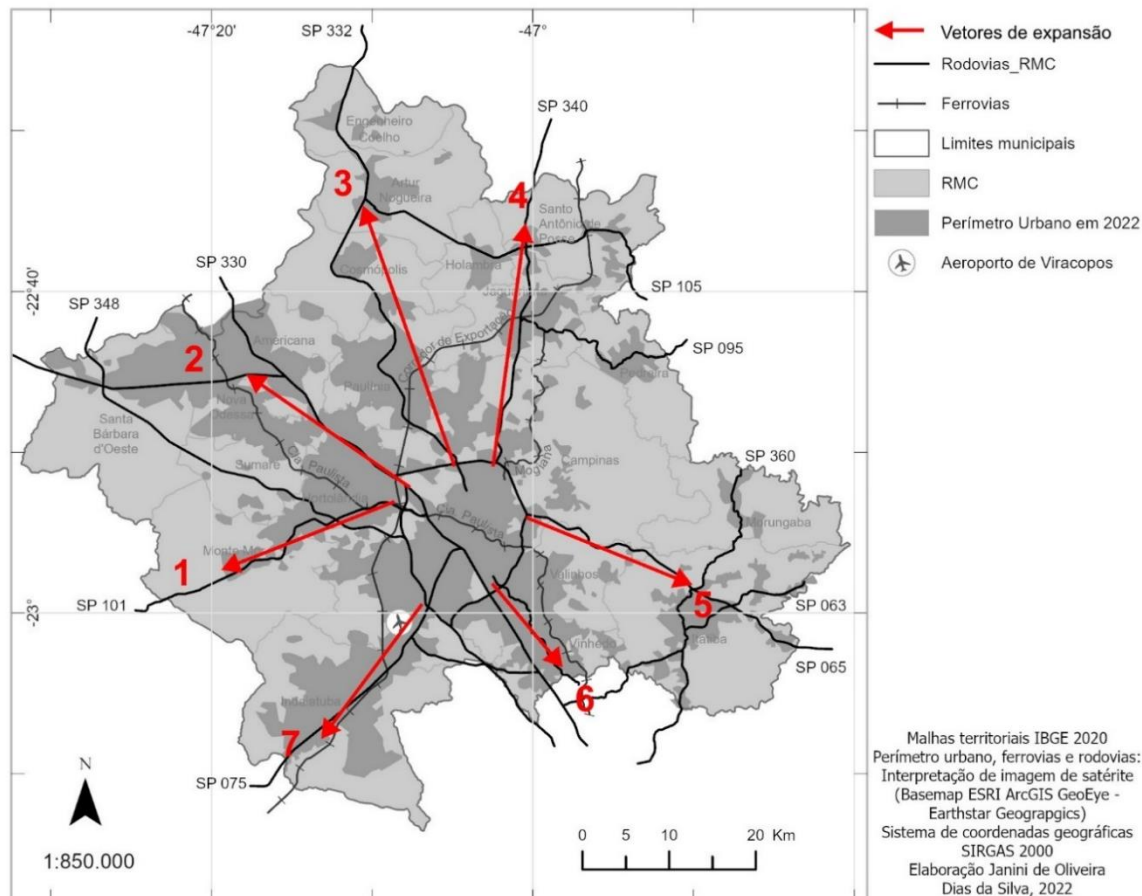
No eixo 3, há maior desenvolvimento urbano popular nos municípios de Paulínia e Cosmópolis, que foram influenciados pela localização da refinaria da Petrobrás. Já no eixo 4, há a presença de grandes áreas agrícolas produtivas, condomínios de alto padrão e indústrias de alta tecnologia (CAIADO e PIRES, 2006).

O eixo 5 no sentido de Itatiba, encontram-se diversos condomínios residenciais fechados e predomínio de paisagem rural.

No eixo 6, em direção aos municípios de Valinhos e Vinhedo há uma conurbação de uma densa zona residencial do município de Campinas com uma área de condomínios fechados de alto padrão do município de Valinhos tendo como barreira física o Anel Viário Magalhães Teixeira (CAIADO e PIRES, 2006).

E por final, o eixo 7, com sentido para Indaiatuba, há a presença do Aeroporto de Viracopos, de industrial de grande porte e de assentamentos urbanos precários e favelas ao longo da Rod. Santos Dumont (SP – 075). A presença do Aeroporto Internacional atrai industrial de grande porte, empresas de logística, grandes estacionamentos e também o Centro de Distribuição dos Correios.

Figura 6: Vetores de expansão e mancha urbana da RMC



Fonte: Adaptado de CAIADO e PIRES, 2006

Nota-se que a expansão do tecido urbano da Região Metropolitana de Campinas tem se desenvolvido com a instalação de grandes parques industriais nas margens das rodovias e também pelo aparecimento de diversos condomínios residenciais fechados que procuram se separar e se distanciar dos centros urbanos “antigos”, criando barreiras físicas e o esgarçamento do tecido urbano (CAIADO e PIRES, 2006).

Por conta de especulações imobiliárias, os maiores investimentos estão voltados para os acessos próximos as rodovias. Desta forma, a procura para instalação de shoppings, polos industriais e condomínios fechados, tem se tornado cada vez maior nestas áreas (MENDES, 2014).

A população mais pobre que sempre foi “empurrada” para as áreas mais afastadas dos centros, estão tendo que disputar o espaço com a população mais rica, que cria barreiras físicas para separar os dois mundos, gerando ainda mais dificuldades de acessibilidade para a parcela da população com menor poder aquisitivo e que depende de um transporte público precário e ineficiente (MENDES, 2014).

Esta situação compromete a análise e a distinção entre urbano e rural, além de apresentar dificuldades para administração do território e dos sistemas de transportes. A configuração dispersa do território, sobrecarrega as vias e faz com que a população dependa de maiores deslocamentos. Este fator gera maior dependência do automóvel, maiores congestionamentos e maiores gastos energéticos, resultando em poluição atmosférica e menor qualidade de vida.

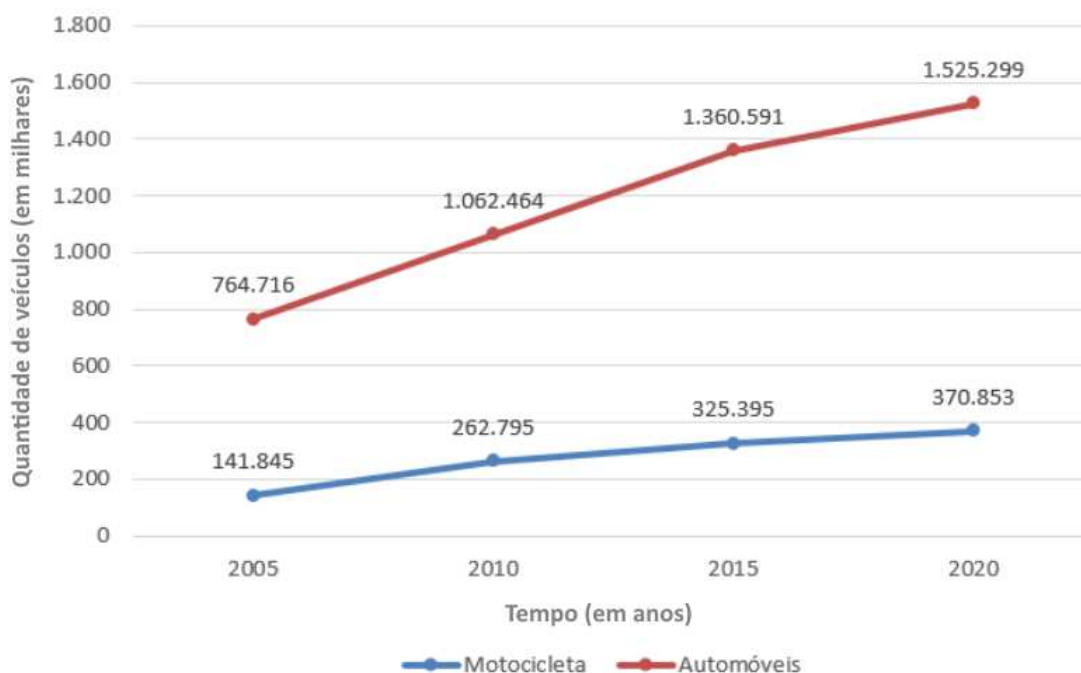
FROTA DE VEÍCULOS

Entre o período de 2005 a 2020, o aumento do número de automóveis na Região Metropolitana de Campinas, foi de 760 mil, um crescimento de 99,45%. Enquanto que para as motocicletas nota-se um aumento de 229 mil, ou seja, um crescimento de 161,44%, segundo dados do Denatran (2020). Atualmente, a frota total de veículos da RMC é de aproximadamente 2,3 milhões, sendo 79% automóveis e motocicletas.

Ao comparada com a população estimada, a região apresenta uma taxa de 1,3 pessoas por veículo. A Figura 7, demonstra o crescimento no número de

automóveis e motocicletas no período entre 2005 e 2020, mês base Dezembro (DENATRAN, 2020).

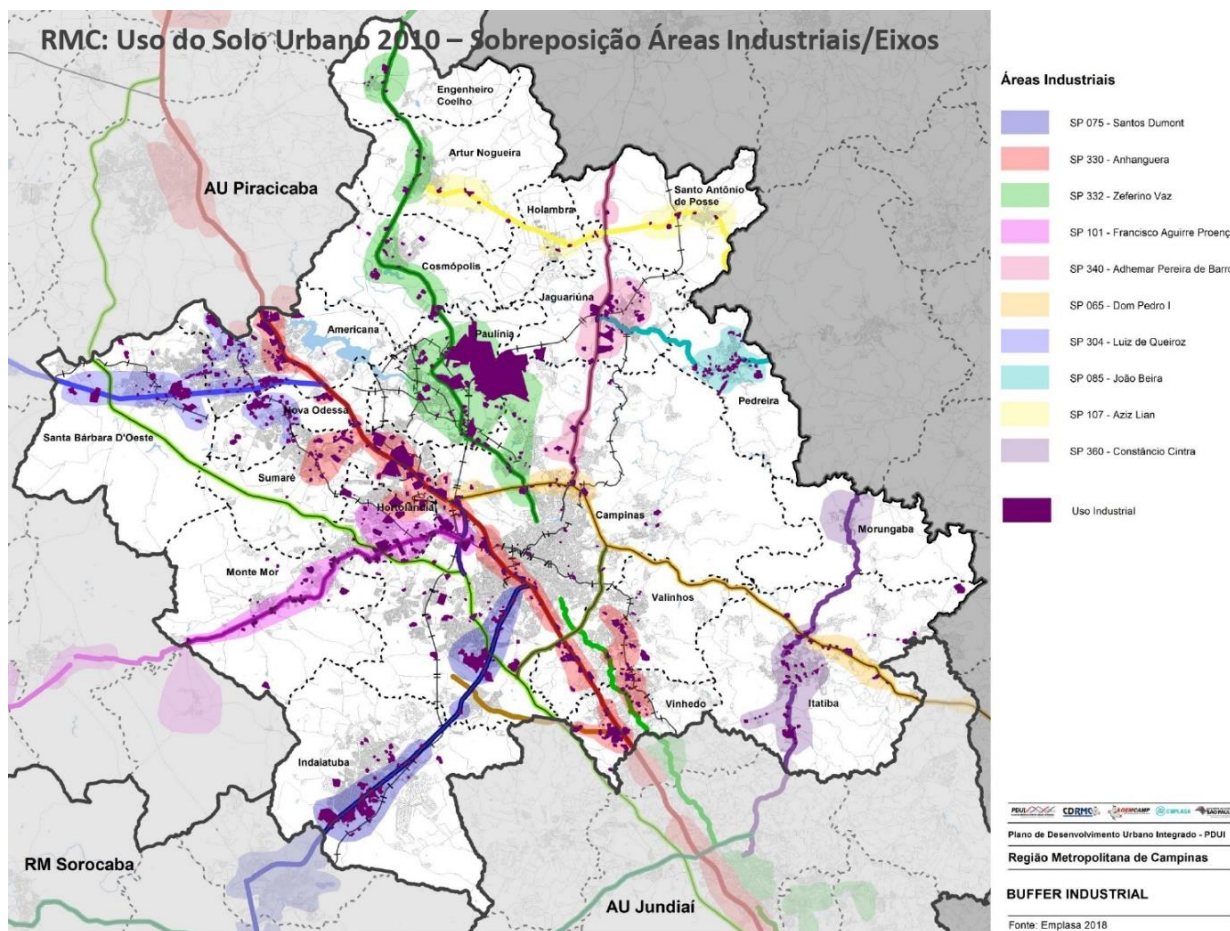
Figura 7: Crescimento do número de automóveis e motocicletas da RMC entre 2010-2020



Fonte: DENATRAN, 2020

Em relação aos congestionamentos, este fato já se apresenta em todos os vinte municípios ao longo das rodovias, mas a rede viária local da cidade de Campinas, e a junção dos fluxos locais e rodoviários (com destaque na Rod. Dom Pedro I), são os principais trechos crítico de congestionamento em horário de pico (SÃO PAULO, 2018).

As ocorrências de congestionamentos na malha rodoviária da região, possui como relação, além do volume de veículos acima da capacidade das vias, com a concentração dos deslocamentos de passageiros com a de cargas em horários de pico. Principalmente por conta da concentração das zonas industriais ao longo dos eixos viários, como demonstra a Figura 8, extraída do Relatório de Diagnóstico dos Problemas Metropolitanos do Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana de Campinas.

Figura 8: Eixos Industriais da RMC

Fonte: PDUI RMC, São Paulo, 2018

PLANO DE DESENVOLVIMENTO URBANO INTEGRADO DA RMC

O Estatuto da Metrópole, Lei Federal nº 13.089/2015, tem como objetivo estabelecer “diretrizes gerais para o planejamento, a gestão e a execução das funções públicas de interesse comum em regiões metropolitanas e em aglomerações urbanas instituídas pelos Estados, normas gerais sobre o plano de desenvolvimento urbano integrado e outros instrumentos de governança interfederativa” (BRASIL, 2015).

Esta Lei Federal é um marco no planejamento regional pois impõe a obrigatoriedade de elaboração de planos regionais integrados para Regiões Metropolitanas e Aglomerações Urbanas de todo o Brasil, relacionando diversos setores do desenvolvimento urbano.

Segundo o Estatuto da Metrópole, Regiões Metropolitanas são definidas como uma unidade regional instituída pelos Estados, mediante lei complementar, constituída

por agrupamento de Municípios limítrofes para integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum.

E define “área metropolitana” como representação da expansão contínua da malha urbana da metrópole, conurbada pela integração dos sistemas viários, abrangendo, especialmente, áreas habitacionais, de serviços e industriais com a presença de deslocamentos pendulares no território (BRASIL, 2015).

O Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI) é um instrumento legal de planejamento e gestão metropolitana e regional, previsto pelo Estatuto da Metrópole (Lei Federal 13.089/15), que determina a retomada do planejamento regional no Brasil. O PDUI é formado por equipes multidisciplinares, integradas por representantes dos governos e da sociedade civil.

O Estatuto da Metrópole define “Plano de Desenvolvimento Urbano integrado” como um instrumento que estabelece, com base em processo permanente de planejamento, viabilização econômico-financeira e gestão, as diretrizes para o desenvolvimento territorial estratégico e os projetos estruturantes da região metropolitana e aglomeração urbana (BRASIL, 2015).

Seus principais objetivos são: definir diretrizes, projetos e ações para orientar o desenvolvimento urbano, econômico e social da Unidade Regional, além de fornecer bases para atuação conjunta dos três níveis de governo e a sociedade, visando o desenvolvimento sustentável e a redução das desigualdades (SÃO PAULO, 2018).

Segundo o Estatuto da Cidade, o PDUI deve tratar das Funções Públicas de Interesse Comum (FPICs), ou seja, políticas públicas que afetem municípios vizinhos. Para este trabalho, as FPICs estudadas são relacionadas aos seguintes eixos temáticos: preservação do meio ambiente; desenvolvimento urbano e econômico; transporte e logística; e saúde e segurança.

Para identificação das FPICs, é prevista a obrigatoriedade da participação social, de órgãos municipais, regionais e estaduais, com o objetivo de um desenvolvimento regional, de solucionar os problemas urbanos em conjunto e de melhorar a qualidade de vida da população.

Na Região Metropolitana de Campinas, as primeiras etapas do PDUI contaram com a participação de representantes da AGEMCAMP (Agência Metropolitana de Campinas), a EMPLASA (Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano – extinta), da Secretaria do Estado de São Paulo e da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Para o eixo temático de Mobilidade e Logística, o PDUI tem como principais objetivos identificar as principais rodovias estaduais que servem e promovem a mobilidade da RMC; caracterizar o sistema viário intrametropolitano; e levantar dados relativos ao Volume Diário Médio (VDM) (SÃO PAULO, 2018).

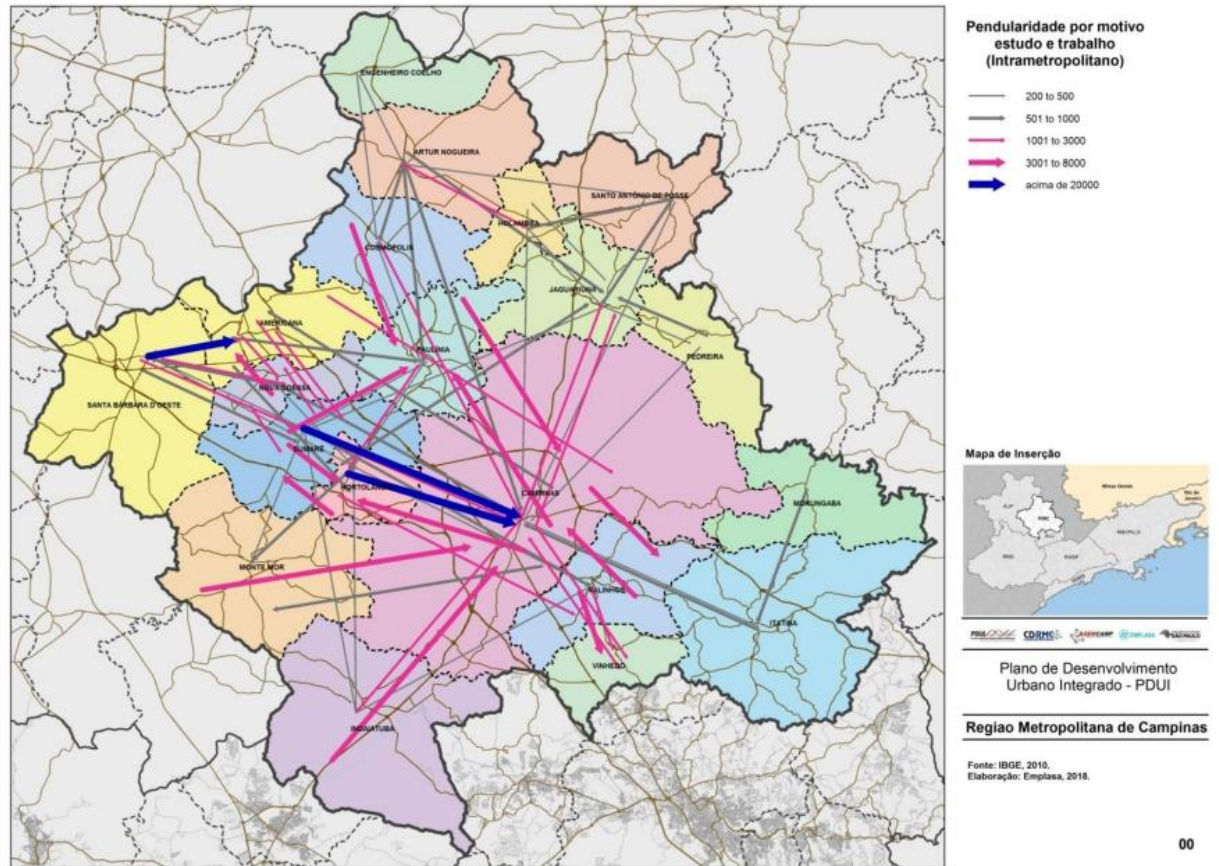
Os resultados obtidos pelas análises realizadas em 2018, demonstram que o território da região apresenta uma ocupação desordenada do solo e possui uma configuração radial que se mostra inadequada para a dinâmica urbana. Em relação a mobilidade, existem deficiências no planejamento dos transportes públicos coletivos. Que foram identificados como insatisfatórios, tendo a necessidade de integração com outros modais e relação com o uso do solo, pois não atende áreas de habitação social (SÃO PAULO, 2018).

A estrutura viária, embora bem estruturada, apresenta um tráfego intenso e inseguro por conta do grande volume de cargas perigosas. Há uma predominância do uso do transporte individual sobre o coletivo, por conta da precariedade e das distâncias entre trabalho e domicílio, que geram o aumento na poluição atmosférica (SÃO PAULO, 2018).

Por conta da concentração de atividades como trabalho, educação, saúde e comércio, existe uma intensa interdependência dos demais municípios com a cidade de Campinas. Esta dependência gera grandes movimentos pendulares, realizados na sua maioria pela população dos municípios de Hortolândia e Sumaré.

Outro ponto que também apresenta grande fluxo de movimentos pendulares acontece entre o município de Santa Bárbara d'Oeste com sentido para Americana, ilustrados na Figura 9.

Figura 9: Movimentos Pendulares na RMC



Fonte: PDUI RMC, São Paulo, 2018

Por fim, as principais fragilidades relativas a mobilidade, levantadas no diagnóstico, possuem ligação direta com as políticas de uso e ocupação do solo, exigindo então, intervenções das esferas governamentais na busca de soluções.

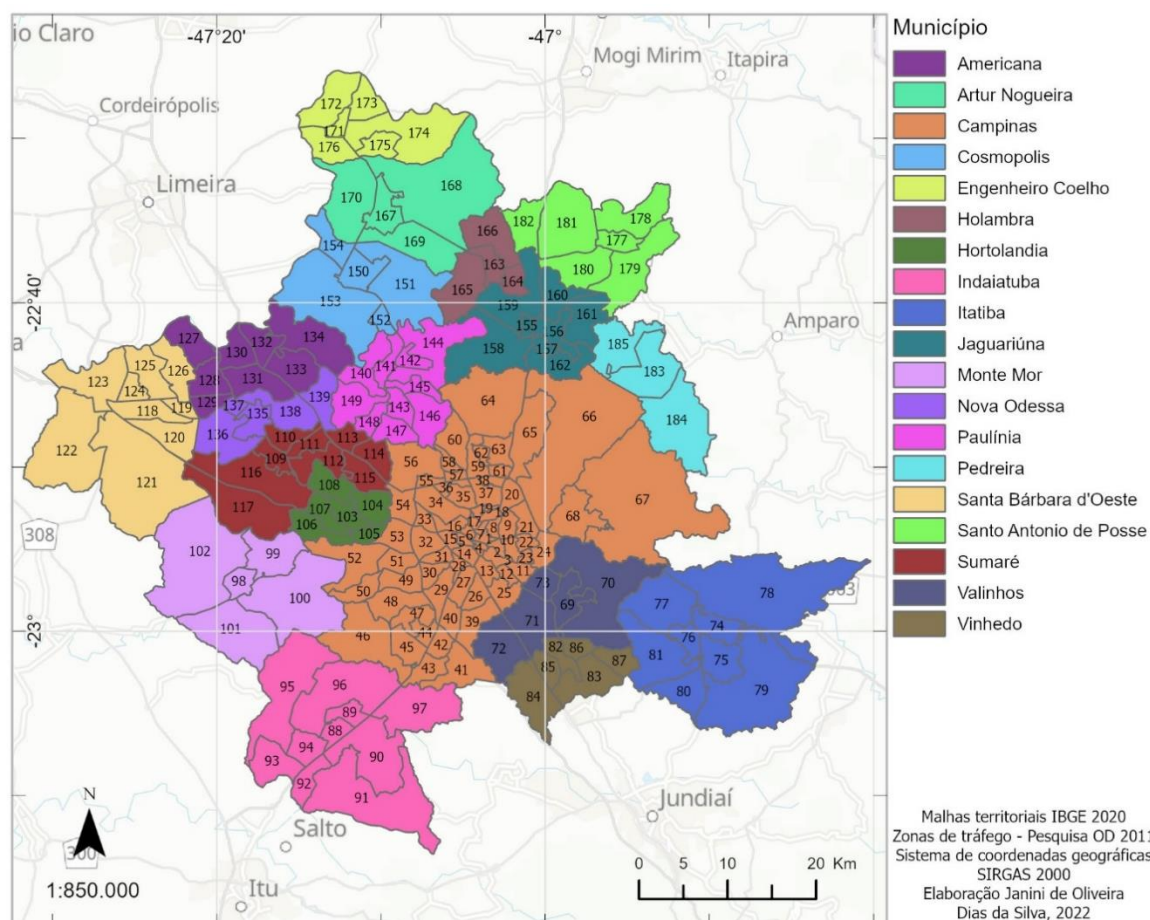
A PESQUISA ORIGEM DESTINO DA RMC

As pesquisas Origem Destino (OD) e *Condon Line* (linha de contorno) coordenadas pela Secretaria de Transportes Metropolitanos (STM), realizadas em 2003 e 2011 na Região Metropolitana de Campinas, tiveram como objetivos, respectivamente, o levantamento de informações sobre os deslocamentos realizados pela população dentro do território metropolitano e caracterizar as viagens que entram ou saem da RMC em um dia útil típico. Os dados coletados apresentados no relatório, possibilitam estudos de planejamento urbano e de transportes e permitem a projeção de cenários futuros.

A Pesquisa Origem Destino, apresenta um zoneamento para os 19 municípios que na época compunham a região. Pois a cidade de Morungaba foi adicionada na RMC a partir de 2014 através da Lei Complementar 1.234/2014. Nesta pesquisa, foram definidas no total 185 zonas de tráfego, que são determinadas com base na sua homogeneidade urbanística e socioeconômica, além de outros critérios técnicos. Essas zonas são a unidade territorial básica para a qual está garantida a validade estatística das informações, ilustradas na Figura 10.

Segundo o Relatório da Pesquisa OD (2012), os critérios utilizados para definição das zonas de tráfego foram: compatibilidade com os limites municipais; e compatibilidade com os limites de setores censitários do IBGE (2010). Foram ainda considerados no zoneamento o uso e na ocupação do espaço urbano, o sistema de transporte existente, os equipamentos urbanos, as barreiras físicas e as áreas vazias.

Destas 185 zonas de tráfego definidas para a RMC, foram pesquisadas 128 pois as demais não atendiam o critério de valor mínimo de 515 domicílios. Em relação à pesquisa realizada em 2003, houve um acréscimo de 38 zonas de tráfego, ou seja, num período de 8 anos, houveram expansões dos perímetros urbanos, e também alterações do uso e ocupação do território já consolidado.

Figura 10: Mapa de zoneamento da Pesquisa OD de 2011

Fonte: Relatório da Pesquisa OD RMC 2011 (São Paulo, 2012).

O esquema de amostragem estratificada, ou seja, composta por subdivisões, permitiu a obtenção de viagens totais por zonas de tráfego. E a colaboração das concessionárias de energia elétrica auxiliaram na identificação da renda familiar, pois o consumo de energia elétrica pode ser relacionado com a com a renda domiciliar e com número de viagens por residência. Este método foi utilizado para selecionar os domicílios que participariam da amostragem que foram definidos a partir da faixa de consumo de energia elétrica (SÃO PAULO, 2012).

Outro critério de definição da amostragem foi a seleção de zonas de tráfego com mais de 515 domicílios. Sendo assim, das 185 zonas de tráfego definidas para a Pesquisa OD de 2011, 128 foram pesquisadas. Após o levantamento e correção dos dados, foram aplicados fatores de expansão, que permitiram a obtenção das estimativas das viagens realizadas (SÃO PAULO, 2012).

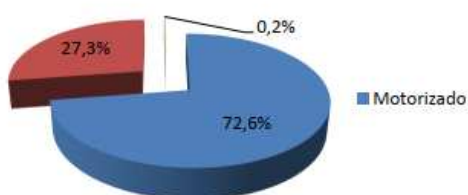
Os resultados obtidos na pesquisa OD 2011 verificam um aumento de 32% no número de viagens em comparação com a pesquisa realizada em 2003. A

população estimada também apresentou um acréscimo de 22% com base no censo de 2010. Segundo o relatório da pesquisa, acontecem cerca de 4,7 milhões de viagens por dia na região metropolitana. Cerca de 107 mil viagens são de origem ou destino externas a região, ficando 4,6 milhões de viagens internas.

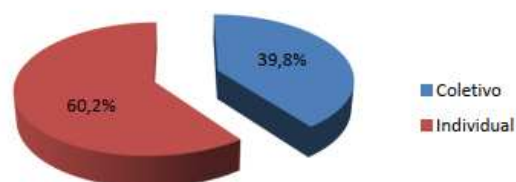
Do total das viagens (4,7 milhões), cerca de 72,6% (3,4 milhões) são realizadas por meios de transportes motorizados e destas, cerca de 60% (2,07 milhões) ocorrem por modos individuais, apontado na Figura 11. Segundo o relatório, houve um aumento de cerca de 8% no número de viagens realizadas por transportes individuais motorizados, em relação à pesquisa realizada em 2003.

Figura 11: Resultados da Pesquisa OD 2011 da RMC

Modo de transporte	Viagens	%
Motorizado	3.444.536	72,6%
Não Motorizado	1.294.187	27,3%
Outros	7.624	0,2%
Total geral	4.746.347	100,0%



Modo de transporte motorizado	Viagens	%
Coletivo	1.372.274	39,8%
Individual	2.072.261	60,2%
Total geral	3.444.536	100,0%



Fonte: São Paulo, 2012

Outro resultado interessante, é que o modo de transporte mais utilizado nas viagens é o automóvel (modo individual motorizado), com 27% do total de viagens realizadas na RMC, porém em segundo lugar, as viagens a pé (modos ativos) se apresentam com 25,1%, seguido pelos ônibus municipais (modo coletivo) com 14,2%.

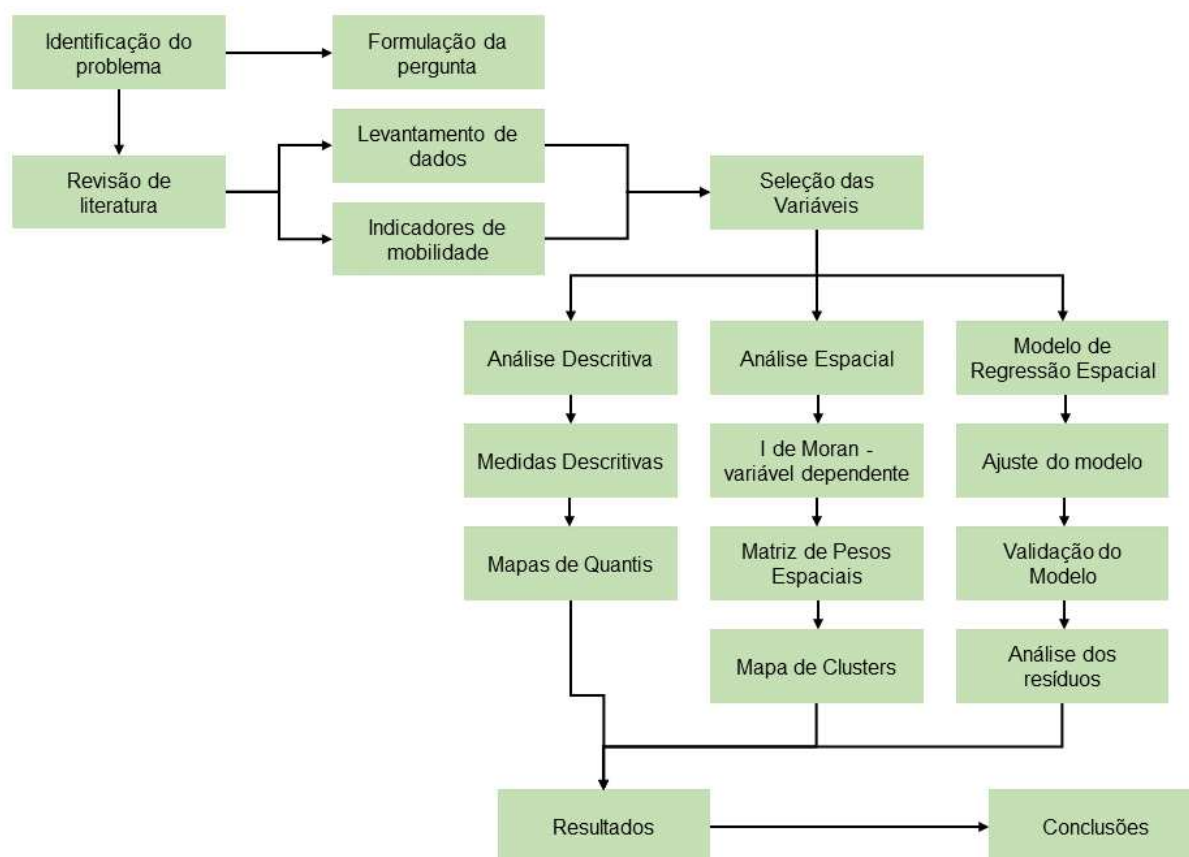
Em relação aos fatores econômicos, foi verificado que os transportes coletivos e os modos ativos, são mais utilizados pela população de renda mais baixa. E o maior uso de modos individuais motorizados está relacionado com o aumento da renda (SÃO PAULO, 2012).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos utilizados neste trabalho possuem abordagem quantitativa de natureza exploratória quanto aos objetivos. As técnicas utilizadas são denominadas Econometria Espacial ou Estatística Espacial. A análise foi baseada na revisão de literatura e nos dados da Pesquisa Origem Destino realizada na Região Metropolitana de Campinas.

Segue abaixo o esquema gráfico da metodologia aplicada neste trabalho.

Figura 12: Esquema gráfico das técnicas aplicadas.



Fonte: Desenvolvido pela autora, 2022.

Com o objetivo de apresentar uma análise aprofundada da relação entre as viagens realizadas em modos coletivos e indicadores de mobilidade sustentável nas zonas de tráfego da Região Metropolitana de Campinas, foram utilizadas técnicas de Econometria Espacial, também chamada de Estatística Espacial, que auxiliaram no agrupamento de zonas de tráfego vizinhas que apresentaram características similares, com base nas variáveis analisadas (indicadores).

Quanto ao recorte espacial, buscou-se calcular indicadores que abordassem aspectos econômicos, ambientais e sociais da mobilidade sustentável, nos municípios da Região Metropolitana de Campinas. Primeiramente, para compreender os padrões socioeconômicos e de deslocamento da região. E em segundo lugar, para identificar as relações espaciais entre os padrões de deslocamento em modos coletivos e indicadores de mobilidade sustentável.

Desta forma, considerando os objetivos propostos acima, os procedimentos utilizados nas etapas desta pesquisa estão abaixo descritos:

3.1. APRESENTAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

Para apresentar as características socioeconômicas da Região Metropolitana de Campinas, buscou-se subsídios que contribuíssem para a compreensão da formação do território metropolitano, sua estrutura econômica, a evolução dos principais sistemas viários e as características do cenário atual.

Desta forma, recorreu-se a procedimentos descritivos a fim de identificar e relatar os eventos que contribuíram para a atual organização dos eixos de expansão urbana. Para tanto, utilizou-se a bibliografia de Baeninger (2001), Caiado e Pires (2006), Costa (2010), Mendes (2014), Santos Jr. e Proença (2020) e dos relatórios do Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado (2018), para apresentar sobre aspectos gerais da formação da Região Metropolitana de Campinas, que norteou e auxiliou a análise estatística realizada.

3.2. DADOS UTILIZADOS

Os dados utilizados para a análise dos Indicadores de Mobilidade Sustentável deste estudo, são provenientes da Pesquisa Origem Destino (OD) da RMC realizada em 2011, coordenada pela Secretaria de Transportes Metropolitanos (STM), pela Companhia do Metropolitano de São Paulo (METRO) e pela Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos (EMTU).

A partir das definições de Litman (2008) levantadas na revisão bibliográfica, o conjunto de indicadores selecionados foi estruturado levando em consideração as três dimensões da sustentabilidade. Desta forma, foram definidas variáveis que se relacionam com as três dimensões da Mobilidade Sustentável: Ambiental, Econômico

e Social. O Quadro 2, descreve os dados utilizados, a unidade e a fonte de onde foram extraídos.

Quadro 2 - Descrição dos dados utilizados

Dado	Unidade	Fonte
N.º de amostras	domicílios	OD 2011 RMC
Renda média mensal	reais/mês	OD 2011 RMC
Frota de automóveis	nº de automóveis	OD 2011 RMC e DENATRAN
Habitantes	nº de habitantes	OD 2011 RMC
Área	área em km ²	OD 2011 RMC
N.º Viagens por modais	nº de viagens/modal/dia	OD 2011 RMC
Mapas cartográficos georreferenciados	<i>Mapa em shapefile</i>	OD 2011 RMC e IBGE
Rede viária e ferroviária	<i>Mapa em shapefile</i>	IBGE
Mancha urbana	imagem de satélite	GeoEye EarthStar
Mapa de zoneamento	<i>Mapa em shapefile</i>	OD 2011 RMC

Fonte: desenvolvido pela autora (2022)

Com base na relação da etapa anterior, foram selecionados, para este trabalho, indicadores definidos a partir de quatro critérios: disponibilidade e acesso dos dados; atualização e confiabilidade das fontes; dados quantitativos; e possibilidade de aplicação em escala regional.

Segundo Costa (2008), a composição de um número reduzido de indicadores tem a vantagem de facilitar a coleta de dados, minimizar os custos da coleta dos dados e, ainda, facilitar sua interpretação. Neste sentido, para estruturar este estudo, foram selecionados um conjunto de seis variáveis com base na metodologia de Costa (2008), Machado (2010), ITDP (2017), Louro e Costa (2017), BRASIL (2018), WBCSD (2020) e PEREZ-MARTINEZ *et. al.* (2022).

3.3. ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS

A mobilidade urbana é uma atividade que está diretamente ligada com o território e sofre influências de diversos fatores socioeconômicos. Esses fatores interagem entre si gerando padrões sistemáticos como aglomerações ou dispersões ao longo do território, por conta dos deslocamentos pendulares e da expansão urbana.

Dados que possuem informações geográficas, ou seja, estão associados ao espaço, são influenciados por efeitos espaciais que ocorrem em dados de corte transversal: dependência espacial e heterogeneidade.

A dependência espacial é explicada pela Primeira Lei da Geografia: “Tudo depende de todo o restante, porém o que está mais próximo depende mais do que aquilo que está mais distante” (TOBLER, 1970).

Estes efeitos violam as hipóteses de que as observações são independentes entre si. Logo, o modelo de regressão clássica (MQO) não é o melhor estimador para dados espaciais (ALMEIDA, 2012).

Desta forma, para ajustar um modelo com dados espaciais, é necessário que essas relações sejam idênticas em todo o território da análise, contrariando a hipótese de que as relações não são eventos aleatórios, dependem de sua localização no espaço e são influenciadas pelas zonas vizinhas (ALMEIDA, 2012).

Nesse sentido, foram calculadas medidas de estatística descritiva e aplicadas técnicas de Econometria Espacial, para identificar as distribuições e as relações espaciais entre os Indicadores De Mobilidade Sustentável na Região Metropolitana de Campinas.

A estatística descritiva dos dados é uma etapa fundamental para a estimação de um modelo, pois permite uma análise do panorama geral da variação dos dados estudados por meio de tabelas, elementos gráficos e medidas descritivas, como média, mediana, máxima, mínima e desvio padrão. Que permitem a visualização do comportamento dos dados em mapas (MORETIN e BUSSAB, 2017).

Para classificar as observações, foram apresentadas medidas descritivas (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação, mínimo e máximo) e mapas de cinco quantis, que classifica as observações em ordem crescente de cinco intervalos, ou seja 20% das observações para cada intervalo.

Neste trabalho, utilizou-se o indicador “Número Viagens por modos Coletivos *per capita* por dia” como variável dependente. Tanto para identificar as zonas mais

sustentáveis da Região Metropolitana de Campinas, como também para verificar a influência que os outros indicadores exercem na escolha dos modos coletivos para realizar seus deslocamentos.

Para identificar a distribuição espacial das variáveis, emprega-se a Análise Exploratória de Dados Espaciais – AEDE, que consiste em descrever e visualizar a distribuição das variáveis, identificar localidades atípicas (*outliers* espaciais), descobrir padrões de associação espacial (*clusters*) e verificar os padrões de dispersão espacial (ALMEIDA, 2012).

Para execução dos métodos de análise exploratória de dados espaciais, estatísticas de autocorrelação espacial e análise de regressão espacial, estas técnicas foram executadas utilizando o software livre GeoDA 1.20, de código aberto, desenvolvido pelo Prof. Dr. Luc Anselin, da Universidade de Michigan.

O primeiro passo na identificação da existência de dependência espacial é especificar uma matriz de pesos espaciais ou de defasagem espacial (W). Tal matriz, quadrada de ordem n , é uma ferramenta utilizada para estimar a variabilidade espacial de dados de área (ANSELIN, 2010).

O valor atribuído para a Matriz W pode ser calculado com base em critérios de proximidade geográfica ou contiguidade. Os critérios de proximidade consideram as distâncias dos vizinhos mais próximos. E os critérios de contiguidade, por convenção, são análogos aos movimentos do jogo de xadrez: Rainha, Torre e Bispo (ALMEIDA, 2012).

O I de Moran é uma medida global da autocorrelação espacial, pois indica o grau de associação espacial presente no conjunto de dados. O índice de Moran (I) busca responder se os dados globais são distribuídos aleatoriamente ou seguem um padrão espacial sistemático (ANSELIN, 1992).

Para escolha da matriz W , deve-se calcular o coeficiente de autocorrelação espacial dos dados, neste caso foi utilizado o índice I Global de Moran, sendo escolhida aquela matriz que apresentar maior valor significativo do coeficiente, ou seja, o que apresentar maior grau de autocorrelação (ALMEIDA, 2012).

A hipótese nula do teste é de que os dados sejam aleatórios, ou seja, não possuem dependência espacial. Valores positivos indicam uma correlação positiva (*clusters*) e valores negativos, correlação negativa (*outliers*). Após calculado, realiza-se um teste de pseudo-significância para verificar sua validade estatística (ALMEIDA, 2012).

O Índice I global de Moran pode ser definido como:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2} \quad (1)$$

Onde:

n É o número de zonas;

z_i Denota os valores da variável de interesse padronizada;

W_z Representa os valores médios da variável de interesse padronizada nos vizinhos (Z);

w_{ij} É um elemento dessa matriz W, que se refere à zona i e j

S_0 é igual à operação $\sum \sum w_{ij}$ – soma dos elementos da matriz de pesos espaciais W;

Para fins inferenciais, tem-se que o valor esperado de I de Moran $[E(I)]$ é:

$$E(I) = -[1/(n - 1)] \quad (2)$$

Os valores desse índice variam de -1 a 1. Quando a estatística é próxima de -1 há autocorrelação negativa, o que indica que valores altos estarão cercados de valores baixos e vice-versa. Quando Índice de Moran fica próximo de +1 há autocorrelação positiva, assim, valores altos estarão cercados de valores altos, e valores baixos estarão próximos a valores baixos (ALMEIDA, 2012).

Após calculado o I Global de Moran e selecionada a Matriz W, é realizado o Diagrama de Dispersão de Moran, que identifica as tendências de agrupamento dos dados no espaço. E é possível identificar a existência de outliers espaciais e pontos de alavancagem, além de verificar a influência no valor da estatística de autocorrelação (ALMEIDA, 2012).

As tendências de agrupamento são definidas em:

- Alto-alto: São zonas que apresentam alto valor para a variável em análise (dependente) e são circundadas por zonas que também

possuem alto valor para a variável dependente. Se localizam no quadrante 1;

- Baixo-baixo: são zonas que apresentam baixo valor da variável dependente e são circundadas por zonas que também possuem baixo valor para a variável dependente. Localizadas no quadrante 2;
- Alto-baixo: zonas que apresentam alto valor para a variável dependente, mas que são circundadas por zonas com baixo valor da variável. Localizadas no quadrante 3;
- Baixo-alto: zonas que apresentam baixo valor para a variável em análise, mas que são circundadas por regiões com alto valor para a variável dependente. Apresentadas no quadrante 4;
- Pontos de Alavancagem: são valores elevados ou baixos, mas que mantém o padrão de associação linear espacial observado no conjunto de dados;
- Outliers: são observações com um valor muito elevado ou muito abaixo em relação aos seus vizinhos, destoando do padrão de associação espacial observado no conjunto de dados (ANSELIN, 1995; 1999).

A combinação do Diagrama de Dispersão de Moran e da significância I de Moran, resultará no Mapa de Clusters, zonas que apresentam valores próximos para a variável dependente. A partir do Mapa de Clusters é possível verificar os padrões de associação espacial das observações em mapa.

Os clusters “alto-alto” são identificados em vermelho, os “baixo-baixo” em azul, os clusters “alto-baixo” são identificados em vermelho claro e os clusters “baixo-alto” em azul claro.

Com estas técnicas será possível identificar clusters que apresentam comportamentos homogêneos entre si. Esses clusters podem ser utilizados para analisar as diferentes relações e fatores existentes nas áreas estudadas, de modo que auxiliam para o planejamento da mobilidade sustentável da região.

E a partir da verificação da autocorrelação espacial as variáveis é possível estimar um modelo de regressão espacial para estimar a influência destas variáveis na variável dependente.

3.4. ANÁLISE DO MODELO DE REGRESSÃO ESPACIAL

Após verificar a existência de dependência espacial através da AEDE, utiliza-se modelos de regressão espaciais para avaliar os determinantes das Viagens realizadas por Modos Coletivos para a Região Metropolitana de Campinas.

Um modelo de regressão é uma ferramenta estatística que relaciona duas ou mais variáveis de maneira que uma delas possa ser descrita ou estimada a partir das demais. O objetivo geral de uma análise de regressão linear é quantificar a relação entre uma variável dependente e um conjunto de variáveis independentes (ALMEIDA, 2012).

Em um modelo de regressão linear clássica, supõe-se que as observações são independentes entre si e apresentam distribuição normal com média zero e variância constante, ou seja, desconsidera-se a dependência espacial dos dados. Já em um modelo de regressão espacial, se relacionam as variáveis com a estrutura de autocorrelação espacial, no modelo de regressão clássica (ALMEIDA, 2012).

Neste estudo, foram estimados o Modelo *Spatial Lag* (Defasagem Espacial - SAR) e o Modelo Spatial Error (Erro Espacial - SEM). Inicialmente estima-se um modelo de regressão linear clássico usando o método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) (ALMEIDA, 2012).

A variável dependente foi representada pelo indicador “Número de Viagens realizadas por Modos Coletivos *per capita* por dia” e as variáveis independentes foram os demais indicadores.

O modelo linear clássico é definido conforme a equação 3:

$$Y = \alpha + X\beta + \varepsilon \quad (3)$$

Onde:

Y: variável dependente;

X: variáveis independentes;

α : intercepto

β : coeficiente de regressão;

ε : erros aleatórios com média zero e variância σ^2 constante;

O modelo Spatial Lag (SAR), ou Defasagem Espacial, atribui a estrutura de autocorrelação espacial à variável independente; E o modelo Spatial Error (SEM), ou

Erro Espacial, que considera os efeitos espaciais como uma estrutura desconhecida, e atribui a estrutura de autocorrelação espacial nos erros da regressão e que deve ser modelada (ALMEIDA, 2012).

O modelo de defasagem espacial (SAR) é definido conforme a equação 4:

$$Y = \rho WY + X\beta + \varepsilon \quad (4)$$

Onde:

Y: variável dependente;

X: variáveis independentes;

β : coeficiente de regressão;

ε : erros aleatórios com média zero e variância σ^2 constante;

W: matriz de vizinhança espacial ou matriz de ponderação espacial;

ρ : coeficiente espacial autoregressivo.

Já o modelo do erro espacial (SEM) pode ser expressado conforme a equação 5:

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad \varepsilon = \lambda W\varepsilon + \xi \quad (5)$$

Onde:

$W\varepsilon$ = erros com efeito espacial;

ξ = erros aleatórios;

λ = coeficiente da regressão.

Para verificar a significância global do modelo e definir o modelo mais apropriado, é necessário realizar testes estatísticos. Portanto, para comparar os modelos de regressão foram analisados os seguintes parâmetros e testes, de acordo com Almeida (2012):

- O Coeficiente mostra quanto o percentual de variação dos indicadores (variáveis independentes) influenciam no número de viagens por modos coletivos (variável dependente);
- Teste de Significância T considera que os resultados com nível de significância de 0,05 (probabilidade de erro de 5%) estatisticamente relevantes.
- A Probabilidade mostra a probabilidade da influência de cada variável independente não ser aleatória em relação à variável dependente;

- O R^2 mostra o quanto o modelo especificado explica a ocorrência da variável dependente;
- O Critério de Akaike (AIC) mostra qual a medida relativa das informações perdidas entre os modelos (penalidade), considerando que quanto menor valor do Critério de Akaike, melhor será o modelo;
- Para a verificação da existência de heterocedasticidade, é necessária a realização de testes Jarque-Bera e de Breusch-Pagan;

Para entender as relações entre o Número de Deslocamentos Realizados por Modos Coletivos (variável dependente) e os Indicadores de Mobilidade Sustentável (variáveis independentes) na Região Metropolitana de Campinas, foram testados e ajustados modelos de regressão linear multivariado clássico, spatial lag e spatial error do software GeoDA.

Para finalizar a obtenção de uma equação espacial, é feita uma análise da distribuição normal dos resíduos e um diagnóstico de heterocedasticidade. Para tanto, realiza-se um diagrama dos resíduos e o cálculo do I de Moran dos resíduos para verificar se ainda há a existência de efeitos espaciais (ALMEIDA, 2012).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

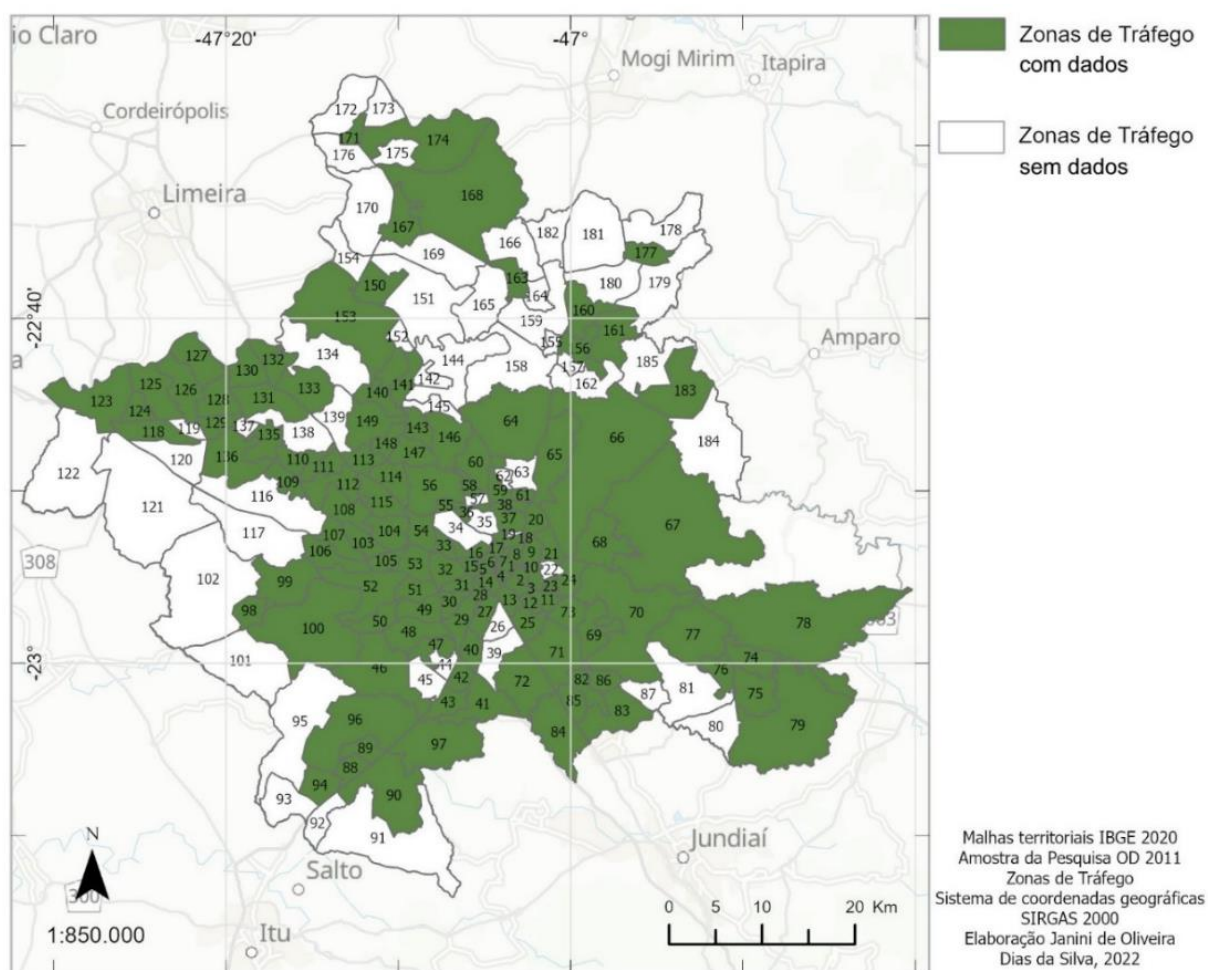
A mobilidade sustentável se relaciona com diversos aspectos do cotidiano da população: suas necessidades de deslocamento, sua renda, o território inserido, as infraestruturas existentes, a acessibilidade aos diversos modais, e muitos outros mais.

Para esta pesquisa, o indicador de Número de Viagens realizadas por modos Coletivos *per capita* por dia como variável dependente, de forma a identificar os clusters que mais utilizam os modos de deslocamento coletivo e para verificar a influência que os outros indicadores exercem na escolha do uso dos modos coletivos de deslocamento.

4.1. AMOSTRA DOS DADOS E SELEÇÃO DOS INDICADORES

A Pesquisa Origem Destino foi realizada em 2011 e segmentou os 19 municípios da região em 185 zonas de tráfego. Por conta do critério de definição da amostragem, foram selecionadas zonas com mais de 515 domicílios. Sendo assim, das 185 zonas de tráfego definidas, 128 tiveram seus dados levantados. Totalizando uma amostra de 12.062 domicílios entrevistados. (Ver figura 13).

Figura 13: Amostra das 128 Zonas de Tráfego da Pesquisa OD 2011



Fonte: Elaborado pela autora, 2022. Com base nos dados da Pesquisa OD (2011).

Com base no conjunto de critérios citados na metodologia e na disponibilidade de dados, chegou-se a uma seleção dos indicadores descritos no Quadro 3.

Para auxiliar na identificação, a cor Verde representará os indicadores referentes ao tema Ambiental; a cor Amarela representará os resultados dos indicadores do tema Econômico; e a cor Azul representará os resultados dos indicadores do tema Social.

Quadro 3: Descrição dos indicadores

TEMA	SIGLA	VARIÁVEL	UNIDADE	TIPO
Ambiental	N_AUTO: Número de automóveis	Nº de automóveis em circulação por zona.	N.º autos	Independente
	ID_FROTA: Idade Média da Frota	Idade Média da Frota dos automóveis em circulação por zona.	Anos	Independente
Econômico	RENDA: Renda Média	Valor médio da renda mensal da população por zona.	Reais	Independente
	D_DEMO: Densidade Demográfica	Número de habitantes por área por zona.	Hab./Km ²	Independente
Social	VpH_COL: Viagens em modos coletivos <i>per capita</i>	Número de viagens por habitante em modos coletivos por zona por dia.	N.º viagens/mod o/hab/dia	Dependente
	VpH_IND: Viagens em modos individuais <i>per capita</i>	Número de viagens por habitante em modos individuais por zona por dia.	N.º viagens/mod o/hab/dia	Independente

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

A seguir é apresentada a descrição dos demais indicadores (variáveis) e suas relevâncias:

N_AUTO – Número de automóveis - Este indicador mostra o número de automóveis em circulação por zona. O aumento do número de automóveis está associado com a melhoria das condições socioeconômicas da população, ao esgarçamento do tecido urbano, aumento das distâncias de viagem, falta de incentivo e acesso aos modos não-motorizados e à baixa qualidade do transporte público (COSTA, 2008). Ou seja, quanto menor for o Número de Automóveis, mais sustentável tende a ser a zona estudada, pois haverá maior busca de meios coletivos e não motorizados para os deslocamentos da população.

ID_FROTA – Idade Média da Frota – Este indicador refere-se à idade média da frota de automóveis por zona no ano de referência da pesquisa. A idade média da frota está relacionada à emissão de poluentes e ruídos, segurança, custos de manutenção, velocidade de deslocamento, entre outros fatores (COSTA, 2008). Desta forma, as zonas que apresentam frotas mais novas, tendem a ser mais sustentáveis.

RENDA – Renda Média Mensal – Reais por mês – A renda é um indicador socioeconômico que permite o acesso a atividades essenciais como trabalho e estudo, além de contribuir para redução da desigualdade social. A impossibilidade de pagamento das tarifas tanto do transporte individual como do serviço de transporte coletivo, implicam na maior procura do transporte não motorizado para seus deslocamentos (COSTA, 2008). Com base neste indicador, será possível identificar os padrões de mobilidade em relação a renda média de cada zona de tráfego.

D_DEMO - Densidade Demográfica – Razão entre o número de habitantes por quilômetro quadrado por zona. Este indicador demonstra as zonas onde há maior concentração de habitantes por quilômetro quadrado, é um indicador importante pois áreas mais densas reduzem as distâncias percorridas para acessar aos serviços e atividades na cidade, além de reduzir as emissões, os custos de transporte e aumentar sua eficiência (COSTA, 2008). Para este indicador, quanto maior for a densidade demográfica da zona, mais sustentável será sua mobilidade pois a população tende a realizar viagens mais curtas e em modos não motorizados.

VpH_COL – Viagens em modos coletivos *per capita* – Este indicador representa o número de viagens por habitante por zona em modos coletivos. Este indicador será a variável dependente no modelo de regressão espacial. Representa as zonas que mais utilizam os modos coletivos de deslocamento. As zonas que apresentarem maiores taxas neste indicador, serão consideradas mais sustentáveis pois tendem a apresentar maior eficiência dos modos coletivos (COSTA, 2008).

VpH_IND – Viagens em modos individuais *per capita* - Este indicador demonstra o número médio de viagens realizadas em modos individuais por habitante por zona. Este índice, apresenta relação direta com aspectos socioeconômicos como renda, escolaridade, idade, sexo e acessibilidade aos meios de transporte, bem como tem relação com maior qualidade de vida. De modo geral, famílias com renda mensal mais elevada apresentam um número maior de viagens diárias do que famílias de renda mais baixa (COSTA, 2008). As zonas que apresentarem maiores taxas deste indicador são consideradas menos sustentáveis, pois tendem a realizar maiores viagens em modos individuais, ou seja, menos eficientes.

4.2. ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Inicialmente, apresenta-se a estatística descritiva (Quadro 4) e a distribuição espacial em mapas de quantis das variáveis para o ano de 2011 (Imagem 13). Esta análise permite verificar se as distribuições espaciais das variáveis citadas são aleatórias ou seguem um padrão sistemático espacial na região.

Quadro 4: Estatística Descritiva dos Resultados dos Indicadores

Variável	Média	Mediana	Desvio Padrão	Coef. de Variação	Mínimo	Máximo
Número de Automóveis	6412,46	6590,95	4328,33	67%	150,90	20848,20
Idade Média da Frota	9,99	9,43	4,52	45%	3,52	39,30
Renda Média Mensal	713,55	650,26	312,14	44%	52,35	2038,16
Densidade Demográfica	2789,79	2414,70	2420,32	87%	14,79	12778,80
Viagens por modos Coletivos <i>per capita</i>	0,56	0,54	0,21	37%	0,18	1,13
Viagens por modos Individuais <i>per capita</i>	1,22	1,22	0,32	26%	0,59	2,37

Fonte: Estatística Descritiva das variáveis. Fonte: Elaborado pela autora, 2022. Com base nos dados da Pesquisa OD (2011).

Com base nestes resultados, observa-se que 5 dos 6 indicadores apresentam alto coeficiente de variação (acima de 30%), ou seja, as zonas analisadas neste estudo apresentam grande diversidade de padrões em relação as variáveis estudadas. Isso significa que o recorte deste estudo apresenta grande amplitude e que analisa diversos padrões sociais e da população.

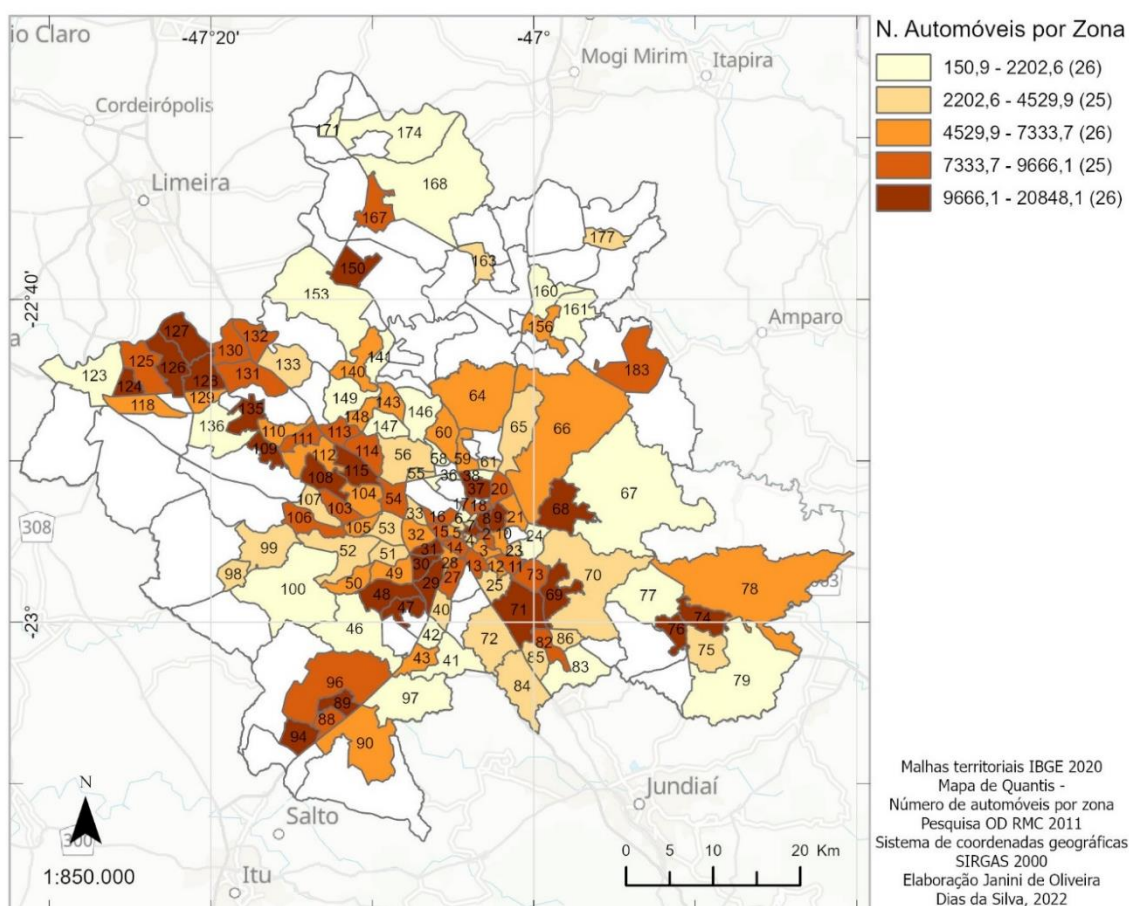
Em relação ao indicador Número de Automóveis, nota-se grande variação entre os valores da média, mínimo e máximo. A zona com menor valor deste indicador é a zona 41, fica localizada ao sul do município de Campinas, próximo ao aeroporto

de Viracopos e vizinha o município de Valinhos. Esta área representa uma zona rural, com produção agrícola e é cortada pela Rodovia dos Bandeirantes (SP-348).

Já a zona com maior valor, é a zona 126 localizada no município de Santa Bárbara d'Oeste. É uma zona urbana com divisa para o município de Americana. Estes dois municípios apresentam conurbação e há grande dependência de serviços e viagens pendulares, conforme apresentado por Caiado e Pires (2006) e São Paulo (2018).

Na Figura 14, é apresentado um mapa de distribuição do indicador Número de Automóveis por zona. Verifica-se que as zonas que apresentam maiores valores deste indicador estão distribuídas por todo o território da RMC. Com destaque para as zonas que equivalem aos centros dos municípios.

Figura 14: Mapa de distribuição: Número de Automóveis por Zona



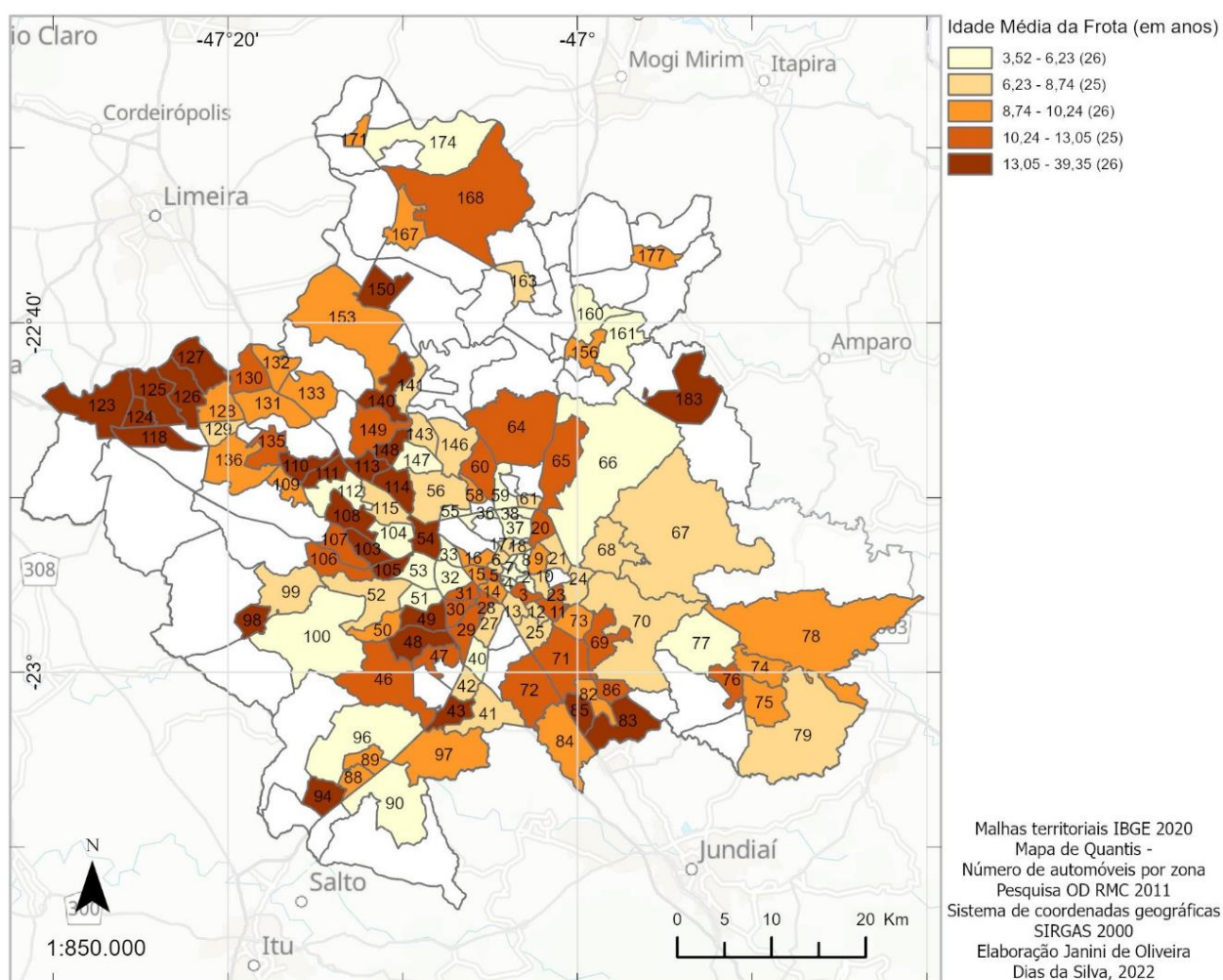
Fonte: Elaborado pela autora, 2022. Com base nos dados da Pesquisa OD (2011).

Para o Indicador Idade Média da Frota, nota-se grande variação entre valores máximo e mínimo. As zonas que apresentaram valores mais altos, se localizaram principalmente nos municípios de Americana, Santa Bárbara d'Oeste, Cosmópolis, Sumaré, Hortolândia, Monte Mor, Vinhedo e Campinas (sudoeste).

Já as zonas que apresentaram menor valor se localizam principalmente em zonas dos municípios de Engenheiro Coelho, Jaguariúna, Holambra, Valinhos, Itatiba, Indaiatuba e Campinas (nordeste).

Na Figura 15, é apresentado um mapa de distribuição em quintis do indicador Idade Média da Frota (em anos). Estes resultados são influenciados principalmente por conta da concentração de renda da população que afeta no poder de troca e atualização da frota, para uma frota mais moderna e eficiente.

Figura 15: Mapa de distribuição: Idade Média da Frota (em anos)



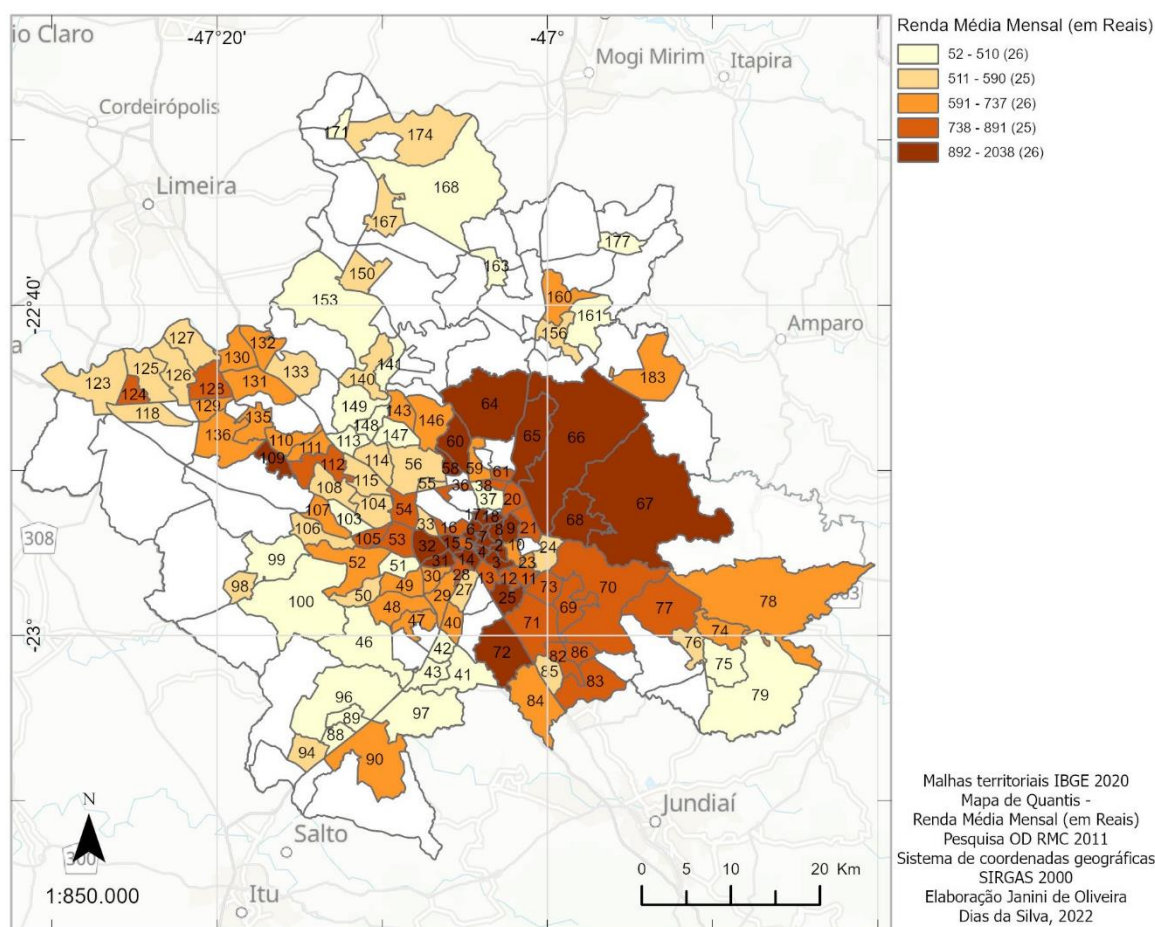
Fonte: Elaborado pela autora, 2022. Com base nos dados da Pesquisa OD (2011).

O indicador da Renda Média Mensal, apresenta uma média do salário mensal per capita por zona. Nota-se que há uma alta concentração de renda nas zonas centrais e a nordeste do município de Campinas. E nos municípios de Valinhos, Vinhedo e Itatiba.

Os valores mínimo e máximo apresentam uma variação de quase de R\$ 1.990. Sendo o menor valor de R\$52 e o máximo de R\$2038. De acordo com o Mapa 15, observa-se que as zonas mais distantes do centro da cidade de Campinas, principalmente no lado oeste da região, apresentam menores valores da renda média mensal, bem como foi explicado por Caiado e Pires (2006).

Na Figura 16, é apresentado um mapa de distribuição do indicador Renda Média Mensal (em Reais). Este resultado aponta para um possível padrão espacial, que será calculado na etapa da Análise Espacial (AEDE).

Figura 16: Mapa de distribuição: Renda Média Mensal (em Reais)

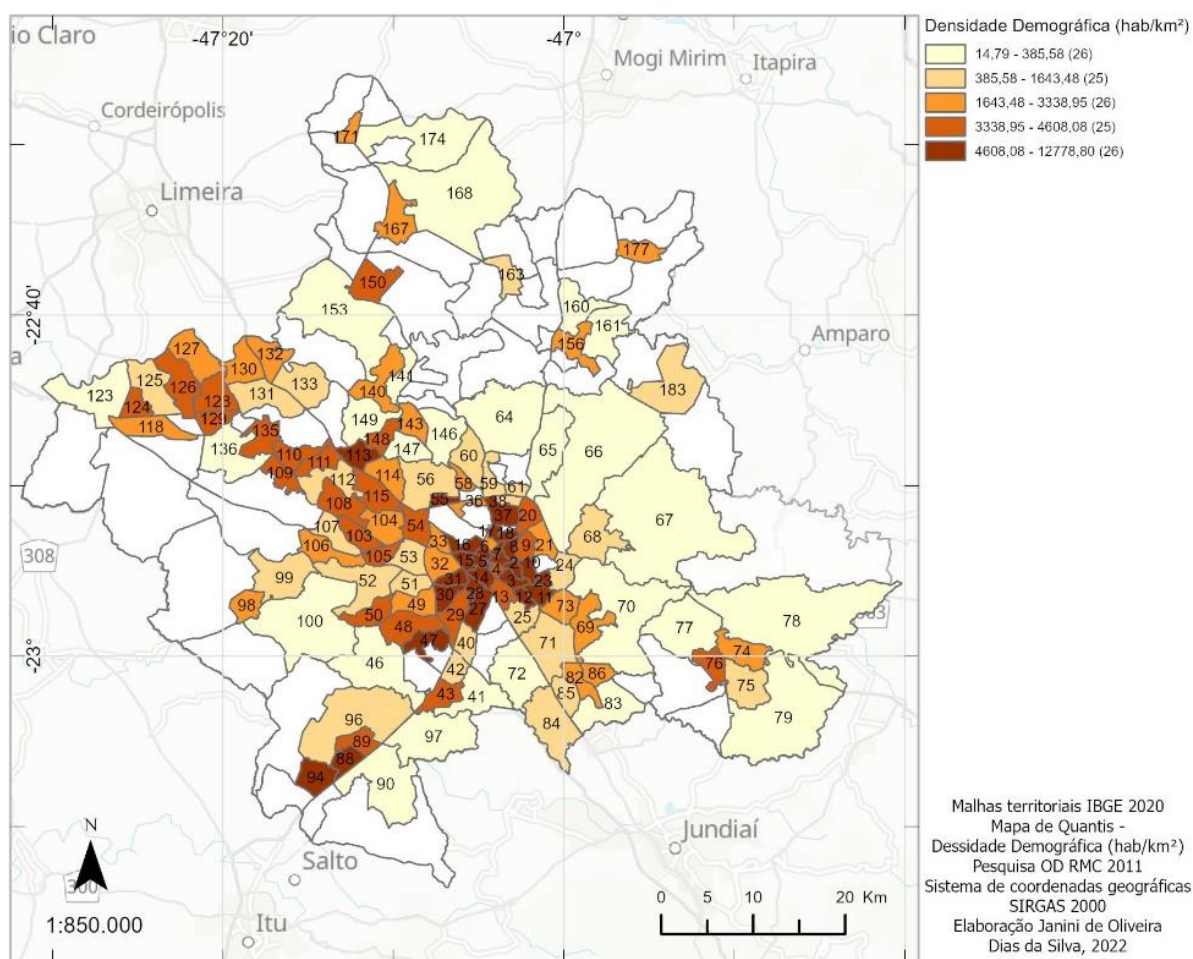


Fonte: Elaborado pela autora, 2022. Com base nos dados da Pesquisa OD (2011).

O indicador Densidade Demográfica também apresenta uma possível dependência espacial, pois nota-se, na Figura 17 que as zonas mais densas estão localizadas no centro do município de Campinas e tendem a seguir um padrão de redução das taxas de densidade de acordo com o aumento em relação a distância do centro de Campinas. Com exceção das zonas referentes ao centro de Indaiatuba (94 e 88) e ao centro de Sumaré (113).

A variação entre valor mínimo e máximo é de cerca de 12.764 habitantes por quilometro quadrado. Esse indicador mostra que a Região possui baixa densidade na maior parte de seu território. Que demonstra que a maior parte dos bens e serviços ficam localizados numa mesma área e, por conta disso, ocorrem deslocamentos mais longos para satisfazer as necessidades diárias como trabalho, saúde e educação.

Figura 17: Mapa de distribuição: Densidade Demográfica (hab/km²)



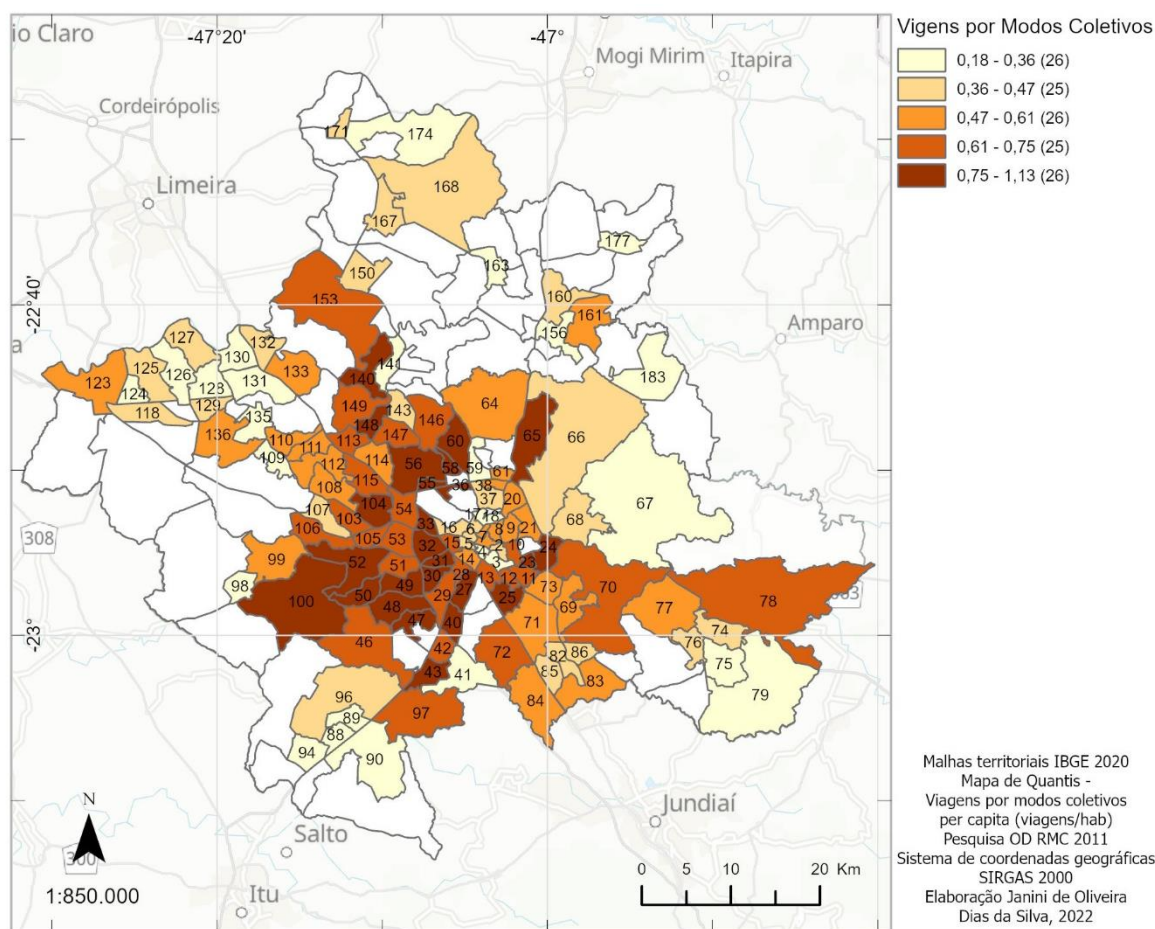
Fonte: Elaborado pela autora, 2022. Com base nos dados da Pesquisa OD (2011).

O indicador Viagens por Modos Coletivos busca identificar as áreas de alcance dos serviços de transporte coletivo, além de verificar a eficiência e o uso deste modal. Nota-se que a variação dos resultados deste indicador é mais baixa em relação aos demais. Isso mostra que este modal não é muito utilizado em toda a região, mas que a diferença entre valores mínimo e máximo são consideráveis.

Na Figura 18, é apresentado um mapa de distribuição do indicador Viagens por Modos Coletivos per capita. É possível identificar que as zonas mais distantes do centro de Campinas apresentam menor uso dos modos coletivos por conta da ausência do serviço, conforme citado no Relatório do PDUI da RMC.

As zonas que apresentaram maiores valores para este indicador se localizam nos municípios de Campinas (sudoeste), Monte Mor e Paulínia. Este resultado aponta que a população que mais utiliza os modos de deslocamento coletivo possui um padrão de renda mais baixo e fica localizada em zonas mais densas.

Figura 18: Mapa de distribuição: Viagens por Modos Coletivos per capita por dia



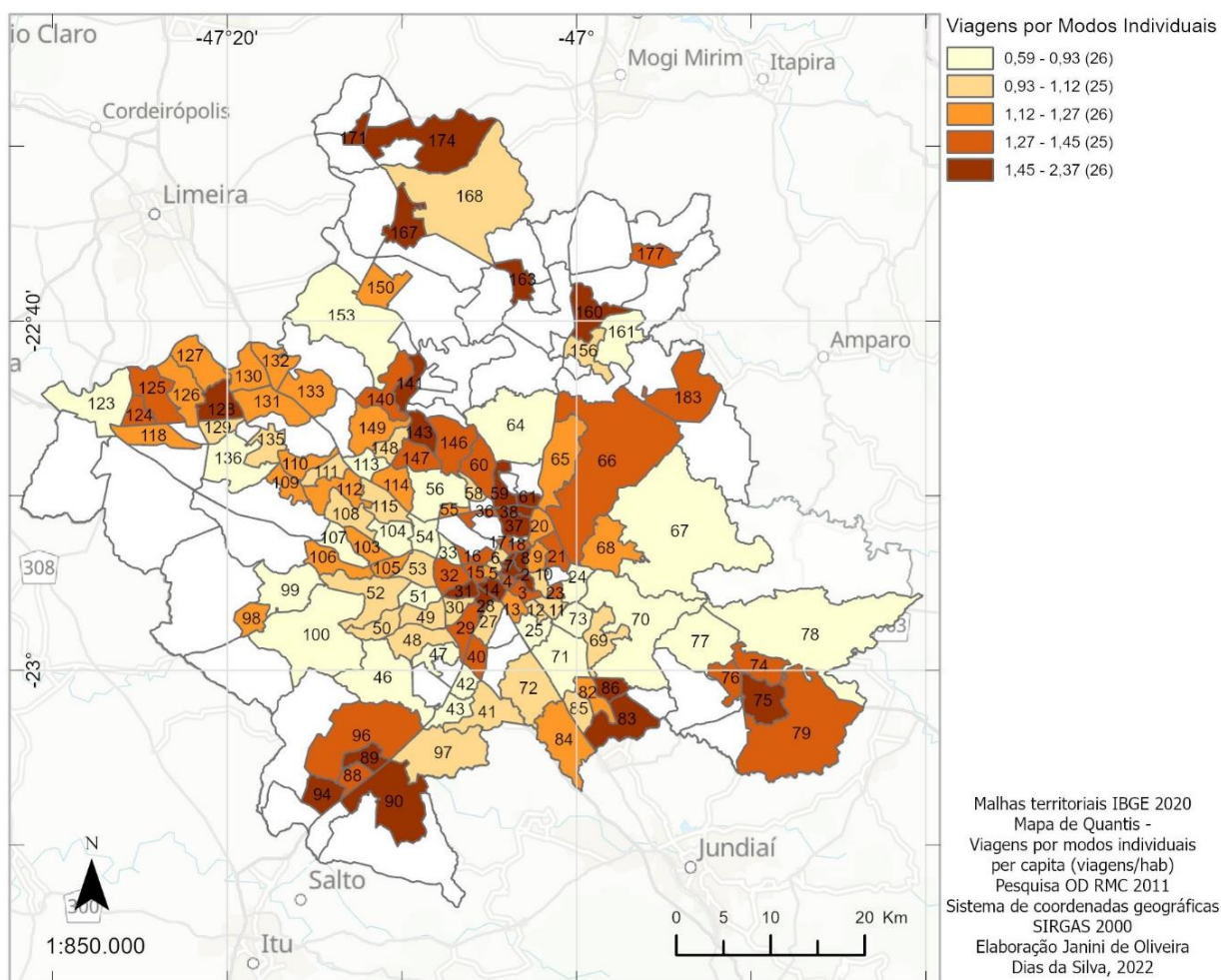
Fonte: Elaborado pela autora, 2022. Com base nos dados da Pesquisa OD (2011).

O indicador Viagens por Modos Individuais busca identificar as áreas que apresentam maiores usos dos modos individuais motorizados. Nota-se que a variação dos resultados deste indicador é a menor em relação aos demais. Isso mostra que este modal é utilizado de forma parecida em toda a região.

Na Figura 19, é apresentado um mapa de distribuição em quintis do indicador Viagens por Modos Individuais per capita. É possível identificar que as zonas centrais dos municípios mais distantes de Campinas apresentam maior uso dos modos individuais motorizados por conta da ausência dos serviços de modos coletivos, conforme apresentado no indicador anterior.

Nota-se também que no município de Campinas as zonas que mais utilizam o transporte individual estão localizadas no centro. Este resultado pode ser relacionado com um padrão de renda mais alto e trajetos menores realizados pela população.

Figura 19: Mapa de distribuição: Viagens por Modos Individuais per capita por dia



Fonte: Elaborado pela autora, 2022. Com base nos dados da Pesquisa OD (2011).

4.3. ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS

Utilizando-se dos procedimentos metodológicos citados no item 3.3, calculou-se a estatística I de Moran Global Univariada para a variável dependente “Número de Viagens por Habitante em modos Coletivos” para o ano de 2011. Foram empregadas quatro matrizes de ponderação espacial distintas, sendo duas considerando o critério de contiguidade (rainha e torre) e duas de acordo com a convenção de proximidade quatro e oito vizinhos mais próximos, em inglês, *k nearest neighbors* (KNN). Os resultados estão apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 – Estatística I de Moran para a Região Metropolitana de Campinas (2011)

Estatística I de Moran Univariada					
Variável	Matriz de Ponderação Espacial	Rainha	Torre	KNN 4	KNN 8
Viagens em modos coletivos <i>per capita</i>	I de Moran	0,446	0,485	0,487	0,402
	DP (I)	0,061	0,066	0,059	0,040
	Pseudo p-valor	0,001	0,001	0,001	0,001

Fonte: Elaborada pela autora (2022). Dados da Pesquisa OD 2011.

Constata-se então, que os valores das estatísticas I de Moran para a variável dependente foram estatisticamente significativos (0,485 $p < 0,00$), ou seja, a autocorrelação espacial é existente, de modo que os valores do número de viagens por modos coletivos de uma zona dependem dos valores observados nas zonas vizinhas.

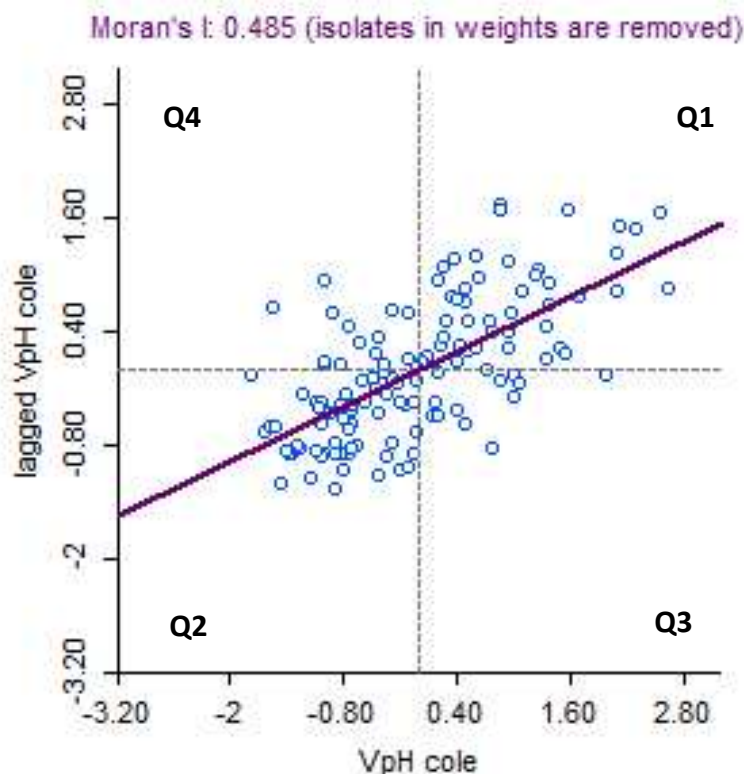
O valor do I de Moran positivo significa que o resultado do indicador estudado de uma zona é influenciado pelos resultados das zonas vizinhas. Ou seja, zonas com maiores números de Viagens realizadas em modos Coletivos estão rodeadas por zonas que também apresentam maiores números de Viagens realizadas em modos Coletivos e vice-versa.

Levando à rejeição da hipótese nula de aleatoriedade espacial da distribuição das variáveis na Região Metropolitana de Campinas. Tais resultados são robustos, pois os coeficientes são significativos para diversas matrizes de ponderação espacial.

Embora a Matriz de Vizinhança K=4 vizinhos mais próximos apresentou melhor resultado do I de Moran, foi selecionada a matriz de contiguidade Torre por conta da ausência de dados em algumas zonas vizinhas da região e por conta da especificação do Modelo de Regressão Espacial.

Após seleção da Matriz de contiguidade Torre foi gerado o Diagrama de Dispersão de Moran (Figura 20), que demonstra as tendências positivas da autocorrelação espacial. A dispersão das observações das Viagens realizadas em Modos Coletivos mostra que os setores distribuídos nos quadrantes Q1 (valores positivos, médias positivas) e Q2 (valores negativos, médias negativas), apresentam associação espacial positiva. Os demais setores, localizados nos quadrantes Q3 (valores positivos, médias negativas) e Q4 (valores negativos, médias positivas) são setores onde as observações não seguem o mesmo padrão de dependência espacial.

Figura 20: Diagrama de Dispersão de Moran: Viagens por Modos Coletivos



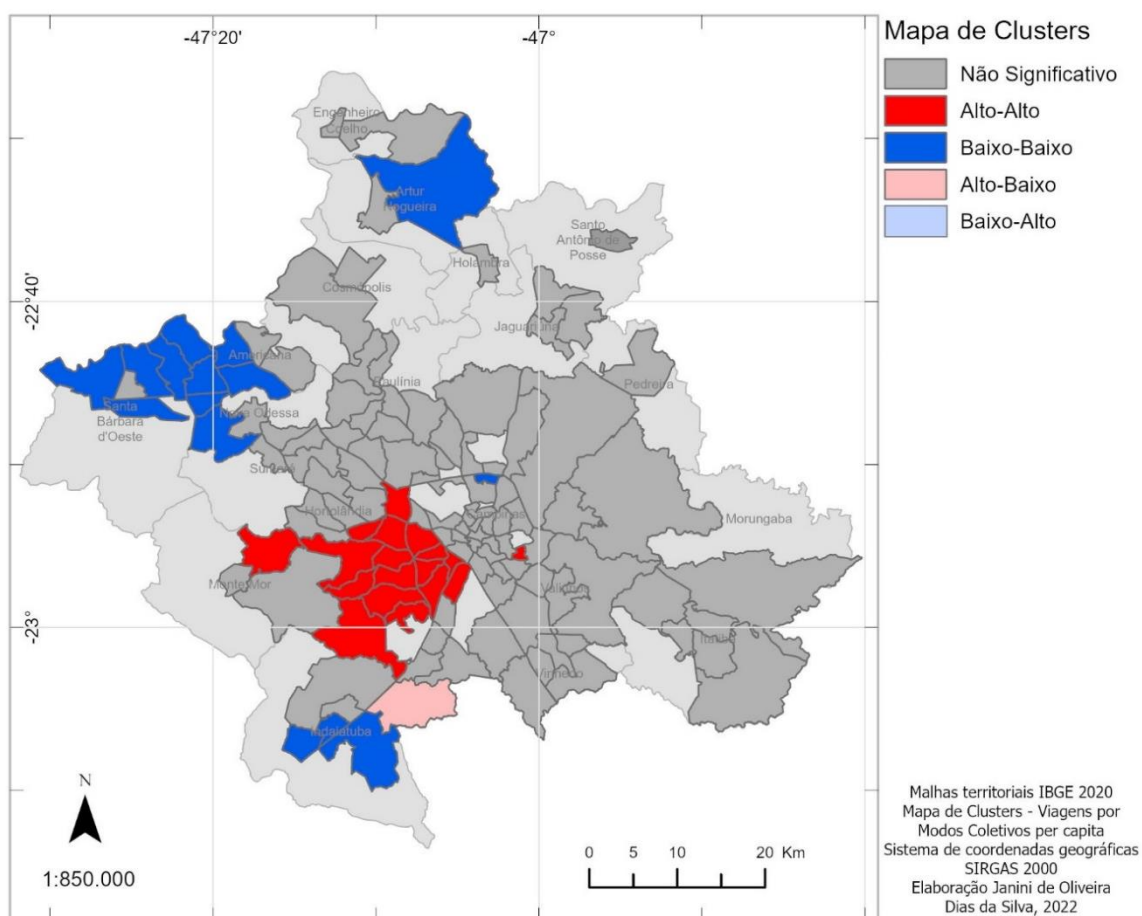
Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

A partir do Diagrama de Dispersão (Figura 20), é gerado o Mapa de Clusters (Figura 21), que apresenta os principais padrões espaciais para o indicador Viagens por Modos Coletivos *per capita*.

Com base neste mapa, observa-se que o padrão alto-alto, representado pelo cluster em vermelho, indica as zonas que apresentam alta incidência de uso de transporte coletivo e que possuem vizinhos que também apresentam altas taxas de uso de transporte coletivo. Essas áreas estão representadas no Mapa de Clusters em vermelho, como padrão alto-alto (valores positivos, médias positivas) e estão localizadas nos municípios de Campinas (sudoeste), Hortolândia e Monte Mor.

Conforme apresentado por Caiado e Pires (2006), a maior parte da população de renda mais baixa da RMC, localiza-se nestes municípios. Ao associar esse fato com os resultados da estatística descritiva e a AEDE, nota-se que são essas zonas que apresentam maiores taxas de uso do transporte coletivo e estão rodeadas por zonas que também apresentam altas taxas de uso dos transportes coletivos.

Figura 21: Mapa de Clusters: Viagens por Modos Coletivos per capita



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Os Clusters baixo-baixo, representados pela cor azul escura, representam as zonas com menor uso do transporte coletivo e estão vizinhas com outras zonas que também apresentam baixo uso destes modais. Observa-se que são zonas localizadas nos extremos da região e representam áreas menos densas e com pouco oferecimento de serviços de transporte coletivo (CAIADO e PIRES, 2006). Com base na AEDE, nota-se que estas zonas estão localizadas nos municípios de Americana, Artur Nogueira, Campinas, Indaiatuba, Nova Odessa e Santa Barbara d'Oeste

A zona destacada em salmão, representa o cluster alto-baixo, ou seja, valores positivos e médias negativas. Contrariando o padrão de associação espacial existente. Isso significa que é uma zona que apresenta uma média de viagens em modos coletivos maior de que as suas zonas vizinhas. Esta zona é pertencente ao município de Indaiatuba e localiza-se próximo ao aeroporto de Viracopos.

Como as observações do quadrante Q4 “baixo-alto” não foram significativas, não houve representação no mapa, que estariam na cor azul-claro. Ou seja, não houveram zonas cujas médias de uso do transporte coletivo tenham sido baixas e as médias das zonas vizinhas tenham sido altas.

Esta análise aponta os principais clusters onde a gestão deve dedicar maior atenção em relação a políticas de incentivo de uma mobilidade sustentável. Nas zonas “baixo-baixo”, onde há baixo aproveitamento dos modos de deslocamento coletivo, deve-se levantar os motivos pelos quais não ocorre esta procura e deve-se desenvolver políticas que aumentem e promovam o maior uso dos sistemas de transporte coletivo.

Já nas zonas “alto-alto”, onde há maior uso dos transportes coletivos, deve-se analisar mais profundamente se os sistemas existentes estão suprimindo as necessidades da população, se os serviços oferecem qualidade, segurança e conforto aos usuários e deve investir em políticas que melhorem as condições deste uso. De forma que a população não migre para outros modais mais poluentes.

4.4. MODELO DE REGRESSÃO

Após a realização da AEDE, foi realizado um teste de correlação entre as variáveis que auxiliou na seleção das variáveis que compuseram o modelo. A variável dependente adotada, foi o indicador Número de Viagens em Modos Coletivos *per capita* (VpH_COL).

Entre as cinco variáveis independentes testadas, todas apresentaram-se significativas para a formação do modelo estimado, são elas: Número de automóveis por zona, Idade Média da Frota, Renda Média Mensal, Número de Viagens em Modos Individuais per capita e Densidade Demográfica.

Foi testado primeiramente o Modelo Clássico que resultou em um baixo parâmetro R^2 , indicando que os modelos espaciais são mais adequados para estimar os dados. Em seguida, foram realizadas diversas permutações entre as variáveis até obter-se o modelo de regressão espacial que apresentou melhor resultado estatístico conforme critérios citados na metodologia.

Para investigar a relação entre indicadores de mobilidade sustentável e o uso do transporte coletivo, a seguinte equação foi definida nas 128 zonas de tráfego:

$$VpH_{COL} = \rho WVpH_{COL} + \beta_1 N_{AUTOS} + \beta_2 ID_{FROTA} + \beta_3 RENDA + \beta_4 VpH_{IND} + \beta_5 D_{DEMO} + \varepsilon \quad (6)$$

Onde:

VpH_COL refere-se ao Número de Viagens em Modos Coletivos *per capita*;

N_AUTO: Número de automóveis por zona;

RENDA: Renda média mensal;

VpH_IND: Número de Viagens em modos Individuais *per capita*;

D_DEMO: Densidade demográfica;

β : coeficiente de regressão;

ε : erros aleatórios com média zero e variância σ^2 constante;

W: matriz de contiguidade;

ρ : coeficiente espacial autoregressivo;

O coeficiente de determinação (R^2) obtido foi de 0,8461, demonstrando que aproximadamente 85% das Viagens em Modos Coletivos são explicadas pelas cinco variáveis independentes aplicadas no modelo.

Os resultados estatísticos de cada uma das variáveis por meio dos testes de probabilidade, estão apresentados conforme o Quadro 6:

Quadro 6 – Resultados Estatísticos das variáveis dependentes do Modelo de Erro Espacial

Variável	Coeficiente	Desvio Padrão	Valor z	Probabilidade
Constante	278,55	1842,82	0,151159	0,87985
N_AUTO	-0,609503	0,269427	-2,26221	0,02368
ID_FROTA	-149,163	98,7271	-1,51086	0,13082
RENDA	1,9468	1,74885	1,11319	0,26563
D_DEMO	1,10578	0,0930814	11,8798	0,00000
VpH_IND	-0,304473	0,076956	-3,95646	0,00008
LAMBDA	0,637043	0,0705789	9,02596	0,00000

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Observou-se que as variáveis Idade Média da Frota e Renda Média não passaram no teste de significância (0,05%), porém são justificadas pela literatura que define que ambas variáveis são fatores fundamentais na escolha dos modais nos deslocamentos diários da população. As demais variáveis independentes foram significativas, ou seja, apresentarem probabilidade menor do que 0,05.

A não-significância da variável Idade Média da Frota demonstra que independentemente da idade dos veículos usados pela população, há ainda uma forte procura por modos de deslocamento individual motorizado, diferentemente do que foi verificado em COSTA (2008).

E a não-significância da variável Renda Média demonstra que uso dos modos de deslocamento individual motorizado é realizado pela população de todas as esferas sociais da Região Metropolitana de Campinas, ou seja, independentemente da renda da população, os modos individuais são a principal escolha para os deslocamentos diários. Resultado diferente do que foi verificado em PEREZ-MARTINEZ, *et. al.* (2022).

A Comparação entre os Modelos de Regressão Espacial e Regressão Linear Múltipla, foi realizada pelo coeficiente de determinação R^2 e pelo Critério de Akaike, conforme Quadro 7.

Quadro 7 – Comparação entre critérios dos Modelos

Modelo	R ²	AIC	I de Moran dos resíduos
Clássico	0,7479	2588,88	0,44
Spatial Lag	0,7965	2566,85	0,22
Spatial Error	0,8461	2542,65	-0,02

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Quando comparado os três modelos, o Modelo do Erro Espacial apresentou o maior valor do R² e o menor valor de Akaike (AIC). Desta forma, o Modelo do Erro Espacial, foi o que melhor modelo que explicou o Número de Viagens em Modos Coletivos *per capita* por dia e, portanto, foi o modelo mais adequado para avaliar os indicadores de mobilidade sustentável na Região Metropolitana de Campinas.

O valor das Viagens por Modos Coletivos tem relação inversa com o Número de Automóveis por Zona, ou seja, ao aumentar uma unidade no Número de Automóveis, o Número de Viagens por Modos Coletivos reduz cerca de 0,61 viagens per capita por zona (DP 0,26 e $p < 0,02$). Esta relação era esperada conforme a literatura, pois indica que haverá uma maior procura por modos coletivos em zonas que apresentarem menores taxas de motorização.

O indicador Idade Média da Frota apresentou que a cada 1 ano a mais na idade média dos automóveis de cada zona, ocorre uma redução de 149 viagens por modos coletivos.

Esta relação não era esperada pela literatura, visto que a obsolescência da frota de veículos individuais deveria indicar uma maior procura por modos coletivos, conforme visto por Costa (2008).

No entanto, assim como foi verificado em um estudo realizado na RMSP, as populações residentes das zonas mais pobres tendem a adquirir automóveis e motocicletas mais antigos para realização de seus deslocamentos diários (PEREZ-MARTINEZ *et. al.*, 2022). Esse resultado reflete a ausência de acesso e qualidade dos sistemas de transportes públicos da região.

A variável Densidade Demográfica apresentou relação positiva com o número de Viagens realizadas em modos Coletivos, mostrando que a cada 1 pessoa por km², há o aumento de 1,10 viagens por modo coletivo por zona (DP 0,09 $p < 0,00$). Relação

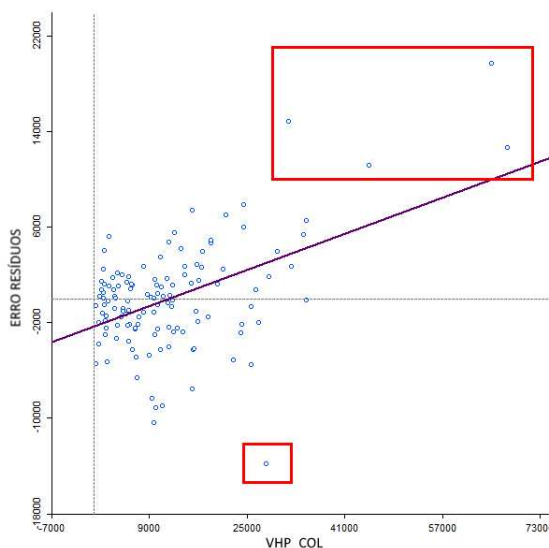
esperada pela literatura e confirmada pelo modelo, ou seja, quanto mais densa a zona, mais haverá procura por modos coletivos de deslocamento.

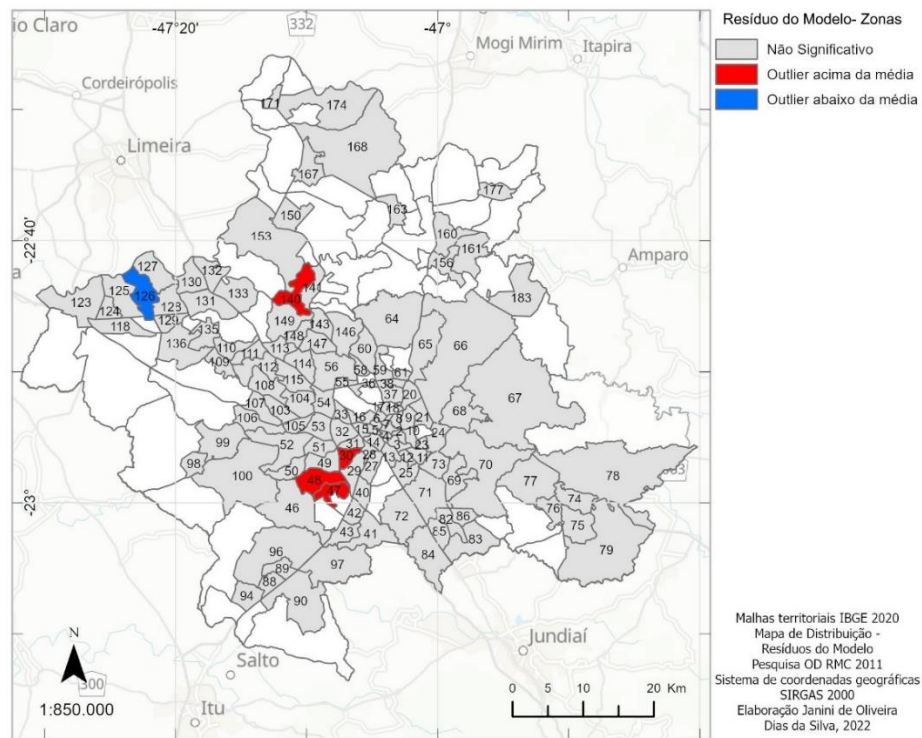
O indicador Número de Viagens por Modos Individuais apresenta uma relação inversa com a variável dependente, apresentando uma redução de aproximadamente 0,30 Viagens por Modos Coletivos a cada uma Viagem em Modo Individual (DP 0,07 e $p < 0,00$). Relação confirmada pela literatura e pelo modelo, ou seja, nas zonas que houver maior uso de transporte individual, haverá menor procura pelo transporte coletivo.

Em relação aos resíduos, o Modelo Spatial Error (SEM) apresentou-se significativo, porém confirma a existência de heterocedasticidade nos resíduos (Figura 22). Verifica-se a presença de outliers que não foram bem ajustados pelo modelo espacial e que demandam de análises específicas para estas observações.

As observações acima da média se localizam nos municípios de Campinas e Paulínia (representadas em vermelho) e a zona abaixo da média se localiza no município de Santa Bárbara D'Oeste (representada em azul).

Figura 22: Gráfico e Mapa dos resíduos do Modelo de Regressão

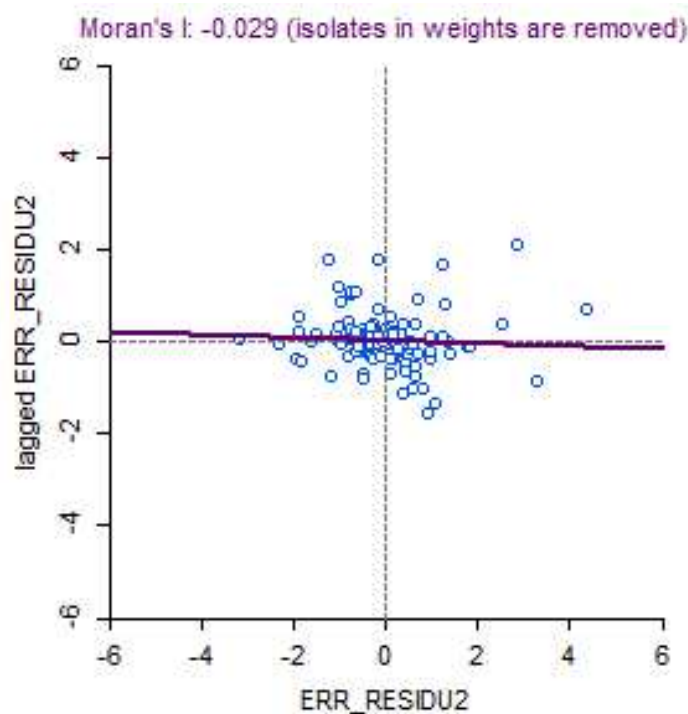




Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Em relação aos resíduos do modelo Spatial Lag, o I de Moran não foi significativo, resultando em um valor muito próximo a zero ($-0,02$ $p < 0,4$), conforme figura 23, ou seja, o efeito da autocorrelação espacial foi extinguido.

Figura 23: Diagrama de Dispersão de Moran: Resíduos do Modelo SEM.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

O Modelo de Regressão Spatial Error (SEM), considera que a dependência espacial está relacionada com variáveis externas ao modelo, ou seja, que não foram incluídas ao modelo. Neste sentido, considera-se que variáveis relacionadas com a cobertura dos serviços de transporte coletivo poderiam melhorar no ajuste do modelo e na especificação da variável dependente.

Com base nos resultados gerais dos indicadores, a Densidade Demográfica foi o principal fator que afetou no Número de Viagens por Modos Coletivos *per capita*, o que confirma que o maior uso dos modais coletivos acontece nas zonas mais densas da RMC. Que ficam localizadas nos municípios de Campinas, Hortolândia, Monte Mor, Sumaré e Paulínia, nos eixos 1 e 2, conforme Caiado e Pires (2006).

Neste sentido, a oferta dos modos de deslocamentos coletivos fica restrita apenas para estas zonas mais densas, fazendo com que a população residente das zonas menos densas tenha que recorrer a modos individuais de deslocamento.

Desta forma, é importante que políticas públicas, voltadas para a promoção e eficiência dos modos de transportes coletivos e sustentáveis, sejam desenvolvidas para acessar a população das zonas menos densas. De modo a incentivar um maior uso de modos de deslocamento sustentável em toda a região e não apenas nas áreas mais populosas.

E pensando também, em maior qualidade dos serviços oferecidos a população, com foco no conforto, segurança, acessibilidade e tarifas justas. Que serão atrativos para a escolha do modal coletivo nos deslocamentos diários. E visarão uma mobilidade mais sustentável em todas as dimensões.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo abordou uma análise estatística espacial que ajudou a identificar a influência de indicadores de mobilidade sustentável no uso dos transportes coletivos nas 128 zonas de tráfego da Região Metropolitana de Campinas.

A principal limitação foi a ausência de dados da Pesquisa Origem Destino de 2011, para 57 das 185 zonas de tráfego definidas para a RMC, o que dificulta a estimação dos modelos, uma vez que a metodologia se baseia na dependência espacial entre zonas vizinhas. Além da atualização da base de dados cuja pandemia de COVID19 atrasou a aplicação da pesquisa.

Este estudo considera alguns fatores que incentivam o uso dos modos de deslocamento coletivo. O método utilizado se mostrou eficaz para gestão e planejamento da mobilidade urbana regional, pois foi capaz de identificar as áreas com maiores e menores incidências do uso do transporte coletivo, de forma que seja possível desenvolver políticas públicas voltadas para estas áreas pensando na promoção da mobilidade sustentável.

O resultado confirmou que o Modelo Erro Espacial ou Spatial Error Model (SEM) alcançou a maior qualidade de ajuste dentre os outros modelos. O desempenho do SEM pode variar em diferentes regiões em resposta a diferentes variáveis. Este estudo pode ser útil para futuras pesquisas que busquem estimar outras variáveis de mobilidade sustentável.

O indicador Densidade Demográfica foi o indicador mais significativo no modelo, que indica que o maior número de viagens realizadas por modos coletivos per capita, ocorrem principalmente nas zonas mais densas, localizadas nos municípios de Campinas, Hortolândia, Monte Mor, Sumaré e Paulínia (zona sudoeste). Situadas entre os eixos 1 e 2, ou seja, Rod. Francisco Aguirre Proença (SP -101) e Rod. Anhanguera (SP- 330) respectivamente, conforme Caiado e Pires (2006).

A não-significância das variáveis Idade Média da Frota e Renda Média Mensal, demonstram que o uso dos modos individuais e motorizados de deslocamento, continuam sendo a principal escolha da população da Região Metropolitana de Campinas, independentemente da idade da frota e do grupo social.

A análise verificou a alta dependência do uso de veículos individuais, tanto por conta do processo de ocupação e expansão urbana, que pressiona seu uso nos deslocamentos diários da população, quanto questões culturais do país que

sucateiam os sistemas coletivos e estimulam, por meio de incentivos fiscais, o uso de uma frota mais antiga.

Este resultado reafirma questões estruturais que estimulam o uso dos modos individuais motorizados sob quaisquer circunstâncias, até mesmo quando a população reside em áreas que possibilitem o deslocamento por modos ativos (não-motorizados).

Foi verificado que devido à importância socioeconômica da região e da gravidade dos problemas abordados neste trabalho, é de extrema urgência que as gestões dos municípios que compõe a RMC trabalhem em conjunto buscando satisfazer as demandas de mobilidade existentes, de forma que minimizem a sobrecarga do sistema viário e implementem soluções mais atraentes, acessíveis, seguras e sustentáveis para a população.

Diante dos desafios relacionados ao planejamento da mobilidade urbana, a disponibilidade de dados precisos é essencial para a obtenção dos indicadores. Pois há lacunas entre os dados existentes e os dados necessários para uma avaliação mais completa da mobilidade da região. Portanto, deve-se melhorar, padronizar e expandir os métodos de coleta de dados relacionados ao transporte, para que se possa realizar levantamentos mais detalhados que apoiarão o planejamento da mobilidade.

Desta forma, é imprescindível que a coleta de dados da Pesquisa Origem Destino seja atualizada com as zonas que não foram consideradas nas edições anteriores, bem como o município de Morungaba. Desta forma, novos estudos e análises poderão ser desenvolvidos dando continuidade a estas análises.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se para as próximas edições da Pesquisa OD, que sejam incorporados dados relacionados com os gastos médios diários com deslocamentos, segurança, qualidade do ar e a oferta dos serviços de transporte coletivo.

A partir dos resultados e conclusões alcançadas neste estudo, recomenda-se para trabalhos futuros o ajuste de modelos que incorporem novas variáveis, tanto quantitativas como qualitativas e, de preferência, com dados mais atualizados. Este método pode ser aplicado também para outras regiões com características e dados semelhantes.

6. REFERÊNCIAS

- ACSELRAD, H. Discursos da Sustentabilidade Urbana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, n.1, p.79-90, 1999.
- ALMEIDA, Eduardo. **Econometria espacial aplicada**. Campinas: Ed. Alínea, 2012. 498 p.
- ALMEIDA, S. C. C.; GONÇALVES, L. M. Indicadores de Sustentabilidade Urbana: panorama das principais ferramentas utilizadas para gestão do desenvolvimento sustentável. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 11, n. 22, 2018.
- ANSELIN, L. **SpaceStat Tutorial: A workbook for using SpaceStat in the Analysis of Spatial Data**. Santa Barbara – California: National Center for Geographic Information and Analysis – University of California, 1992.
- ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association – LISA. **Geographic Analysis**, v.27, p. 91-114, 1995.
- ANSELIN, L. The Moran Scatterplot as an ESDA Tool to Assess Local Instability in Spatial Association. In M. Fischer, H. Scholten, and D. Unwin (Eds.). **Spatial Analytical Perspectives on GIS**. London: Taylor and Francis, 1996: p.111–125.
- ANSELIN, L. **Spatial Econometrics**. Discussion paper. Bruton Center, School of Social Sciences, University of Texas at Dallas, 1999.
- ANSELIN, L. Thirty years of spatial econometrics. **Papers in Regional Science**, vol. 89, n. 1, pp. 3-25, mar. 2010. Disponível em: doi:10.1111/j.1435-5957.2010.00279.x.
- BAENINGER, R. Região Metropolitana de Campinas: expansão e consolidação do urbano paulista. **Migração e ambiente nas aglomerações urbanas**, v. 1, p. 319-348, 2001.
- BANISTER, David; LICHFIELD, Nathaniel. The key issues in transport and urban development. In: **Transport and urban development**. Routledge, 2003. p. 11-26.
- BANISTER, D. The Sustainable Mobility Paradigm. **Transp Policy** 2008, 15, 73–80
- BRASIL. Lei nº. 10.257, de 10 de julho de 2001. **Institui o Estatuto da Cidade**, 2001
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Política nacional de mobilidade urbana sustentável**. In: Cadernos MCidades – Mobilidade Urbana. 2004.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Caderno PlanMob: para orientação aos órgãos gestores municipais na elaboração dos Planos Diretores de Mobilidade Urbana**. Brasília. 2007
- BRASIL. Lei nº 12.587, de 03 de janeiro de 2012. **Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana**; PNMU, 2012
- BRASIL. Lei nº. 13.089, de 12 de janeiro de 2015. **Institui o Estatuto da Metrópole**, 2015
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. Secretaria de Planejamento e Assuntos Econômicos. **Indicadores: Orientações Básicas Aplicadas à Gestão Pública**. Coordenação de documentação e Informação – Brasília: MP, 2018
- BRASIL. Departamento Nacional de Trânsito. **Frota de Veículos**. 2021

BOARETO, R. A Mobilidade Urbana Sustentável. **Revista Dos Transportes Públicos – ANTP** - v. 25, n. 100, p. 45-56, 2003.

BOARETO, R. A Política De Mobilidade Urbana E A Construção De Cidades Sustentáveis. **Revista dos Transportes Públicos – ANTP** - Ano, v. 30, p. 31-2008, 2008.

CAIADO, M. C. S.; PIRES, M. C. S. Campinas Metropolitana: Transformações Na Estrutura Urbana Atual e Desafios Futuros. Novas Metrôpoles Paulistas: População, Vulnerabilidade e Segregação. **Campinas: Nepo/Unicamp**, p. 275-304, 2006.

CAIADO, M. C. S. O padrão de urbanização brasileiro e a segregação espacial da população na Região de Campinas: o papel dos instrumentos de gestão urbana. **XI Encontro Nacional de Estudos Populacionais da ABEP**. Anais, p. 457-488, 2016.

CAMPINAS. Secretaria Municipal de Planejamento e Urbanismo. **Histórico da Região Metropolitana de Campinas**. Campinas, 2014.

CARDOSO, C. E. P. Acessibilidade: Alguns conceitos e indicadores. **Revista dos Transportes Públicos – ANTP** - Ano, v. 29, p. 4^o, 2006.

CARVALHO, C. H. R. **Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros**. Texto para Discussão, No. 1606, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília. 2011.

CARVALHO, C. H. R.; PEREIRA, R. H. M. **Efeitos da variação da tarifa e da renda da população sobre a demanda de transporte público coletivo urbano no Brasil**. (Texto para Discussão, n. 1595). Brasília: Ipea, 2011.

CARVALHO, C. H. R. Mobilidade Urbana: avanços, desafios e perspectivas. **O Estatuto da Cidade e a Habitat III**: um balanço de quinze anos da política urbana no Brasil e a Nova Agenda Urbana. Brasília: IPEA, p. 345-361, 2016a.

CARVALHO, C. H. R. **Mobilidade urbana sustentável: conceitos, tendências e reflexões**. 2016. (Texto para Discussão, n. 2194). Brasília: Ipea, 2016b.

CARVALHO, C. H. R. **Desafios da mobilidade urbana no Brasil**. Texto para discussão, 2016c.

CARVALHO, C. O.; BRITO, F. L. Mobilidade urbana: conflitos e contradições do direito à cidade. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 103-132, jan./jun. 2016. doi: 10.7213/rev.dir.econ.socioambienta.07.002.AO06. 2016.

CNT. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Relatório Gerencial: Pesquisa CNT de rodovias 2021**. CNT: SEST: SENAT, 2021.

COELHO, F. Direito à cidade e mobilidade urbana: reinventando o modal bicicleta. **Revista do Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro** nº, v. 75, p. 53, 2020.

CONTADOR, C. R.; OLIVEIRA, N. Estatísticas da dor e da perda do futuro: novas estimativas. **Centro de Pesquisa e Economia do Seguro** - CPES, Texto de Pesquisa 02, v. 2, 2015.

COSTA, M. S. **Um Índice de Mobilidade Urbana Sustentável**. 274 f. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 2008.

COSTA, P. D. S. R. **Os espaços ferroviários de Campinas: (re) leituras contemporâneas**. 2010. 120 p. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) - Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2010.

COSTA, P. B.; NETO, GC Morais; BERTOLDE, A. I. Urban mobility indexes: A brief review of the literature. **Transportation Research Procedia**, v. 25, p. 3645-3655, 2017.

CPDS – COMISSÃO DE POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DA AGENDA 21 NACIONAL. **Agenda 21 brasileira: ações prioritárias**. Brasília, DF: MMA: PNUD, 2002.

CSD. COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1992

DENATRAN. Departamento Nacional de Trânsito – Sistema Nacional de Registro de Veículos – RENAVAM; Sistema Nacional de Estatística de Trânsito – Sinet. Ministério das Cidades.

EMDEC. (2015). **Corredores BRT: Nova Proposta de Implantação**. Caixa Econômica Federal. Campinas: EMDEC.

FORNARO, A. Águas de chuva: conceitos e breve histórico. Há chuva ácida no Brasil? **Revista USP**, n. 70, p. 78-87, 2006.

GALLOPÍN, G. C. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A systems approach. **Environmental Modeling and Assessment** 1. 1996.

GEHL, J. **Cidades para pessoas**. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013

GILLIS, D.; SEMANJSKI, I.; LAUWERS, D. How to Monitor Sustainable Mobility in Cities? Literature Review in the Frame of Creating a Set of Sustainable Mobility Indicators **Sustainability**. 2016, 8, 29; doi:10.3390/su8010029

GOMIDE, A. A. Mobilidade Urbana, Iniquidade e Políticas Sociais. **Políticas Sociais: Acompanhamento E Análise**, 12, 242-250. 2006.

GUDMUNDSSON, Henrik *et al.* **Sustainable transportation: Indicators, frameworks, and performance management**. 2016.

HABERMAS, J.; LENNOX, S.; LENNOX, F. The public sphere: An encyclopedia article (1964). **New German Critique**, n. 3, p. 49-55, 1964.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de orçamentos familiares 2018: primeiros resultados**. Rio de Janeiro. 2019

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades**. 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro, 2002; 2004; 2008; 2010; 2012; 2015.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Mobilidade urbana no Brasil. In: **Infraestrutura social e urbana no Brasil**: subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas. Brasília: Ipea. 2010. p. 549-592. Disponível em: <<http://goo.gl/oEFuzx>>.

ITDP. **Cidade e Movimento: Mobilidades e Interações no Desenvolvimento Urbano**. Organizadores: Renato Balbim, Cleandro Krause, Clarisse Cunha Linke. Brasília: Ipea: ITDP, 2016.

ITDP. Instituto de Política de Transportes e Desenvolvimento. **MobiliDADOS**. 2017. Disponível em:

KARJALAINEN, L. E.; JUHOLA, S. Urban transportation sustainability assessments: a systematic review of literature. **Transport Reviews**, v. 41, n. 5, p. 659–684, 3 set. 2021.

LITMAN, T. **Sustainable transportation indicators: a recommended research program to define a standard set of indicators for sustainable transportation planning**. Transportation Research Board Annual Meeting, 2008.

LEVIN, K.; BOEHM, S.; CARTER, R. 6 Big Findings from the IPCC 2022 Report on Climate Impacts. **Adaptation and Vulnerability**. 2022.

LOURO, A.; COSTA, N. M. Indicadores de Transporte e Mobilidade Urbana para as Cidades Saudáveis—Caso da Área Metropolitana de Lisboa, Portugal. **Geo Uerj**, n. 30, p. 99-121, 2017.

LUFT, R. M. Planejamento e Financiamento da Mobilidade Urbana Na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. **Geo UERJ**. Rio de Janeiro, n. 36. 2020. DOI: 10.12957/geouerj.2020.48415

MACHADO, L. **Índice de Mobilidade Sustentável para avaliar a qualidade de vida urbana: estudo de caso Região Metropolitana de Porto Alegre-RMPA**. Dissertação de Mestrado. UFRGS. 2010.

MAGAGNIN, R. C.; SILVA, A. N. R. A percepção do especialista sobre o tema mobilidade urbana. **Rev. Transportes**, v. XVI, n. 1, p. 25-35, junho 2008.

MAGAGNIN, R. C. Cidades Sustentáveis: O planejamento da infraestrutura urbana para a circulação de ciclistas. Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo: **Contexto Contemporâneo e Desafios**, v. 1, p. 23-36, 2011.

MAGALHÃES, M. T. Q. **Metodologia para Desenvolvimento de Sistemas de Indicadores: Uma Aplicação no Planejamento e Gestão da Política Nacional de Transportes**. Dissertação de Mestrado, Publicação T.DM-015A/2004, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 135p. 2004

MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI JR, A.; COUTINHO, S. M. V. Agenda 21 nacional e indicadores de desenvolvimento sustentável: contexto brasileiro. **Saúde e Sociedade**, v. 17, n. 1, p. 7-20, 2008.

MARCHINI, D. M. F.; BALDUCCI, M. L. S. O ramal ferroviário da companhia paulista de estradas de ferro de Piracicaba: aspectos de sua história desde a idealização até as instalações remanescentes no município de Nova Odessa—SP. **Revista Tecnológica da Fatec Americana**, vol. 07, n. 02, abril/setembro de 2019.

MARICATO, E. **Metrópole na periferia do capitalismo: ilegalidade, desigualdade e violência**. Editora Hucitec, 1996.

MEIRA, L. H.; ANDRADE, M. O.; LIMA, J.H. Conceito de velocidade efetiva social como argumento de reforço à implantação de políticas de mobilidade urbana sustentável no Brasil. **Rev. Transportes**. V.25 n.2. 2017.

MENDES, A. A. Condomínios industriais e empresariais no Brasil. A indústria automobilística e os novos espaços produtivos em Campinas (SP). **Finisterra**, v. 49, n. 97, 2014.

MIRANDA, H. F. (2010) **Mobilidade urbana sustentável e o caso de Curitiba**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010.

MIRANDA, R. C. da R. "O uso da informação na formulação de ações estratégicas pelas empresas". **Ciência da Informação**, Brasília, v.28, n.3, p.284-290, set./dez. 1999

MONTEIRO, E. Z. *et. al.* O estudo da morfologia urbana na Região Metropolitana de Campinas. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 12, 2020.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. **Estatística básica**. Saraiva Educação SA, 2017.

NUNES DA SILVA, F. Políticas urbanas para uma mobilidade sustentável: do diagnóstico às propostas. **GeolNova**, n. 10, p. 157-174, 2004.

OECD. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Environmental Indicators: Development, measurement and use**. OECD, Paris. 2008

PEREIRA, H. M. R. *et. al.* **Tendências e Desigualdades da Mobilidade Urbana no Brasil I: O Uso Do Transporte Coletivo E Individual**. Texto para Discussão nº 2673. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Brasília. ISSN 1415-4765. 2021.

PEREZ-MARTINEZ, P. J.; ANDRADE, M. F.; MIRANDA, R. M. Traffic-related air quality trends in São Paulo, Brazil. 2015. **J. Geophys. Res. Atmos.**, 120, 6290–6304, doi:10.1002/2014JD022812.

PÉREZ-MARTÍNEZ, P. J. *et al.* Long-term commuting times and air quality relationship to COVID-19 in São Paulo. **Journal of Transport Geography**, p. 103349, 2022.

PERO, V.; STEFANELLI, V. A Questão Da Mobilidade Urbana Nas Metrôpoles Brasileiras. **Rev. Econ. Contemp.**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, p. 366-402, set-dez/2015

PETROBRÁS. Refinaria de Paulínia (Replan). Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossasatividades/principais-operacoes/refinarias/refinaria-de-paulinia-replan.htm>>

PRADO, A. L. Desenvolvimento Urbano Sustentável: de Paradigma a Mito. **Oculum ens**. Campinas. v. 12, n. 1, p.83-97. Janeiro-junho/2015.

QUEIROZ, P.G. M.; JACOMINO, V. M. F.; MENEZES, M. A. B. C. Composição elementar do material particulado presente no aerossol atmosférico do município de Sete Lagoas, Minas Gerais. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1233-1239, 2007.

RIBEIRO, F. H. S. **Expansão Urbana e Mobilidade: Planejando Cidades Multimodais**. 2017. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, PUC-Campinas, Campinas, 2017.

RODRIGUES, J. M. (coordenador). **Mapa da motorização individual no Brasil: relatório 2019**. Rio de Janeiro: UFRJ; 2019.

ROVÊDO, T. Com obras atrasadas, BRT de Campinas se desmancha e irrita população. Disponível em: <<https://correio.rac.com.br/campinasermc/com-obras-atrasadas-brt-de-campinas-se-desmancha-e-irrita-populac-o-1.1248013>>.

RUBIM, B.; LEITÃO, S. O plano de mobilidade urbana e o futuro das cidades. Transporte Público. **Estud. av.**, v.79, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142013000300005>

SANTOS, R. T. *et al.* Demanda por investimentos em mobilidade urbana no Brasil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.41, p. [79]-134, mar. 2015.

SANTOS JR, W. R.; PROENÇA, A. D. A. A infraestrutura rodoviária e a urbanização regional contemporânea no território paulista: o caso do corredor urbano Campinas-Sorocaba, Brasil. **EURE** (Santiago), Santiago, v. 46, n. 138, p. 235-256, maio, 2020.

SÃO PAULO. Lei Complementar nº 870, de 19 de junho de 2000. **Cria a Região Metropolitana de Campinas, o Conselho de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Campinas e autoriza o Poder Executivo a instituir entidade autárquica, a constituir o Fundo de Desenvolvimento Metropolitano da Região de Campinas, e dá providências correlatas.** São Paulo, Palácio dos Bandeirantes, 2000.

SÃO PAULO. Lei Complementar nº 1234, de 13 de março de 2014. **Integra na Região Metropolitana de Campinas o Município de Morungaba.** São Paulo, Palácio dos Bandeirantes, 2014.

SÃO PAULO. Secretaria dos Transportes Metropolitanos. **Pesquisa de Origem e Destino da Região Metropolitana de Campinas**, São Paulo/SP, abr. 2012

SÃO PAULO. **Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana de Campinas.** PDUI RMC. Estado. 2018

SALLIS, J. F. *et al.* Use of science to guide city planning policy and practice: how to achieve healthy and sustainable future cities. **The lancet**, v. 388, n. 10062, p. 2936-2947, 2016.

SARMIENTO, O. L. *et al.* Urban transformations and health: methods for TrUST—a natural experiment evaluating the impacts of a mass transit cable car in Bogotá, Colombia. **Frontiers in public health**, v. 8, p. 64, 2020.

SEABRA, L. O. *et. al.* Sustentabilidade em transportes: do conceito às políticas públicas de mobilidade urbana. **Revista dos Transportes Públicos-ANTP**-Ano, v. 35, p. 137-146, 2013.

SILVA, E. T. Mobilidade espacial e desastres ambientais: Elementos da relação população e ambiente no contexto urbano. **Anais do XVIII ENANPUR**, Encontro Nacional Da Associação Nacional De Pós-Graduação e Pesquisa Em Planejamento Urbano e Regional. Natal. 2019.

TISCHER, V. (2019). O custo social e econômico dos acidentes de trânsito com pedestres e ciclistas: estudo de caso do estado de Santa Catarina, Brasil. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 11, e20180029. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.001.AO12>

TOBLER, Waldo Rudolph. A computer movie simulating urban growth in the Detroit Region. **Economic Geography**, vol 46, Proceedings. Internation Geographical Union. Comissiono n Quantitative Methods, jun. 1970, pp. 234-240.

VAN BELLEN, H. M. Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação. **Cadernos eBAPE**. Br, v. 2, n. 1, p. 01-14, 2004.

VASCONCELLOS, E. A. **Transporte Urbano, Espaço e Equidade: análise das políticas públicas.** São Paulo: Annablume, 2001.

VASCONCELLOS, E. A. **Mobilidade urbana: O que você precisa saber.** Editora Companhia das Letras, 2013.

WBCSD. **Methodology and Indicator Calculation Method for Sustainable Urban Mobility.** World Business Council for Sustainable Development: Geneva, Switzerland. 2020.

WBCSD. **Sustainable Mobility Project: Mobility Decarbonization;** World Business Council for Sustainable Development: Geneva, Switzerland, 2021