



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

DANAÊ FERNANDES

**CIDADES CICLÁVEIS:**  
CORRELAÇÕES ENTRE AMBIENTE CONSTRUÍDO E O  
TRANSPORTE POR BICICLETA

DANAÊ FERNANDES

**CIDADES CICLÁVEIS:**  
CORRELAÇÕES ENTRE AMBIENTE CONSTRUÍDO E O  
TRANSPORTE POR BICICLETA

Dissertação apresentada ao Programa Associado de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo UEL/UEM, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Milena Kanashiro  
Co-orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mariana Ragassi Urbano

Londrina  
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

F363ci Fernandes, Danaê.  
Cidades cicláveis : correlações entre ambiente construído e o transporte por bicicleta / Danaê Fernandes. - Londrina, 2020.  
123 f. : il.

Orientador: Milena Kanashiro.  
Coorientador: Mariana Ragassi Urbano.  
Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2020.  
Inclui bibliografia.

1. Arquitetura - Tese. 2. Planejamento urbano - Tese. 3. Viagens em bicicleta - Tese. I. Kanashiro, Milena . II. Urbano, Mariana Ragassi. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Tecnologia e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. IV. Título.

CDU 711/72

DANAÊ FERNANDES

**CIDADES CICLÁVEIS:**  
CORRELAÇÕES ENTRE AMBIENTE CONSTRUÍDO E O  
TRANSPORTE POR BICICLETA

Dissertação apresentada ao Programa Associado de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo UEL/UEM, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Arquitetura e Urbanismo.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Milena Kanashiro.  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Renato Leão Rego  
Universidade Estadual de Maringá - UEM

---

Prof. Dr. Nuno Marques da Costa  
Universidade de Lisboa - IGOT

Londrina, 6 de março de 2020.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, por me darem o sonho e as condições necessárias para que seguisse seus passos como pesquisadora.

A todos os professores do Centro de Tecnologia e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina, que, de alguma forma, contribuíram para a elaboração deste trabalho, seja na graduação ou no mestrado.

Agradeço especialmente minha orientadora Milena Kanashiro, coorientadora Mariana Ragassi Urbano e a aluna de iniciação científica Isabela Guilherme Silva. Mais do que companhia no trabalho, a amizade é inestimável.

Aos professores Renato Leão Rego e Nuno Marques da Costa, que enriqueceram imensamente esta produção.

Ao fértil mergulho interdisciplinar propiciado por professores de diversas áreas do conhecimento, Ideni Terezinha Antonello, Marciel Lohman, Mathias Loch, Guilherme Bracarense Filgueiras.

À toda Equipe MF Urb pelo apoio e compreensão.

À CAPES, pela bolsa de mestrado.

Ao ciclismo de estrada, minha paixão.

FERNANDES, Danaê. **Cidades cicláveis**: correlações entre ambiente construído e o transporte por bicicleta. 2020. 123 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## RESUMO

Diante de preocupações quanto a sustentabilidade das cidades e à saúde de seus habitantes, fazem-se necessários os esforços no sentido de compreender os deslocamentos não motorizados no meio urbano. Assim, o presente trabalho tem como objetivo principal encontrar correlações entre as variáveis de elementos construídos no ambiente urbano que contribuem para o transporte por bicicleta. Para isso, foram realizados dois estudos de caso complementares, sendo Rolândia-PR o estudo principal, por apresentar adesão ao transporte por bicicleta quatro vezes superior à média nacional para cidades de porte semelhante. Para a comparação, foram utilizados dados do município vizinho, Cambé-PR, que apresenta uma adesão ao deslocamento por bicicleta próxima à estimativa da distribuição modal padrão do Brasil, com 5% do total de viagens. Com o pressuposto de que a forma urbana influencia a escolha do transporte por bicicleta, a investigação foi conduzida pela abordagem correlacional. Valendo-se de testes estatísticos inferenciais, as variáveis objetivas, apontadas pela revisão de literatura, foram analisadas em meso e macro escalas. Por meio dos testes utilizados, não foram detectadas diferenças significativas na forma urbana de Rolândia que justificassem a alta adesão ao modo de transporte estudado. Entretanto, verificou-se a relação direta entre a sintaxe espacial, nas medidas de escolha e integração, e a ocorrência de acidentes com bicicleta. Com isso, expõe-se a possibilidade de utilização da sintaxe espacial como ferramenta analítica na identificação de rotas para a implantação de novas infraestruturas cicláveis, de forma a oferecer subsídios para políticas públicas voltadas ao desenvolvimento do modo ciclovitário em cidades brasileiras.

**Palavras-chave:** Ciclabilidade. Planejamento urbano. Forma urbana. Sintaxe espacial.

FERNANDES, Danaê. **Bikeable cities**: correlations between built environment and bicycle transportation. 2020. 123 p. Dissertation (Master in Architecture and Urbanism) - State University of Londrina, Londrina, 2020.

## ABSTRACT

Faced with concerns about the sustainability of cities and the human health, efforts to understand non-motorized travel in the urban environment are necessary. Thus, the present work has as main objective to identify correlations between the variables of elements on built environment that contribute to urban transport by bicycle. For this, two complementary case studies were carried out, with Rolândia-PR being the main study, as it showed adherence to transport by bicycle four times higher than the national average for cities of similar size. For the comparison, data were used from the nearby city, Cambé-PR, which has a bicycle commuting rate close to the estimate of the standard modal distribution in Brazil, with 5% of the total trips. With the assumption that the urban form influences the choice of transport by bicycle, the investigation was conducted by the correlational approach. Using inferential statistical tests, the objective variables, identified by the literature review, were analyzed on meso and macro scale. Through the tests used, no significant differences were detected in the urban form of Rolândia that justified the high adherence to the mode of transport studied. However, there was a direct relationship between spatial syntax, through measures of choice and integration, and the occurrence of accidents with bicycles. With this, the possibility of using spatial syntax as an analytical tool in the identification of routes for the implantation of new cycling infrastructures is exposed, in order to offer subsidies for public policies aimed at the development of bicycle transport in Brazilian cities.

**Key words:** Bikeability. Urban planning. Urban networks. Space syntax.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Delineamento da pesquisa.....	16
<b>Figura 2</b> - Etapas da revisão bibliográfica .....	19
<b>Figura 3</b> - Domicílios com registro de viagem por bicicleta .....	43
<b>Figura 4</b> - Sobreposição de viagens da pesquisa OD .....	44
<b>Figura 5</b> - Exemplo de viagem de bicicleta no Strava.....	45
<b>Figura 6</b> - Exemplo de planilha com informações geradas com associação das viagens em formato .gpx e Strava Labs .....	45
<b>Figura 7</b> - Cadastro de unidades residenciais no município .....	46
<b>Figura 8</b> - Exemplo de buffer crow-fly .....	47
<b>Figura 9</b> - Exemplo de buffer crow-fly utilizado no estudo .....	47
<b>Figura 10</b> - Base de lotes com cadastro de informações contidas no buffer crow-fly para análise via geoprocessamento em ArcGis.....	48
<b>Figura 11</b> - Mapa de áreas de influência dos domicílios com registro de viagens por bicicleta e acidentes .....	49
<b>Figura 12</b> - Valor NACH para análise angular de segmentos .....	50
<b>Figura 13</b> - Interface do programa Dephtmap .....	51
<b>Figura 14</b> - Pontos de ocorrências de acidentes .....	51
<b>Figura 15</b> - Área urbana dos municípios estudados .....	54
<b>Figura 16</b> - Município de Rolândia.....	57
<b>Figura 17</b> - Densidade habitacional por setor censitário do IBGE e viagens intermunicipais por bicicleta .....	62
<b>Figura 18</b> - Sobreposição de viagens de bicicleta e altimetria em Cambe .....	70
<b>Figura 19</b> - Sobreposição de viagens de bicicleta e altimetria em Rolândia.....	72
<b>Figura 20</b> - Comparação de valor NACH entre vias intermunicipais e ciclovia segregada .....	80
<b>Figura 21</b> - Linha de desejo da pesquisa origem-destino no modo bicicleta ....	88
<b>Figura 22</b> - Linha de desejo da pesquisa origem-destino no modo a pé .....	89
<b>Figura 23</b> - Linha de desejo da pesquisa origem-destino no modo ônibus.....	90
<b>Figura 24</b> - Sobreposição de rotas de ônibus e geração de viagens de bicicleta .....	91
<b>Figura 25</b> - Sobreposição dos pontos de ocorrência de acidentes com bicicletas e valores de escolha angular T1024_Choice.....	97

<b>Figura 26</b> - Sobreposição dos pontos de ocorrência de acidentes com bicicletas e valores de integração angular T1024_Integration .....	98
<b>Figura 27</b> - Sobreposição de carregamento de rotas de bicicleta e valores NACH.....	99
<b>Figura 28</b> - Vias estudadas.....	100
<b>Figura 29</b> - Mapa de medida choice e volume de contagem de ciclistas em Cambridge.....	102
<b>Figura 30</b> - Mapa de medidas NACH e volume de contagens de ciclistas em Rolândia .....	103
<b>Figura 31</b> - Buffers contendo o maior número de registro de viagens por bicicleta .....	104
<b>Figura 32</b> - Mapeamento de áreas de influência por polígonos de Voronoi ...	107
<b>Figura 33</b> - Área de influência com maior registro de acidentes.....	109

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Distribuição das viagens de bicicleta em Cambé, por distância.....	64
<b>Gráfico 2</b> - Distribuição das viagens de bicicleta em Rolândia, por distância ..	64
<b>Gráfico 3</b> - Diagrama de caixa com a distribuição das viagens nos diferentes municípios, por distância.....	65
<b>Gráfico 4</b> - Distribuição das viagens de bicicleta em Cambé, por tempo .....	66
<b>Gráfico 5</b> - Distribuição das viagens de bicicleta em Rolândia, por tempo .....	67
<b>Gráfico 6</b> - Diagrama de caixa com a distribuição das viagens nos diferentes municípios, por tempo .....	67
<b>Gráfico 7</b> - Cotejamento de tempo e distância das viagens de bicicleta .....	68
<b>Gráfico 8</b> - Distribuição das viagens de bicicleta em Cambé, por altimetria acumulada.....	69
<b>Gráfico 9</b> - Distribuição das viagens de bicicleta em Rolândia, por altimetria acumulada.....	71
<b>Gráfico 10</b> - Diagrama de caixa com a distribuição das viagens nos diferentes municípios, por altimetria acumulada .....	73
<b>Gráfico 11</b> - Dispersão entre distância e elevação nas viagens por bicicleta com origem na residência, em Rolândia e Cambé.....	74
<b>Gráfico 12</b> - Modelo linear para explicar a distância em função do gênero, altimetria e motivo de viagem.....	85
<b>Gráfico 13</b> - Gráfico comparativo de barras empilhadas para distribuição modal .....	87
<b>Gráfico 14</b> - Gráfico (semi-)normal de probabilidade com envelope de simulação .....	96
<b>Gráfico 15</b> - Modelo de regressão linear para carregamento e valor NACH de cada segmento de via .....	101
<b>Gráfico 16</b> - Diagrama de caixa com variação de dados entre número de acidentes e área de influência.....	108

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	- Fases e atividades do método SystematicSearchFlow .....	20
<b>Tabela 2</b>	- Síntese de trabalhos da revisão no Catálogo de Teses e Dissertações .....	22
<b>Tabela 3</b>	- Definição de ciclabilidade de acordo com a revisão bibliográfica...	26
<b>Tabela 4</b>	- Variáveis de natureza objetiva utilizadas nos estudos de ciclabilidade.....	30
<b>Tabela 5</b>	- Variáveis aglutinadas no estudo .....	41
<b>Tabela 6</b>	- Quantitativos populacionais e viagens estudadas.....	55
<b>Tabela 7</b>	- Viagens intermunicipais por bicicleta .....	61
<b>Tabela 8</b>	- Distância dos deslocamentos intermunicipais por bicicleta.....	61
<b>Tabela 9</b>	- Participação dos modais de transporte no percentual de viagens diárias.....	63
<b>Tabela 10</b>	- Comparação das viagens nos diferentes municípios, por distância .....	65
<b>Tabela 11</b>	- Comparação das viagens nos diferentes municípios, por tempo ...	68
<b>Tabela 12</b>	- Comparação das viagens nos diferentes municípios, por altimetria acumulada .....	73
<b>Tabela 13</b>	- Comparação das viagens de bicicleta nos diferentes municípios, por motivo .....	75
<b>Tabela 14</b>	- Comparação dos usuários de bicicleta nos diferentes municípios, por sexo .....	75
<b>Tabela 15</b>	- Comparação dos usuários de bicicleta nos diferentes municípios, por idade .....	76
<b>Tabela 16</b>	- Destino de viagens intermunicipais com origem em Rolândia (todos os modos) .....	77
<b>Tabela 17</b>	- Motivo de viagem intermunicipal (todos os modos) .....	78
<b>Tabela 18</b>	- Participação modal em viagens intermunicipais com origem em Rolândia .....	78
<b>Tabela 19</b>	- Comparação de valor NACH entre vias intermunicipais e ciclovia segregada .....	79
<b>Tabela 20</b>	- Comparativo de renda entre usuários e não usuários de bicicleta em Rolândia .....	81

<b>Tabela 21</b> - Comparativo da posse de automóveis entre residências com e sem registro de viagem por bicicleta .....	82
<b>Tabela 22</b> - Comparativo da posse de motocicletas entre residências com e sem registro de viagem por bicicleta .....	83
<b>Tabela 23</b> - Comparativo da posse de bicicletas entre residências com e sem registro de viagem por bicicleta.....	83
<b>Tabela 24</b> - Diferenciação das viagens de bicicleta por gênero .....	84
<b>Tabela 25</b> - Diferença de participação dos modais de transporte no percentual de viagens diárias.....	86
<b>Tabela 26</b> - Comparativo da taxa de motorização.....	87
<b>Tabela 27</b> - Coeficientes de correlação Spearman entre valores de sintáticos e números de rotas por segmento .....	94
<b>Tabela 28</b> - Teste de Wilcoxon para análise angular de segmentos com e sem acidentes .....	95
<b>Tabela 29</b> - Vias com maior número de rotas OD e NACH correspondente ...	100
<b>Tabela 30</b> - Renda dos usuários de bicicleta no buffer estudado e demais municípios.....	105
<b>Tabela 31</b> - Comparação de dados contidos nos buffers de 400m e médias municipais .....	105
<b>Tabela 32</b> - Teste de Kruskal Wallis para áreas de influência e número de acidentes.....	107

## LISTA DE ABREVIACÕES

ANTP	Associao Nacional de Transportes Públicos
INCH	<i>Normalized Integration Choice</i>
IPEA	Instituto de Pesquisa Econmica Aplicada
ITEDES	Instituto de Tecnologia e Desenvolvimento Econmico
NACH	<i>Normalized Angular Choice</i>
OD	Origem-destino
T1024_Choice	Escolha angular
T1024_Inte	Integrao angular
TRID	<i>Transport Research International Documentation</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	19
2.1	REVISÃO DE LITERATURA: BASES INTERNACIONAIS .....	20
2.2	REVISÃO DE LITERATURA DE PESQUISAS BRASILEIRAS: CATÁLOGO DE TESES E DISSERTAÇÕES.....	22
2.3	CONCEITOS .....	25
2.4	VARIÁVEIS ABORDADAS PELA BIBLIOGRAFIA.....	27
2.1	ESTRATÉGIAS DE ANÁLISE .....	32
2.2	SÍNTESE DO CAPÍTULO .....	38
<b>3</b>	<b>MÉTODO</b> .....	39
3.1	DADOS DE USUÁRIOS E VIAGENS.....	42
3.2	PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DA MESO ESCALA .....	45
3.3	PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DA MACROESCALA .....	49
3.4	PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS .....	52
3.5	ESTUDOS DE CASO .....	53
3.5.1	Rolândia .....	56
3.5.2	Cambé.....	57
3.6	SÍNTESE DO CAPÍTULO .....	58
<b>4</b>	<b>ANÁLISES</b> .....	60
4.1	ESTUDOS DE CASOS COMPLEMENTARES .....	60
4.1.1	Deslocamentos Intermunicipais.....	60
4.1.2	Distância de Viagem.....	63
4.1.3	Tempo de Viagem .....	66
4.1.4	Declividades .....	68
4.1.5	Motivo de Viagem.....	74
4.1.6	Perfil dos Usuários.....	75
4.2	ESTUDO DE CASO PRINCIPAL: ROLÂNDIA .....	77
4.2.1	Perfil do Usuário: Renda.....	81
4.2.2	Perfil do Usuário: Posse de Veículos.....	82

4.2.3	Perfil do Usuário: Gênero .....	84
4.2.4	Macroescala: Escala Municipal.....	86
4.2.5	Mesoescala: Escala Local .....	103
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>110</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>118</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Com a crescente preocupação mundial em reduzir as emissões de poluentes perante o aumento de demanda por transporte urbano, especialmente em países em desenvolvimento, existe um consenso sobre a necessidade de buscar padrões de atividades de transporte mais sustentáveis (MAKAROVA *et al.*, 2017).

Uma opção de deslocamento pouco poluente e financeiramente acessível é o transporte por bicicleta. Entretanto, a expansão de sistemas baseados na bicicleta tem sofrido entraves devido à incompreensão dos elementos necessários a esta modalidade de transporte.

Tais elementos podem ser de natureza física, como as características da malha viária e infraestrutura, ou de natureza subjetiva, como políticas públicas e fatores socioeconômicos. A incompreensão desses elementos inviabiliza a obtenção de resultados efetivos em políticas de mobilidade urbana sustentável (MIRANDA *et al.*, 2018).

Ainda, de acordo com Souza *et al.* (2014), as propostas de incentivo ao transporte por bicicleta são baseadas em concepções informais, sem priorizar pesquisas científicas, focando-se geralmente nas consequências negativas do uso intensivo do automóvel. Essas informações não são suficientes para causar mudança de comportamento, já que foi provado que a razão pela qual um indivíduo opta por um modo de transporte não tem relação com preocupações ambientais (IPEA, 2017).

Existem pesquisas que buscam a compreensão de variáveis urbanas que possam condicionar um ambiente onde o deslocamento por bicicleta seja viável, pois esse seria o primeiro passo para o desenvolvimento desse modo de transporte (LOWRY e LOH, 2017). Entretanto, tais estudos são escassos nos países em desenvolvimento, deixando lacunas e indagações sobre a validade dos elementos apontados como determinantes no transporte por bicicleta em economias desenvolvidas (AHMAD e de OLIVEIRA, 2016).

Por outro lado, as cidades nos países em desenvolvimento enfrentam crises no transporte, notando progressão das externalidades negativas geradas pelo predomínio do transporte individual motorizado (BID, 2013), que são definidas pela geração de poluentes, ruídos, acidentes e congestionamentos (GUERRA e CUNHA, 2006), na produção de cidades mais espraiadas, que demandam maior custo de

infraestrutura de transportes (MARICATO, 2011), e cuja população é menos ativa (MOUDON e LEE, 2003), o que inevitavelmente acarreta impactos econômicos, sociais e ambientais (VASCONCELLOS, 2000).

De acordo com Gössling (2016), a priorização do transporte por bicicleta em detrimento dos sistemas motorizados individuais traria, além de benefícios ambientais e econômicos, maior equidade nas cidades, de modo a equiparar a exposição aos riscos, consumo de espaço urbano e o tempo gasto nos deslocamentos, fatores de injustiça no sistema de transporte baseado no automóvel. Assim, projetar cidades baseadas em sistemas de transportes não motorizados, como a bicicleta, faz parte de um princípio moral fundamental, que estabelece maior justiça no acesso ao transporte urbano (MULLEN *et al.*, 2014).

Considerando a emergente discussão da bicicleta como modo de deslocamento, esta dissertação investiga questões de transporte que, mesmo voltando-se para a prática de planejamento urbano, mostram a abrangência interdisciplinar desta temática.

Iniciada como uma busca pessoal da autora por respostas à prática profissional em planos de mobilidade urbana, a pesquisa foi conduzida pelo questionamento acerca da alta adesão ao transporte por bicicleta na cidade de Rolândia, detectada na coleta de dados da pesquisa origem destino domiciliar.

Com uma participação de 20% do total de viagens, o transporte por bicicleta na cidade de Rolândia se difere totalmente do padrão nacional, que representa uma participação média de 2% nas cidades brasileiras (ANTP, 2018).

Nesse sentido, foram realizadas aproximações teóricas e metodológicas com a intenção de detectar possíveis diferenças do ambiente construído que poderiam estar relacionadas com o aparente êxito de adesão ao transporte por bicicleta na cidade de Rolândia.

Como a motivação para a pesquisa teve início no comportamento de viagens específico de um município, trata-se de um estudo de caso. Para possibilitar a detecção de singularidades do local de estudo, comparou-se dados do município vizinho, Cambé.

Diferentemente do município principal do estudo, Cambé possui uma taxa de viagens de bicicleta compatível com o padrão nacional, e foi utilizado para contrapor os padrões de deslocamento de Rolândia. Assim sendo, pode-se afirmar que o método utilizado no trabalho é o estudo de casos complementares.

Dessa forma, o objetivo principal deste trabalho foi correlacionar variáveis do ambiente construído com as condições urbanas que proporcionam o deslocamento por bicicleta, ou seja, a ciclabilidade urbana (Quadro 1).

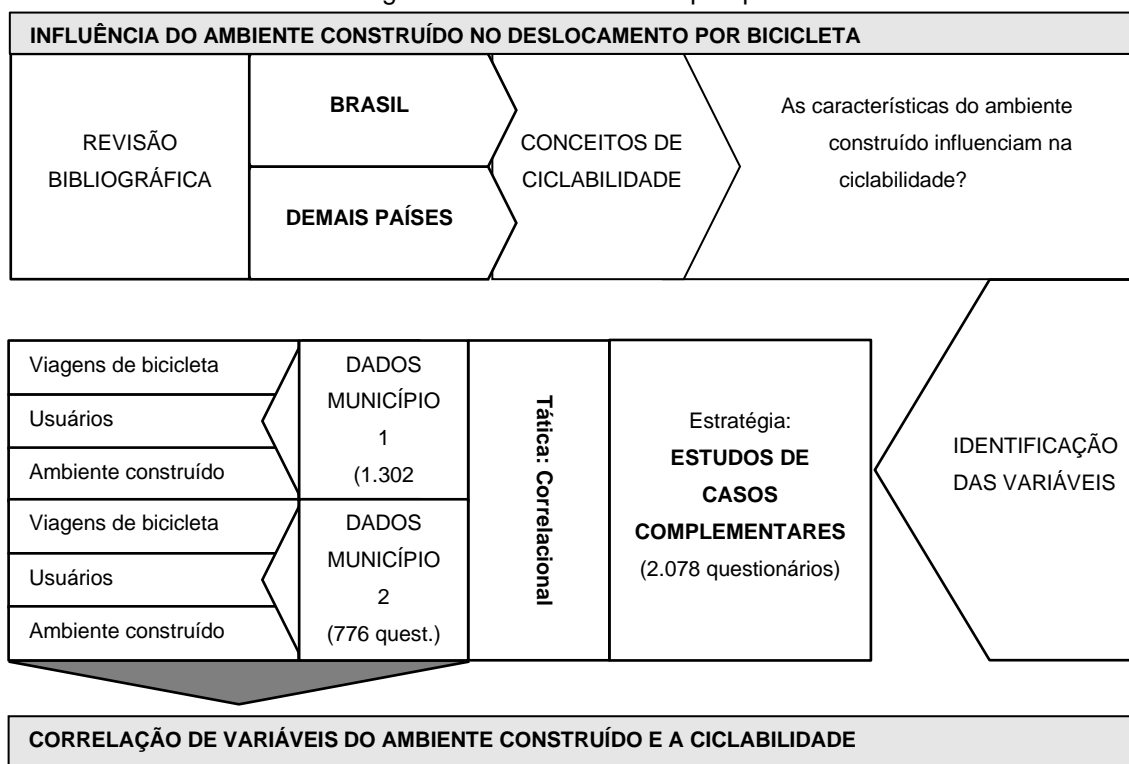
Quadro 1 - Abordagem da pesquisa

<b>Tema</b>	Transporte urbano por bicicleta
<b>Problema</b>	Influência do ambiente construído no transporte por bicicleta
<b>Questão</b>	As características do ambiente construído influenciam na ciclabilidade?
<b>Objetivo</b>	Correlacionar variáveis do ambiente construído e a ciclabilidade
<b>Pressuposto</b>	A forma urbana influencia o transporte por bicicleta
<b>Método</b>	Estratégia: estudos de casos complementares Tática: correlacional

Para apontar possíveis relações para esses questionamentos, utilizou-se de procedimentos estatísticos que quantificam elementos selecionados do ambiente construído, definidos por meio da revisão de literatura. Nesse sentido, define-se a tática de pesquisa correlacional, que utiliza dados quantitativos para estabelecer relações.

Em síntese, o trabalho analisa a escala urbana, tendo como estratégia o estudo de caso, no uso da tática correlacional (GROAT e WANG, 2002), em um exercício de inferência estatística entre a influência de características do ambiente construído na escolha da bicicleta como transporte (Figura 1).

Figura 1 - Delineamento da pesquisa



O cotejamento de dados de viagens feitas pelo modo bicicleta nos dois municípios foi possibilitado pela disponibilidade de informações das pesquisas origem-destino domiciliares, elaboradas durante a composição do Plano de Mobilidade Urbana Municipal de cada município (ITEDES, 2017 e ITEDES, 2018).

Considerando Rolândia o estudo de caso principal, por ser um município cuja adesão ao transporte por bicicleta é quatro vezes superior à média nacional para cidades de porte semelhante (ANTP, 2018), e Cambé o caso complementar, por apresentar uma adesão ao deslocamento por bicicleta próxima à estimativa padrão, com 5% do total de viagens (ITEDES, 2017).

A fundamentação teórica definiu os conceitos, as variáveis e as estratégias de análise a partir da revisão de literatura, que abordou tanto a literatura científica internacional quanto a produção brasileira.

As variáveis estudadas são relacionadas à forma da cidade, segurança do tráfego e características das viagens feitas pelo modo bicicleta. Dessa forma, constitui numa busca de padrões do ambiente construído com desdobramentos no comportamento humano.

Por esse motivo, desejou-se exercitar uma visão ampla sobre a investigação, partindo de três questionamentos básicos: 1. Como acontecem esses

deslocamentos por bicicleta? 2. Quem realiza esses deslocamentos? 3. De onde se originam? Assim, os questionamentos deram origem aos subcapítulos de análises.

Em um primeiro momento, analisou-se o comportamento de viagens dos dois municípios. Dados de distância, tempo, altimetria acumulada e motivo de viagem foram comparados, e indicaram algumas dessemelhanças.

Entretanto, a diferença dos padrões de viagem entre os dois municípios poderia ser relacionada à extensão territorial, já que Cambé possui uma área urbanizada mais abrangente que Rolândia, além de apresentar conurbação com o município de Londrina.

Procurou-se, então, detectar diferenças populacionais dos usuários de bicicleta entre municípios, dando origem a segunda análise. Para prosseguir com o caráter investigativo no ambiente construído, aprofundou-se a investigação no estudo de caso principal, de modo a investigar detalhes municipais com maior acuidade.

Na terceira abordagem analítica, foram definidas duas escalas diferentes de análise: a meso e a macro escala. Enquanto a meso escala refere-se ao bairro, a macro escala considera a cidade.

Na meso escala, foi apresentada uma leitura espacial das localidades com maior produção de viagens por bicicleta em Rolândia, na busca por detectar diferenças configuracionais nessas áreas com base na influência ambiental do bairro como elemento de grande importância para a decisão de utilizar-se da bicicleta (NIELSEN e SKOV-PETERSEN, 2018).

Na macro escala, o trabalho expôs possibilidades de utilização da sintaxe espacial para o transporte cicloviário, com destaque para a finalidade de segurança cicloviária.

Embora a escolha pessoal pelo modo de transporte seja uma avaliação comparativa a qual toda uma rede complexa de variáveis possam ser consideradas (VAN ACKER *et al.*, 2010), o presente estudo pretendeu contribuir com o foco na análise da forma urbana e em seus elementos estruturais correlacionados à adesão ao transporte por bicicleta.

Entende-se que existem lacunas nessa área de pesquisa, especialmente nos países periféricos, onde sobressaem-se os altos índices de acidentes envolvendo o transporte por bicicleta. A contribuição do trabalho se faz pelos apontamentos, amparados por metodologia, de que o ambiente construído pode

agir em favor do deslocamento por bicicleta, mas que não responde unicamente pela alta adesão a este tipo de transporte.

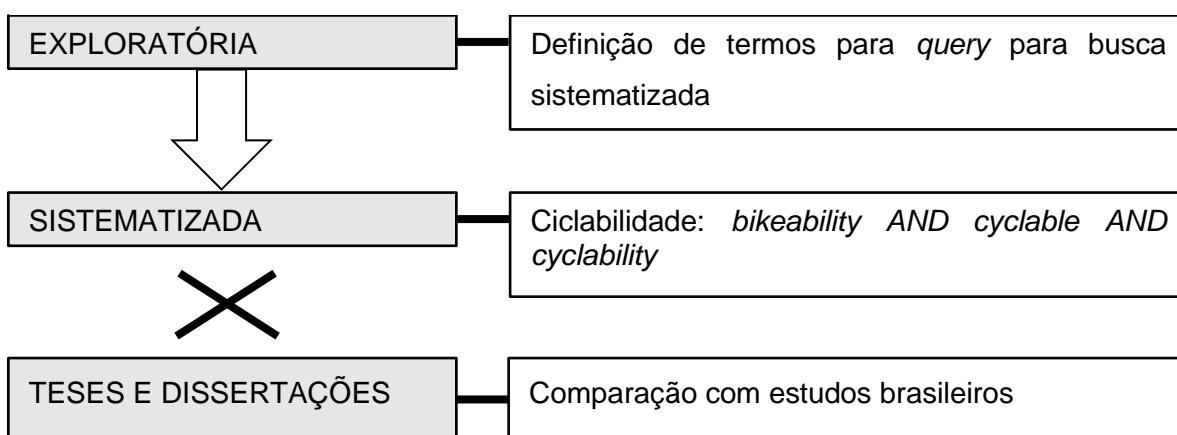
Desta forma, valendo-se da importância da interdisciplinaridade, o trabalho abre ainda mais questões, consideradas essenciais para promover a troca modal e tornar o transporte por bicicleta uma opção eficiente de transporte. Como produto final, é apresentada a possibilidade de utilização da sintaxe espacial para alocação de novas infraestruturas cicláveis, baseando-se no critério de segurança.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica procedeu-se, primeiramente, por uma busca sistemática da literatura, originada das bases internacionais Scopus, Web of Science, TRID e ProQuest Engineering Database. Por não obter resultados de pesquisas no Brasil, foi necessária uma segunda busca na base nacional de Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações.

A revisão de literatura seguiu por três etapas (Figura 2), de forma a contemplar a temática ampla do transporte urbano por bicicleta na revisão exploratória, uma busca direcionada de modo sistemático, e a checagem de produções e adaptações brasileiras.

Figura 2 - Etapas da revisão bibliográfica



Tratando-se de um estudo de transporte de pessoas na cidade, a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento do trabalho é interdisciplinar, contemplando as áreas de engenharias, psicologia, geografia, economia e saúde pública. Para isso, para a revisão de literatura não se aplicou filtros em áreas, apenas nos termos.

A partir da leitura e síntese de pesquisas existentes, foram definidos os constructos atribuídos aos locais considerados cicláveis, e aqueles tidos como não-cicláveis, e assim definir os principais conceitos, as variáveis do ambiente construído que afetam o uso da bicicleta e as estratégias de análise.

## 2.1 REVISÃO DE LITERATURA: BASES INTERNACIONAIS

Inicialmente, a revisão de caráter exploratório definiu as palavras-chave de busca que foram aplicadas numa revisão sistematizada seguindo os princípios do *SystematicSearchFlow* (FERENHOF e FERNANDES, 2016), composto por 4 fases e 8 atividades, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Fases e atividades do método *SystematicSearchFlow*

FASE	ATIVIDADE
1. Protocolo de pesquisa	1. Estratégia de busca
	2. Consulta em base de dados
	3. Gestão de documentos
	4. Padronização e seleção de documentos
	5. Composição do portfólio de documentos
2. Análise	6. Consolidação dos dados
3. Síntese	7. Elaboração de relatórios
4. Escrita	8. Desenvolvimento do texto

Fonte: FERENHOF e FERNANDES, 2016.

Para o desenvolvimento do trabalho foram pesquisados artigos de língua inglesa de publicação revisada por pares, ou seja, a ‘literatura cinzenta’ foi desconsiderada. A pesquisa foi feita sem restrição temporal, considerando-se quatro bases de dados eletrônicas: Scopus, Web of Science, TRID e ProQuest Engineering Database, sendo as duas primeiras multidisciplinares, e as duas últimas, bases específicas da área de transportes. Nas buscas, os seguintes descritores foram considerados: *bikeability*, *bikability*, *bikable*, *bikeable*, *cyclabe*, *cyclability* e *bicyclable*.

Recorreu-se aos operadores booleanos “AND” e “OR” para combinação dos descritores e termos utilizados para rastreamento das publicações. Assim, a query de busca foi estabelecida como (bik?ab\*) OR (cyclab\* AND bicycl\*), considerando-se título, resumo e palavras-chave. A consulta nas bases de dados foi realizada no dia 29 de julho de 2018. Ao todo, foram encontrados 185 artigos nas quatro bases que, quando excluídos artigos duplicados, somaram 122.

Após a primeira análise, com avaliação dos títulos, foram excluídos artigos que não faziam menção ao uso da bicicleta. Assim, 80 artigos foram considerados elegíveis para a segunda fase desta revisão, que consistiu na leitura dos resumos. Nessa fase, utilizou-se como critério de exclusão a indisponibilidade do conteúdo em língua inglesa, e artigos cuja temática principal era a saúde de grupos ou minorias, desenvolvimento infantil ou treinamento e reabilitação desportiva. Deste modo, 40 artigos de periódicos científicos foram selecionados para compor o portfólio, como base do referencial teórico.

A partir desse procedimento, os 40 artigos selecionados foram lidos na íntegra e analisados quanto às variáveis utilizadas para apontar a ciclabilidade urbana. Entende-se como variável do estudo qualquer fator, aspecto ou propriedade passível de mensuração em escala urbana. Iniciou-se, assim, a fase 2 do método *SystematicSearchFlow*, ou seja, o processo de análise.

As variáveis foram analisadas tanto em sua forma objetiva quanto subjetiva. São consideradas objetivas as variáveis como medidas do ambiente em sua forma física, como a largura da via, velocidade máxima permitida, etc., e são geralmente extraídas de mapas, recenseamentos e dados cadastrais. As variáveis subjetivas estão relacionadas às percepções humanas quanto ao mesmo ambiente, como a percepção da velocidade veicular, sensação de segurança, etc., e são inseridas em pesquisa a partir de questionários ou entrevistas.

Notou-se grande diferenciação dos estudos entre diferentes países. Dos 40 artigos estudados, mais da metade foram realizados na Europa, e nenhum na América Latina. Entre os estudos, destacaram-se áreas de saúde, arquitetura e urbanismo e engenharias, porém, com trabalhos também em campos da economia, meio ambiente, computação, psicologia e geografia, fato que atesta a interdisciplinaridade dos estudos em transportes.

Para compreender os avanços das pesquisas acadêmicas brasileiras na área de estudo, e se esses estudos identificam particularidades do contexto brasileiro, optou-se por uma busca na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, por ser um portal de acesso livre que integra os textos completos das teses e dissertações defendidas nas instituições brasileiras de ensino e pesquisa.

## 2.2 REVISÃO DE LITERATURA DE PESQUISAS BRASILEIRAS: CATÁLOGO DE TESES E DISSERTAÇÕES

Após a revisão nas bases de dados internacionais, percebeu-se a inexistência de estudos brasileiros. Para que essa constatação não influenciasse negativamente o trabalho, foi feita uma revisão na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações.

As buscas foram realizadas no dia 21/06/2018, sem delimitação temporal, utilizando os descritores “bicicleta” e “ciclave\*” no título. Foram duas buscas distintas, com o objetivo de acessar trabalhos de diversas áreas que contemplam temas de inserção da bicicleta na rede urbana.

Dos 517.670 documentos disponíveis, entre teses e dissertações, foram 59 resultados iniciais para a busca “bicicleta” no título, e 4 resultados para “ciclave\*”. Nos 63 trabalhos resultantes, foram excluídos aqueles que tinham como objeto de estudo: a) Componentes ou ferramentas visando a mecânica da bicicleta; b) Prática de ciclismo na performance esportiva e reabilitação muscular; c) Análise de filmes, canções ou obras de arte contendo a palavra “bicicleta”; d) Sistemas computacionais para compartilhamento de bicicletas.

Após a exclusão dos trabalhos das vertentes de performance esportiva, procedimentos e sistemas de compartilhamento, mecânica do equipamento e obras de arte ou *design*, foram selecionados 29 publicações, sendo 7 teses e 22 dissertações.

As 29 publicações foram fichadas de modo a destacar progressos e dificuldades dos pesquisadores brasileiros no assunto, de forma a auxiliar na contextualização do problema, tendo em vista a necessidade de adaptação de métodos estrangeiros para a realidade nacional.

Nesta revisão de estudos brasileiros (Tabela 2), foi possível identificar o foco em análise de políticas públicas, retrospectivas históricas e aplicação de metodologias das ciências humanas para compreensão dos fenômenos sociais e psicológicos relacionados à prática do ciclismo urbano.

Tabela 2 - Síntese de trabalhos da revisão no Catálogo de Teses e Dissertações

<b>Autor</b>	<b>Data de publicação</b>	<b>Trabalho desenvolvido</b>
ALEXANDRO, C. V. C	2013	Utilização de dados da pesquisa OD para correlação entre acidentes e infraestrutura específica

ARAÚJO, F. G	2014	Caracterização do perfil do usuário em Ceilândia
BACCHIERI, G	2004	Análise comparativa dos acidentes sofridos por ciclistas no último ano em Pelotas
CEVADA, C. M	2015	Avaliação de potencial cicloviário da UFPB
DINIZ, I. M. S	2014	Análise estatística correlacional patrocinada pelo SESI associando o uso da bicicleta com a baixa renda, baixa escolaridade, posse de bicicleta e distância casa-trabalho igual ou menor a 5 km
FREITAS, V	2014	Elaboração de uma pesquisa OD
KIRNER, J	2006	Partindo dos pólos geradores de tráfego, elaboração de cálculo de nível de stress, índice de segurança, índice de condição de via e nível de serviço
LARGURA, A. E	2012	Aplicação de Índice de Qualidade Cicloviária, adaptação do Índice de Caminhabilidade de Bradshaw (1993)
LEITE, P. S	2011	Perfil do usuário e espacialização das viagens na área rural de Teresina
MALATESTA, M. E. B	2013	Exploração da pesquisa OD paulistana para fins de planejamento cicloviário
MEDEIROS, R. M	2012	Avaliação de políticas públicas voltadas ao transporte cicloviário
MESQUITA, A. R	2018	Identificação de rotas prioritárias
OLIVEIRA, J. M de	2012	Identificação de fatores que contribuem para o uso da bicicleta. Os objetivos incluem infraestrutura na origem, destino, integração modal e trajetos; e características do terreno e condições ambientais. Os subjetivos incluem a percepção da segurança; o uso desde a infância; o preparo físico gradual; a apreciação do prazer de pedalar; a percepção de vantagem em relação a gastos financeiros, tempo e autonomia; e a aceitação da sociedade.
PAIVA, M	2013	Proposta de método de estimação de demanda por estacionamento de bicicleta em estação de metrô
PROVIDELO, J. K	2011	Proposição de modelo de nível de serviço para bicicletas baseado na percepção do usuário
RECHENE, S. T	2017	Análise da lógica institucional da sustentabilidade em usuários de bicicletas compartilhadas
RODRIGUES, J. N	2013	Análise sociológica do Programa Cicloviário do Distrito Federal
RODRIGUES, P	2017	Avaliação de medidas de estímulo ao transporte por bicicleta com vestiário, bicicletário e empréstimo sendo mais importantes do que sistema de ciclovias
ROSA, E. S	2015	Análise de políticas públicas de Sorocaba
ROTHER, M. S	2016	Método antropológico de análise da cultura ciclística em Piracicaba
SANTOS, A. P. S	2018	Defesa teórica da educação e conscientização do trânsito sobre a construção de infraestrutura específica
SILVA, A. O da	2017	Comparação de legislação municipal e federal quanto ao estímulo ao uso da bicicleta
SILVA, R. C	2014	Análise de projetos de infraestrutura ciclável
SILVEIRA, M. O. da	2016	Hierarquização de intensões positivas à adoção da bicicleta como fatores principais: 1. infraestrutura cicloviária 2. melhoria na saúde 3. economia financeira 4. eficiência no

		tempo de deslocamento 5. baixo volume de tráfego motorizado
SOUSA, P. B	2012	Modelo de estimação de demanda por ciclovias através de contagens volumétricas
TEIXEIRA, I. P	2016	Identificação das principais barreiras para o uso da bicicleta como sendo: não possuir bicicleta, falta de vontade, medo de acidente. A principal motivação é a rapidez quando comparada ao transporte público e automóvel
TIAGO, J. W	2013	Análise histórica de políticas públicas cicloviárias em Ribeirão Preto
TIEPPO, F. L	2017	Modelo de valorização imobiliária após construção de ciclovias
XAVIER, G. N. A	2011	Análise sociológica de processos culturais e históricos do uso da bicicleta no Brasil, apontando a necessidade de pressão da sociedade civil

---

Fonte: CAPES (2018), organizado pela autora.

Na utilização de dados objetivos, destacam-se trabalhos na área da engenharia de transportes e de arquitetura e urbanismo. Foi possível concluir a popularização do uso de dados provenientes de pesquisas origem-destino, elaboradas com a finalidade de subsidiar Planos de Mobilidade Urbana, de acordo com a Lei Federal 12.587/2012, que institui a Política Nacional de Mobilidade Urbana.

Entretanto, tais dados foram geralmente coletados em cidades de grande porte; no caso dos trabalhos selecionados, quando utilizados dados OD em cidades de porte médio, como Rio Claro, efetuaram-se cálculos de previsão de matriz OD a partir de contagens volumétricas localizadas em vias específicas, possivelmente registrando resultados distantes da realidade.

Nas pesquisas do tipo *Survey*, aparecem itens físicos e características do ambiente construído com grande relevância para os usuários. A infraestrutura específica, como ciclovias e ciclofaixas, foi recorrente, assim como a insegurança no trânsito, causada pelo perigo de acidente e alta velocidade veicular.

Esse é um fato a ser estudado, pois estudos estrangeiros apresentam resultados contraditórios quando relacionadas a infraestrutura específica e a adesão ao transporte por bicicleta, por ora mostrando correlação positiva, ora mostrando-se variável neutra, ou seja, indiferente. Talvez, pelo fato de o Brasil apresentar uma das maiores tolerâncias à velocidade veicular em área urbana, de 80km/h (BID, 2013), a separação física entre usuários motorizados e não motorizados seja lógica, o que não acontece em locais onde a velocidade automotiva máxima pode ser inferior a 30km/h.

Nos estudos brasileiros, há convergência sobre a importância de políticas públicas que estimulem o transporte por bicicleta, mesmo que isso implique

em redução de velocidade automotiva (MALATESTA, 2013; MEDEIROS, 2012). Também foi notada grande atenção à renda do usuário, já que existem comprovações sobre a relação entre rendimento e escolha do transporte no Brasil (VASCONCELLOS, 2000).

Como colaboração ao presente estudo, os mapas também seguem o referencial geodésico Sirgas 2000, no datum UTM 22S. Considera-se importante observar que a maior parte dos trabalhos listados foram produzidos nas Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade de São Paulo (USP) e Universidade de Brasília (UnB), instituições com tradição tanto no ensino de engenharia de transportes quanto de arquitetura e geografia, o que reafirma a característica interdisciplinar nos estudos sobre transporte por bicicleta.

### 2.3 CONCEITOS

Este estudo trata da influência da forma física da cidade na escolha da bicicleta como modo de transporte, em acordo com pesquisas que apontam a forma urbana como elemento essencial no comportamento de viagens e escolha do modo de transporte. Isso significa que são consideradas evidências de que o ambiente construído afeta decisões intrapessoais e contribui para os padrões de mobilidade e transporte dentro de uma cidade (NIELSEN *et al.*, 2013).

Considerando que a escolha de transporte por bicicleta é uma decisão intrapessoal, e, portanto, o ambiente urbano pode contribuir para reforçar ou diminuir esta decisão, foi construída uma base conceitual a partir de estudos que relacionam a forma física das cidades com o comportamento humano.

Nesse sentido, o ambiente construído é um conceito multidimensional, definido pela somatória da configuração urbana, uso do solo e os sistemas de transporte, englobando padrões de atividades humanas no ambiente físico urbano (HANDY *et al.*, 2002).

Para Marques da Costa (2009), na Geografia, a forma urbana pode ser entendida como a configuração do conjunto de elementos fixos que se distribuem em uma determinada área urbana, refletindo padrões moldados pelo homem. Para esse autor, faz-se necessários estudos que relacionem a configuração e desenho da cidade para a redução de deslocamentos e aumento da eficiência de transportes.

Tal conclusão assemelha-se aos esforços de pesquisa sobre cidades saudáveis de pesquisadores da área de Morfologia Urbana. De acordo com Moudon *et al.* (2005), a ordem de prioridades para o transporte por bicicletas é, primeiramente, a criação de uma contínua rede urbana ciclável, e só depois a melhoria qualitativa dessas rotas.

Com base nas descobertas de Anne Vernez Moudon e na relevância de seu trabalho para o *International Seminar of Urban Form* - ISUF, decidiu-se utilizar os trabalhos da autora como ponto de partida, em especial o artigo denominado “*Walking and bicycling: an evaluation of environmental audit instruments*” (MOUDON e LEE, 2003), que revisa os instrumentos disponíveis para a avaliação dos impactos no ambiente físico comunitário que afetam o transporte não motorizado. Esse artigo analisa os aspectos morfológicos de diversos outros trabalhos que buscam a aproximação entre o ambiente construído e o transporte por bicicleta, inclusive de autores que foram listados posteriormente no processo de revisão bibliográfica, como Pucher *et al.* (1999), Turner (2007) e Frank *et al.* (2017).

Além da definição de ambiente construído e forma urbana, a conceituação de ciclabilidade foi essencial para o trabalho. Essa determinação do conceito de ciclabilidade foi realizada a partir da revisão da literatura, especificamente orientada para essa finalidade, já que a propensão ao deslocamento por bicicleta através da análise da forma urbana é definida pelo termo *bikeability*, ou ciclabilidade.

Foram estudados 40 artigos de periódicos científicos tendo a ciclabilidade como objeto de estudo, com 13 conceituações distintas, conforme explicitado na Tabela 3.

Tabela 3 - Definição de ciclabilidade de acordo com a revisão bibliográfica

<b>Referência</b>	<b>Definição de ciclabilidade</b>	<b>Classificação</b>
LI <i>et al.</i> , 2017	Propensão da pessoa usar a bicicleta como transporte	Probabilidade
NIELSEN e SKOV-PETERSEN, 2018	Probabilidade de indivíduos ou grupo de cidadãos escolherem a bicicleta como modo de transporte, ou seja, é o preditor da escolha da bicicleta como modo de transporte numa área.	Probabilidade
WILLIS <i>et al.</i> , 2013	Possibilidade de escolha individual pelo transporte por bicicleta	Probabilidade
PUCHER e BUEHLER, 2008	Conveniência para o transporte por bicicleta	Conveniência

LOWRY <i>et al.</i> , 2012	Avaliação de toda a rede ciclável em termos de capacidade, conforto e conveniência para acessar destinos importantes	Acessibilidade
SAGHAPOUR <i>et al.</i> , 2017	Level of bicycle accessibility to destinations	Acessibilidade
LOWRY <i>et al.</i> , 2016	Capacidade de conectar residências e destinos por <i>low stress bicycling</i>	Acessibilidade
WINTERS <i>et al.</i> , 2013	Áreas orientadas para o transporte por bicicleta	Qualidade
HABIB <i>et al.</i> , 2014	Percepção de segurança, conforto e qualidade do transporte por bicicleta	Qualidade
BERLOCO COLONNA, 2012	e Velocidade praticada no deslocamento por bicicleta próxima a velocidade em condições ideais	Tempo de viagem
ELLISON GREAVES, 2011	e Competitividade com demais modais em termos de tempo de viagem	Tempo de viagem
ELIOU <i>et al.</i> , 2009	Facilidade ao andar de bicicleta	Facilidade
GUTHRIE <i>et al.</i> , 2001	Ciclabilidade = nível de serviço para bicicleta	Nível de serviço

Fonte: elaborado pela autora, 2018.

No processo de revisão sistemática, foi percebido que existem distinções nas definições de ciclabilidade, e que um mesmo autor apresenta variabilidade na definição desse conceito entre trabalhos (LOWRY *et al.*, 2016).

Percebeu-se diferentes vertentes nessas definições, que foram classificadas como probabilidade de usar a bicicleta, acessibilidade de transporte, qualidade e facilidade do deslocamento, nível de serviço e tempo de viagem.

Para englobar todas as classificações neste trabalho, definiu-se a ciclabilidade como a medida objetiva das condições urbanas que proporcionam o deslocamento por bicicleta.

## 2.4 VARIÁVEIS ABORDADAS PELA BIBLIOGRAFIA

Existem métodos sofisticados para previsão e cálculo dos deslocamentos motorizados, que respondem linearmente às métricas de capacidade de vias, oferta de infraestrutura e viabilidade financeira, sendo o foco principal da engenharia de tráfego brasileira desde a década de 1950 (VASCONCELLOS, 2000). Por conseguinte, o comportamento do tráfego motorizado é bastante previsível, ocorrendo em função da declividade, velocidade permitida e largura de vias (HRB, 1985)

Diferentemente do transporte motorizado onde os cálculos de previsão e demanda são amplamente conhecidos, os deslocamentos ativos (a pé e bicicleta) são mais complexos e imprevisíveis, dependendo de fatores que extrapolam as características de infraestrutura, tangendo variáveis intrapessoais e ambientais, tanto de característica objetiva quanto subjetiva. Durante o processo de síntese das variáveis, percebeu-se que os estudos relacionando o ambiente construído e o transporte ativo, isto é, considerando juntamente pedestres e ciclistas, possuem abordagens distintas daqueles que consideram somente os ciclistas.

Dentre os deslocamentos não motorizados, o transporte a pé vem sendo amplamente estudado pela sua associação com a saúde pública e a vitalidade urbana. Diversos estudos correlacionam positivamente as densidades populacional e residencial, a proximidade aos destinos, a conectividade da malha urbana e uso misto do solo ao deslocamento a pé (VAN DYCK *et al.*, 2012). Segundo esses autores, a investigação entre o ambiente construído e sua interação com modos de transporte não motorizados é amplamente baseada nos deslocamentos pedestres, conhecidos como estudos na temática da caminhabilidade.

De acordo com Muhs e Clifton (2016), o transporte a pé e por bicicleta possuem similaridades, mas talvez seja um erro tratar os dois uniformemente sob a categoria de transporte não motorizado, ou modos ativos de transporte. Entre as similaridades, ambos são deslocamentos por propulsão humana onde os usuários estão mais expostos ao ambiente, incluindo poluição intempéries e risco de acidentes, tornando-se assim os modos mais vulneráveis de transporte.

Ainda assim, há indícios de existirem mais diferenças significativas do que semelhanças entre esses modos ativos de transporte. As características mais divergentes notadas são a velocidade e a distância, sendo que deslocamentos por bicicleta possuem maior raio de alcance e velocidades superiores, e tendem a ser menos multimodais que os deslocamentos a pé.

O grande diferencial entre os modos a pé e bicicleta é modo de operação. Enquanto o pedestre desfruta de um espaço viário exclusivo na calçada, o ciclista compartilha o espaço viário com os demais componentes do tráfego urbano. As características viárias referem-se aos atributos contidos na caixa viária, como largura de pista e qualidade do pavimento, quanto ao comportamento de fluxo ditado pela malha viária.

Outra relação observada nas pesquisas refere-se à avaliação do ambiente construído em estudos de comportamento de viagens, fundamentada em variáveis de duas naturezas distintas: partindo de percepções reportadas por moradores e usuários do sistema de transporte (subjetivas), ou baseando-se na mensuração de elementos físicos (objetivas). Neste trabalho, optou-se pelo aprofundamento nas variáveis objetivas do ambiente construído, de modo a utilizar-se de dados existentes.

Entretanto, salienta-se que as variáveis objetivas não implicam superioridade frente às subjetivas, já que grande parte dos artigos constantes na revisão de literatura abordavam as duas possibilidades. De acordo com Ma e Dill (2017), pesquisadores notaram diferenças entre percepções auto reportadas do ambiente e as aquelas medidas de forma objetiva.

Assim, locais considerados muito propícios a determinado modo de transporte por medidas objetivas podem ser percebidos como pouco favoráveis, e vice-versa. Nem sempre a percepção do usuário é exatamente condizente com a realidade observada, podendo-se estender ao campo de análise fenomenológica e estudos de base psicológica, como constatado na revisão de literatura.

Apesar disso, há indícios de que o ambiente físico é capaz de dar suporte aos modos ativos de transportes, sendo este o caminho tomado no estudo. Mesmo restringindo o campo de análise, foram notadas contradições e particularidades nas correlações de variáveis objetivas entre ambiente construído e a ciclabilidade.

Essas divergências entre estudos, que ora consideram a mesma variável objetiva como positivamente correlacionada ao transporte por bicicleta, ora negativamente correlacionada, ou, ainda, assumem neutralidade, intrigam pesquisadores e acentuam a visão de que o transporte por bicicleta ainda é um tema de complexidade com lacunas a serem preenchidas.

Diferentemente de outros modos de transporte que já possuem literatura consolidada sobre as variáveis físicas urbanas que influenciam nos deslocamentos, os estudos que relacionam a forma urbana e os padrões de comportamento ciclovitário ainda estão em constante desenvolvimento (GUTHRIE et al., 2001), e a maior parte dos estudos utilizados como referência fazem menções e apontamentos sobre lacunas na compreensão do tema (HABIB et al., 2014; KALVELAGE et al., 2018; LI e JOH, 2017).

Assim, é possível identificar uma ampla gama de variáveis em estudos de ciclabilidade, indicando ainda não existirem um conjunto de variáveis que expliquem, por si só, a propensão para o uso da bicicleta. A sistematização das variáveis possibilitou o agrupamento em 8 categorias temáticas.

Desta forma, segue a listagem de todas as 212 ocorrências de variáveis de natureza objetiva extraídas na revisão de literatura nas bases de dados estrangeiras, ou seja, quantas vezes a mesma variável aparece nos estudos (Tabela 4), por assunto.

Tabela 4 - Variáveis de natureza objetiva utilizadas nos estudos de ciclabilidade

<b>Assunto</b>	<b>Variável</b>	<b>Recorrência na literatura estudada</b>	<b>Total de variáveis por assunto</b>
Características viárias	hierarquia da via	2	29
	vocação da via	2	
	largura via/pista	2	
	número de pistas	4	
	stress viário	1	
	stress interseção	1	
	comprimento da malha viária	1	
	conectividade das vias	2	
	densidade de ruas locais	1	
	presença de calçada	4	
	qualidade do pavimento	5	
	densidade de interseções	3	
	n° de conversões por km	1	
	Características do tráfego motorizado	volume tráfego	
velocidade		6	
% de veículos pesados		1	
características do estacionamento		4	
n° de veículos estacionados por km		1	
n° de motoristas por km		3	
distância da passagem dos veículos		2	

	acesso ao transporte público	2	
	rota ônibus	1	
Infraestrutura específica e amenidades disponíveis	presença de ciclovias/ciclofaixas	11	
	largura ciclovia/ciclofaixa	3	
	conectividade de vias cicláveis	2	
	bike box	1	22
	compartilhamento bicicleta	1	
	Paraciclo	1	
	iluminação noturna	2	
	proteção às intempéries	1	
Características da viagem e trajeto percorrido	Origem	1	
	Destino	4	
	demarcação da rota	1	
	desvio de rota	1	
	distância percorrida	8	
	quantidade de paradas	4	32
	esforço do ciclista	1	
	tempo de viagem	5	
	motivo viagem	1	
	percentual de viagens de bicicleta	1	
	Velocidade	3	
	nº de cruzamentos na rota	1	
	ocorrência de acidentes	1	
	Uso do solo	densidade de destinos	1
nº escolas		1	
nº postos de trabalho no comércio		1	6
POIs (pontos de interesse)		1	
distância ao parque mais próximo		1	
distância ao comércio mais próximo		1	
Densidade urbana	densidade populacional	4	10
	densidade residencial	6	

Fatores ambientais	temperatura média	1	
	precipitação média	1	
	índice de Gini	1	14
	Barreiras	1	
	Declividade	10	
Dados do usuário	quantos anos mora no bairro	2	
	nível educação	7	
	Idade	10	
	possui deficiência física	2	
	Sexo	10	
	raça/etnia	1	
	tem filhos	2	
	Ocupação	5	
	Renda	10	75
	condição de moradia	1	
	condição familiar	3	
	possui quantas bicicletas	3	
	sabe andar de bicicleta	1	
	como armazena a bicicleta	1	
	índice de massa corporal	4	
	possui carro ou CNH	9	
	mora em apartamento	1	
	sai de casa em horário de pico	3	
	TOTAL	212	

Fonte: organizado pela autora, 2018.

## 2.5 ESTRATÉGIAS DE ANÁLISE

O uso de banco de dados das pesquisas origem-destino domiciliares foi baseado em pesquisas no campo da engenharia de tráfego, com contribuições de Antônio Nelson Rodrigues da Silva, do grupo internacional DePICT, que desenvolve pesquisas na USP São Carlos sobre consequências da malha viária no nível de

estresse tolerado pelos ciclistas, além da utilização de dados de pesquisas origem destino para o planejamento urbano (Cf. GUERREIRO *et al.*, 2018).

Na literatura citada, apresenta-se o potencial da utilização de dados de pesquisas origem-destino, principalmente as domiciliares, embora sejam raras. Também se aponta a utilização de dados desagregados como a melhor alternativa para estudos sobre o ambiente construído e o transporte por bicicleta.

Sobre a utilização de dados desagregados de pesquisas OD, o transporte por bicicleta é considerado uma opção competitiva em distâncias de até 5km (ELISSON e GREAVES, 2011), sendo que existem barreiras de desgaste físico e tempo de deslocamento para distâncias superiores. No estudo desses autores, realizado em Sydney, na Austrália, 90% das viagens feitas por bicicleta em distâncias de até 5km eram mais rápidas que o transporte público, competindo até mesmo com o tempo de viagem de automóveis em distâncias de até 2km.

Por outro lado, deslocamentos curtos promovem concorrências entre os modos ativos de transporte. De acordo com Nielsen e Skov-petersen (2018), quando há muitos elementos que estimulam o deslocamento a pé na escala do bairro, diminuem-se os deslocamentos por bicicleta em distâncias curtas, na medida em que aumenta a adesão ao transporte a pé.

A decisão pelo transporte por bicicleta, de acordo com Habib *et al.* (2014), é influenciada pelas possibilidades e atrativos do bairro, sendo este responsável pela percepção de ciclabilidade individual. Em outras palavras, o ambiente físico do bairro influencia na possibilidade de o indivíduo optar pelo transporte por bicicleta.

Para Cao *et al.* (2007), além de existir a associação entre o ambiente construído e o modo de transporte, há também uma relação de causalidade entre a opção de transporte e a localização residencial, partindo da influência das características físicas do bairro sobre a escolha diária de transporte.

De acordo com os autores citados anteriormente, os esforços de pesquisa para compreender a relação entre o ambiente construído na escala de bairro e a escolha do modo de transporte podem auxiliar o processo de decisões de planejamento urbano que visem a mudança modal, ou seja, promovam alterações no comportamento humano incentivando a troca de viagens feitas por veículos motorizados para modos não motorizados.

Pela variabilidade de escalas de estudos notada no processo de revisão da literatura, entende-se como necessário uma investigação que leve em consideração atributos locais, como a escala de bairros, e também uma visão sistêmica, com abrangência municipal.

Considerando os indícios de que a influência do ambiente construído sobre a decisão individual de transporte é notada nos bairros, ou seja, nos arredores das moradias, decidiu-se por estudar o ambiente físico imediato às residências onde foram registradas viagens por bicicleta na pesquisa origem destino domiciliar (ITEDES 2017 e 2018). Esse entorno imediato costuma ser estudado em distâncias de até 400m em estudos de comportamento de viagens não motorizadas que incluam o transporte a pé (CRANE, 2000; LARSEN et al. 2010).

A essência teórica que motiva a investigação é de que a configuração urbana é, por si mesma, geradora de padrões de movimento humano (HILLIER, 2009), e que a capacidade de análise quantitativa da forma urbana tem a incumbência de colocar o transporte por bicicleta no mesmo patamar de planejamento dos demais componentes do tráfego urbano (McCAHILL e GARRIK, 2008). Assim, tange-se o campo teórico da morfologia urbana.

Para Oliveira (2016), os principais elementos físicos para estudos de morfologia urbana são: tecido urbano, ruas, quadras e construções. Considerando a complexidade das cidades e de forma a tornar possível este estudo, trabalha-se a macroescala do tecido urbano, o *urban networks*, em função de Sistema de Informação Geográfica - GIS.

Entretanto, mesmo considerando a sintaxe espacial uma ferramenta analítica útil para a compreensão do transporte por bicicleta, percebeu-se no processo de revisão bibliográfica que existem inúmeros fatores que se relacionam com a decisão de transporte, e que diferentes pesquisadores consideram uma mesma variável ora positivamente associada ao transporte por bicicleta, ora negativamente.

Para esta investigação, buscou-se um exemplo de município onde a adesão ao transporte por bicicleta fosse destaque, e que houvesse dados públicos disponíveis. Ainda, para que os resultados obtidos na pesquisa possam ser transferidos a outras localidades, e não restritos à análise particular, foram realizados estudos de caso em cidades de porte mais comum no país, ou seja, com menos de 100 mil habitantes, pois, de acordo com Motomura *et al.* (2017), essa realidade reflete cerca de 95,5% dos municípios do Brasil.

Para Ahamad e de Oliveira (2016), moradores de cidades com população inferior a 1 milhão de habitantes possuem uma probabilidade maior de utilizar o transporte particular motorizado, já que os sistemas de transportes coletivos são financeiramente ineficientes em cidades de menor porte.

No Brasil e América Latina, o relatório do Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (UN-HABITAT, 2013) alerta que pequenas e médias cidades têm se transformado rapidamente em médios e grandes centros urbanos, o que exige investimentos nesses locais. Segundo esse levantamento, em 15 anos, 70 cidades da América Latina, sendo boa parte do Brasil, mudaram de porte e passaram de pequenas (cerca de 50 mil pessoas) para médios e grandes centros urbanos (mais de 150 mil pessoas). Municípios próximos a polos econômicos experimentam maiores crescimentos populacionais, como aqueles pertencentes a conglomerados urbanos, e são mais propensos a sofrerem com problemas de tráfego e mobilidade decorrentes dessa expansão.

Percebeu-se, ainda, a necessidade de aliar ferramentas da engenharia de transportes de forma a incorporar a análise sistêmica da bicicleta na rede de transportes urbanos. Assim, através do trabalho de Ana Paula Borba, da UnB, sobre o uso da sintaxe espacial para fins de tráfego pedestre (BORBA *et. al.*, 2017), encontrou-se a ponte necessária para unir os campos disciplinares da engenharia de tráfego e Morfologia Urbana. Para a autora, a investigação da forma urbana pelas suas articulações é possibilitada através da utilização da sintaxe espacial como ferramenta analítica.

Com isso, uma das inovações é a relação entre espaço urbano e movimento, com desdobramentos para o planejamento de transportes. Contradizendo teorias de fluxo baseadas na atração de uso do solo, a sintaxe sugere que a configuração urbana é, por si mesma, geradora de padrões de movimento humano (OLIVEIRA, 2016). Além disso, a análise morfológica possui certa capacidade de síntese, já que investiga tanto as conexões quanto o desenho da malha urbana.

Enquanto os deslocamentos motorizados são regulados por normas específicas de comportamento e interagem com o ambiente construído através do intermédio de um veículo, o deslocamento por bicicleta provou-se mais sensível às interações do contexto urbano. De acordo com Manum *et al.* (2017), essa interação entre forma urbana e deslocamentos por bicicleta é um campo onde a sintaxe espacial tem se mostrado útil como ferramenta de análise.

Essa busca por um deslocamento por bicicleta eficaz é uma das poucas unanimidades na literatura estudada, que aponta formas diferentes de se obter esse mesmo objetivo, seja pela velocidade (ELLISON e GREAVES, 2011), tempo de viagem (MCNEIL, 2011), segurança (VANDERBULKE *et al.*, 2014), nível de serviço (LOWRY *et al.*, 2012) ou preferências de rota (VEDEL *et al.*, 2017).

A apropriação da sintaxe espacial para o planejamento de transporte por bicicleta ainda se encontra em desenvolvimento, já que existem discussões recentes entre o tipo de mapa estudado, que pode ser o mapa axial tradicional, analisado através de passos topológicos (BORBA *et al.*, 2017); a análise angular de segmentos (McCAHILL e GARRICK, 2008), ou a utilização de eixos viários (TURNER, 2007).

No contexto pedestre, a medida mais usada é conhecida como *integration*, ou seja, a atratividade espacial da malha urbana (BARROS *et al.*, 2017). Nesse procedimento, são calculadas matrizes de interseções de todo o sistema, levando em conta todas as conexões da malha urbana. Dessa forma, segmentos de vias mais integrados obtêm maiores valores numéricos, e são comumente representados pela cor avermelhada, enquanto vias segregadas recebem valores inferiores e são representadas por escala cromática azulada. Um eixo mais integrado é considerado permeável e acessível aos pedestres, sendo utilizado em pesquisas de caminhabilidade).

Para os deslocamentos por bicicleta, a medida de *choice* é apontada como mais promissora para esta modalidade de transporte (McCAHILL e GARRICK, 2008), inclusive para predição de demanda (RAFORD *et al.*, 2007). Para calcular essa medida, todos os pontos da malha urbana são tratados como origens e destinos, e as conexões mais diretas recebem valores maiores, indicando caminhos mais ágeis e eficientes para o deslocamento cicloviário.

De acordo com Hillier *et al.* (2012), a medida de *choice* tem a capacidade de determinar o número de rotas em um sistema que transpassam um espaço particular da malha urbana, enquanto a medida de *integration* calcula a distância de cada elemento espacial em relação a todos os outros do sistema. A união dessas medidas pode auxiliar na compreensão da acessibilidade para o transporte por bicicleta (LAW *et al.*, 2014), podendo ter seus valores conjugados no *software* Dephtmap, utilizado no presente trabalho.

Até o ano de 2007, a sintaxe espacial já apresentava fortes correlações com o transporte pedestre e por veículos automotores, mas nunca havia sido direcionada ao transporte por bicicleta. Nesse ano, foram apresentados os estudos de Raford *et al.* (2007), com dados de viagens de bicicleta da cidade de Londres. A análise de deslocamentos individuais revelou características de um sistema dinâmico e complexo, influenciado por inúmeras variáveis e preferências individuais. Porém, quando analisadas a somatória das rotas em escala municipal, delineou-se uma inegável lógica espacial, com forte influência de variáveis configuracionais.

Em outras palavras, a perspectiva global do sistema de viagens por bicicleta aponta para a minimização da escolha angular para a definição do trajeto percorrido, sendo as ruas com menor profundidade média angular responsáveis por transportar maior volume de ciclistas. O efeito cumulativo de viagens entre diferentes origens e destinos tende a seguir menor mudança angular porque, probabilisticamente, relaciona de forma mais direta um número maior de pares origem-destino, correspondendo às ruas mais acessíveis e diretas da malha urbana.

Conclusão semelhante foi apontada por Law *et al.* (2014), cujo trabalho expõe uma relação consistente entre a configuração espacial e os deslocamentos por bicicleta monitorados em 2003 e 2012, utilizando-se de contagens volumétricas por “*gate count method*”, escolha angular normalizada (NACH) e integração normalizada (NAIN).

Embora a utilização da sintaxe espacial com aplicação ao transporte por bicicleta não seja uma novidade, ainda está em constante desenvolvimento. Uma das discussões recentes direciona-se ao tipo de mapa estudado, que pode ser o mapa axial tradicional, analisado através de passos topológicos (BARROS *et al.*, 2017); ou o mapa de segmentos, que pode ter como base tanto as linhas axiais quanto os eixos viários.

Em resumo, este trabalho adentra no conceito de ordenação geométrica e configuracional do espaço na cidade através da sintaxe espacial (HILLIER, 2009), pois, segundo Oliveira (2016), as relações entre espaço e padrões de movimentos humanos são aspectos fundamentais da sintaxe espacial. Dentro dessa área de pesquisa, a medida sintática que mais se aproxima ao comportamento de viagens por bicicleta é a *angular choice* (RAFORD *et al.*, 2007; NORDSTROM e

MANUM, 2015), e refere-se ao caminho de menor desvio angular através do sistema, ou seja, a rota mais direta.

## 2.6 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Todas as etapas do trabalho foram baseadas na fundamentação teórica, que partiu de uma revisão exploratória da literatura para situar a questão do transporte por bicicleta na produção científica.

Procedeu-se, então, uma revisão sistemática da literatura, originada das bases internacionais Scopus, Web of Science, TRID e ProQuest Engineering Database, de forma a embasar os conceitos, variáveis e estratégias de análise.

Na revisão, definiu-se o conceito de ciclabilidade deste trabalho como a medida objetiva das condições urbanas que proporcionam o deslocamento por bicicleta. Trata-se de uma discussão sobre o ambiente construído que, por sua vez, é definido na área do urbanismo como a somatória da configuração urbana e os sistemas de transporte, englobando padrões de atividades humanas no ambiente físico urbano.

Para abordar a ciclabilidade, foram detectadas 212 ocorrências de variáveis objetivas entre os 40 artigos finais selecionados. Entretanto, notando-se que toda a bibliografia era de base estrangeira, realizou-se uma revisão na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, de modo a identificar dissemelhanças diante dos apontamentos estrangeiros.

Foi notado que, ainda que os estudos brasileiros não ofereciam uma análise tão profunda quanto a literatura internacional, as discussões sobre renda e oferta de infraestrutura são abundantes.

Entre as estratégias de análise, foi encontrada na sintaxe espacial uma possibilidade de aglutinar variáveis relacionadas à malha viária. Como detectado na revisão de literatura, os estudos apresentam grande variabilidade de escala de análise, algo possível de ser trabalhado com a sintaxe espacial.

Verificou-se que existem lacunas na produção científica sobre o transporte por bicicleta, que são ainda mais profundas em território nacional. Há escassa articulação entre pesquisadores brasileiros e estrangeiros, dada a baixa frequência de estudos internacionais nas teses e dissertações brasileiras.

### 3. MÉTODO

Buscando identificar relações entre o ambiente construído e ciclabilidade, este trabalho propõe-se a observar cidades brasileiras, de forma a contribuir com o conhecimento de padrões de deslocamento por bicicleta nas economias em desenvolvimento.

Nesse contexto de expansão urbana, optou-se por estudar dois municípios entre 50 e 100 mil habitantes, sendo estes os municípios de Rolândia e Cambé, integrantes da Região Metropolitana de Londrina, no Paraná. Os dois municípios apresentam comportamentos de viagens por bicicleta muito distintos, embora sejam geograficamente limítrofes. Com isso, consegue-se que fatores climáticos e culturais não sejam absolutamente distintos, embora, é claro, cada município carregue em si particularidades específicas.

Assim, o método utilizado é o estudo de caso complementar, com um aprofundamento contextual na cidade de Rolândia, sendo este o estudo de caso principal, para poder-se detectar o porquê da existência de um padrão de deslocamento por bicicleta superior ao padrão notado nos municípios brasileiros (ANTP, 2018). Como contraponto, são utilizados dados do município vizinho, Cambé, representando um padrão muito parecido com a média brasileira para cidades do mesmo porte.

Os principais dados utilizados provêm da matriz origem-destino domiciliar (OD) realizadas em Cambé e Rolândia, em 2016 e 2017, respectivamente. De metodologia idêntica, os domicílios foram escolhidos por amostragem aleatória simples em cada zona de tráfego, compreendido por um agrupamento de setores censitários de características comuns (ITEDES, 2018).

Dessa forma, coletou-se uma amostra representativa de todos os bairros da cidade, em toda a área urbana, sendo aplicados questionários em aproximadamente 4,7% do total de domicílios permanentes de cada um dos municípios. Durante a entrevista, os munícipes relataram a totalidade das viagens realizadas no dia anterior, de cada um dos moradores, com detalhes de motivo, duração, etc. Devido à diferença populacional, em Cambé foram realizadas entrevistas em 1.300 domicílios, e em Rolândia foram 776.

Por meio dos dados de viagens coletados na pesquisa OD, estudou-se o contexto das residências que relataram a utilização de bicicleta no dia anterior.

Na revisão da literatura, foram sintetizadas as variáveis mais recorrentes e/ou mais fortemente relacionadas à escolha da bicicleta como transporte, de modo orientar o estudo de contexto das residências.

Também de acordo com a revisão bibliográfica, a espacialização de dados de transporte por bicicleta é geralmente realizada através de geoprocessamento de dados desagregados (GUERREIRO *et al.*, 2018). A possibilidade de comparações utilizando dados desagregados foi utilizada neste estudo.

Sendo assim, as informações numéricas permaneceram atreladas a pontos, linhas e polígonos, permitindo a inferência estatística dos resultados. Essa espacialização de dados por geoprocessamento permitiu que fossem traçadas *buffers* de estudo para conferir as associações possíveis tendo a forma urbana como elemento estimulador para a modalidade de transporte por bicicleta.

De modo a compreender a influência do ambiente construído na decisão de utilizar a bicicleta como modo de transporte, utiliza-se a comparação de variáveis ambientais neste estudo. De acordo com Marconi e Lakatos (2003), trata-se de um conceito operacional passível de mensuração, ou seja, possibilita a inferência estatística e comparação entre fatores.

Assim, considerando a frequência de aparições na revisão de literatura e a disponibilidade de dados, decidiu-se utilizar variáveis com capacidades aglutinadoras, ou seja, capazes de sintetizar um assunto, para nortear uma visão mais ampla das possibilidades sem direcionar aleatoriamente o estudo, já que não seria possível desempenhar testes com as 212 variáveis listadas na literatura.

Compreende-se que a escolha pelo transporte por bicicleta não é resultado de uma relação simples com o ambiente construído, permitindo uma infinidade de questionamentos científicos ainda não explorados.

Para ampliar a abordagem sobre variáveis do ambiente construído que afetam a ciclabilidade, optou-se por três análises com abordagens distintas, porém, complementares à investigação, conforme explicitado na Tabela 5.

Tabela 5 - Variáveis aglutinadas no estudo

	<b>Assunto</b>	<b>Recorrência na revisão de literatura</b>	<b>Consideração no estudo</b>	<b>Origem dos dados considerados</b>
1	Características do usuário	75	Idade, sexo, e renda	Questionário OD
2	Características da viagem e trajeto percorrido	32	Distância, motivo, tempo e altimetria acumulada	Possibilidade mais indicada de rota pelo software ArcGis, levando em consideração origens e destinos do Questionário OD e <i>StravaLabs</i> Sintaxe espacial, registro de
3	Características viárias e de bairros	100	Malha urbana, ocorrência de acidentes, densidade residencial	ocorrência dos Bombeiros, mapa cadastral do município
-	Características ambientais	14	*ND	*ND
	<b>Total de variáveis</b>	<b>212</b>	<b>11</b>	

\*ND = não foi desenvolvido no trabalho.

Fonte: a autora, 2018.

A primeira análise refere-se às viagens, comparando quantitativamente os dados dos dois municípios estudados. A segunda, a meso escala é sobre as características do ambiente construído no entorno da residência com registro de viagem por bicicleta. A última análise, a macro escala, trata-se da utilização da sintaxe espacial para aplicação ao transporte por bicicleta.

As características ambientais de clima, precipitações, etc. não foram desenvolvidas, já que os municípios estudados são vizinhos e assume-se características semelhantes.

Em se tratando de características viárias, pode-se levar em consideração a hierarquia de vias, comprimento da malha, quantidade de interseções, etc.; uma ferramenta que possibilita a análise desse conjunto de variáveis é a sintaxe espacial, que traduz em um único valor numérico uma sequência de atributos de características da malha urbana. Dessa forma, dependendo dos resultados obtidos, o processo de decomposição de variáveis é possível.

Do mesmo modo, ao invés de calcular as declividades de vias e velocidade dos deslocamentos, optou-se por utilizar a rota recomendada pelo Google, para o modo bicicleta, com as informações de declividade acumulada e tempo de viagem calculadas através do *Strava Labs*, uma plataforma aberta que utiliza a

tecnologia ANT+ para geoprocessamento de viagens. Para a edição e cálculo de dados, foram utilizados os *softwares* QGis e ArcGis.

Para a sintaxe espacial foi utilizado o *software* Dephtmap, desenvolvido pela Bartlett School of Architecture, da UCL de Londres, seguindo sua metodologia de utilização mais atual (AL SAYED *et al.*, 2018), revisada por Bill Hillier.

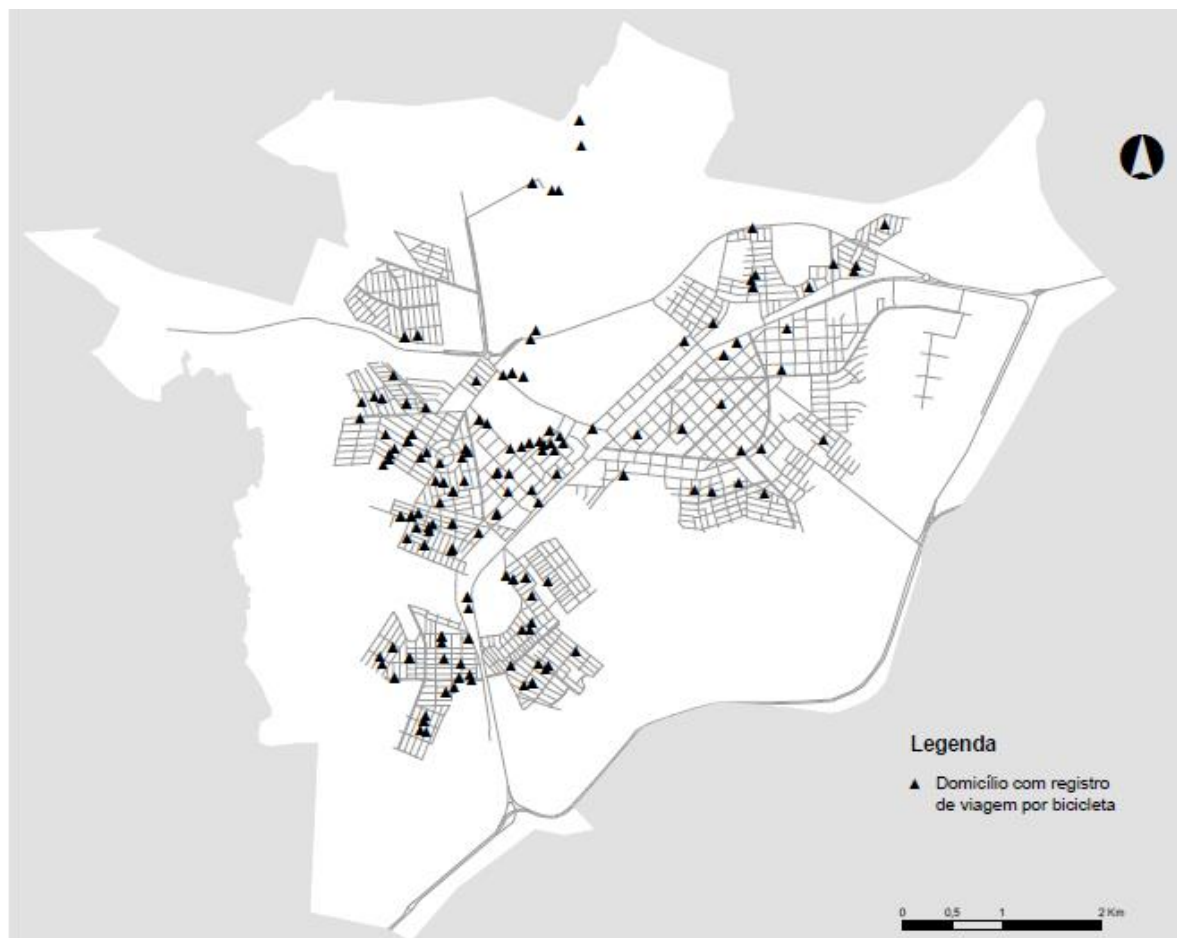
Foram consideradas duas escalas de análise no estudo de caso principal, correspondendo a meso escala – a escala do bairro, e a macro escala – uma visão sistêmica da cidade.

### 3.1 DADOS DE USUÁRIOS E VIAGENS

Com a disponibilidade de dados da pesquisa OD domiciliar, os usuários de bicicleta, assim como suas viagens, puderam ser analisados. Assim, levou-se em consideração a resposta dada no questionário, como sexo, idade e renda.

As viagens de bicicleta registradas em Cambé e Rolândia, a origem domiciliar (Figura 3) e o destino de cada uma dessas viagens foram geocodificadas, ou seja, seus endereços foram transformados em geolocalização com latitude e longitude, passíveis de terem suas rotas analisadas por geoprocessamento no *software* ArcGis.

Figura 3 - Domicílios com registro de viagem por bicicleta



Fonte: ITEDES (2018), manipulado pela autora.

Esse procedimento garante uma visão relativamente mais objetiva da viagem, pois a rota prioritária é sugerida através de cruzamento de dados com o Google, assim como a determinação de distância e tempo de viagem, calculados especificamente para o transporte por bicicleta.

O questionário da pesquisa-origem destino contempla o tempo de viagem, porém, foi notado que este dado se deve à percepção de tempo de viagem, e não necessariamente à real duração do trajeto, já que as indicações de tempo dificilmente extrapolavam o padrão de 5 ou 15 minutos, nunca abordando frações de minutos.

Ainda assim, trata-se da possibilidade mais indicada da rota, isto é, não há um registro da rota realmente executada. O que pôde ser feito foi a análise dessas rotas indicadas pela sobreposição de softwares, ilustrada na Figura 4.

Figura 4 - Sobreposição de viagens da pesquisa OD

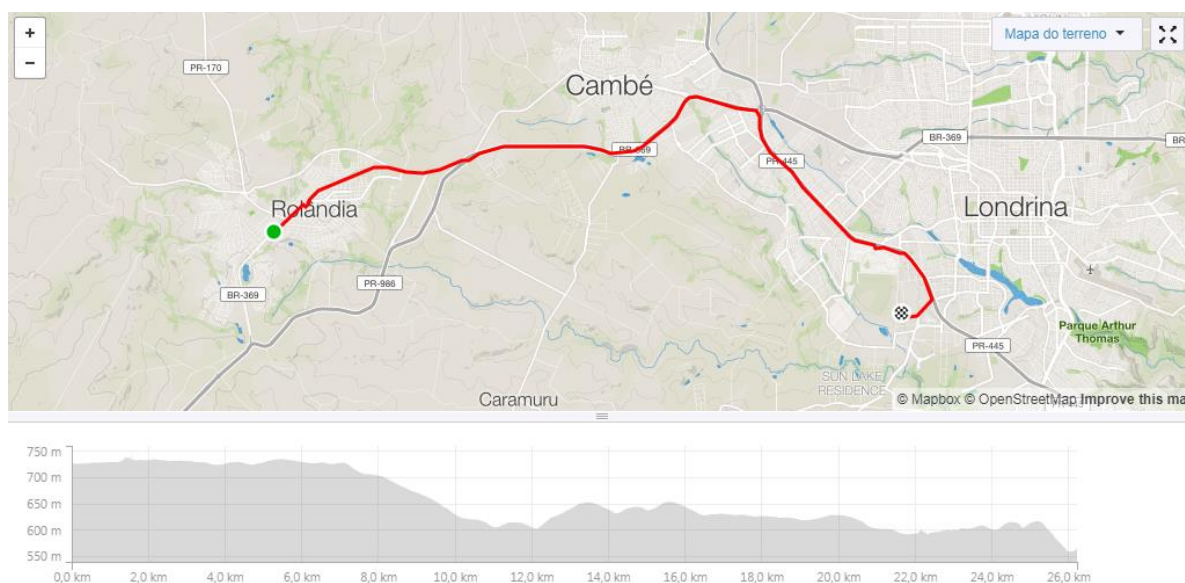


Fonte: ITEDES (2018), manipulado pela autora.

Assim, decidiu-se estudar as rotas com origem na residência, de modo a subsidiar a análise futura do entorno domiciliar. A análise de tempo, distância e altimetria acumulada, utiliza-se de rotas com origem domiciliar. Isto se deve ao fato de que os dados das pesquisas origem destino estudados apontaram na inexistência de *trip chains* (PRIMERANO *et al.*, 2008) feitas por bicicleta, de modo análogo aos apontamentos feitos por estudos estrangeiros.

Isto significa que as viagens feitas por esse modo de transporte são geralmente realizadas de forma pendular, como, por exemplo, casa-trabalho ou casa-estudo. Assim, obteve-se um recorte que possibilitou a comparação entre os dois municípios.

Para possibilitar tal análise, cada arquivo shapefile (.shp) de viagem foi convertido para a extensão GPS eXchange Format (.gpx), de modo a gerar a distância, duração do trajeto e altimetria acumulada no *Strava Labs*, com base de dados OSM (OpenStreetMaps), exemplificado na Figura 5.

Figura 5 - Exemplo de viagem de bicicleta no *Strava*

Fonte: Strava (2018), painel da autora.

De posse dos dados, foi possível analisar os valores em planilha do Excel. A Figura 6 é um exemplo de algumas viagens de Rolândia visualizadas na planilha.

Figura 6 - Exemplo de planilha com informações geradas com associação das viagens em formato .gpx e *Strava Labs*

Código_viagem	Distância (km)	Ganho elevação (m)	Tempo bici (min)	Município
101712-1	2,2	25	05:28	Rolândia
101712-3	2,28	29	05:40	Rolândia
200213-1	1,57	4	03:54	Rolândia
200413-3	4,56	39	11:20	Rolândia
200414-1	1,97	18	04:55	Rolândia

Como demonstrado, realizou-se o mesmo procedimento nos dois municípios, para todas as viagens de bicicleta tendo como origem o domicílio.

### 3.2 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DA MESO ESCALA

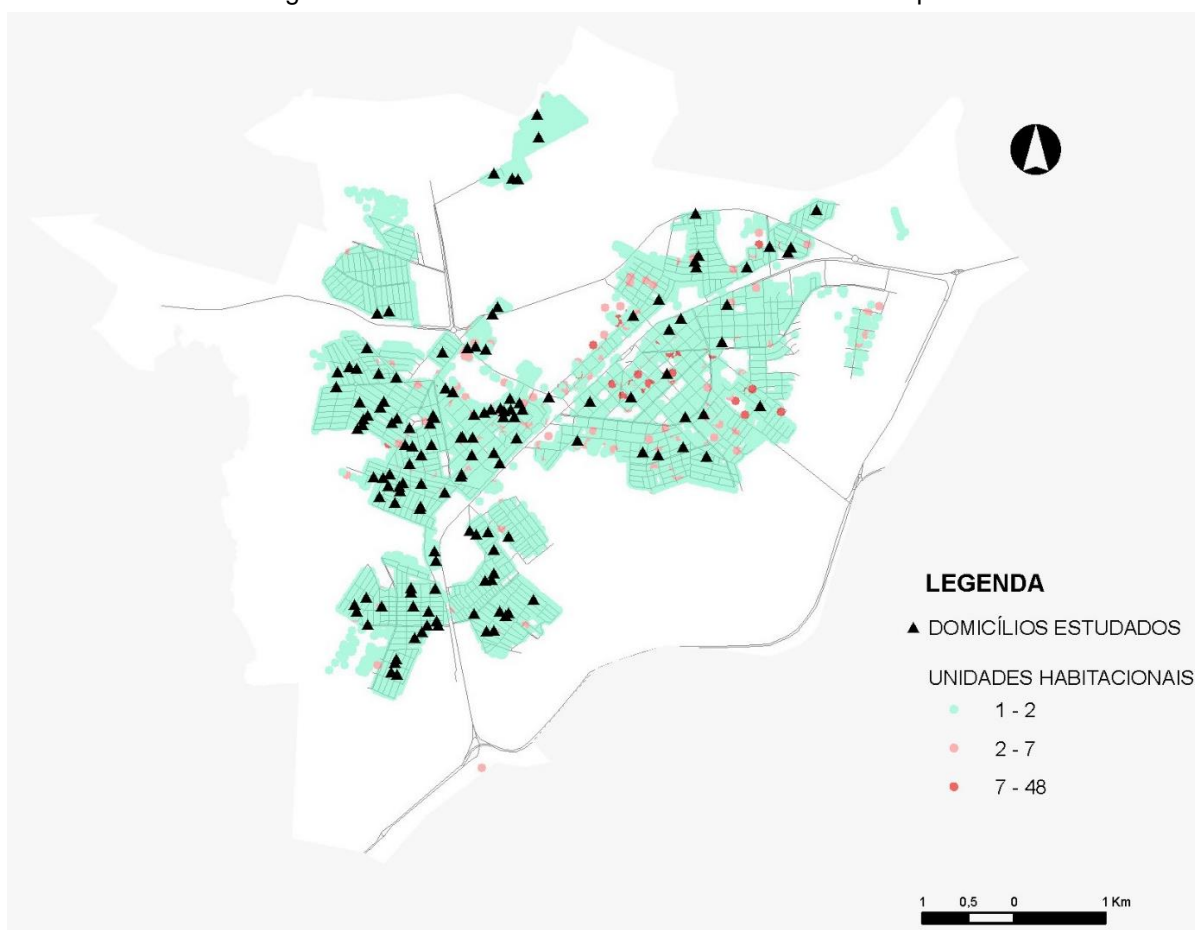
As densidades populacional e residencial são variáveis essenciais aos estudos de caminhabilidade, porém, de menor importância na ciclabilidade. Nesse aspecto, os estudos são divergentes e influenciados por trabalhos sobre o deslocamento a pé, tratando os dois modos de transporte de forma similar (CRANE, 2000; LARSEN et al. 2010). Para Nielsen e Skov-Petersen (2018), ambientes da alta

densidade promovem concorrência entre os modos ativos de transporte para viagens curtas, sendo que a bicicleta perde espaço para o deslocamento a pé.

Ainda, no estudo de Habib *et al.* (2014) os usuários percebem como mais ciclável locais mais densos, porém, para Titze *et al.* (2008), não existe relação significativa entre densidade e maior uso da bicicleta.

No presente estudo, analisou-se a densidade residencial nas imediações das residências com registro de viagem por bicicleta, de forma a avaliar se vizinhanças mais densas influenciam numa maior adesão ao transporte por bicicleta. Isso foi possível pela disponibilidade de cadastro imobiliário, como exemplificado na Figura 7.

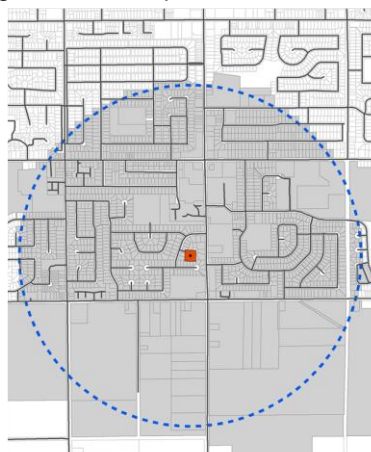
Figura 7 - Cadastro de unidades residenciais no município



Fonte: a autora, 2018.

Desta forma, traçou-se uma área de influência ao redor do domicílio, conhecido como *buffer* euclidiano, ou, de acordo com Frank *et al.* (2017), um *buffer* de observação específica conhecido como *crow-fly* (Figura 8), utilizado na investigação do impacto do ambiente construído na prática de atividade física.

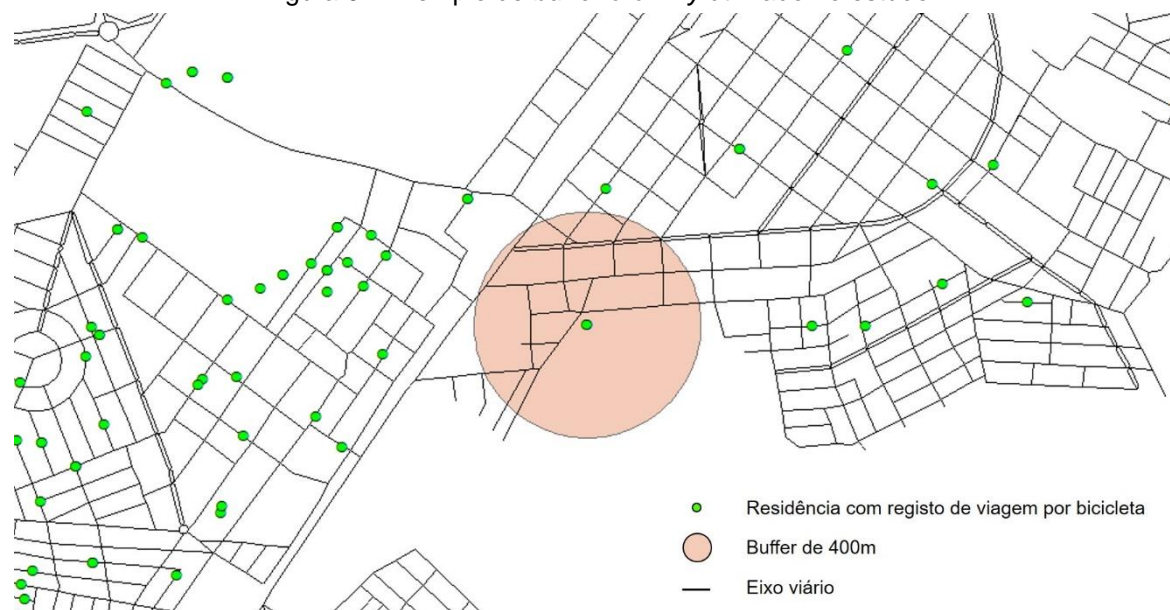
Figura 8 - Exemplo de *buffer crow-fly*



Fonte: FRANK *et al.*, 2017

Para a presente investigação foram utilizados 5 buffers de abrangência local, com a intenção de analisar a influência do ambiente construído em um raio de 400m contendo os clusters de maior registro de viagens de origem domiciliar registrados na Pesquisa OD. Assim, foi possível comparações dentro do mesmo município, em escala de bairro, como exemplificado na Figura 9.

Figura 9 - Exemplo de *buffer crow-fly* utilizado no estudo



Fonte: a autora, 2018.

Essa distância de 400m foi definida por três motivos: a. É considerada de grande eficiência para o transporte urbano por bicicleta; b. Trata-se de uma distância limítrofe para a escolha modal, entre uso da bicicleta e atividade pedestre, e c. Há literatura disponível para triangulação, de forma a dialogar com outros estudos.

Por meio de software de geoprocessamento, foi possível identificar atributos espaciais de cada buffer estudado, de forma a verificar se os locais onde os registros de origens de viagens de bicicleta possuem diferenças quando comparados entre si e com o restante do município, como exemplificado na Figura 10.

Figura 10 - Base de lotes com cadastro de informações contidas no *buffer crow-fly* para análise via geoprocessamento em ArcGis



\*situação sem escala

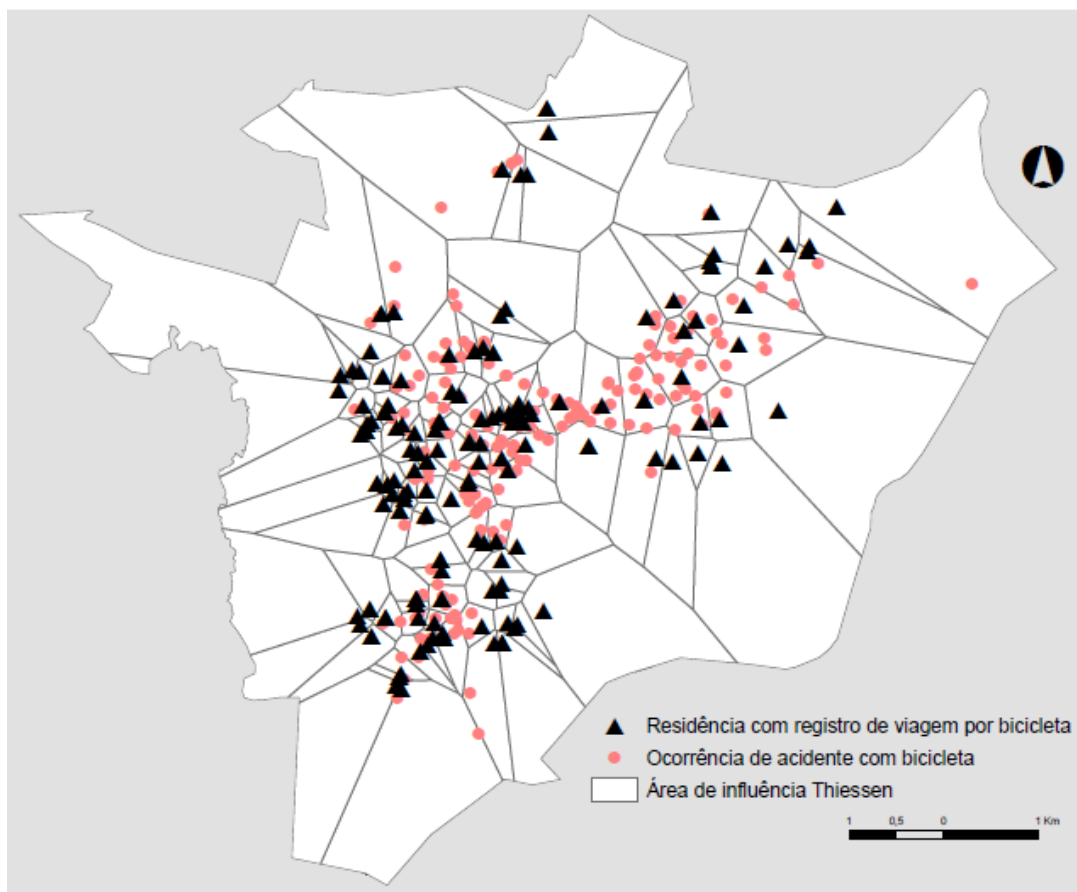
Fonte: a autora, 2018.

Para a análise de acidentes, desejou-se descobrir se os locais de maior concentração de saídas de ciclistas são considerados ambientes mais seguros, de modo a dialogar com o estudo de Marshall e Garrick (2011), que indicam que locais mais cicláveis promovem segurança viária.

Para essa verificação, fez-se a subdivisão da área de interesse em polígonos de influência, obtidos por meio do Diagrama de Voronoi, assim como no trabalho de Xiao *et al.* (2016).

Assim, toda área do perímetro urbano foi subdividida em regiões de influência de domicílios com registro de viagem de bicicleta. Dessa forma, aglomerados de residências apresentam áreas de influência pequenas, enquanto domicílios esparsos apresentam grandes áreas de influência, como demonstrado na Figura 11.

Figura 11 - Mapa de áreas de influência dos domicílios com registro de viagens por bicicleta e acidentes



Fonte: a autora, 2018.

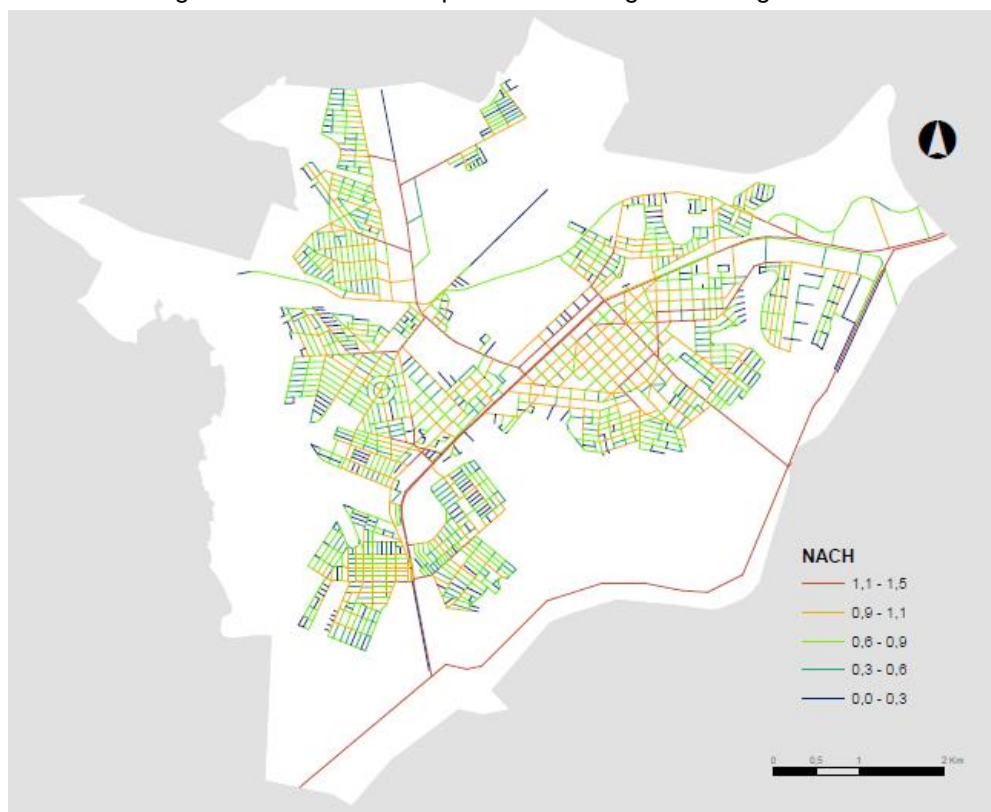
Nessa lógica, pode-se correlacionar a área de influência com a ocorrência de acidentes.

### 3.3 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DA MACROESCALA

Considerando a grande quantidade de variáveis recorrentes na literatura que investigam a influência da malha urbana e caracterizações viárias, buscou-se uma análise morfológica que possui capacidade de síntese, investigando as conexões da malha urbana via sintaxe espacial.

Para o presente estudo, foi desenvolvida a análise angular métrica que, até o presente momento, é considerada a medida mais relacionada ao transporte por bicicleta (McCAHILL e GARRICK, 2008), em especial o valor Choice e o Choice normalizado, conhecido como NACH, como demonstrado na Figura 12.

Figura 12 - Valor NACH para análise angular de segmentos



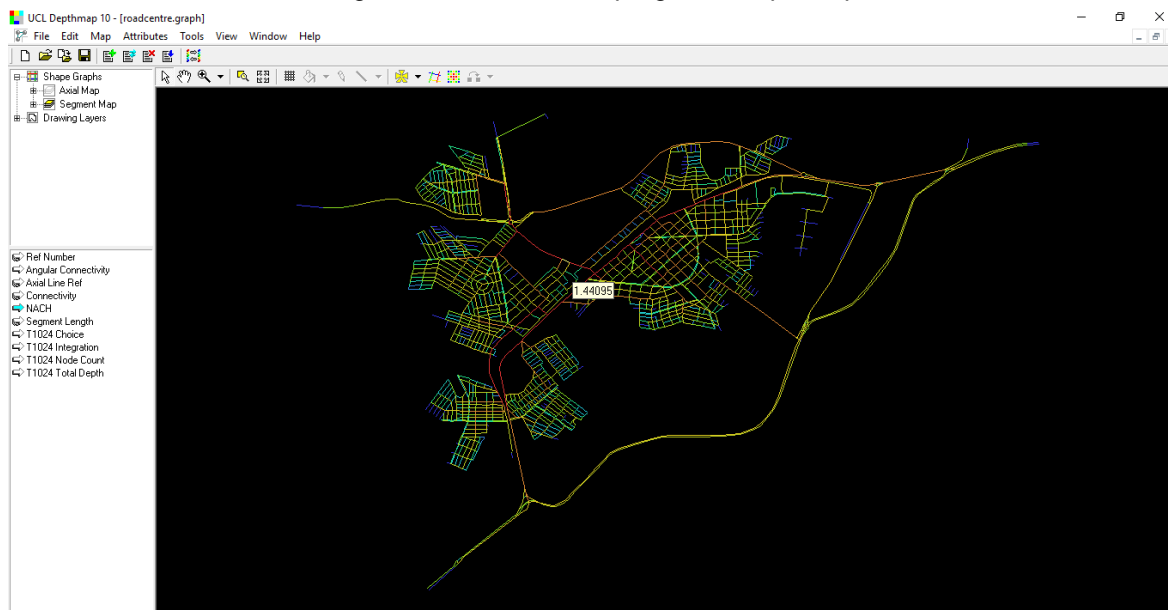
Fonte: a autora, 2018.

Inicialmente, produziu-se um mapa axial para fornecer as análises pretendidas. Porém, percebeu-se que as distorções no comprimento de vias inviabilizavam a sobreposição das informações de rotas e ocorrência de acidentes, já que estes dados foram geoprocessados no datum Sirgas 2000 e seguem a base OSM de mapas.

Para compatibilizar as informações desejadas, recorreu-se, então, aos estudos de Turner (2005), que apresentam a possibilidade da utilização de eixos viários com resultados semelhantes à utilização do mapa axial.

Para o cálculo dos valores foi utilizado o *software* Dephtmap, desenvolvido pela University College London, especificamente para a finalidade de geração de valores da sintaxe espacial (TURNER, 2004). A interface do programa é mostrada na Figura 13.

Figura 13 - Interface do programa Dephtmap

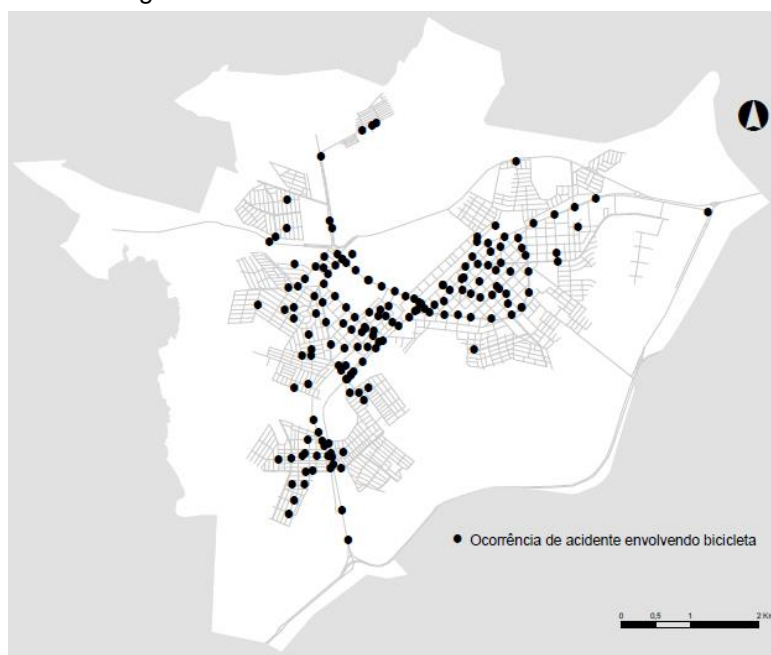


Fonte: Dephtmap (2019), manipulado pela autora.

Assim, cada segmento de via recebeu um valor, de acordo com a relação com os demais segmentos do sistema.

Para a análise de acidentes, recorreu-se à geostatística. Os pontos de acidentes foram analisados pela autocorrelação espacial de Moran I, de forma a verificar se existiria um padrão de acontecimentos puramente pela sua distribuição espacial (Figura 14).

Figura 14 - Pontos de ocorrências de acidentes



Fonte: a autora, 2018.

Sendo o index de Moran I o valor -0,002332, com Zscore e Pvalor entre 0,1 e 0,9, conclui-se que há tendência à dispersão entre os pontos, e que o padrão espacial observado é aleatório. Assim, pode-se prosseguir com a suposição da influência do ambiente construído na ocorrência de acidentes.

### 3.4 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

Tratando-se de um estudo correlacional, buscou-se a estatística indutiva ou inferencial como ferramenta para análise de dados. Assim, o principal ramo utilizado para os procedimentos estatísticos foram os testes de hipóteses.

De acordo com Laureano (2013), os testes de hipóteses visam testar suposições teóricas sobre a amostra, permitindo obter generalizações aplicáveis a indivíduos que não tenham sido observados. Essa generalização é importante para um estudo de caso, de forma a qualificá-lo como relevante.

As hipóteses formuladas sobre a população são sempre duas porque a afirmação verdadeira é desconhecida. Assim, testa-se a hipótese nula ( $H_0$ ), de que não existe diferença entre o observado na amostra e o que está tentando-se afirmar sobre a população. Essa é a afirmação mais restritiva, considerada verdadeira até que as evidências apontem o sentido contrário.

A outra possibilidade é a hipótese alternativa ( $H_1$ ), onde comprova-se uma desigualdade ou nega-se a igualdade. Esse potencial de distinção foi muito utilizado no trabalho para verificar a existência de diferenças significativas entre usuários e não usuários de bicicleta, por exemplo.

Considerando que os dados de análise não seguem a distribuição normal nem nenhuma outra distribuição amostral padronizada, recorreu-se a procedimentos estatísticos não-paramétricos.

A comparação dos dados entre dois grupos independentes foi feita usando-se o teste de Wilcoxon, e as comparações entre três ou mais grupos foi realizada por meio do teste de Kruskal-Wallis.

Para as comparações das variáveis qualitativas foi usado o teste Exato de Fisher, seguido do teste z para comparar as porcentagens, sendo que quando são seguidas pelas mesmas letras não há diferenças, e se são seguidas por letras diferentes há diferenças entre as porcentagens.

Para a correlação de valores da sintaxe espacial, recorreu-se à correlação ordinal de Spearman, pois pretendia-se testar a associação entre as ordenações das variáveis. Esse procedimento também é considerado um teste de hipótese (LAUREANO, 2013).

Por fim, a análise de dados direcionou o trabalho para a elaboração de um modelo linear generalizado, considerado, dentro da modelagem estatística, uma extensão dos modelos clássicos de regressão.

Com o objetivo de verificar as variáveis que possam prever o número de acidentes, foi feito o ajuste do modelo de Poisson que tem um importante papel na análise de dados em forma de contagens. De acordo com Cordeiro e Demétrio (2009), o modelo de Poisson proporciona uma descrição satisfatória de dados experimentais cuja variância é proporcional à média, podendo ser deduzido teoricamente de princípios elementares com um número mínimo de restrições. Ainda, se eventos ocorrem independente e aleatoriamente no tempo, com taxa média de ocorrência constante, o modelo determina o número de eventos em um intervalo de tempo especificado (CORDEIRO e DEMÉTRIO, 2009).

O modelo de regressão de Poisson desempenha na análise de dados categorizados o mesmo papel do modelo normal, na análise de dados contínuos. O modelo log-linear é definido pela distribuição de Poisson,  $P(\mu)$ , com  $\log(\mu) = \eta\beta$ .

Os dados foram analisados no programa R Core Team 2019.

### 3.5 ESTUDOS DE CASO

Sendo o estudo de caso a estratégia de pesquisa utilizada neste trabalho, é necessário apresentar os municípios tratado na análise. Tratam-se de dois municípios paranaenses, Cambé e Rolândia, integrantes da Região Metropolitana de Londrina, estado do Paraná, Região Sul do Brasil.

A conformação urbana inicial de ambos os municípios foram projetos da rede de cidades da Companhia de Terra Norte do Paraná, juntamente com a expansão da linha férrea entre 1932 e 1943, com forte relação ao cultivo cafeeiro. Esse projeto, com o distanciamento máximo fixado em 15 km entre cada centro urbano, deu origem a outros municípios, como Arapongas, Londrina e Apucarana.

De acordo com Rego e Meneghetti (2006), mesmo sendo resultado de um processo de planejamento, o traçado urbano das cidades fundadas pela

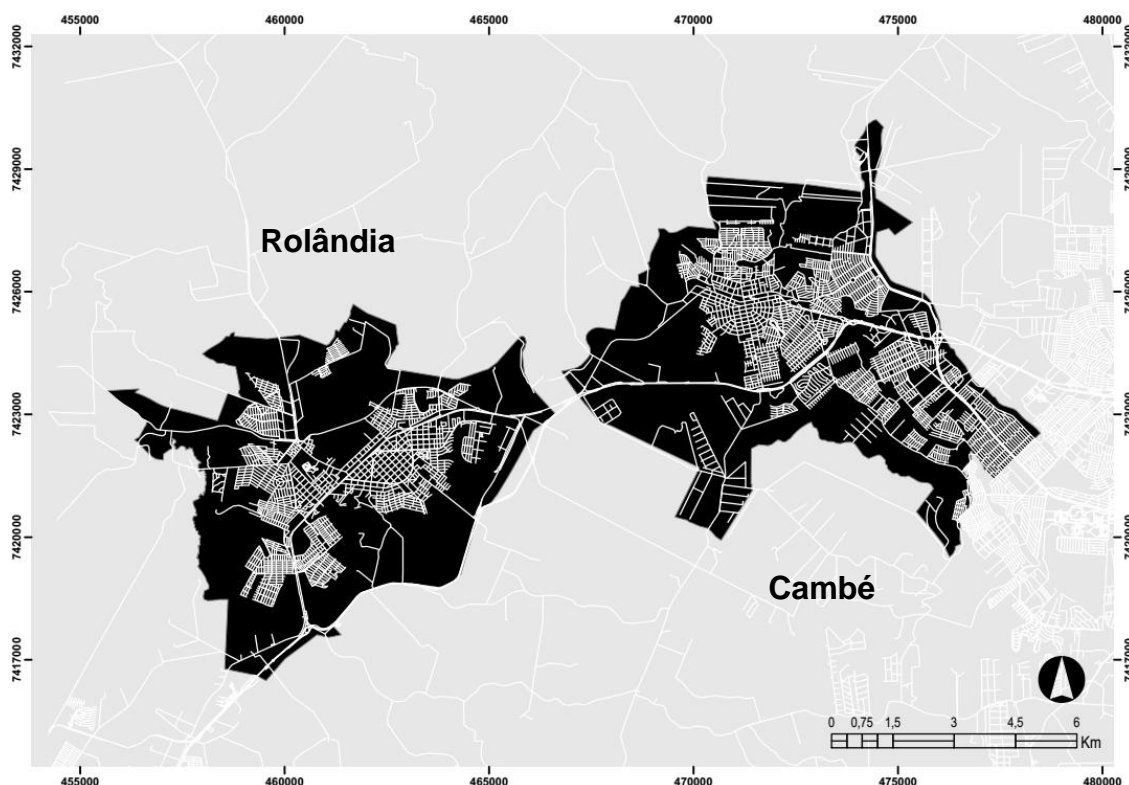
Companhia de Terra Norte do Paraná não foi concebido como um simples sistema ortogonal com malhas regulares, mas sim adaptado à situação geográfica de relevo e hidrografia, culminando em conformações urbanas diferenciadas.

Entretanto, as dinâmicas de expansão urbana nas cidades estudadas nem sempre deram continuidade à leitura do sítio físico, apresentando, por vezes, novas disposições que omitiram particularidades topográficas. O perfil viário padrão da Companhia, de 15 metros para ruas e 20 metros para avenidas (REGO e MENEHETTI, 2006) também foi modificado, dando origem a larguras variadas entre 7 e 30 metros.

A ligação entre as cidades de Rolândia e Cambé é feita pela rodovia BR 369, atualmente com faixa de domínio de 80m (DER, 2018) e pela linha férrea, sendo que os núcleos urbanos centrais estão a 9 km de distância. Não são notados vetores de crescimento para a conurbação urbana entre estas duas cidades (ITEDES, 2017), diferentemente do que acontece entre Cambé e sua outra cidade vizinha, Londrina. A conurbação entre Cambé e Londrina manifestou-se na década de 1980, orientada pela rodovia PR 445, não havendo delimitação visível entre os dois municípios (PAULA *et al.*, 2013).

Na Figura 15, é possível visualizar o perímetro urbano de Rolândia à esquerda, e Cambé, à direita.

Figura 15 - Área urbana dos municípios estudados



Fonte: a autora, 2019.

É possível traçar paralelos entre os dois municípios estudados quanto a sua colonização inicial, clima, localização geográfica, entre outros. Porém, o que se investiga neste trabalho é a diferenciação da dinâmica de transportes municipais, especificamente o transporte por bicicleta.

Para isso, utilizou-se de dados censitários oficiais e os levantamentos realizados para os Planos de Mobilidade de cada município. Cambé é um município mais populoso do que Rolândia, assim, foram realizados mais questionários para a composição da Pesquisa Origem Destino Domiciliar. Contudo, foram registrados mais deslocamentos por bicicleta em Rolândia do que em Cambé, sendo Rolândia o estudo de caso principal.

Tabela 6 - Quantitativos populacionais e viagens estudadas

	<b>Rolândia</b>	<b>Cambé</b>
População censitária urbana	54749	92952
Domicílios urbanos particulares ocupados	17496	29239
Domicílios entrevistados na pesquisa OD	776	1300
Nº viagens de bicicleta com origem no domicílio	191	115

Fonte: IBGE, 2010; ITEDES, 2018

O presente trabalho trata-se de uma investigação sobre o alto índice de utilização da bicicleta em Rolândia, e de que modo o ambiente construído contribui para esse padrão de comportamento. Dessa forma, o estudo de caso principal é o município de Rolândia, sendo que Cambé oferece dados para contrapor a investigação, já que o deslocamento por bicicleta neste último município é muito parecido com a média nacional para cidades de porte semelhantes (ANTP, 2018).

### 3.5.1 Rolândia

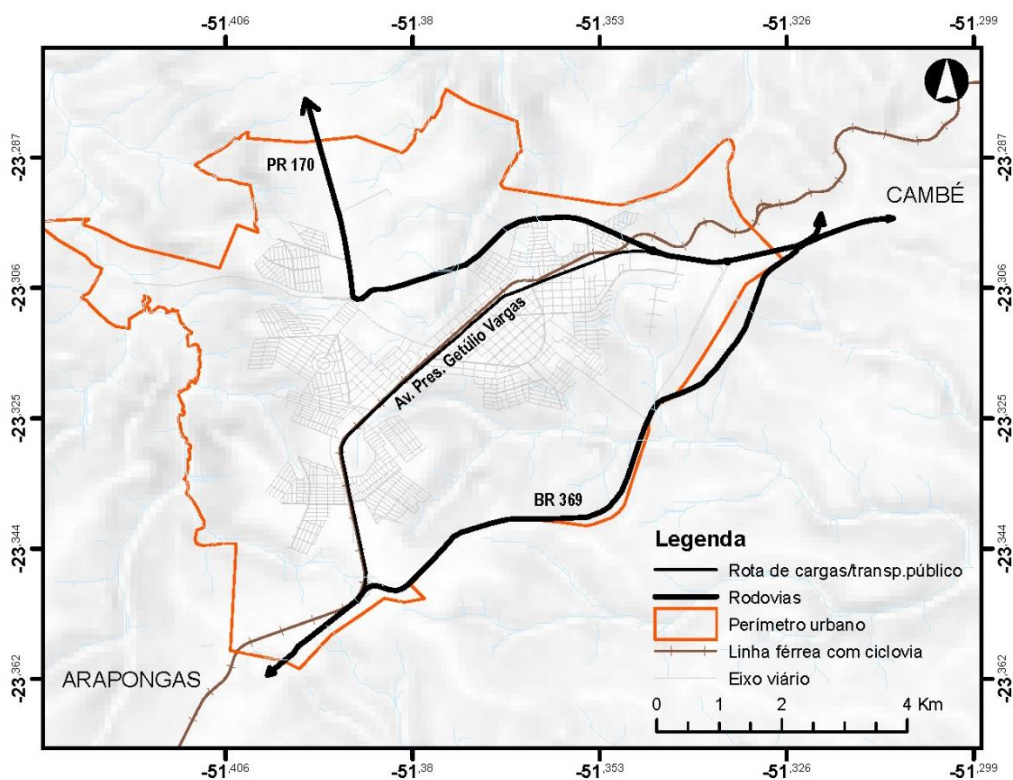
Com 57.862 habitantes (IBGE, 2010), Rolândia foi fundada em 1943 e está inserida na Região Metropolitana de Londrina. O projetista responsável pelo primeiro loteamento e a formação inicial da malha urbana da cidade foi o agrimensor chefe da Companhia de Terras, o russo Alexandre Razgulaeff, que chegou ao Brasil através da Parana Plantations, também atuando no desenho inicial de outras cidades do Norte do Paraná na década de 1930, como Cambé e Londrina (BONI, 2009).

Inicialmente chamada de Roland, a cidade começou como uma colônia alemã, recebendo também japoneses, alemães, italianos, portugueses, espanhóis, sirio-libaneses, húngaros, suíços, poloneses, tchecos, austríacos, ente outros.

A linha férrea, grande influenciadora na expansão da cidade, corta a cidade ao meio, no sentido nordeste-sudoeste, seguida em paralelo pela antiga BR 369, hoje municipalizada e chamada de Avenida Presidente Getúlio Vargas. Em 2001, foi implantada a Ciclovía do Trabalhador, uma via ciclável exclusiva contida na faixa de recuo da linha férrea, de 6.580m.

Assim, a cidade apresenta um corredor multimodal peculiar, onde o transporte por bicicleta, automóvel, ônibus e trem seguem paralelos, porém, sem nenhuma integração (Figura 16). Importante salientar que o deslocamento sobre trilhos é destinado somente a mercadorias, sem transporte de passageiros (ITEDES, 2018).

Figura 16 - Município de Rolândia



Fonte: a autora, 2019.

No eixo Norte, a expansão urbana recente, impulsionada por conjuntos habitacionais, foi influenciada pela PR 170, rota de cargas pesadas vindas do Mato Grosso do Sul com destino ao Porto de Paranaguá. Esse fluxo segue pela região central da cidade, utilizando a Avenida Presidente Getúlio Vargas, até o limite municipal.

### 3.5.2 Cambé

Também de colonização germânica, foi inicialmente chamada de Nova Dantzig por imigrantes da cidade de Dantzig, área que sofreu disputas territoriais entre Alemanha e a Polônia entre os anos de 1919 a 1939 (BONI, 2009). Assim como Rolândia, recebeu imigrantes de origens diversas após a inicial influência alemã, e sua expansão urbana também foi atrelada ao desenvolvimento da linha férrea e da rodovia BR 369, porém com forte influência de vetores de crescimento ao longo da PR 445, em ligação com Londrina e Sertanópolis.

Embora o município de Cambé também seja entrecortado por rodovias, a PR 445 e a BR 369, essa dinâmica de transportes é diferente de Rolândia. Em Cambé não há ciclovias, as linhas de ônibus municipais utilizam a rodovia, sujeitas

à direção única da marginal, com o cruzamento de via dificultado pela faixa de domínio de 60m de largura da via.

Em síntese, não há diferenciação entre transporte público rodoviário e municipal, com algumas direções de deslocamento facilitadas e ineficiente em outras, envolvendo grande dificuldade de travessia pedestre para acesso do serviço. Por vezes, os eixos de transportes rodoviário e ferroviário agem como barreira urbana, dinamizando subcentralidades, de modo que o cidadão não dependa do núcleo comercial principal (ITEDES, 2018).

### 3.6 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Além de conceitos, variáveis e estratégias de análise, a fundamentação teórica também indicou o método utilizado no trabalho. Na apuração de variáveis objetivas, sobressaíram-se estudos internacionais com correlação estatística. Há também registros de procedimentos possíveis apenas através do geoprocessamento de dados.

Seguindo a linha dos estudos da fundamentação teórica, o presente trabalho apresenta dois estudos de caso complementares, conduzidos pela estratégia correlacional de pesquisa (GROAT e WANG, 2002), abordando variáveis objetivas do ambiente construído que podem influenciar o deslocamento por bicicleta nas cidades de Cambé e Rolândia.

O estudo de caso principal é o município de Rolândia, por apresentar um padrão de deslocamento por bicicleta superior ao modelo nacional (ANTP, 2018). O município de Cambé é utilizado como contraponto por deter índices de transporte por bicicleta muito semelhantes à média brasileira para cidades do mesmo porte.

Considerando a variabilidade de escala de análise notada nos estudos que embasaram este trabalho, encaminharam-se duas escalas de análise: a mesoesca e a macroescala, cada uma com seus procedimentos específicos.

A mesoescala contém os elementos do ambiente construído com implicações locais nos bairros, e foi desenvolvida através de *buffers* do tipo *crow-fly*. Esse procedimento relaciona-se com a origem residencial da viagem de bicicleta, no intuito de testar se há influência das imediações no uso da bicicleta como transporte. A macroescala, por sua vez, versa sobre toda a área urbanizada, tratada neste trabalho pelo perímetro urbano.

Foi utilizada a base de dados da pesquisa origem destino domiciliar de cada município estudado (ITEDES, 2017 e ITEDES, 2018), onde as viagens foram geoprocessadas em software ArcGis. O cálculo de tempo, distância e altimetria acumulada foi realizado via *StravaLabs*.

Utilizou-se a estatística inferencial como ferramenta para análise de dados, tendo como principal ramo os testes de hipóteses.

## 4. ANÁLISES

Durante o processo de análise, verificou-se a impossibilidade de isolar as variáveis de modo a apresentar os resultados, segundo a listagem temática da revisão de literatura, pois constam propriedades distintas de verificação estatística, havendo variáveis dependentes, independentes e moderadoras.

Dessa forma, o trabalho foi direcionado em quatro abordagens, que, mesmo relacionadas, permitem a separação de análise em capítulos. A primeira abordagem compara as viagens por bicicleta registradas nas pesquisas origem-destino dos municípios de Cambé e Rolândia, em se tratando de motivo, distância, duração e altimetria acumulada no percurso.

A seguir, aprofundou-se o estudo nas viagens do município principal, Rolândia, com uma investigação sobre os usuários de bicicleta no município. Considerando os dados puros insuficientes, partiu-se para a análise espacial das localidades com maior produção de viagens por bicicleta, observando a densidade residencial e a configuração da malha viária.

Com a agregação dos dados e da análise espacial, foi possível vislumbrar um potencial para a aplicação da sintaxe espacial até então não considerado: a investigação de acidentes envolvendo ciclistas.

### 4.1 ESTUDOS DE CASOS COMPLEMENTARES

Considerando que as particularidades de cada localidade são refletidas no ambiente construído, e que a adesão ao transporte por bicicleta é bastante distinta entre os dois municípios vizinhos de Cambé e Rolândia, procedeu-se com comparativos dos deslocamentos e de perfil dos usuários.

#### 4.1.1 Deslocamentos Intermunicipais

Dentre os deslocamentos relatados na pesquisa origem-destino, alguns podem ser considerados deslocamentos intermunicipais, ou seja, possuem a origem domiciliar em um município, e o destino de viagem em outro município.

Em Cambé, foram notados 23 deslocamentos que adentravam o limite de Londrina, enquanto Rolândia apresentou 2 deslocamentos para Arapongas e 1 para Cambé, conforme explicitado na Tabela 7.

Tabela 7 - Viagens intermunicipais por bicicleta

Origem	Total viagens	Destino				Total viagens intermunicipais
		Cambé	Rolândia	Londrina	Arapongas	
Cambé		-	0	23	0	23
Rolândia		1	-	0	2	3

Fonte: a autora, 2019.

Como semelhança entre os dois municípios, destaca-se a motivação de viagem a trabalho. Os deslocamentos intermunicipais de Rolândia foram todos motivados a trabalho, e 19 dos 23 deslocamentos intermunicipais de Cambé também. Verificando as distâncias percorridas, nota-se grande variabilidade das viagens com origem em Cambé, de 0,7 a 11,9 km de distância de percurso, conforme Tabela 8.

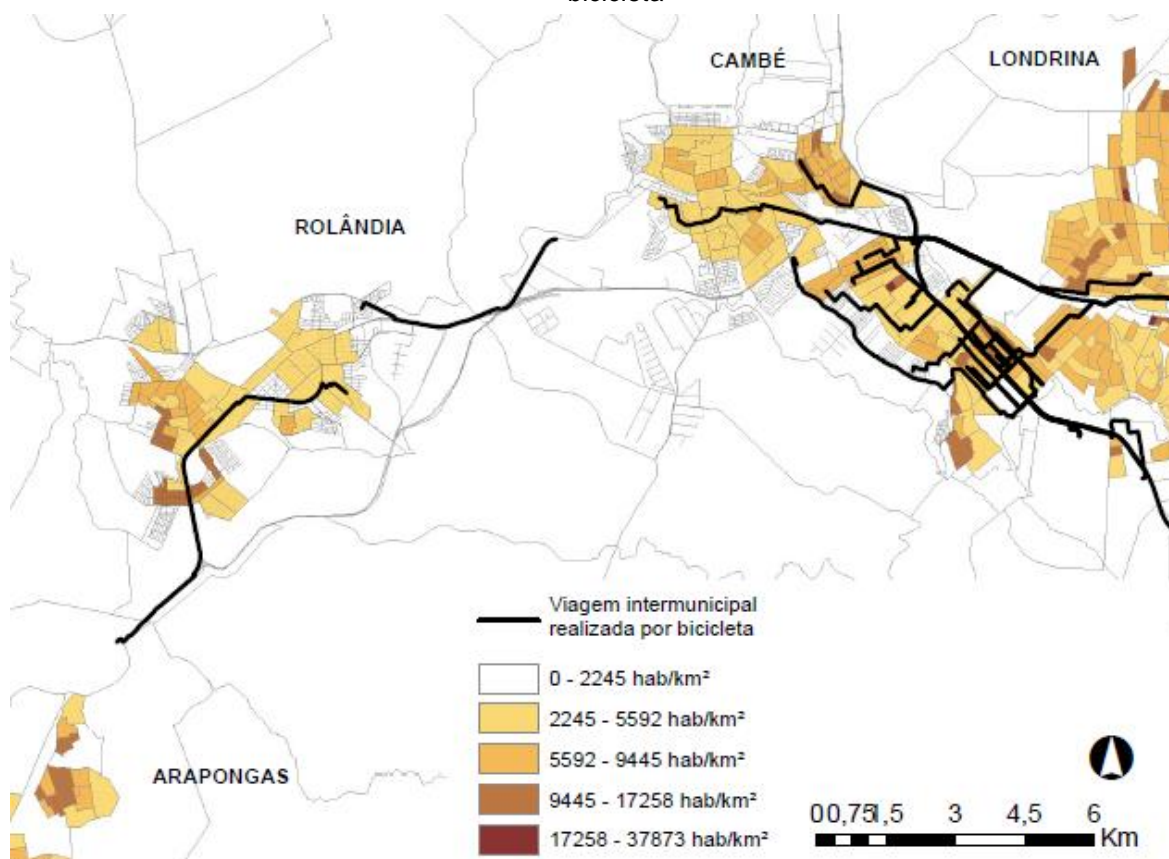
Tabela 8 - Distância dos deslocamentos intermunicipais por bicicleta

Origem	Distância min. (km)	Distância máx. (km)	Distância média (km)	Número de deslocamentos
Cambé	0,7	11,9	5,6	23
Rolândia	5,3	9,4	8,0	3

Fonte: a autora, 2019.

Enquanto um deslocamento intermunicipal em Rolândia depende de rodovias, é possível notar viagens feitas exclusivamente em vias urbanas em Cambé. Assim, o alto número de viagens intermunicipais em Cambé pode ser explicado pela conurbação com o município de Londrina, como ilustrado na Figura 17.

Figura 17 - Densidade habitacional por setor censitário do IBGE e viagens intermunicipais por bicicleta



Fonte: a autora, 2019.

A Figura 17 explicita que os deslocamentos intermunicipais acontecem majoritariamente entre áreas de maior densidade populacional, com maior frequência em áreas de conurbação consolidada.

No estudo de Levinson e Kumar (1997), aponta-se a possível influência de redução das velocidades automotivas em áreas de maior densidade populacional, agregando melhores condições ao transporte ativo nessas áreas. Comparativamente aos deslocamentos intermunicipais presentes em Rolândia, estes dependem exclusivamente de rotas rodoviárias em áreas de baixa densidade populacional.

Entretanto, é importante salientar que a segregação territorial ocasionada por rodovias é mais acentuada em Cambé do que em Rolândia, o que pode influenciar inclusive os deslocamentos internos ao município de Cambé, já que cidades orientadas ao transporte rodoviário registram maiores distâncias e velocidades automotivas, elementos que desfavorecem o transporte ativo (LEVINSON e KUMAR, 1997).

Em se tratando de viagens internas aos municípios, a disparidade na adesão ao transporte por bicicleta contrasta com a semelhança entre o padrão de utilização dos modos de transportes individuais motorizados, correspondendo aos automóveis e motocicletas, como demonstrado na Tabela 9.

Tabela 9 - Participação dos modais de transporte no percentual de viagens diárias

Modo de transporte	Média das cidades brasileiras entre 60 e 100 mil habitantes	Cambé-PR	Rolândia-PR
Ônibus (municipal+intermunicipal)	19	17	3
Automóvel	23	36	37
Motocicleta	7	10	10
<b>Bicicleta</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>20</b>
A pé	46	24	16
Outros	ND*	8	14

\* Não há dados

Fonte: ANTP (2018), ITEDES (2018), organização da autora.

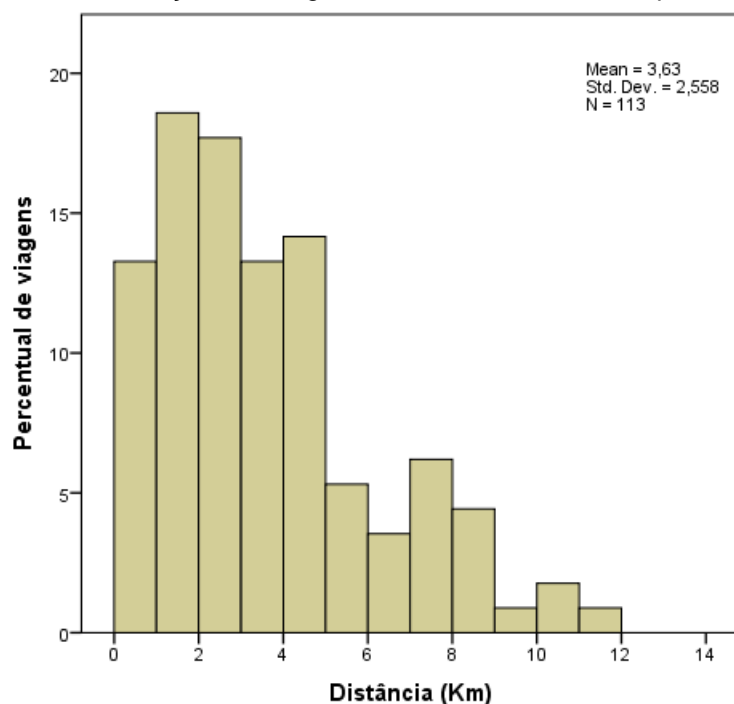
É notável a diferença de distribuição modal não apenas no transporte por bicicleta, mas também entre o uso do transporte público e, em menor escala, o transporte a pé. Novamente, a repartição modal de Cambé é mais semelhante à média nacional em municípios de porte semelhante, enquanto Rolândia detém a parcela de apenas 3% de viagens feitas por transporte público coletivo.

#### 4.1.2 Distância de Viagem

A distância de viagem é considerada um dos principais fatores de ponderação para escolha do modo de transporte (LOWRY *et al.*, 2012), tendo em vista a diminuição da eficiência das viagens de bicicleta para distâncias longas, tangendo questões de esforço físico e maior exposição ao estresse viário c

Considerando que o número de viagens estudadas em Cambé foi diferente de Rolândia, com 113 e 191 viagens, respectivamente, optou-se por gráficos de frequência de distribuição por percentual de viagens, de modo a estabelecer-se comparações entre municípios.

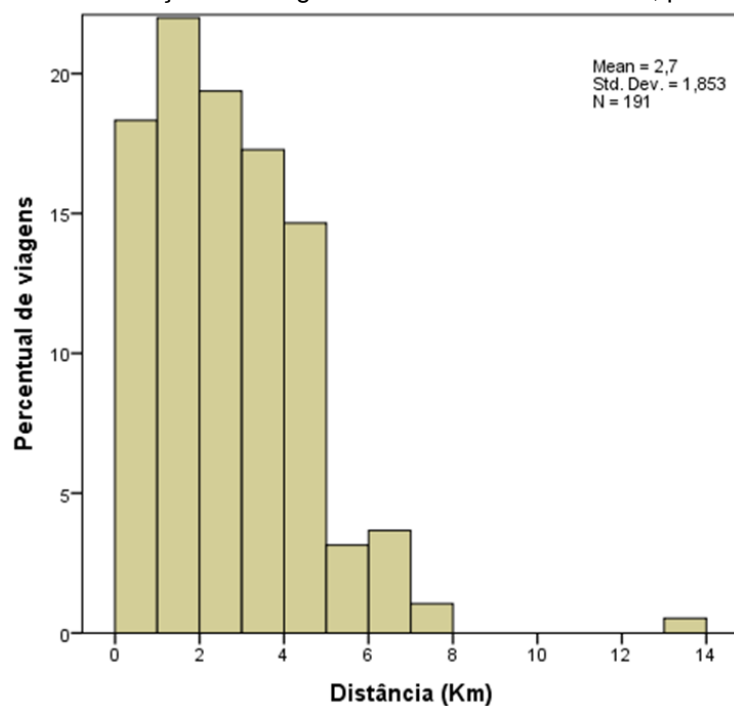
Gráfico 1 - Distribuição das viagens de bicicleta em Cambé, por distância



Fonte: a autora, 2019.

Observa-se que no Gráfico 1 as viagens de Cambé mostram-se relativamente distribuídas entre 0 a 5 km, com uma concentração de frequência entre 1 a 3 km.

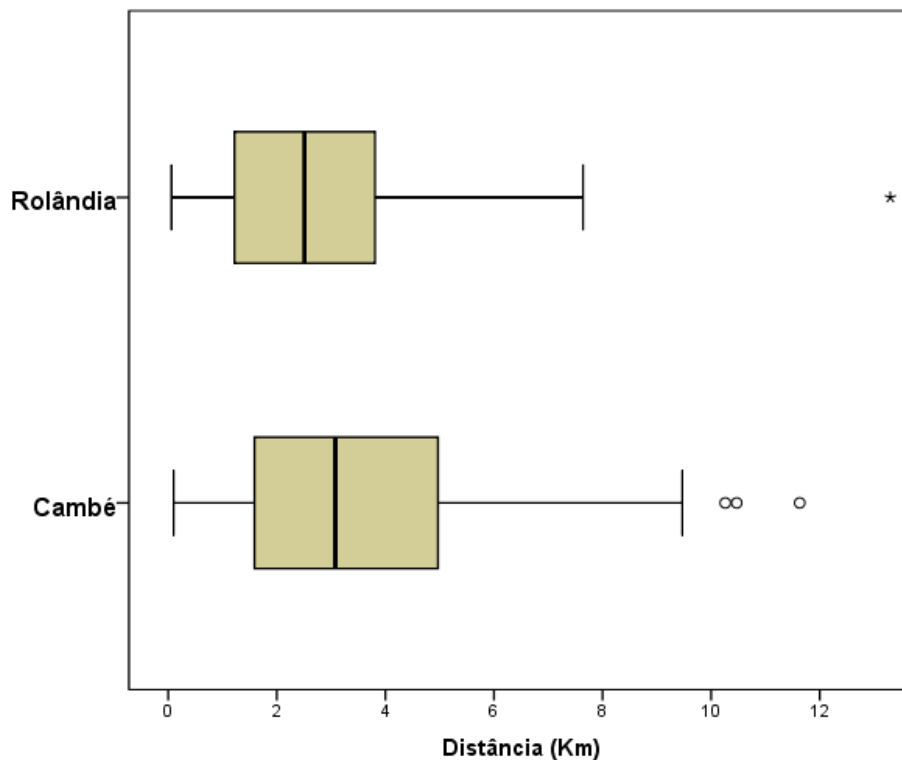
Gráfico 2 - Distribuição das viagens de bicicleta em Rolândia, por distância



Fonte: a autora, 2019.

Já o Gráfico 2 mostra que, em Rolândia, essa concentração é maior entre 1 a 2 km, decrescendo gradualmente entre 2 a 5 km, para depois ficar esparsa. Com um diagrama de caixa, é possível visualizar essa diferença no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Diagrama de caixa com a distribuição das viagens nos diferentes municípios, por distância



Fonte: a autora, 2019.

Com a média das viagens em Cambé sendo 3,63km e Rolândia sendo de 2,7km, é possível afirmar que, em geral, as viagens de Cambé são mais longas, como mostrado na Tabela 10.

Tabela 10 - Comparação das viagens nos diferentes municípios, por distância

Município	Viagens de origem residencial	Média (km)	Mediana (km)	Máxima (km)
Cambé	113	3,63	3,08	12
Rolândia	191	2,70	2,51	13

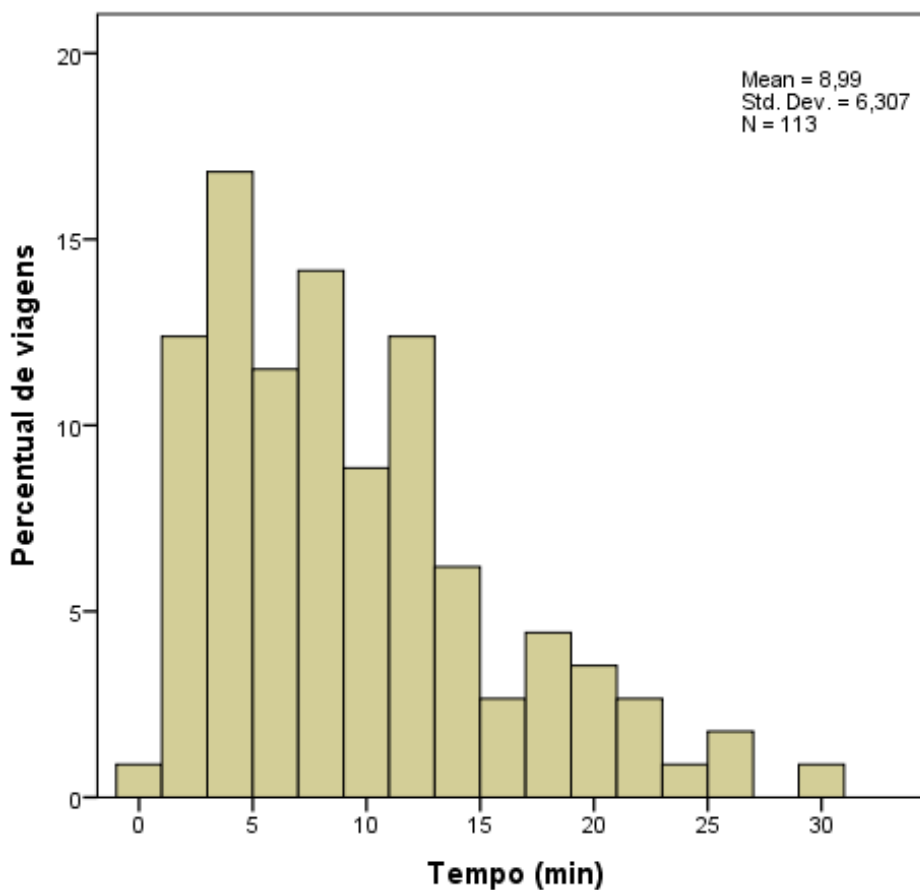
Fonte: a autora, 2019.

Em comum, a frequência de viagens em ambos os municípios diminui drasticamente após os 5km de distância, exercendo triangulação com inúmeros estudos internacionais que apontam a grande eficiência da bicicleta para viagens curtas, inferiores a 5km (ELISSON e GREAVES, 2011; NIELSEN e SKOV-PETERSEN, 2018).

#### 4.1.3 Tempo de Viagem

O transporte por bicicleta pode ter sua eficiência baseada no tempo de viagem, principalmente por se tratar de um modo de transporte “*door to door*” (ELIOU *et al.*, 2009).

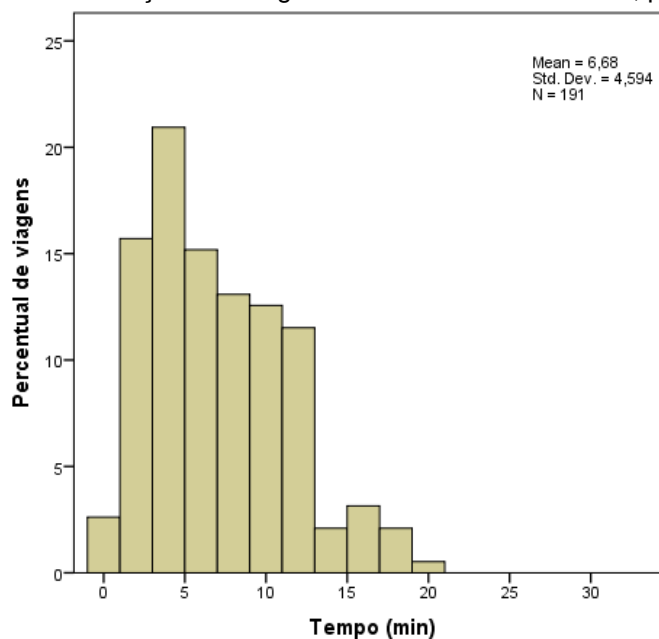
Gráfico 4 - Distribuição das viagens de bicicleta em Cambé, por tempo



Fonte: a autora, 2019.

Pode-se notar no Gráfico 4 a tendência decrescente de viagens em relação ao tempo em Cambé, onde a frequência de viagens é inversamente proporcional a sua duração

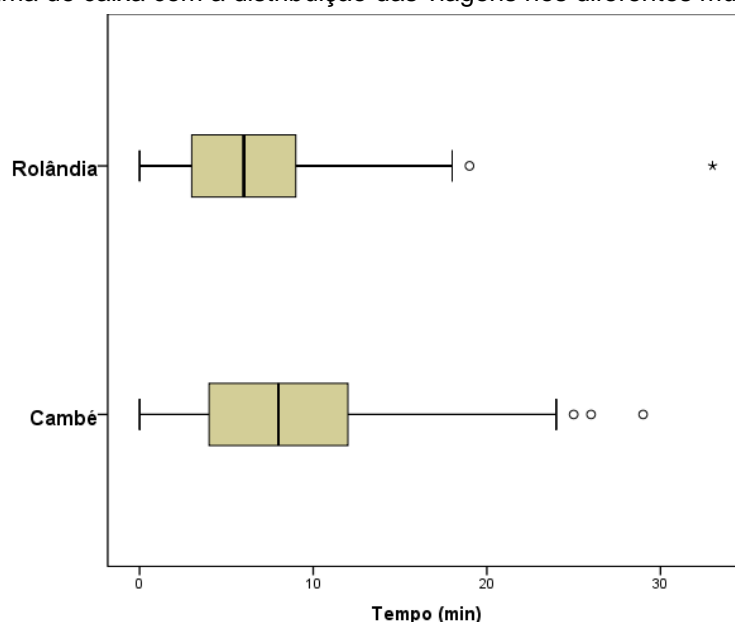
Gráfico 5 - Distribuição das viagens de bicicleta em Rolândia, por tempo



Fonte: a autora, 2019.

Já em Rolândia, como demonstrado no Gráfico 5, há um padrão concentrado nas viagens entre 3 e 12 minutos. A comparação dos tempos de viagem entre os dois municípios é apresentada no Gráfico 6.

Gráfico 6 - Diagrama de caixa com a distribuição das viagens nos diferentes municípios, por tempo



Fonte: a autora, 2019.

Como relatado, observa-se que as viagens em Rolândia são mais rápidas, com média de 7 minutos de duração, enquanto em Cambé a média é de 9 minutos (Tabela 11).

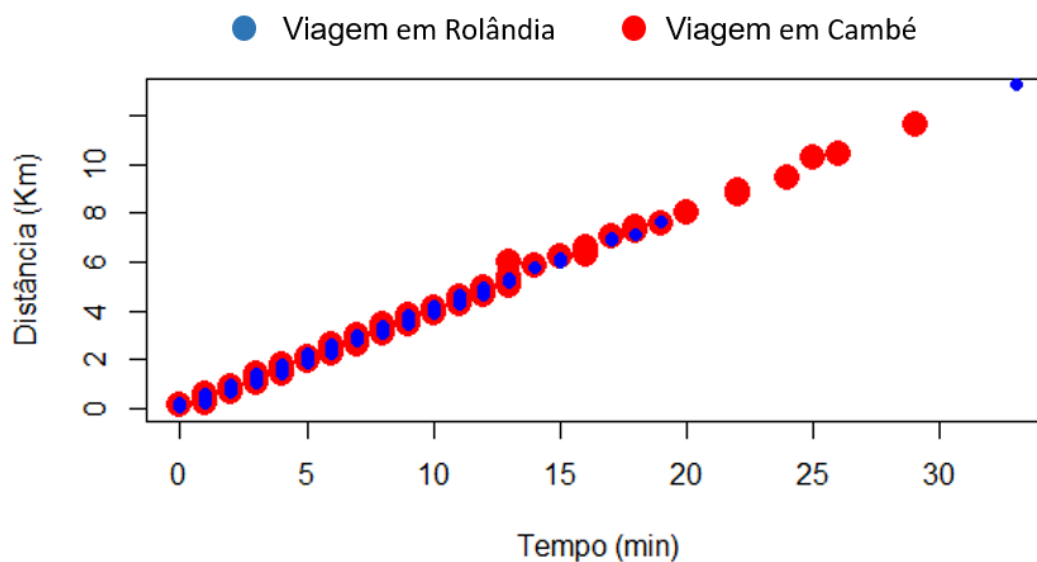
Tabela 11 - Comparação das viagens nos diferentes municípios, por tempo

Município	Viagens de origem residencial	Média (min)	Mediana (min)	Máxima (min)
Cambé	113	8,99	8	29
Rolândia	191	6,68	6	33

Fonte: a autora, 2019.

Quando analisados os valores de distância e tempo de viagem em diagrama de dispersão (Gráfico 7 - Cotejamento de tempo e distância das viagens de bicicleta), observa-se que grande parte das viagens se encontra na mesma tendência de tempo e distância, em ambos os municípios.

Gráfico 7 - Cotejamento de tempo e distância das viagens de bicicleta



Fonte: a autora, 2019.

Nota-se que, excluindo-se os outliers, os tempos de viagem podem ser considerados semelhantes. Parece que, se uma viagem tem um tempo superior a 12 minutos, considera-se utilizar outro modo de transporte, em consenso com a teoria da eficiência de deslocamento de Elisson e Greaves (2011).

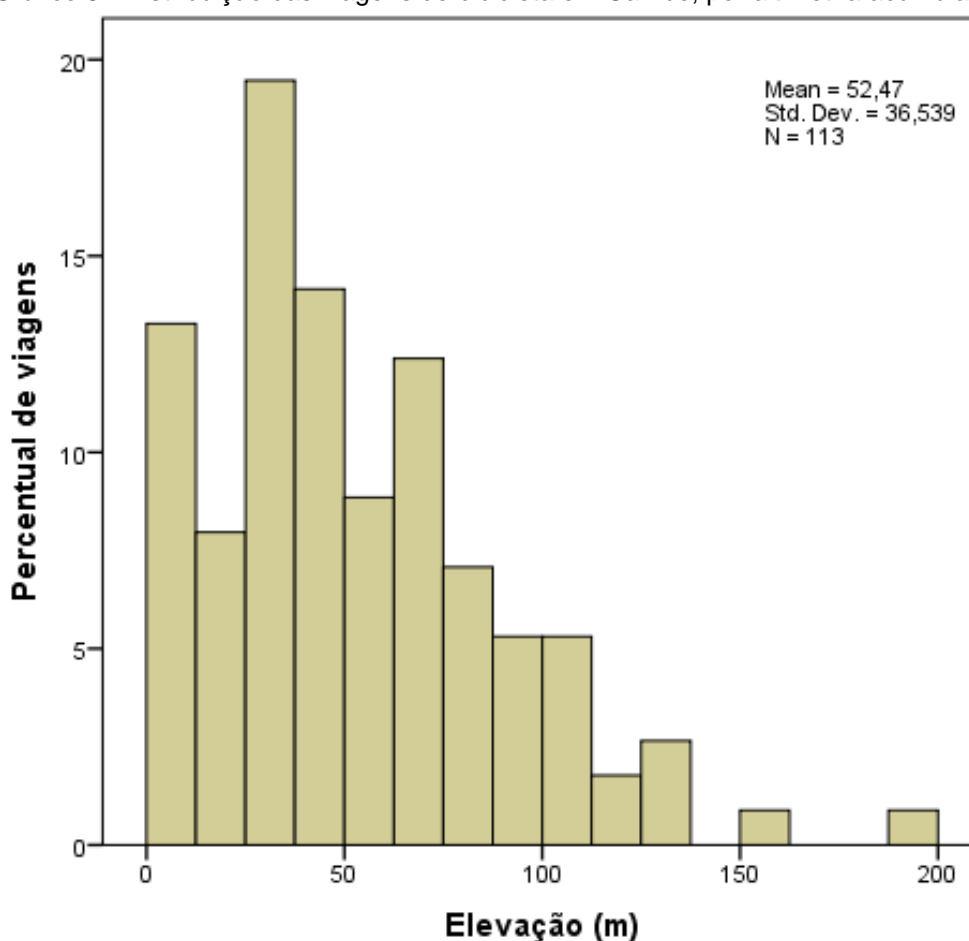
#### 4.1.4 Declividades

Existe um senso comum de que cidades mais planas oferecem melhores condições de ciclabilidade puramente por poupar esforços durante o deslocamento. Como pesquisa científica, considerou-se os dados para apontar uma possível associação.

Para isso, foi calculada a altimetria acumulada de cada viagem de bicicleta registrada, nos dois municípios. A altimetria acumulada, ou elevação acumulada, trata da soma de todas as subidas do trajeto, ou seja, relaciona-se com o esforço produzido durante o ato de pedalar.

Seguindo o mesmo padrão de tempo de viagem, o percentual de viagens registrado é inversamente proporcional à elevação acumulada em Cambé, conforme o Gráfico 8.

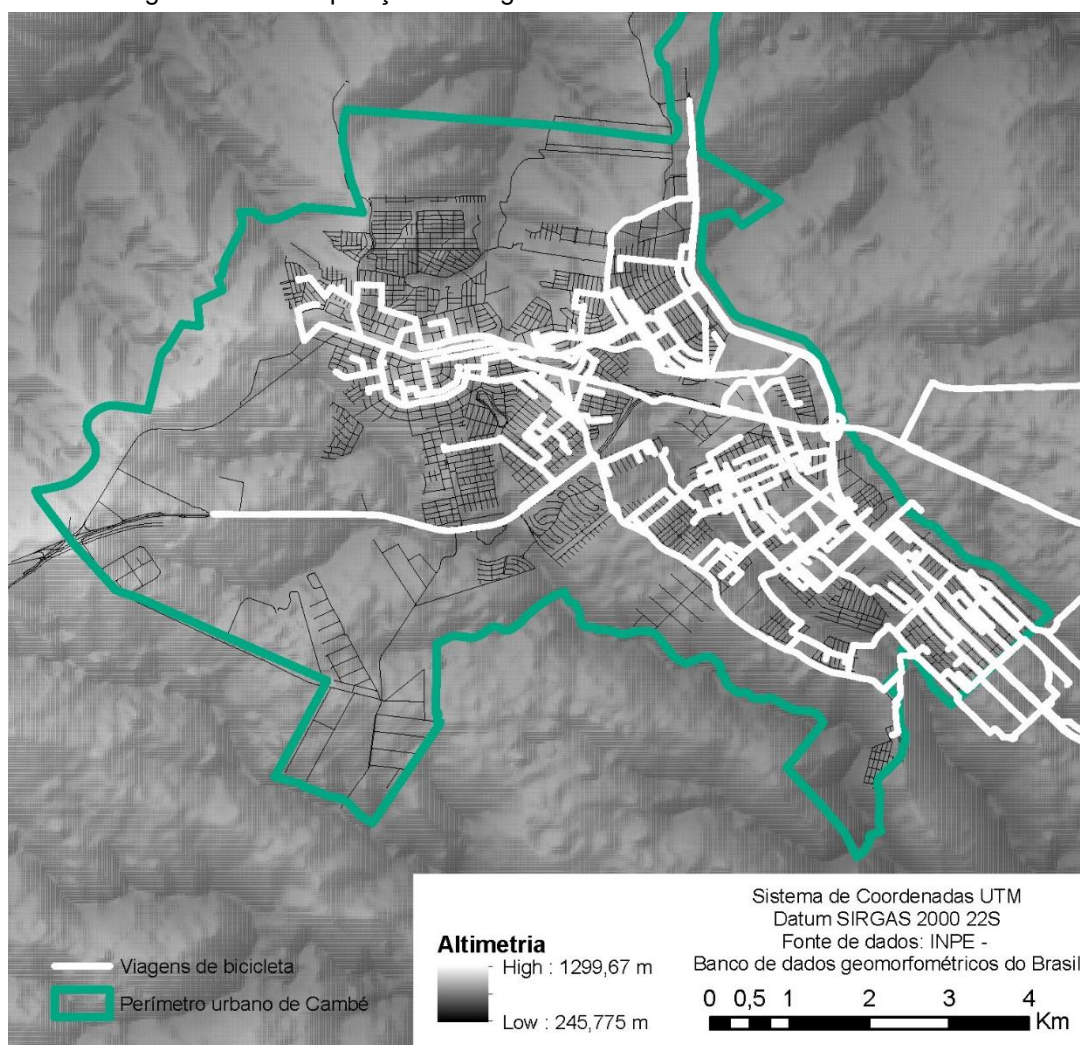
Gráfico 8 - Distribuição das viagens de bicicleta em Cambé, por altimetria acumulada



Fonte: a autora, 2019.

Pode-se notar que existem viagens de bicicleta em locais bastante acidentados em Cambé, ainda que hajam muitas viagens contidas na porção mais plana do município, como ilustrado na Figura 18.

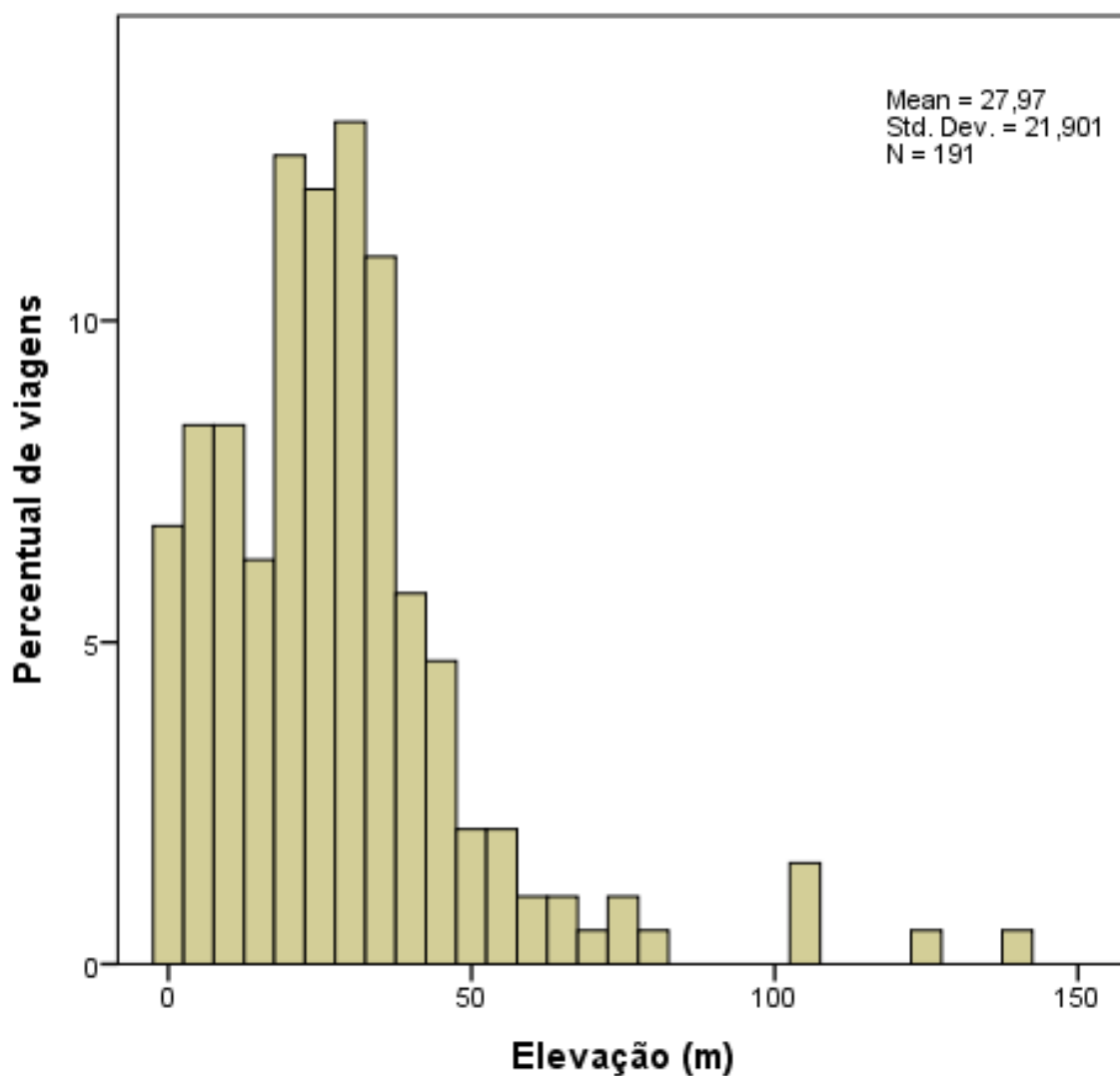
Figura 18 - Sobreposição de viagens de bicicleta e altimetria em Cambé



Fonte: a autora, 2019.

Já em Rolândia, a maior frequência de viagens está contida no bloco de até 40m de altimetria acumulada, conforme o Gráfico 9.

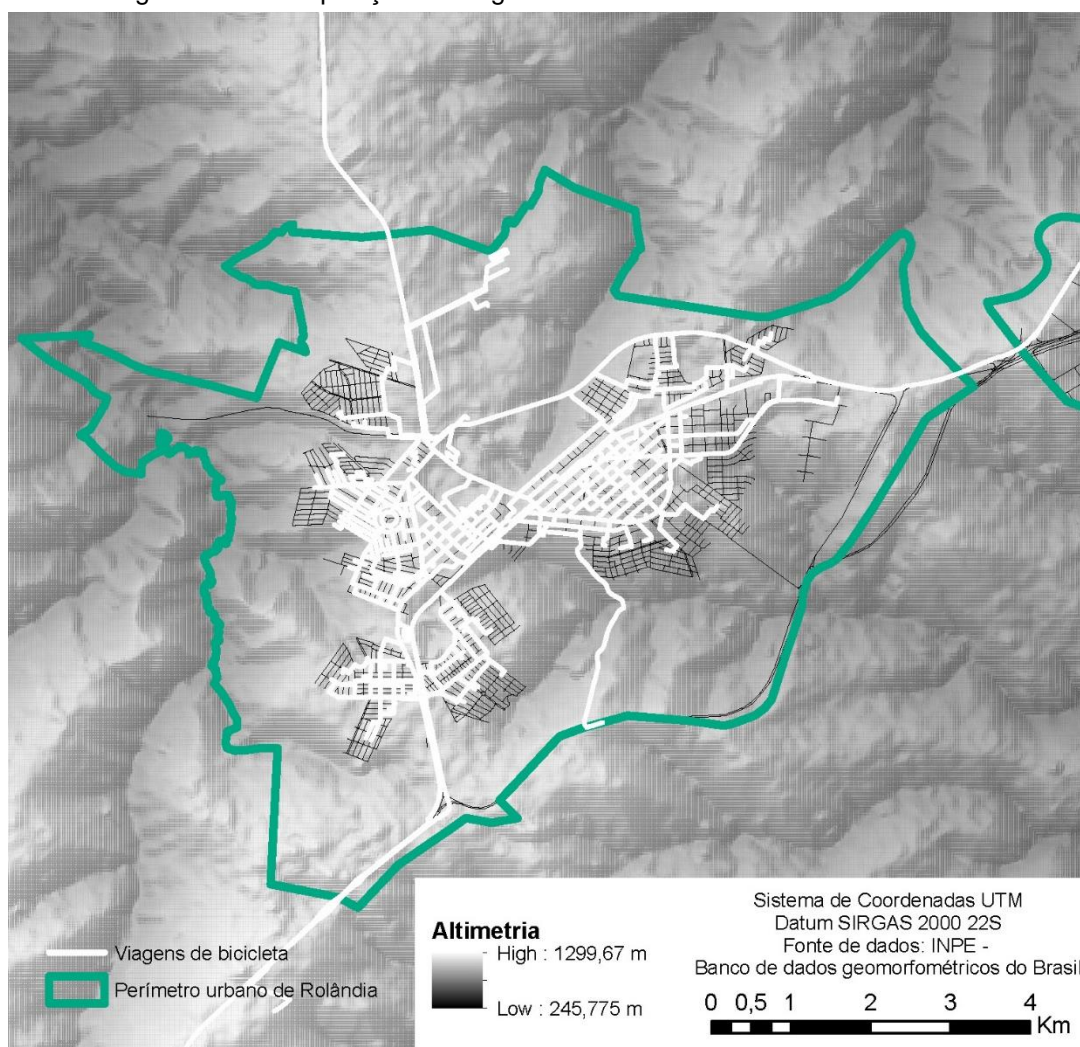
Gráfico 9 - Distribuição das viagens de bicicleta em Rolândia, por altimetria acumulada



Fonte: a autora, 2019.

A conclusão de que Rolândia provê a possibilidade de vias com menor inclinação pode ser visualizada na Figura 19.

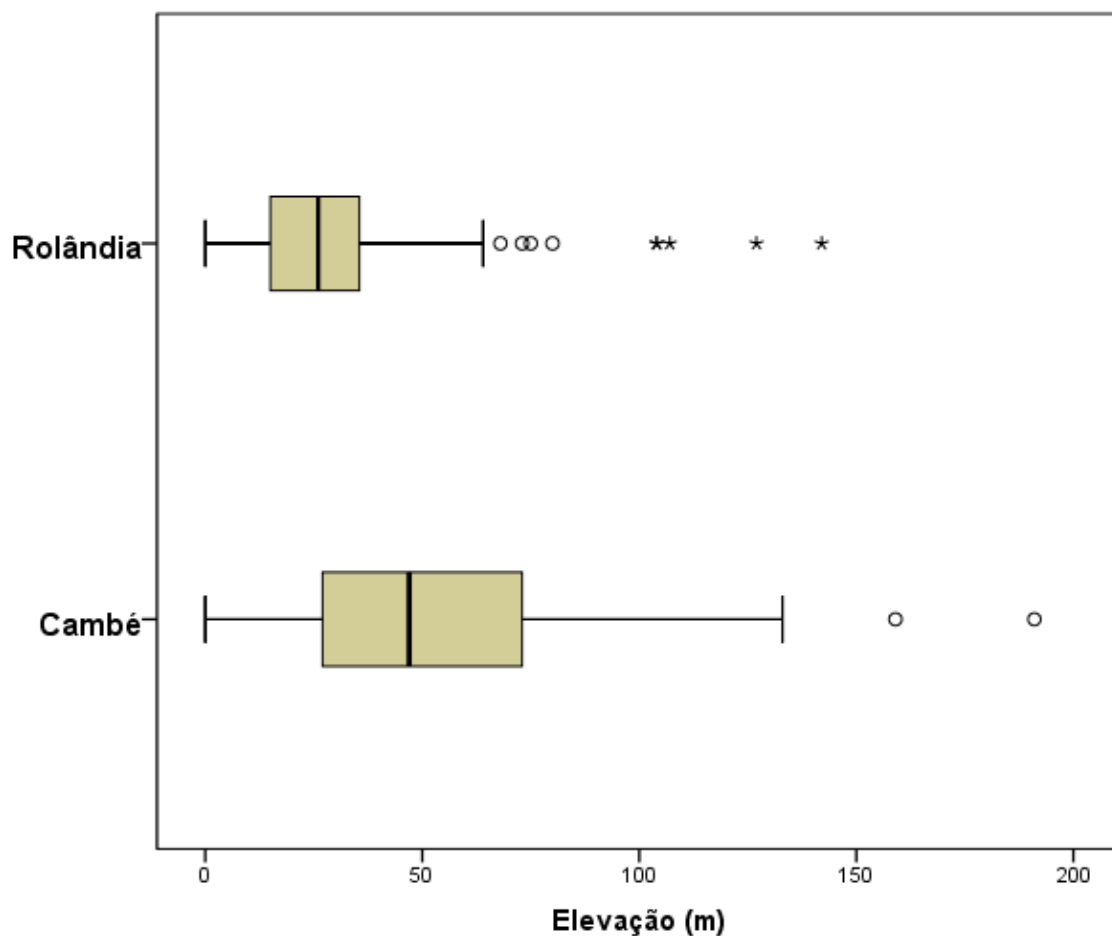
Figura 19 - Sobreposição de viagens de bicicleta e altimetria em Rolândia



Fonte: a autora, 2019.

A comparação entre municípios é demonstrada no Gráfico 10, o qual demonstra o uso da bicicleta em áreas de maior declividade no município de Cambé.

Gráfico 10 - Diagrama de caixa com a distribuição das viagens nos diferentes municípios, por altimetria acumulada



Fonte: a autora, 2019.

Nota-se, na Tabela 12, que a média de elevação acumulada em Cambé é de 52m, enquanto em Rolândia é de apenas 28m.

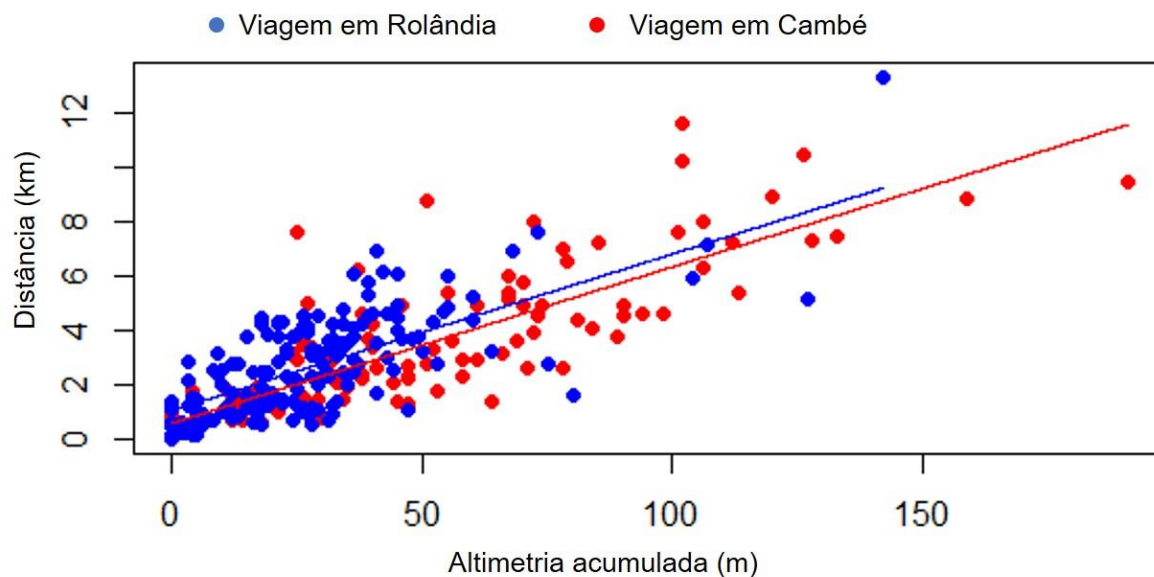
Tabela 12 - Comparação das viagens nos diferentes municípios, por altimetria acumulada

Município	Viagens de origem residencial	Média (m)	Mediana (m)	Máxima (m)
Cambé	113	52,47	47	191
Rolândia	191	27,97	26	142

Fonte: a autora, 2019.

Considerando que as viagens em Cambé são mais longas que as de Rolândia, foi feito um diagrama de dispersão para analisar-se a tendência nos dois municípios (Gráfico 11).

Gráfico 11 - Dispersão entre distância e elevação nas viagens por bicicleta com origem na residência, em Rolândia e Cambé



Fonte: a autora, 2019.

Comparando-se as viagens dos dois municípios, é possível afirmar que, para atingir-se o mesmo ganho de elevação, em Rolândia é preciso ir mais longe. Ou seja, em média, viagens de distância idênticas apresentam ganhos de elevação superiores em Cambé.

Conclui-se que Rolândia dispõe de uma malha viária que oferece caminhos menos acidentados do que Cambé. Dada tamanha diferença comportamental na adesão ao transporte por bicicleta, este fato não extinguiu as possibilidades da investigação.

Entretanto, a presença de rotas mais planas na cidade de Rolândia é um indicativo de maior ciclabilidade, já que a inclinação do terreno pode ser considerada uma barreira para o uso da bicicleta (MANUM e NORDSTRON, 2013) e a variação topográfica aparece como variável negativa em cálculos de índices de ciclabilidade (WINTERS *et al.*, 2013).

#### 4.1.5 Motivo de Viagem

Antes de investigar as características do usuário de bicicleta, desejou-se compreender o motivo para o qual a bicicleta foi utilizada como forma de deslocamento. Sendo uma questão contemplada pelo questionário origem destino, a taxa de resposta segue explicitada na Tabela 13.

Tabela 13 - Comparação das viagens de bicicleta nos diferentes municípios, por motivo

<b>Município</b>	<b>Total viagens bicicleta</b>	<b>Trabalho</b>	<b>Educação</b>	<b>Lazer</b>	<b>Outros</b>	<b>Compras</b>	<b>Saúde</b>
Cambé	233	70%	8%	8%	6%	5%	3%
Rolândia	535	42%	27%	6%	17%	8%	1%

Fonte: a autora, 2019.

Nota-se que o motivo de viagem é mais distribuído em Rolândia, enquanto Cambé aponta na utilização majoritária da bicicleta tendo como destino o trabalho, com 70% do total de viagens realizadas. Outro dado é a expressiva utilização da bicicleta para finalidades educacionais em Rolândia, fato que pode ser verificado via sistematização dos dados de usuários e idade.

#### 4.1.6 Perfil dos Usuários

A segunda reflexão, após a análise das viagens, foi a respeito de possíveis diferenças entre os usuários de bicicleta.

Através dos questionários da pesquisa origem destino domiciliar, foi possível, então, comparar as características dos usuários de bicicleta entre os dois municípios estudados. A Tabela 14 mostra a participação dos gêneros masculino e feminino nas viagens feitas por bicicleta, em cada município.

Tabela 14 - Comparação dos usuários de bicicleta nos diferentes municípios, por sexo

<b>Município</b>	<b>Total viagens bicicleta</b>	<b>Masculino</b>	<b>Feminino</b>
Cambé	233	84%	16%
Rolândia	535	52%	48%

Fonte: a autora, 2019.

É possível perceber que a distribuição entre os gêneros em Rolândia é mais equilibrada, enquanto em Cambé as viagens por bicicleta são majoritariamente realizadas por indivíduos do sexo masculino. Para Ma e Dill (2017), as mulheres tendem a perceber o ambiente construído como menos ciclável que os homens. No estudo de Garrard *et al.* (2008), as mulheres reportavam ser significativamente mais intimidadas ao compartilhamento do espaço com veículos motorizados do que os homens.

O fato de Rolândia apresentar uma condição equilibrada entre os gêneros dos usuários de bicicleta condiz com sua aparente condição favorável à

ciclabilidade, assim como a grande participação de crianças e jovens mostrada na Tabela 15.

Tabela 15 - Comparação dos usuários de bicicleta nos diferentes municípios, por idade

<b>Município</b>	<b>Total viagens bicicleta</b>	<b>Até 19 anos</b>	<b>20 a 39</b>	<b>40 a 59</b>	<b>Acima de 60</b>
Cambé	233	12%	24%	35%	14%
Rolândia	535	34%	23%	30%	13%

Fonte: a autora, 2019.

Entre as viagens de bicicleta registradas em Rolândia, nota-se grande participação de usuários até 19 anos, sendo este o grupo predominante, com um terço do total de viagens. Já em Cambé, a participação de jovens é inferior, com 12% do total de viagens. Neste caso, o grupo de maior participação é de adultos entre 40 e 59 anos.

A diferença entre a participação dos grupos de idade analisados está relacionada com os motivos de viagem apresentados anteriormente, onde observa-se que o motivo de viagem predominante em Cambé é majoritariamente o trabalho, enquanto os motivos de Rolândia são diversos, com 27% das viagens com destino educacional, como escolas e cursos.

## 4.2 ESTUDO DE CASO PRINCIPAL: ROLÂNDIA

Na análise de Rolândia, o estudo de caso principal, percebeu-se que a porção central é a região do município com menor taxa de origens de viagens por bicicleta. Isso motivou um aprofundamento maior na questão da renda, considerada um rebatimento espacial do comportamento humano.

Também se delineou a questão de segurança, observados os registrados de ocorrência de colisões de veículos motorizados e bicicletas.

Após considerar-se o perfil do usuário, analisou-se as questões de renda, segurança, densidade residencial e valores sintáticos e duas escalas diferentes, denominadas, neste trabalho, de meso e macro escalas.

### 4.2.1 Deslocamentos Intermunicipais

Em se tratando da totalidade dos modos de transporte, de todas as 2.732 viagens tabuladas na pesquisa origem-destino com origem no município de Rolândia, 163 viagens, ou seja, 5,97% do total de viagens, tiveram destino em outros municípios, de acordo com a Tabela 16.

Tabela 16 - Destino de viagens intermunicipais com origem em Rolândia (todos os modos)

<b>Origem</b>	<b>Destino</b>	<b>N° de viagens</b>	<b>% de viagens</b>
Rolândia	Londrina	118	72,4%
	Cambé	26	15,9%
	Arapongas	14	8,6%
	Apucarana	4	2,4%
	Ibiporã	1	0,6%
TOTAL	163	163	100%

Fonte: a autora, 2019.

Londrina, considerada a cidade pólo da Região Metropolitana de Londrina, recebe a maior parte dos deslocamentos intermunicipais. Cambé e Arapongas, municípios vizinhos a Rolândia, recebem juntas cerca de um quarto dos deslocamentos intermunicipais. As cidades de Apucarana e Ibiporã, mais distantes, são menos representativas entre estes deslocamentos.

Em relação à motivação do deslocamento, são listados majoritariamente o trabalho, com 34.1%, e o estudo, com 33.7%, conforme Tabela 17.

Tabela 17 - Motivo de viagem intermunicipal (todos os modos)

Motivo	Nº de viagens	% de viagens
Trabalho serviço	51	31,3%
Trabalho indústria	18	11,0%
Trabalho comércio	3	1,8%
Educação	55	33,7%
Saúde	15	9,3%
Outros	12	7,4%
Compras	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>163</b>	<b>100%</b>

Fonte: a autora, 2019.

Dentre todos os 163 deslocamentos intermunicipais, apenas 3 foram realizados por bicicletas. A participação modal pode ser conferida na Tabela 18.

Tabela 18 - Participação modal em viagens intermunicipais com origem em Rolândia

Modo	Número de viagens	Participação modal em viagens intermunicipais
Dirigindo automóvel	60	36,8%
Van	40	24,5%
Passageiro automóvel	28	17,2%
Ônibus intermunicipal	15	9,2%
Moto	10	6,1%
Ônibus fretado	4	2,4%
<b>Bicicleta</b>	<b>3</b>	<b>1,8%</b>
Táxi popular	2	1,2%
A pé	1	0,6%
<b>TOTAL</b>	<b>163</b>	<b>100%</b>

Fonte: a autora, 2019.

Se, por um lado, Rolândia tem uma adesão ao transporte municipal por bicicleta muito expressiva, ela não se estende aos deslocamentos entre municípios. Pode-se observar a predominância dos transportes motorizados, que pode ser justificada pelas distâncias superiores a 5 km.

Para McNeil (2011), a eficiência do transporte por bicicleta consiste em viagens de até 20 minutos, com distância de até 5 quilômetros (ELISSON e GREAVES, 2011). No presente estudo foi notado que as viagens estudadas dialogam com os estudos internacionais, com grande número de viagens contido no horizonte de 5 quilômetros e 20 minutos.

A distância e tempo de viagem são consideradas grandezas inversamente proporcionais à adesão ao transporte por bicicleta, já que implicam diretamente na eficiência deste modo de transporte (VEDEL *et al.*, 2017).

Existe consenso entre autores de que a distância e tempo de viagem ocorrem em função das características da malha viária, sendo estes fatores cruciais na escolha do modo de transporte. As condições da viagem e do trajeto são relacionadas às características viárias, determinam a eficiência da bicicleta no percurso e influenciam na decisão pessoal da escolha de transporte.

Além de distância e tempo de viagem, a análise de sintaxe espacial apresenta resultados coerentes com a grande adesão ao transporte por bicicleta em viagens municipais e baixa adesão em deslocamentos que extrapolam os limites municipais.

Em relação a escolha angular normalizada, ou seja, o valor NACH, as vias que hoje conectam Rolândia aos municípios vizinhos recebem alto valor NACH, porém, possuem características rodoviárias com altas velocidades e fluxo intenso, podendo ser consideradas pouco cicláveis.

Por outro lado, a via urbana mais extensa e com maior valor NACH apresenta uma ciclovia segregada. Trata-se de uma ciclovia no domínio da linha férrea, que pode ter seu valor NACH comparado na Tabela 19.

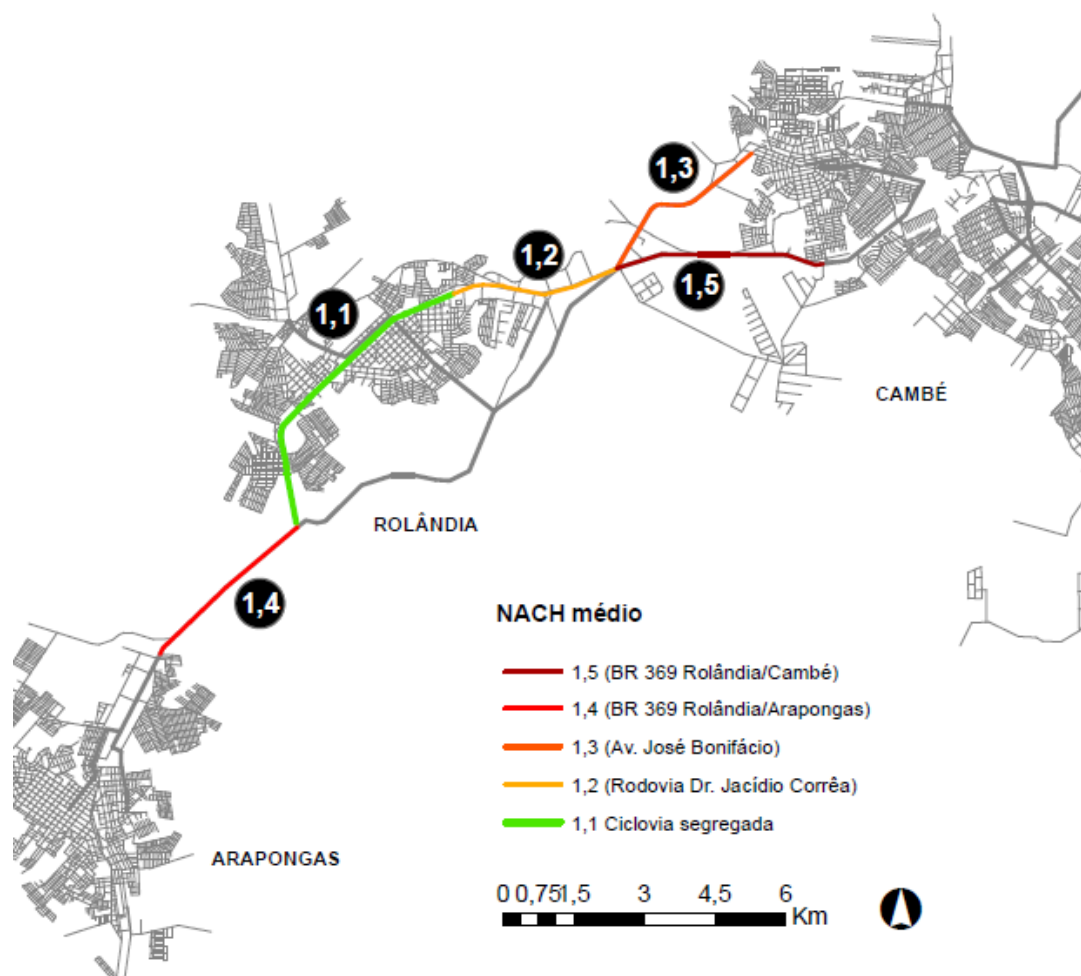
Tabela 19 - Comparação de valor NACH entre vias intermunicipais e ciclovia segregada

<b>Nome do trecho</b>	<b>NACH mín.</b>	<b>NACH máx.</b>	<b>NACH médio</b>
BR 369 Rolândia/Cambé	1,2	1,5	1,5
BR 369 Rolândia/Arapongas	1,4	1,4	1,4
Av. José Bonifácio	1,3	1,3	1,3
Rodovia Dr. Jacídio Corrêa	1,2	1,3	1,2
Ciclovia segregada	0	1,3	1,1

Fonte: a autora, 2019.

A espacialização dos valores da Tabela 19 pode ser conferida na Figura 20.

Figura 20 - Comparação de valor NACH entre vias intermunicipais e ciclovia segregada



Fonte: a autora, 2019.

Foram registradas apenas 3 viagens intermunicipais por bicicleta, sendo uma para Cambé e duas para Arapongas. Considerando que as vias intermunicipais são rodovias, e que recebem o mais alto valor NACH, poderia ser discutida a possibilidade de proporcionalidade inversa entre valor NACH e registro de rotas, contrariando publicações científicas (cf. LAW *et. al.*, 2014).

Entretanto, a mesma análise das vias urbanas não se pode estender ao traçado rodoviário, já que este não se comporta em malha, fugindo à trama urbana, ou *urban networks*.

Porém, foi notado que a única ciclovia segregada do município de Rolândia, com quase 7 km de extensão, recebe altíssimo valor NACH, equiparável a valores atribuídos às rodovias.

Isso significa que, em Rolândia, a ciclovia perpassa extensa gama de percursos, possibilitando grande número de conexões e possibilidades de pares origem-destino.

#### 4.2.1 Perfil do Usuário: Renda

Durante o procedimento de revisão bibliográfica, foi notado que a renda do usuário de bicicleta não foi considerada uma variável de capacidade preditiva para o uso da bicicleta em estudos estrangeiros; diferentemente de estudos nacionais, onde a bicicleta foi apontada como alternativa de transporte para pessoas e menor renda.

A questão da renda suscitou interesse pelo fato de que a bicicleta tem predominância de viagens pendulares, com baixo registro de *trip chains* (PRIMERANO *et al.*, 2008). De acordo com Vasconcellos (2000), isso é uma característica de viagens de famílias de baixa renda. Nessa linha de pensamento, a bicicleta pode ser considerada um modo de transporte acessível às classes mais baixas, e os investimentos voltados ao seu incentivo são associados à esforços de gestão democrática e equidade urbana (FERNANDES e KANASHIRO, 2018).

Possivelmente, existem paralelos entre o cenário urbano europeu e o brasileiro sobre concentrações de renda nas porções centrais do município. No entanto, foi detectado por Vedel *et al.* (2017) que centros urbanos europeus não são convenientes ao uso do automóvel, fazendo com que todas as classes sociais façam o uso da bicicleta, independentemente da renda.

Nesta análise inicial, utilizou-se da renda individual de cada participante da pesquisa origem-destino domiciliar, separando-se a renda dos usuários de bicicleta da renda de não usuários.

Assim, utilizando-se de um teste de hipótese não paramétrico que compara duas amostras, conhecido como teste de Wilcoxon, foram comparadas as rendas individuais de usuários de bicicleta e não usuários.

Dessa forma, objetivou-se detectar se as pessoas que utilizaram a bicicleta como transporte possuíam alguma diferença significativa de renda, quando comparadas aos que não utilizaram. Os resultados seguem na Tabela 20.

Tabela 20 - Comparativo de renda entre usuários e não usuários de bicicleta em Rolândia

<b>Usuário de bicicleta</b>	<b>N válido</b>	<b>Média (R\$)</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Decisão</b>
Não	1205	1438	1200	210	8000	Não rejeita-se a hipótese nula
Sim	104	1345	1200	500	5600	

Fonte: a autora, 2019.

Com um p-valor de 0,533, não rejeitou-se a hipótese nula de que a distribuição de renda é semelhante entre as duas categorias (usuários e não usuários de bicicleta), sendo possível afirmar, com um intervalo de 95% de confiança, que não existem diferenças significativas entre a renda de pessoas que fizeram o uso da bicicleta e das que não o fizeram.

#### 4.2.2 Perfil do Usuário: Posse de Veículos

Semelhante ao procedimento anterior, com o cotejamento das rendas entre usuários e não usuários de bicicleta, comparou-se também o número de veículos.

A partir de dados sobre a quantidade de automóveis, motocicletas e bicicletas, procurou-se elementos que indicassem, por exemplo, se residentes sem a posse de veículos motorizados utilizavam mais a bicicleta.

Assim, utilizando-se do teste Exato de Fisher cujo p-valor foi 0,02, e o teste z para comparar as porcentagens entre as colunas, foi possível detectar diferenças significativas entre residências com e sem registro de viagem por bicicleta na ausência de automóveis e na posse de um veículo, como descrito na Tabela 21.

Tabela 21 - Comparativo da posse de automóveis entre residências com e sem registro de viagem por bicicleta

Número de automóveis	Residência sem registro de viagem por bicicleta	Residência com registro de viagem por bicicleta	Diferença significativa
0	33,0%a	24,6%b	sim
1	49,7%a	61,8%b	sim
2	15,2%a	12,0%a	não
3	1,9%a	1,0%a	não
4	0,1%a	0,5a	não
Total	100%	100%	
Amostra	772	191	

\*as porcentagens são seguidas por letras, sendo que se são seguidas por letras iguais quando não há diferença entre as porcentagens da mesma coluna, e se são seguidas por letras diferentes, há diferença entre as porcentagens

Fonte: a autora, 2019.

A maior parte das residências possui 1 automóvel, sendo que 61,8% das residências com registro de viagem por bicicleta possuem 1 automóvel. Por outro lado, entre as residências que não possuem automóvel, em 33% não há registros de viagens por bicicleta.

Proporcionalmente, as residências de ciclistas são mais propensas a terem automóvel do que não possuírem nenhum. O mesmo procedimento foi realizado

para motocicletas, e o p-valor do teste Exato de Fisher foi 0,27, conforme resultados da Tabela 22.

Tabela 22 - Comparativo da posse de motocicletas entre residências com e sem registro de viagem por bicicleta

Número de motocicletas	Residência sem registro de viagem por bicicleta	Residência com registro de viagem por bicicleta	Diferença significativa
0	72,2%a	74,3%a	não
1	24,9%a	24,1%a	não
2	2,8%a	1,0%a	não
4	0,1%a	0,5%a	não
Total	100%	100%	
Amostra	772	191	

Fonte: a autora, 2019.

Entre a posse de motocicletas, não há diferença significativa em nenhum grupo. A maior parcela dos domicílios não possui nenhuma motocicleta, ou possui apenas uma. Não é possível detectar se a posse de motocicleta influencia na adesão ao transporte por bicicleta no município.

Repetindo-se o procedimento para a posse de bicicletas, o p-valor do teste Exato de Fisher foi  $< 0,01$  e também foi feito o teste z para comparar as porcentagens entre as colunas. Os resultados estão na Tabela 23.

Tabela 23 - Comparativo da posse de bicicletas entre residências com e sem registro de viagem por bicicleta

Número de bicicletas	Residência sem registro de viagem por bicicleta	Residência com registro de viagem por bicicleta	Diferença significativa
0	34,5%a	3,1%b	sim
1	33,5%a	34,6%a	não
2	20,1%a	31,4%b	não
3	8,4%a	21,5%b	sim
4	2,5%a	5,2%b	sim
5	0,6%a	3,7%b	sim
6	0,1%a	0,0%a	não
7	0,1%a	0,0%a	não
8	0,1%a	0,5%a	não
Total	100%	100%	
Amostra	772	191	

Fonte: a autora, 2019.

Já sobre a posse de bicicletas, é possível detectar que 34,5% dos domicílios sem registro de viagens por bicicleta não possuem o equipamento, o que triangula com o fato da bicicleta ser um modo de transporte escolhido para deslocamentos pendulares com origem residencial, em municípios que não oferecem sistemas de compartilhamento de bicicletas, como é o caso de Rolândia. Seguindo a mesma lógica, apenas 3,1% dos domicílios com registro de viagem por bicicleta utilizaram o equipamento, provavelmente emprestado de algum conhecido.

Entre os domicílios com registro, a maioria possui 1 ou 2 bicicletas, com 34,6% e 31,4%, respectivamente. A maior parcela de uso refere-se aos domicílios com apenas uma bicicleta, o que pode indicar o compartilhamento da mesma bicicleta entre os moradores.

Acima de 6 bicicletas na residência, não é possível detectar nenhuma relação com seu uso para transporte.

Com esses resultados, é interessante observar que a posse de veículo motorizado não implica, necessariamente, em maior registro de viagens por bicicleta.

#### 4.2.3 Perfil do Usuário: Gênero

Nos países considerados pouco cicláveis, ou seja, cuja taxa de viagem por bicicleta é inferior a 5%, é notada grande desigualdade entre os gêneros na adesão ao transporte por bicicleta, com predominância do sexo masculino (ALDRED *et al.*, 2017). Moudon *et al.* (2005) também consideraram o transporte por bicicleta uma preferência masculina.

Embora o Brasil seja considerado um país pouco ciclável, com participação da bicicleta inferior a 5% do total de viagens, o município de Rolândia apresenta dados contrários, pois 52% das viagens de bicicleta registradas foram realizadas por homens, enquanto as mulheres realizaram 48%.

Essa distribuição mais equilibrada entre os gêneros pode ser um indicador positivo de boas condições ao transporte por bicicleta, já que as mulheres tendem a considerar mais fortemente as implicações de segurança na escolha de transporte (ALDRED *et al.*, 2017).

Ainda que a distribuição de viagens entre os gêneros seja semelhante, as características dessas viagens são bastante distintas. Foi detectado que, em média, as viagens realizadas por homens são 35% mais longas do que aquelas realizadas pelas mulheres, como mostrado na Tabela 24.

Tabela 24 - Diferenciação das viagens de bicicleta por gênero

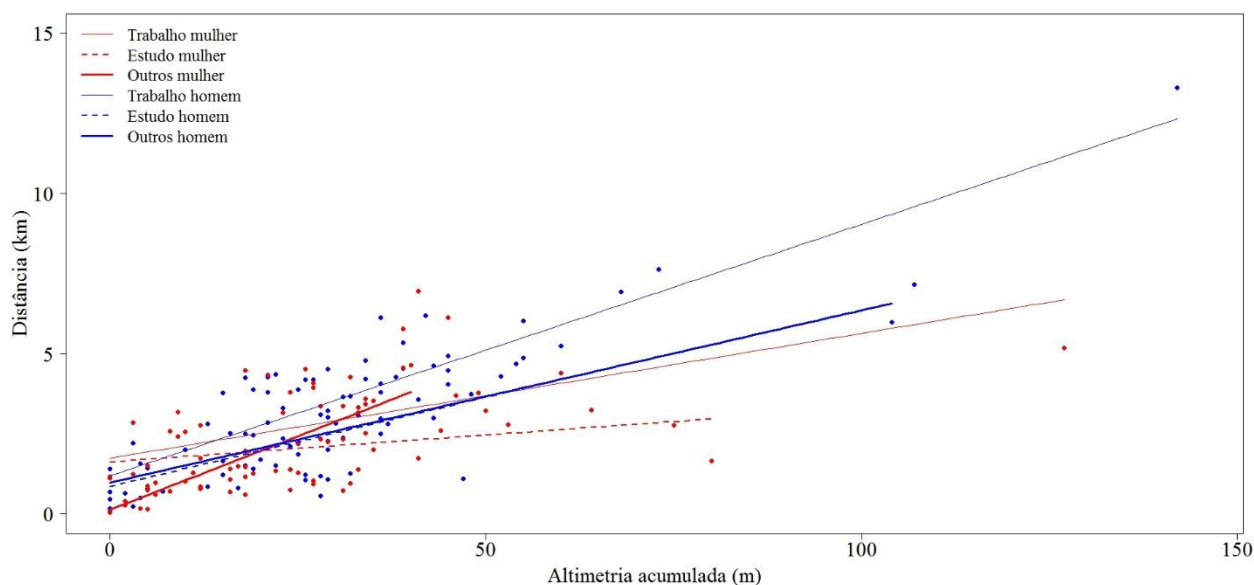
Variável	Gênero	Média	Mediana	Máxima
Distância (Km)	Homens	3,1	2,9	13
	Mulheres	2,3	2,0	07

Tempo (min)	Homens	8	7	33
	Mulheres	6	5	17
Altimetria acumulada	Homens	29,9	28	142
	Mulheres	25,9	24	127

Fonte: a autora, 2019.

Considerando que as viagens masculinas atingiram maiores distâncias, é coerente verificar que o tempo e a altimetria acumulada também o são. Entretanto, verifica-se que a função da distância e altimetria acumulada não é proporcional, pois, para atingir o mesmo acúmulo de altimetria das mulheres, os homens deslocam-se com distâncias maiores. Esse fato pode ser conferido no modelo linear gerado no Gráfico 12, onde as linhas de tendência femininas (em vermelho) tem menor inclinação que as masculinas (em azul).

Gráfico 12 - Modelo linear para explicar a distância em função do gênero, altimetria e motivo de viagem



Fonte: a autora, 2019.

Assim, pode-se perceber que as viagens mais curtas (até 2,5 km) são bastante parecidas entre gêneros. O modelo apresentado no Gráfico 12 possui interação, ou seja, ainda que grande parte dos valores femininos sejam mais baixos que os valores masculinos, a lógica se inverte quando analisado o motivo de deslocamento. Enquanto os homens mostram-se mais dispostos a pedalar maiores distâncias a trabalho e a estudo, as mulheres submetem-se a vencer grandes diferenças altimétricas por motivos diversificados, como compras e lazer.

#### 4.2.4 Macroescala: Escala Municipal

Para o aprofundamento na análise territorial, inicialmente foi observado o recorte municipal, ou seja, toda a abrangência do perímetro urbano de Rolândia.

#### Escolha modal

Considerando que o município de Rolândia foi escolhido como estudo de caso devido à grande proporção de deslocamentos realizados por bicicletas, é necessário relacionar também a participação dos demais modos de transporte, disposto na Tabela 25.

Tabela 25 - Diferença de participação dos modais de transporte no percentual de viagens diárias

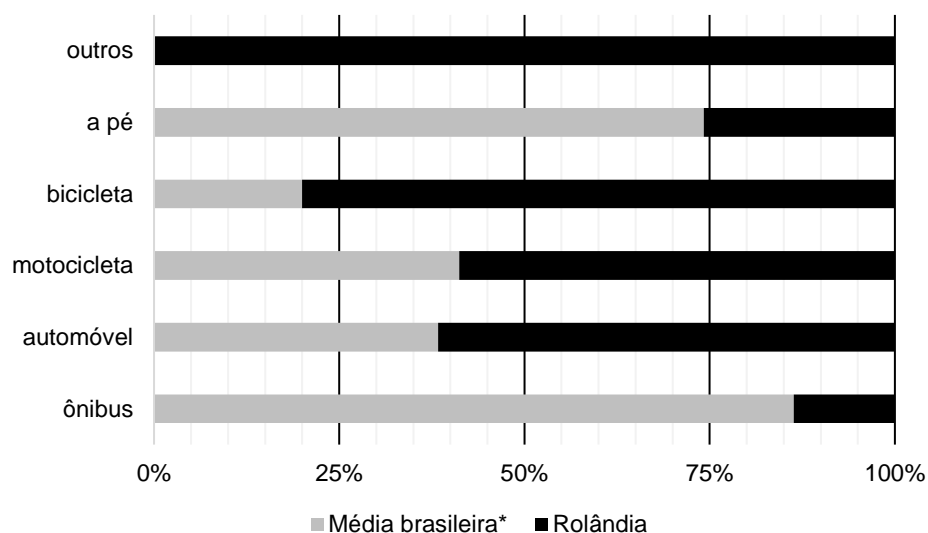
Modo de transporte	Média das cidades brasileiras entre 60 e 100 mil habitantes**	Rolândia-PR	Diferença
Ônibus	19	3	-16
Automóvel	23	37	+14
Motocicleta	7	10	+3
<b>Bicicleta</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>+15</b>
A pé	46	16	-30
Outros	ND*	14	ND*

\* Não há dados

Fonte: \*\* ANTP (2018), organização da autora.

Para facilitar a visualização das diferenças, é apresentado o Gráfico 13 de barras empilhadas. Quanto mais próximo de 50%, mais semelhante a distribuição entre Rolândia e a média brasileira para cidades do mesmo porte. Quanto mais distante da linha média, maior a discrepância.

Gráfico 13 - Gráfico comparativo de barras empilhadas para distribuição modal



Fonte: a autora, 2019.

Enquanto Rolândia detém altas taxas de transporte por bicicleta, há menor adesão ao transporte a pé e por ônibus, o que pode indicar uma competição modal entre os modos mais sustentáveis de deslocamento.

O acréscimo dos veículos motorizados de Rolândia em relação à média nacional de municípios do mesmo porte é vinculado à taxa de motorização, a qual o estado do Paraná supera a média nacional, conforme Tabela 26.

Tabela 26 - Comparativo da taxa de motorização

	<b>Frota total</b>	<b>Habitantes</b>	<b>Veículos/ 100 habitantes</b>
Brasil	102666444	209300000	49,0
Paraná	7694196	11350000	67,8
Rolândia	43856	64028	68,5
Cambé	68149	97733	69,7

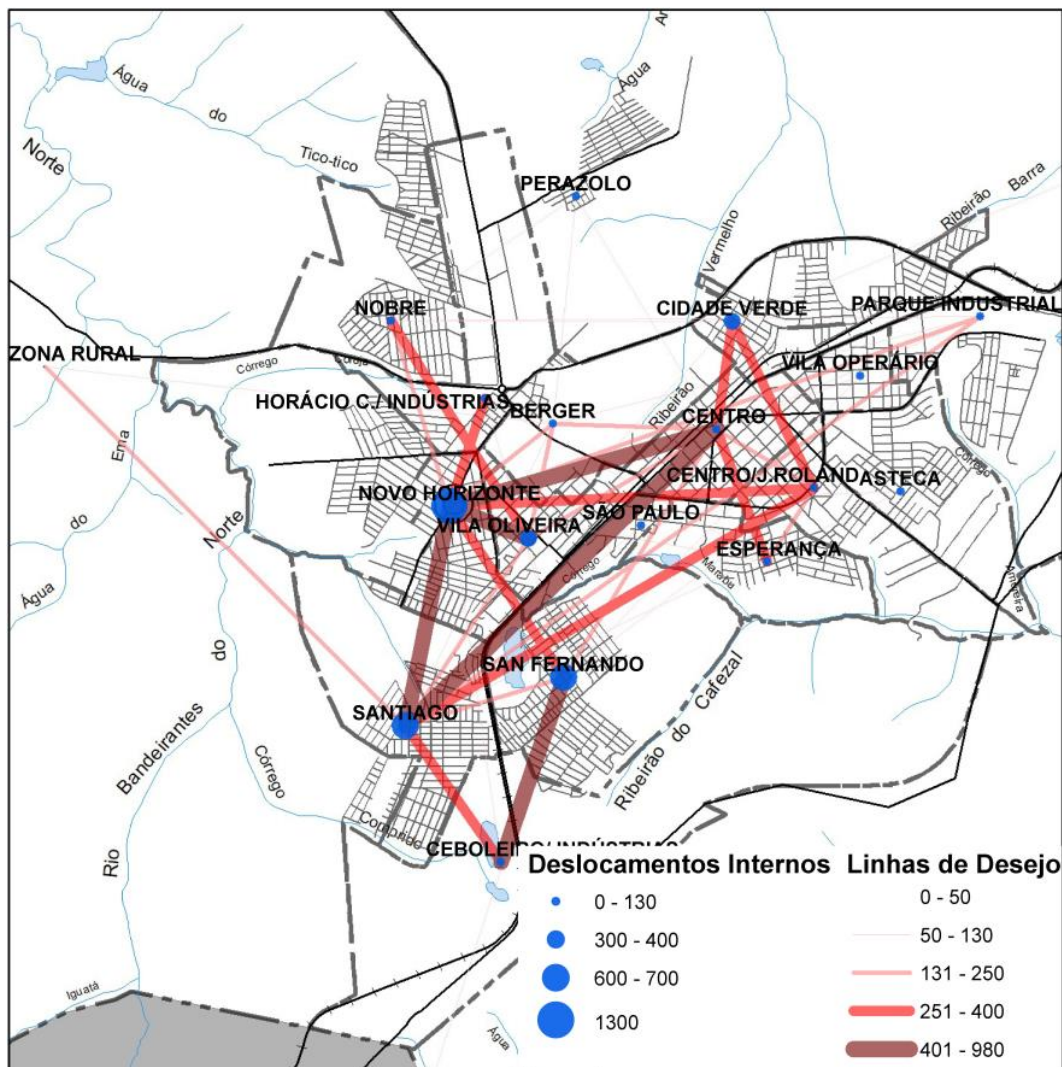
Fonte: RENAAM-Registro Nacional de Veículos Automotores, 2019.

A taxa de motorização de Cambé é ainda superior à Rolândia, o que também pode contribuir para um cenário pouco propício ao transporte ativo. Para tornar possível a comparação dos deslocamentos por bicicleta frente aos demais modos de transporte em Rolândia, utilizou-se a espacialização das linhas de desejo, baseadas na pesquisa origem-destino domiciliar, publicadas pelo ITEDES (2018) no corpo do plano de mobilidade urbana.

Diferentemente do presente trabalho, o plano de mobilidade urbana dividiu o município em zonas de tráfego, onde as linhas de desejo apontaram os deslocamentos entre os centroides de cada zona de tráfego (ITEDES, 2018). Trata-

se de uma análise da movimentação entre porções da cidade, sem discorrer sobre as rotas. O transporte por bicicleta pode ser conferido na Figura 21.

Figura 21 - Linha de desejo da pesquisa origem-destino no modo bicicleta



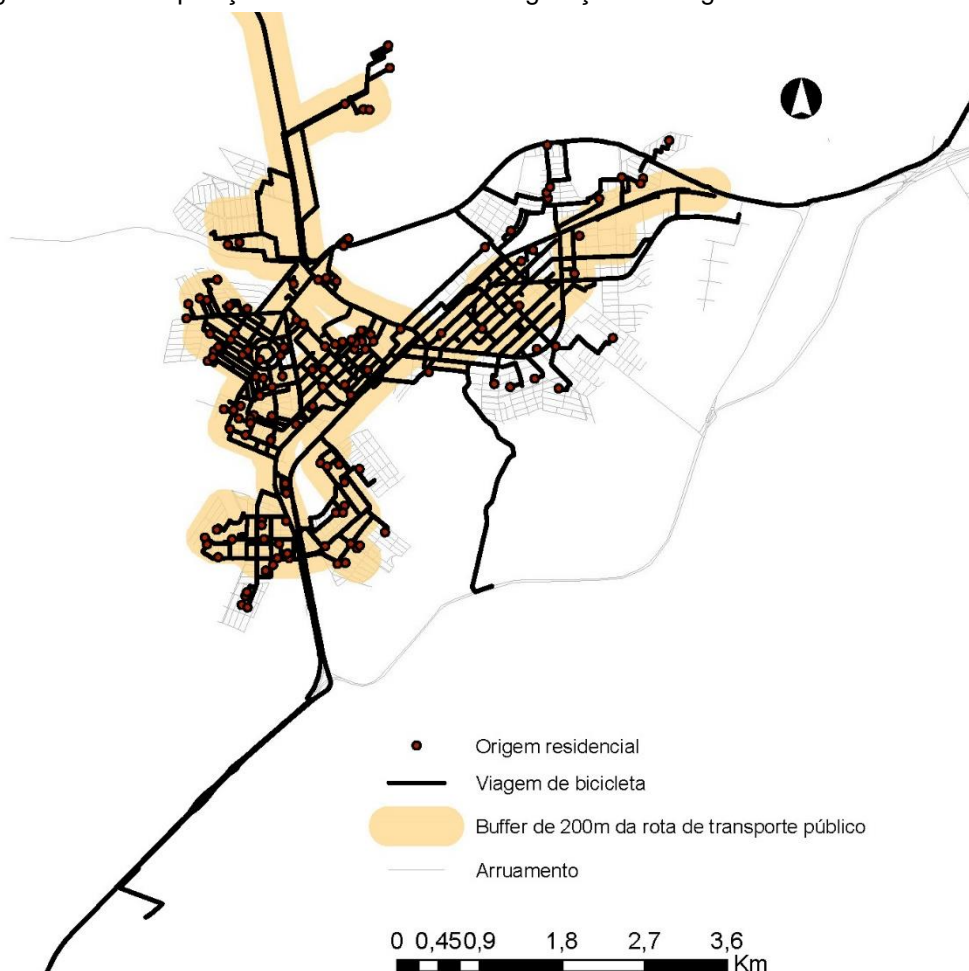
Fonte: ITEDES, 2018

Pode-se observar grande fluxo de deslocamentos entre o centro municipal e bairros residenciais. Os deslocamentos internos tratam de viagens contidas dentro da mesma zona de tráfego, onde destaca-se a zona denominada Novo Horizonte, que, assim como o centro municipal, possui também uma centralidade comercial. De forma semelhante, a mesma dinâmica é presente na linha de desejo do transporte a pé, conforme Figura 22.





Figura 24 - Sobreposição de rotas de ônibus e geração de viagens de bicicleta



Fonte: a autora, 2019.

Nessa perspectiva, é possível detectar regiões da cidade com registro de viagem por bicicleta que não são atendidas pelo serviço de transporte coletivo. Considerando que não existe intermodalidade entre bicicleta e ônibus no município, com a inexistência de paraciclos em paragens e de suportes para adentrar-se com a bicicleta no interior dos veículos, uma parcela das viagens de ônibus pode ter sido substituída pelo deslocamento por bicicleta.

A intermodalidade entre transporte público e bicicleta é evidenciada no trabalho de Kager et al. (2016), que consideram a relação simbiótica entre esses modos de transporte. Para os autores, a bicicleta é uma forma de adaptar os itinerários fixos dos deslocamentos coletivos às necessidades individuais, enquanto o transporte público possibilita o incremento da velocidade e alcance espacial do transporte por bicicleta.

Por não dispor de condições para a intermodalidade entre ônibus e bicicleta, Rolândia deixa de aproveitar as características de simbiose que poderiam reforçar os dois modos de transporte, o que possivelmente influencia na baixa utilização do transporte coletivo. Além da deficitária área de abrangência de transporte público e ausência de intermodalidade, foi detectado também a baixa frequência de linhas de ônibus e pouca confiabilidade nos horários de partida (ITEDES, 2018).

Em análise geral quanto às linhas de desejo dos modos a pé, bicicleta e ônibus, há concordância com o trabalho de Nielsen *et al.* (2013), que consideram a ciclabilidade do ambiente como sendo inversamente proporcional à caminhabilidade e a qualidade do transporte público. O fato observado no município de Rolândia é que os altos índices de deslocamentos por bicicleta estão atrelados à baixa adesão ao transporte público e a pé.

## **Segurança**

Sobre as características da malha urbana, as variáveis de conectividade de vias parecem ter uma correlação forte com o transporte por bicicleta, superior às variáveis de uso do solo, por exemplo (MUHS e CLIFTON, 2016). Densidade viária, conectividade de vias locais e otimização de rota são positivamente correlacionadas com o deslocamento por bicicleta (LOWRY e LOH, 2017).

Outra variável testada em estudos, de diferentes modos, são as interseções. Essa variável tem sido negativamente associada ao transporte por bicicleta, porém, com algumas divergências. Em estudos guiados por metodologias de *walkability*, a densidade de interseções parece positivamente relacionada (LIN e WEY, 2018). Para Lowry *et al.* (2012), um maior número de interseções poderia oferecer rotas menores e maior propensão ao deslocamento cicloviário por aumentar a acessibilidade.

Por outro lado, quando analisado o estresse viário, o aumento de interseções pode anular a possibilidade de uso da bicicleta, principalmente em usuários menos frequentes (LOWRY e LOH, 2017), além de que as interseções são apontadas como local majoritário de acidentes envolvendo bicicletas (ELIOU e GALANIS, 2009). Para Vedel *et al.* (2013), quanto maior a densidade de interseções e controladores de tráfego, maior pode ser a quantidade de paradas, o que diminui a

velocidade de viagem e torna o transporte por bicicleta menos competitivo frente aos modos de transporte.

As características viárias compreenderam um grupo de 29 variáveis diferentes listadas na revisão da literatura, que foi considerado um importante tópico a ser desenvolvido já que se relaciona de modo direto à prática do planejamento urbano.

Visto essa importância, decidiu-se realizar uma investigação sobre o caráter morfológico viário e a sua predisposição à segurança do transporte por bicicleta. Assim, ao invés de considerar as características viárias apenas como uma variável de estudo, são pautadas como estratégia analítica através da sintaxe espacial.

O uso da sintaxe espacial justifica-se pela capacidade aglutinadora de variáveis viárias, já que se utiliza, em simultâneo, do número de conexões, interseções, e possibilidades de destino.

As condições da viagem e do trajeto foram relacionadas às características viárias, e determinam a eficiência da bicicleta no percurso e influenciam na decisão pessoal da escolha de transporte.

Como variável essencial da viagem e trajeto, a segurança foi amplamente abordada como variável subjetiva nos estudos revisados, mostrando-se intensamente relacionada com a ciclabilidade percebida. A medição da segurança é apresentada de modos muito distintos, geralmente por critérios subjetivos (VAN ACKER *et al.*, 2010).

De qualquer forma, resultados apontam que ciclistas consideram grandemente a segurança para escolha da rota, fato repetidamente elencado em estudos brasileiros (TEIXEIRA, 2016; MESQUITA 2018).

Como variável objetiva, foi abordado o número de ocorrência de acidentes por Vale *et al.* (2016). De acordo com esse autor, vias locais de pouco trânsito apresentaram índices baixos de acidentes, enquanto vias com estacionamento e grandes declividades foram associadas a riscos maiores.

Para dialogar com estudos constantes na revisão bibliográfica, o uso da sintaxe espacial foi empregado para verificar a importância das rotas de bicicleta e a influência dos acidentes no comportamento ciclístico do município.

Devido a sua capacidade aglutinadora de variáveis viárias, listadas como 29 diferentes tipos durante o processo de revisão bibliográfica, a aplicação da

sintaxe espacial permite levar em consideração diversos fatores simultâneos, como o número de conexões, interseções e possibilidades de origem e destino.

Num primeiro momento, estabeleceu-se uma correlação entre os valores sintáticos estudados de escolha angular normalizada (NACH), escolha angular (T1024\_Choice) e integração angular (T1024\_Integration), e o número de rotas acumulada em cada segmento. Assim, é possível indicar a correlação entre o valor sintático e a previsão de uso para viagem de bicicleta de cada segmento estudado, conforme Tabela 27.

Tabela 27 - Coeficientes de correlação Spearman entre valores de sintáticos e números de rotas por segmento

Variáveis	Número de rotas registradas	Valor NACH	Valor T1024_Choice	Valor T1024_Integration	**
Número de rotas registradas	1,000	0,188**	0,176**	0,282**	
Valor NACH		1,000	0,996**	0,641**	
Valor T1024_Choice			1,000	0,597**	
Valor T1024_Integration				1,000	

significativo para um nível de significância de 0,01

Para um nível de significância de 0,01, existem evidências estatísticas para se afirmar que o número de rotas de bicicleta registrados em cada segmento está pouco relacionado aos valores correspondentes de NACH, escolha angular e integração angular, ainda que este último valor pareça ligeiramente mais relacionado.

Como era de se esperar, a correlação mais forte é entre a escolha normalizada NACH e a escolha angular, já que partem da mesma matriz de cálculo no software *dephmap* e só reafirmam os dados utilizados são coerentes.

A correlação entre as rotas registradas na pesquisa OD, no entanto, demonstraram correlações fracas, possivelmente porque concentram-se em vias específicas, diferentemente dos valores sintáticos, que abrangem toda a malha viária municipal.

Ainda assim, vislumbrou-se a possibilidade de relacionar os valores sintáticos e sobreposição de rotas analisados por segmentos com a ocorrência de acidentes.

Por meio do teste de Wilcoxon, foi analisado se os valores de segmentos com registro de acidente diferem daqueles sem registro, para prosseguir com as comparações. Os valores são dispostos na Tabela 28.

Tabela 28 - Teste de Wilcoxon para análise angular de segmentos com e sem acidentes

Variáveis	Com acidentes	Sem acidentes	p valor
Número de rotas registradas	1141,62 (2709,41)	214,57 (1132,35)	
Valor NACH	1,14 (0,27)	0,98 (0,24)	<0,01
Valor T1024_Choice	551197,60 (678261,30)	137455,00 (304546,70)	
Valor T1024_Integration	607,30 (94,78)	529,02 (85,87)	

Fonte: a autora, 2019.

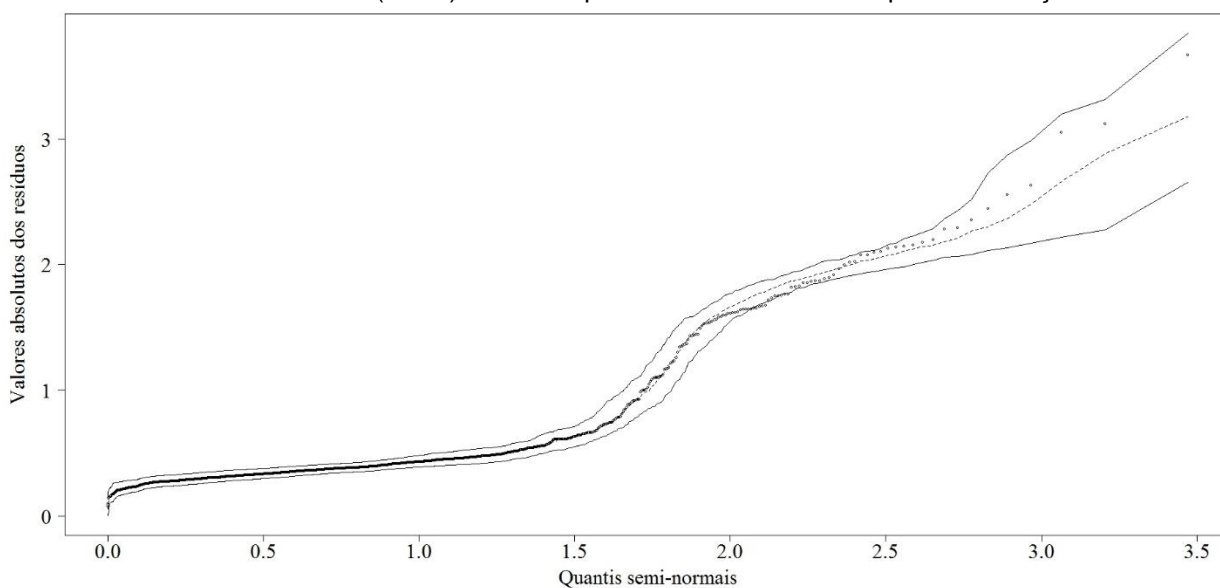
Com p valor inferior a 0,01, rejeitou-se a hipótese nula, verificando que existe diferença significativa entre segmentos com e sem registro de acidentes. Pode-se notar que os segmentos que possuem registro de acidentes apresentam médias maiores de rotas registradas, valor NACH, T1024\_Choice e T1024\_Integration.

A partir desse resultado, elaborou-se um modelo linear generalizado capaz de explicar essa relação, e auxiliar a prever relações futuras. Recorreu-se ao modelo de Poisson, por ser adequado para a modelagem de variáveis que envolvam dados de contagem. Esse modelo aplica função logarítmica às variáveis explanatórias, cujo o resultado encontrado foi capaz de explicar os acidentes em segmentos através das variáveis ajustadas, de acordo com a equação:

$$\text{Número estimado de acidentes} = \exp [-6.148 + (6.929e-07 \times T1024\_Choi) + (6.302e-03 \times T1024\_Inte)]$$

Nota-se que o modelo consegue explicar a ocorrência de acidentes nos segmentos apenas com a escolha e integração angulares, de forma bastante satisfatória, comprovada através da análise gráfico (semi-)normal de probabilidade com envelope de simulação contida no Gráfico 14.

Gráfico 14 - Gráfico (semi-)normal de probabilidade com envelope de simulação



Fonte: a autora, 2019.

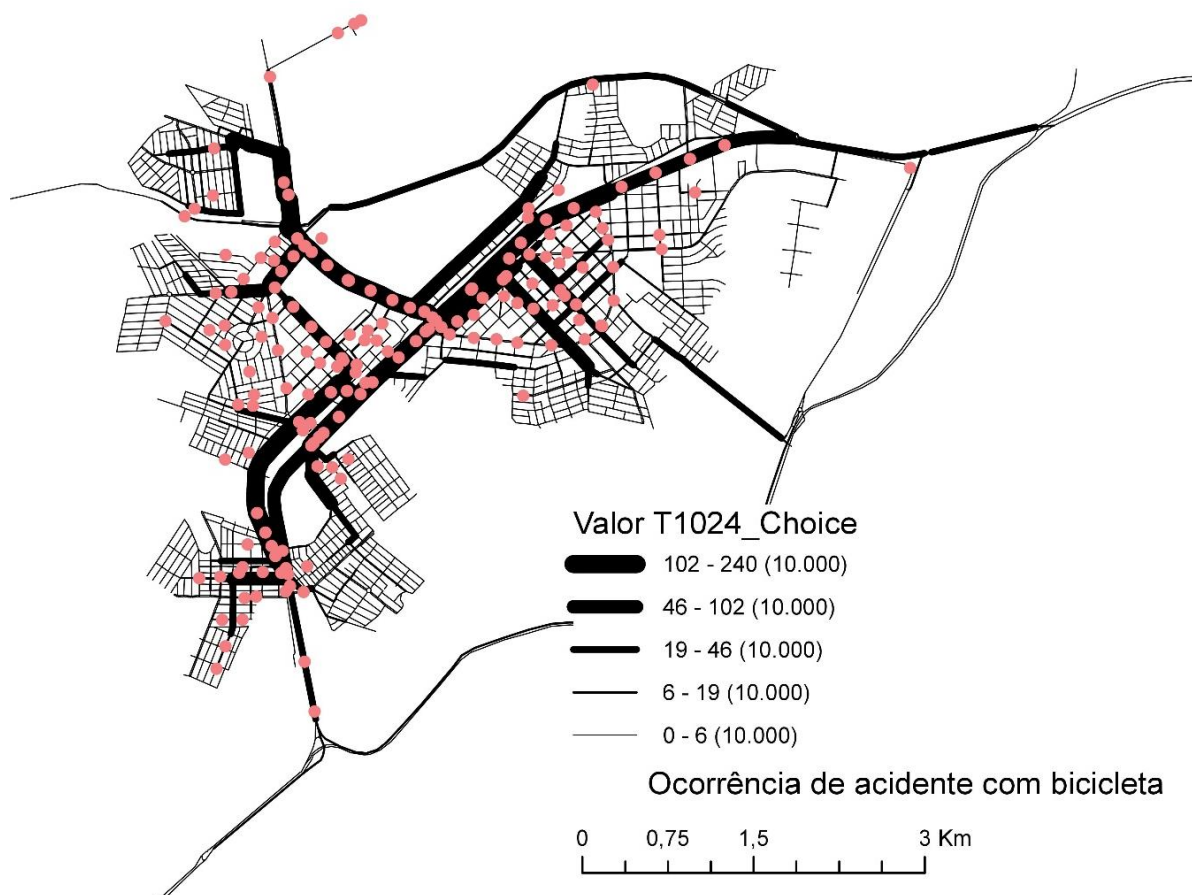
O gráfico (semi-)normal de probabilidade com envelope de simulação, construído da mesma forma para os modelos clássicos de regressão, usando-se, porém, a distribuição de Poisson, é uma tática útil e simples para a verificação de ajuste do modelo. Assim, sob o modelo correto, as estatísticas obtidas a partir das observações caem dentro do envelope (CORDEIRO e DEMÉTRIO, 2009).

Em outras palavras, o gráfico (semi-)normal de probabilidade permite verificar as pressuposições do modelo, e seu envelope permite levar em conta qualquer estrutura de correlação nos diagnósticos.

Como observado no Gráfico 14, o modelo é bem ajustado, contendo seus valores dentro do envelope. Retornando ao mapeamento de dados, foi possível dar ênfase nos maiores valores de escolha angular (T1024\_Choice) e integração angular (T1024\_Integration).

A sobreposição dos valores de escolha angular e os pontos de ocorrência de acidentes envolvendo bicicletas revelou correspondência entre acidentes em vias estruturantes, ou seja, as ligações entre diferentes áreas da cidade, como demonstrado na Figura 25.

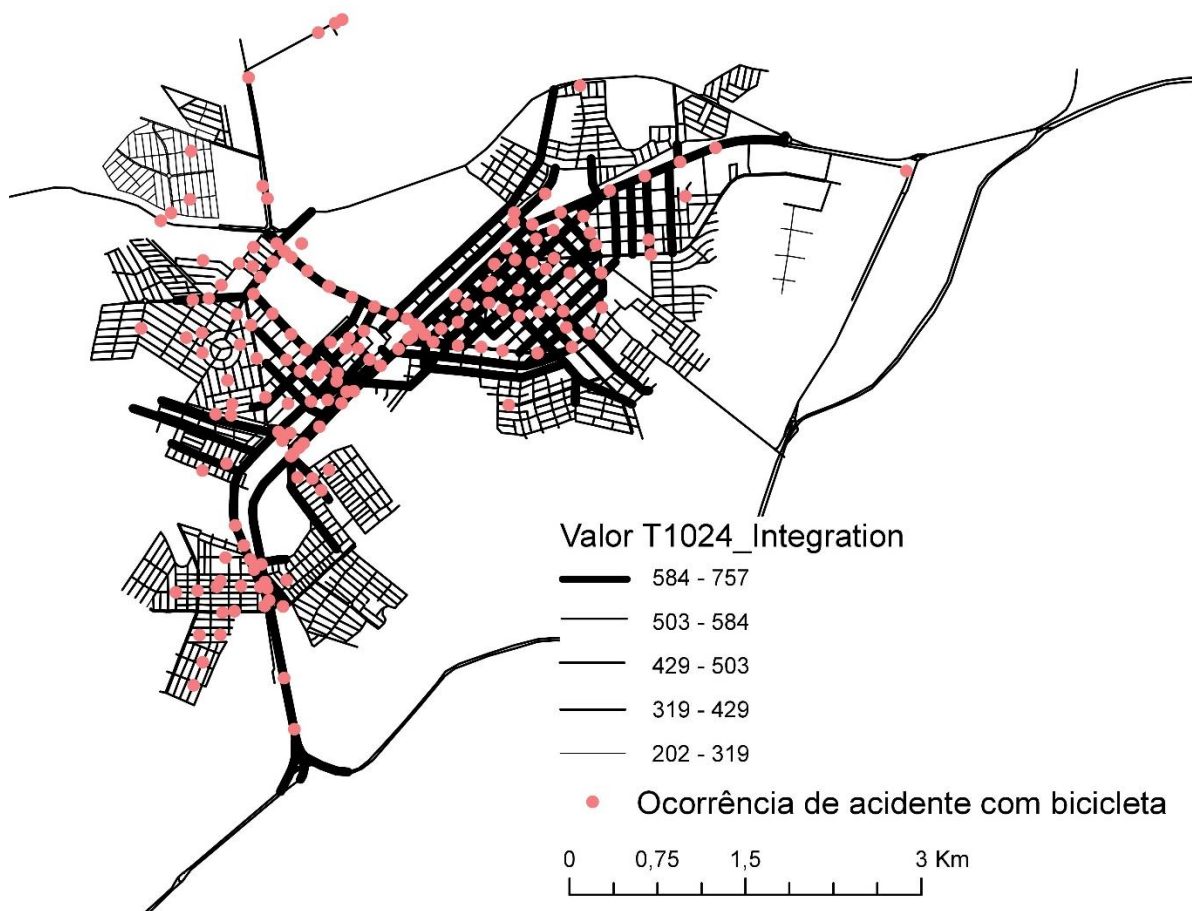
Figura 25 - Sobreposição dos pontos de ocorrência de acidentes com bicicletas e valores de escolha angular T1024\_Choice



Fonte: a autora, 2019.

Já na sobreposição dos pontos de acidentes e valores de integração angular, dispostos na Figura 26, é possível visualizar convergências nas ocorrências registradas na porção mais central do município.

Figura 26 - Sobreposição dos pontos de ocorrência de acidentes com bicicletas e valores de integração angular T1024\_Integration



Fonte: a autora, 2019.

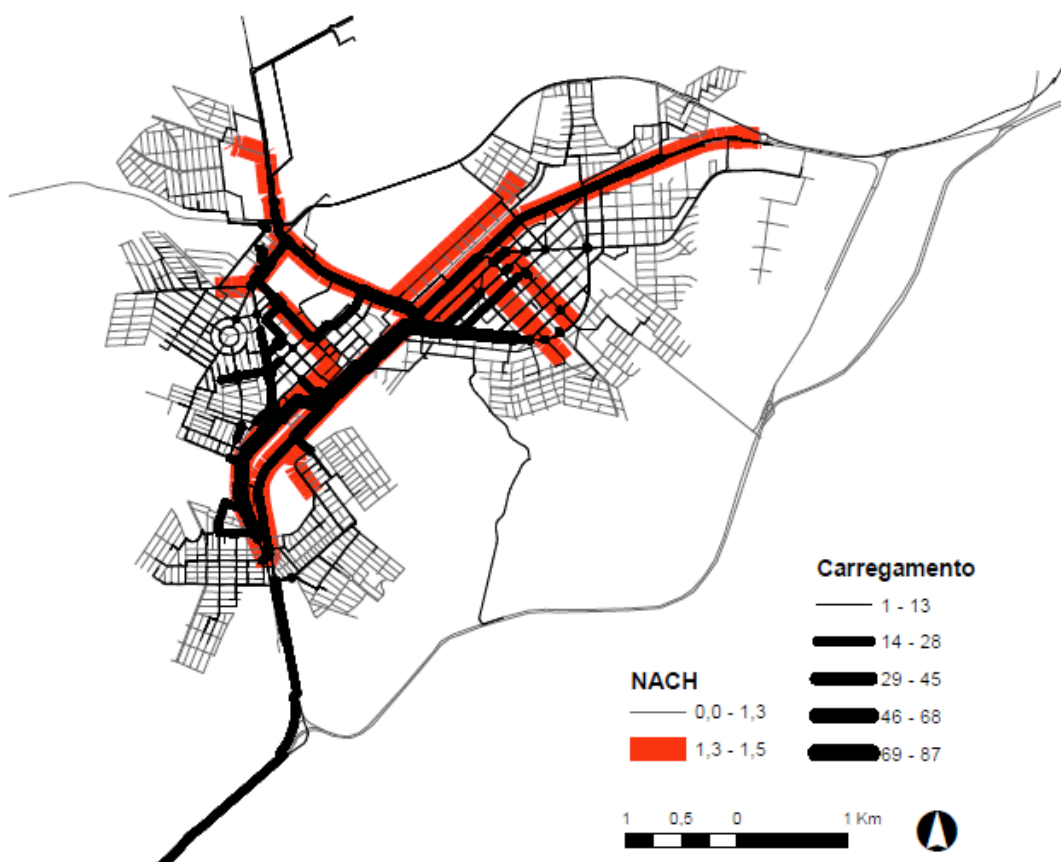
Ainda que na análise visual em mapa existam acidentes em valores intermediários de escolha e integração angulares, a equação logarítmica ( $\exp [-6.148+(6.929e-07 \times T1024\_Choi) + (6.302e-03 \times T1024\_Inte)]$ ) mostra-se fiel aos resultados.

### Escolha de rotas

Em teste de correlação de Spearman apresentado anteriormente, detectou-se baixa correlação entre o registro de rotas da pesquisa origem-destino e o valor NACH, com coeficiente de 0,188.

Entretanto, quando sobrepostos as rotas relatadas na pesquisa origem-destino e os segmentos de via com maior valor NACH (valor superior a 1,3), foi possível identificar que muitos segmentos de maior sobreposição de rotas coincidiram com altos valores NACH, como demonstrado na Figura 27.

Figura 27 - Sobreposição de carregamento de rotas de bicicleta e valores NACH



Fonte: a autora, 2019.

Com o mapa acima, é possível identificar que, embora haja congruência entre segmentos viários de alto valor NACH e grande volume de rotas, essa não é uma regra geral, o que explica a fraca correlação de Spearman apresentada.

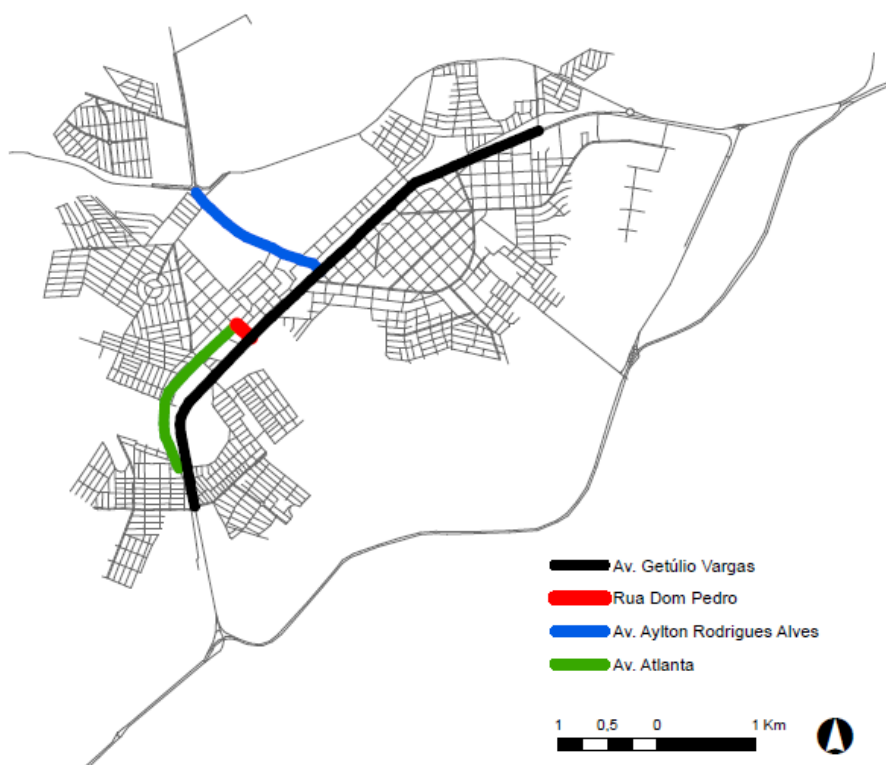
Porém, é notado que a desconexão entre alto valor NACH e baixo volume de ciclistas é especialmente notado em áreas de expansão, que ainda não foram consolidadas e, portanto, não detém grande número de residências, empregos, etc.

De fato, áreas de expansão urbana são potenciais atratores e geradores de viagens, e os valores NACH não consideram a influência dos fatores de densidade e uso e ocupação do solo para o cálculo. Mas o que é percebido é que, ainda que numa leitura limitada à configuração da malha urbana, o valor NACH pode indicar segmentos viários com potencialidade de grande uso para o deslocamento por bicicleta.

Considerando o cruzamento de dados entre rotas e valor NACH, buscou-se compreender a dinâmica entre essas variáveis com as vias com maior

volume de rotas da pesquisa origem-destino, identificadas como a Av. Atlanta, Av. Aylton Rodrigues Alves, Av. Getúlio Vargas e Rua Dom Pedro, ilustradas na Figura 28.

Figura 28 - Vias estudadas



Fonte: a autora, 2019.

As vias com maior carregamento de rotas OD também apresentaram valores NACH altos, o que suscitou interesse. É possível perceber que as vias têm comprimentos bastante diferentes, por conseguinte, o número de segmentos também diverge. Os dados foram gerados e dispostos na Tabela 29.

Tabela 29 - Vias com maior número de rotas OD e NACH correspondente

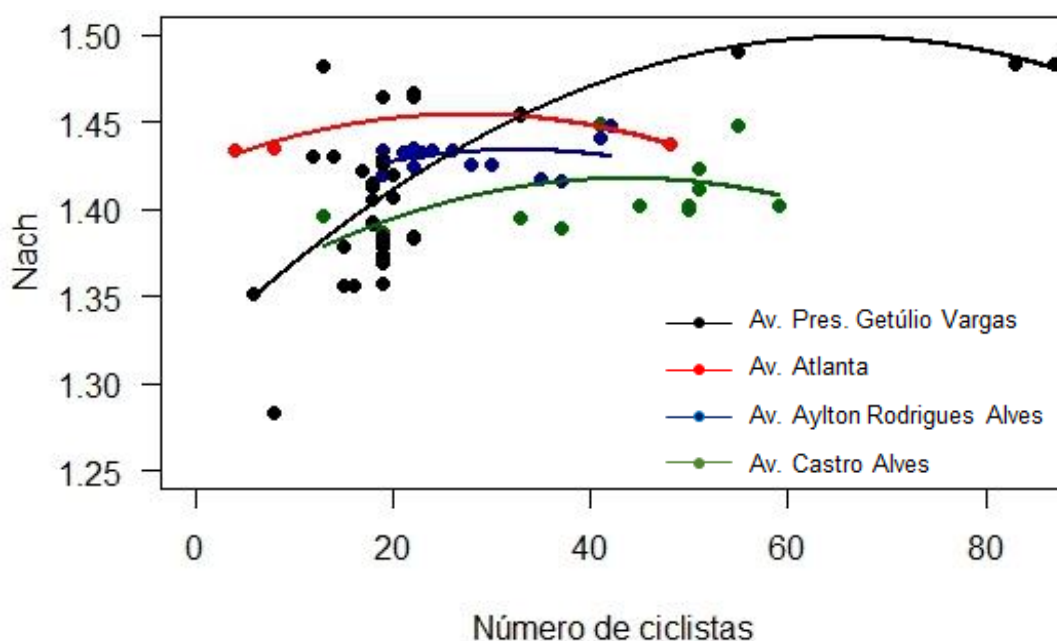
Via	N° de segmentos	Carregamento			NACH			Correlação de Pearson
		Min.	Máx.	Médio	Min.	Máx.	Médio	
■ Av. Getúlio Vargas	41	6	87	27	1,3	1,5	1,5	0,627
■ Rua Dom Pedro	3	4	48	20	1,4	1,4	1,4	0,975
■ Av. Aylton Rodrigues Alves	15	19	42	27	1,4	1,4	1,4	0,176
■ Av. Atlanta	15	13	59	41	1,4	1,4	1,4	0,429

Considerando cada segmento analisado e seu respectivo carregamento, foram dispostos os valores mínimos e máximos de ciclistas que passaram em cada uma das vias, assim como os valores máximos e mínimos de

escolha angular normalizada – NACH. A correlação entre o carregamento de cada segmento e seu respectivo valor NACH foi bastante expressivo na Rua Dom Pedro, por ter poucos segmentos. A Av. Aylton Rodrigues Alves, por outro lado, apresentou correlação fraca.

Utilizando os valores de carregamentos e NACH de cada segmento das 4 vias de maior número de rotas OD, aplicou-se um modelo de regressão linear com termo quadrático, apresentado no Gráfico 15.

Gráfico 15 - Modelo de regressão linear para carregamento e valor NACH de cada segmento de via



Número de ciclistas

Fonte: a autora, 2019.

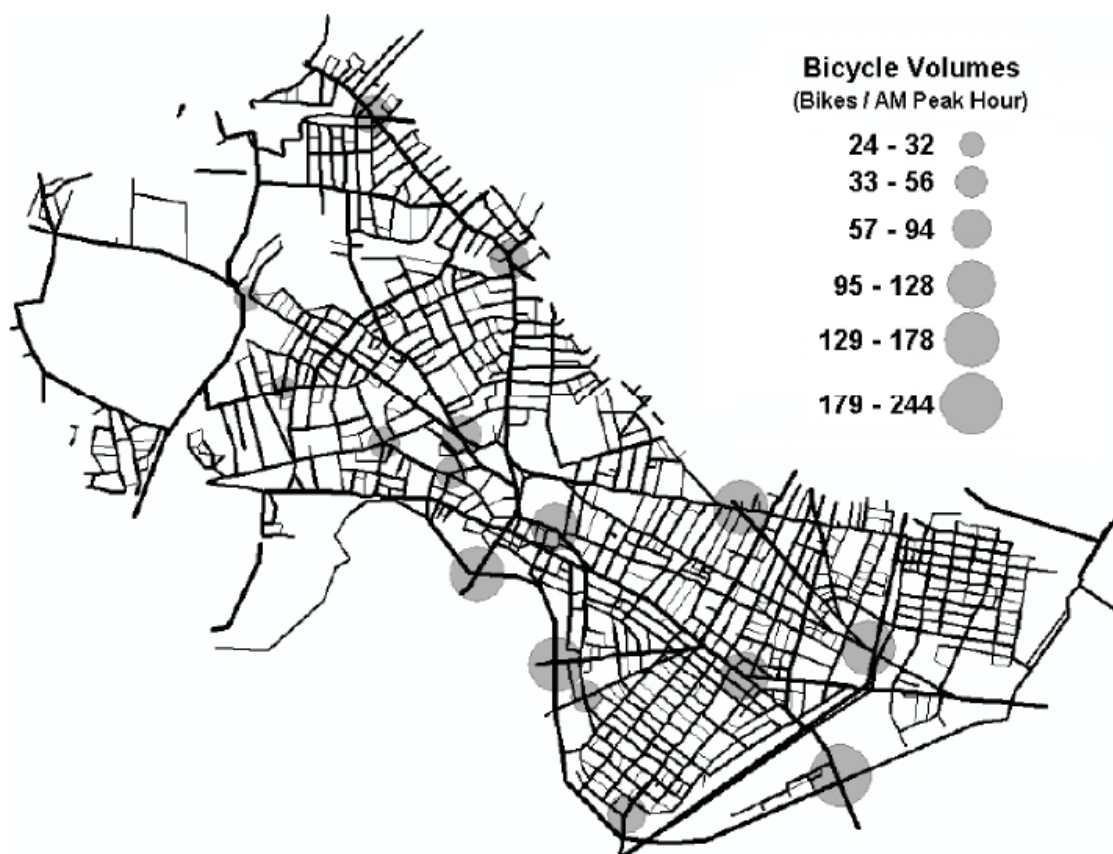
Como resultado, foi notado que as vias selecionadas apresentam a mesma tendência entre valores sintáticos NACH e a quantidade de ciclistas nos trechos correspondentes, embora os valores sejam variáveis entre vias.

Essa análise permitiu descartar algumas proporcionalidades supostas entre valor de encolha angular normalizada (NACH) e carregamento de ciclistas no segmento. Nem sempre um aumento do valor NACH no segmento de via implica em maior carregamento deste. Entretanto, a tendência de constância entre altos valores NACH e grande número de ciclistas é considerada relevante.

Nesse sentido, investigou-se a relação entre o fluxo de ciclistas realmente notado nas vias com maior carregamento de bicicletas, isto é, despreendendo-se da análise de dados dos pares origem-destino e utilizando-se de contagens de tráfego coletadas *in loco* (ITEDES, 2019).

Essa análise foi baseada nas aproximações entre carregamento de ciclistas e valores de escolha - *choice* (McCAHILL e GARRICK, 2008), em Cambridge, onde dez diferentes medidas sintáticas foram testadas, e a medida de escolha *choice* foi apontada como a melhor calibrada. O resultado é disposto na Figura 29 .

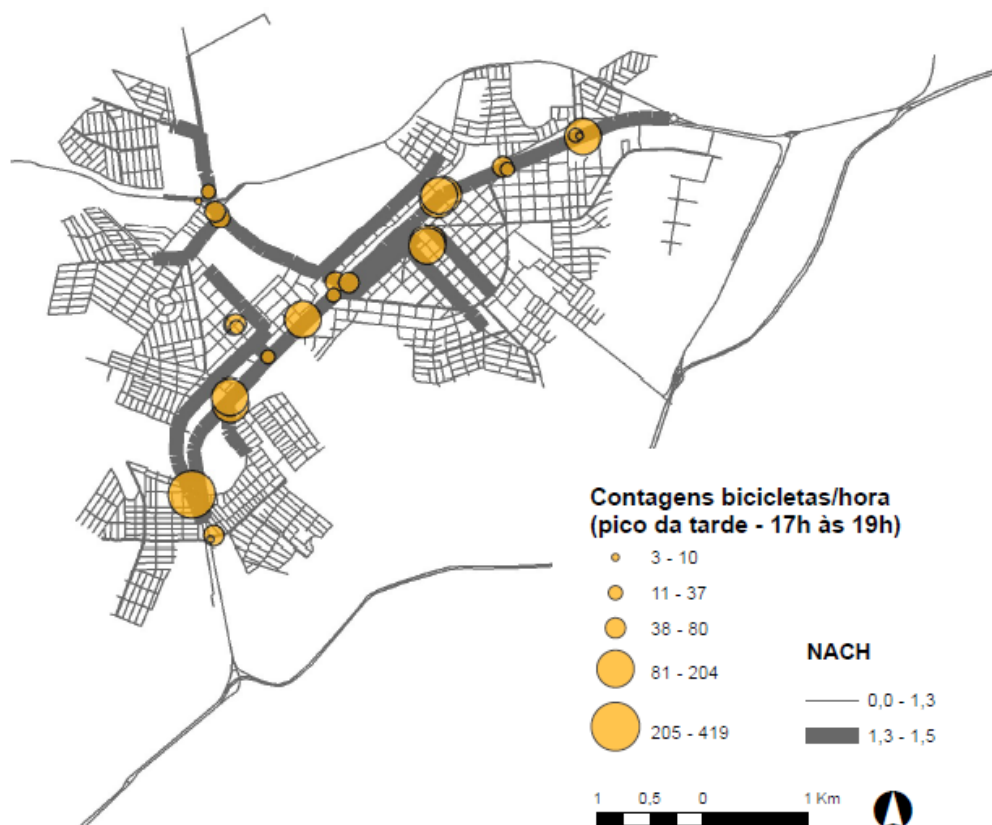
Figura 29 - Mapa de medida *choice* e volume de contagem de ciclistas em Cambridge



Fonte: McCAHILL e GARRICK, 2008.

Utilizando-se da medida de escolha angular normalizada – NACH, ou seja, *normalized angular choice*, foi realizada a sobreposição entre o volume de bicicletas/hora e o valor NACH na cidade de Rolândia, conferida na Figura 30.

Figura 30 – Mapa de medidas NACH e volume de contagens de ciclistas em Rolândia



Fonte: a autora, 2019.

Utilizando-se da contagem de bicicletas registrada no Plano de Mobilidade de Rolândia (ITEDES, 2019), é possível perceber que existem grandes volumes de bicicletas no pico da tarde, e que existem sobreposições com altos valores NACH.

Ainda que a relação entre volume de ciclistas e NACH não deva ser desconsiderada, é visível que não é suficiente para estimar o número de ciclistas circulantes no segmento de via. Essa é uma descoberta idêntica à de McCahill e Garrick (2008), que apontam a medida *choice* como uma variável de potencial para a modelagem da distribuição de viagens por bicicleta na malha urbana.

#### 4.2.5 Mesoescala: Escala Local

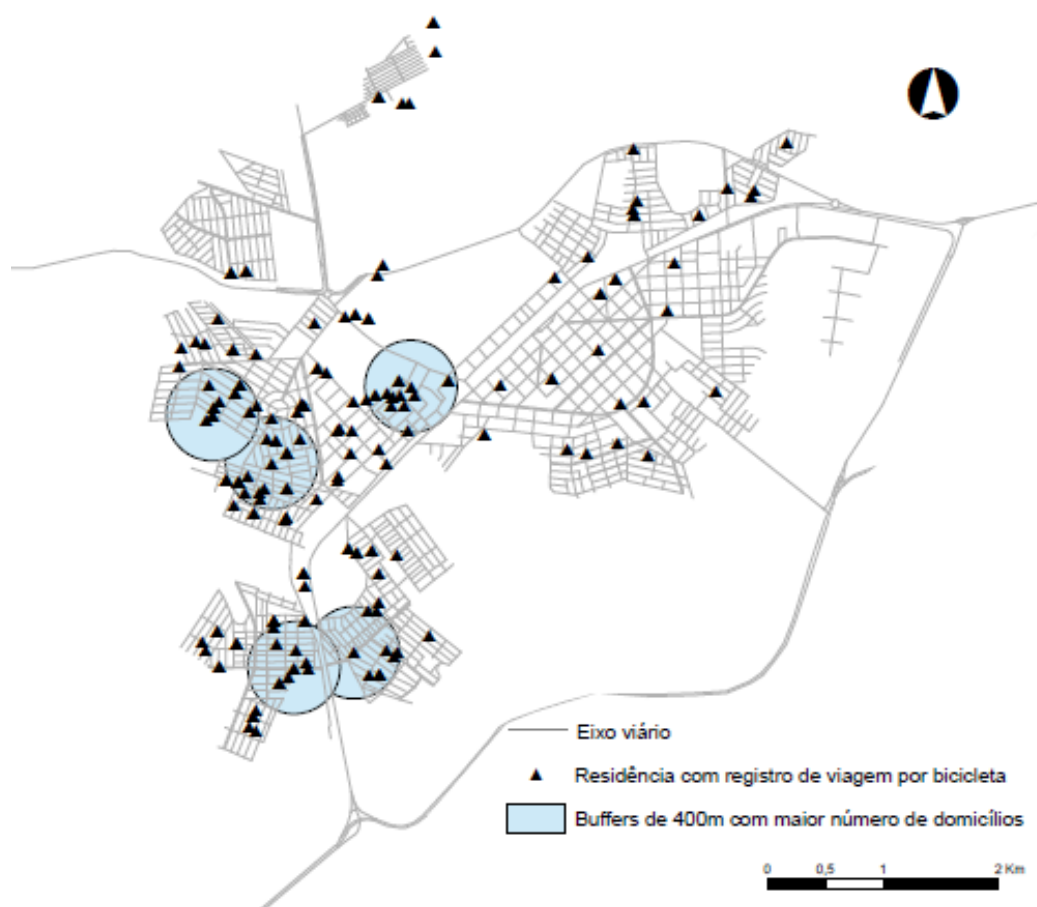
Após as análises em escala municipal, procurou-se correlações entre o transporte por bicicleta e as variáveis de renda e densidades. Para isso, foi necessária a mudança de escala, de forma a proceder com comparativos em pequenas porções do município, na busca por identificar padrões ou singularidades nas áreas de maior registro de deslocamento por bicicleta.

## Renda

Valendo-se de resultados insuficientes para a explicar a grande adesão ao transporte por bicicleta na cidade de Rolândia na questão de renda, procurou-se investigar, de modo espacializado, se os locais de maior registro de viagens por bicicleta apresentavam diferenças significativas na renda.

Hipoteticamente, questionou-se a comparação dos quantitativos sem vinculação espacial. Para corrigir um possível erro metodológico, os arredores com maior registro de viagens por bicicleta de origem residencial foram estudados, configurando um buffer de uso mais intenso da bicicleta, como demonstrado na Figura 31.

Figura 31 - Buffers contendo o maior número de registro de viagens por bicicleta



Fonte: a autora, 2019.

Nessa segunda análise sobre a renda, utilizou-se o teste de Mann-Whitney, conhecido como *U test*, para determinar se a renda dos usuários de bicicleta das regiões selecionadas diferencia-se das demais regiões da cidade. Caso isto fosse

confirmado, poderíamos assumir, por exemplo, que regiões menos favorecidas da cidade promoviam maior uso da bicicleta.

Entretanto, novamente não se obteve uma diferença significativa na questão de renda, como indicado na Tabela 30.

Tabela 30 - Renda dos usuários de bicicleta no buffer estudado e demais municípios

	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desv. padrão</b>	<b>p valor</b>	<b>Decisão</b>
Renda de usuário de bicicleta no buffer	712,50	850,00	715	0,811	Não rejeita-se a hipótese nula
Renda dos demais municípios	741,90	900,00	900		

Fonte: a autora, 2019.

Com um elevado p-valor (maior que 0,05), é possível afirmar que não existe diferença entre as duas amostras. Assim, conclui-se que a renda dos usuários de maior atividade ciclável não difere da renda dos demais municípios.

Considerando a questão da renda como um rebatimento espacial, não é possível determinar influências do rendimento dos usuários e utilização da bicicleta como transporte.

## Sintaxe espacial

É possível aplicar uma análise morfológica através das medidas de sintaxe espacial para a identificar desigualdades nos atributos espaciais, baseando-se no trabalho de Zechin e Holanda (2019).

Dessa forma, analisando os 5 buffers de maior registro de saídas de bicicleta, calculou-se as medidas sintáticas de escolha e integração angular normalizadas, correspondendo ao NACH e INCH, respectivamente.

De forma a agregar mais dados às comparações, foram inseridas outras variáveis detectadas durante o processo de revisão bibliográfica passíveis de análise em área de buffer, como os valores correspondentes das densidades de vias, densidade residencial e ocorrência de acidentes, como demonstrado na Tabela 31.

Tabela 31 - Comparação de dados contidos nos buffers de 400m e médias municipais

	<b>Buffer 1</b>	<b>Buffer 2</b>	<b>Buffer 3</b>	<b>Buffer 4</b>	<b>Buffer 5</b>	<b>Município</b>
Nº viagens de bicicleta com origem residencial	20	15	14	11	10	191
Nº residências	1145	752	807	1041	939	27020

Área analisada (km <sup>2</sup> )	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	16*
Densidade residencial (res/km <sup>2</sup> )	2.279	1.496	1.606	2.072	1.869	1.688
Ocorrência de acidentes com bicicletas	4	9	2	7	15	256
Densidade de vias (km/km <sup>2</sup> )	262,28	173,78	139,13	312,73	262,83	173,02*
NACH/ km de vias	0,90	0,79	0,79	1,02	1,05	0,89
INCH/ km de vias	13.657,79	12.789,96	11.323,81	15.511,58	16.038,37	13.690,45

\* Mancha urbana calculada

Fonte: a autora, 2019.

Como não se trata de uma amostra, e sim de valores absolutos, não há necessidade de projeções estatísticas para retirar-se algumas conclusões. É possível verificar que, embora o buffer 1 seja a origem do maior número de viagens por bicicleta do município, ele não se sobrepõe nos valores sintáticos médios NACH e INCH, nem na densidade de vias. Como diferenciador, apresenta a maior densidade residencial dos demais.

Comparando-se os valores de densidade residencial, ainda que o buffer 1 seja considerado uma área mais densa, os demais valores de densidade não seguem uma proporção, com o buffer 2 possuindo a menor densidade residencial, abaixo até da média municipal.

A mesma conclusão é apontada na densidade de vias. Não há uma proporção entre o número de viagens por bicicleta e a densidade viária, ora tendo valores baixos, ora altos, comparativamente à média municipal.

Não se pode tirar nenhuma conclusão sobre o padrão morfológico como influenciador de viagens de bicicleta neste tipo de análise. Talvez, com a ampliação de buffers seja possível identificar alguma tendência de valores, entretanto, os indícios sugerem que serão tendências muito sutis.

O problema de ampliação da análise de buffers para todo o município é a sobreposição de valores, o que leva à agregação de dados muito semelhantes entre si e exigem o uso de métodos estatísticos de maior complexidade para capturar uma face muito tênue de influência, o que não foi desejado neste trabalho.

Porém, a absoluta aleatoriedade numérica dos acidentes envolvendo bicicletas despertou os pesquisadores para mais um possível erro metodológico, com

a possibilidade de que a ocorrência de acidentes esteja mais relacionada com a rota ou viagem realizada do que com a origem da viagem.

Para possibilitar tal afirmação, utilizou-se a delimitação de áreas de influência de cada residência com registro de viagem por bicicleta, através do polígono de Voronoi, conforme demonstrado na Figura 32.

Figura 32 - Mapeamento de áreas de influência por polígonos de Voronoi



Fonte: a autora, 2019.

Com 135 regiões de influência das residências com registro de viagem por bicicleta variando entre 0 e 9 acidentes, comparou-se as áreas, em metros quadrados, com o número de acidentes registrados.

Para isso, utilizou-se do teste de Kruskal Wallis para várias amostras independentes, conforme a Tabela 32.

Tabela 32 - Teste de Kruskal Wallis para áreas de influência e número de acidentes

Número de acidentes	Área de influência Média (km <sup>2</sup> )	Área de influência Mediana (km <sup>2</sup> )	p valor	Decisão
0	0,42	0,08	0,345	Retém a hipótese nula
1	0,26	0,06		
2	0,41	0,10		
3	0,45	0,19		
4	0,27	0,17		
5	0,27	0,27		
8	0,35	0,34		

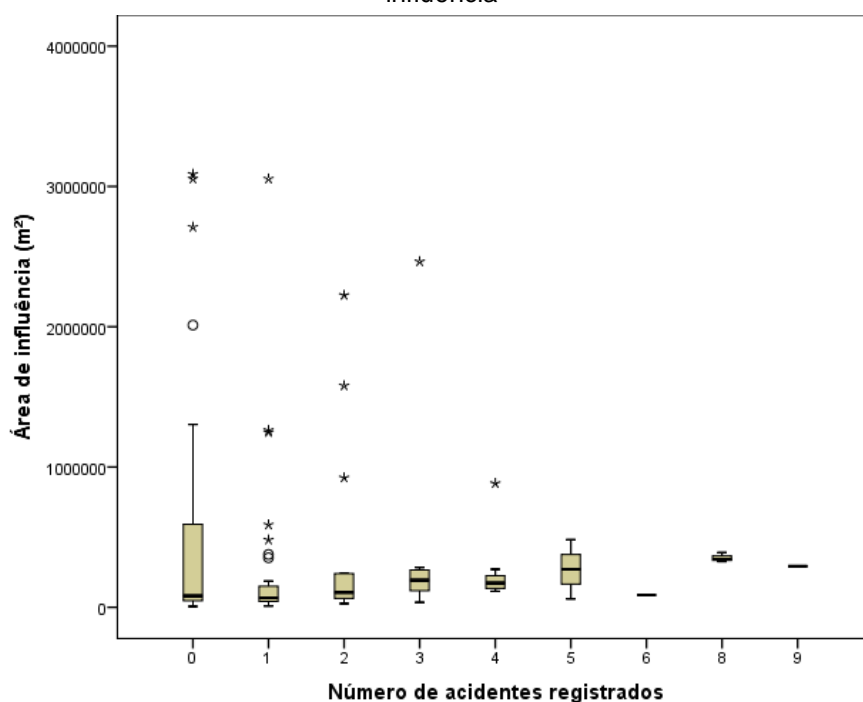
\*área de influência é constante para números de acidentes 6 e 9 e foram omitidos.

Fonte: a autora, 2019.

Com p valor maior que 0,05, é possível afirmar que não há diferença entre os grupos que permita conclusões entre a relação de áreas e número de acidentes. Nesse raciocínio, regiões que produzem maior número de viagens por bicicleta não registram, necessariamente, um número maior ou menor de acidentes.

É possível verificar que as regiões sem nenhum registro de acidentes apresentam grande variabilidade, ora com pequenas porções (aglomerados de residências com registro de viagens por bicicleta) ora com grandes porções (residências dispersas). Variabilidade semelhante é observada nas demais ocorrências de acidentes, como demonstrado no Gráfico 16.

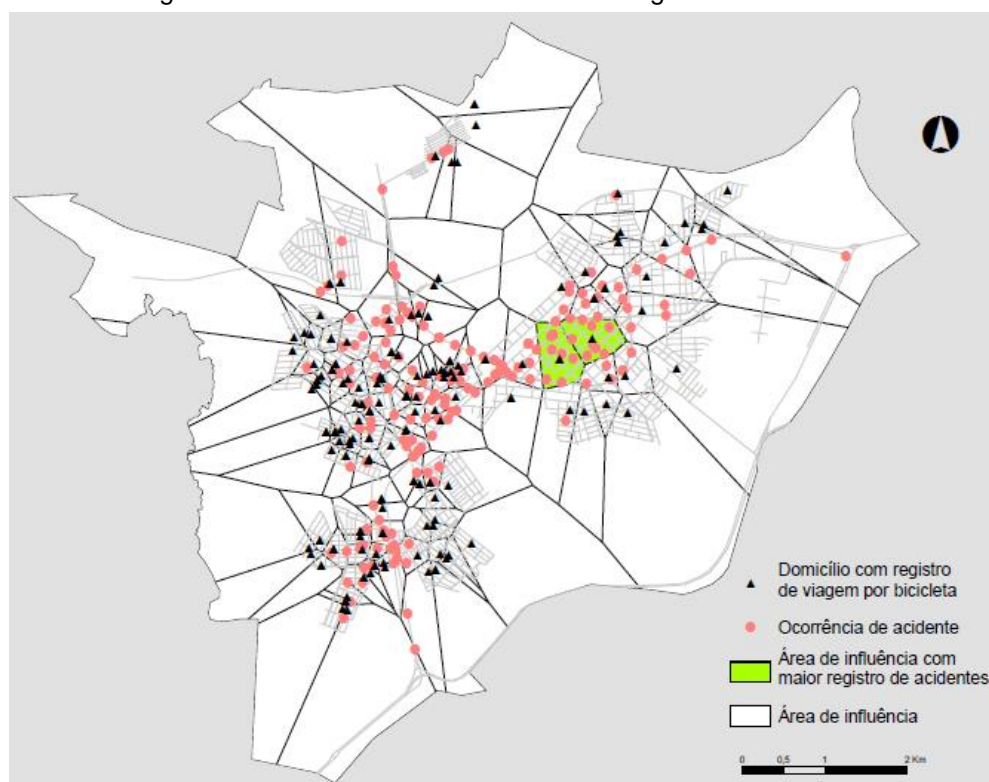
Gráfico 16 - Diagrama de caixa com variação de dados entre número de acidentes e área de influência



Fonte: a autora, 2019.

Assim, não foi obtida uma correlação favorável para o estudo. Não foram notadas relações estatísticas entre a ocorrência de acidentes e as residências que utilizam bicicleta. A dispersão entre o registro da atividade e a ocorrência de acidente pode ser visualizado na Figura 33.

Figura 33 - Área de influência com maior registro de acidentes



Fonte: a autora, 2019.

Confirma-se que a produção de acidentes envolvendo bicicletas na cidade de Rolândia independe do volume de saída de ciclistas nos bairros. Regiões com maior atividade de deslocamento por bicicleta não são, necessariamente, áreas com maior índice de acidentes, nem mais seguras.

Assim, há indícios de que a ocorrência de acidentes está mais relacionada ao comportamento da malha viária, do que ao registro da atividade.

## 5. CONCLUSÕES

A primeira conclusão do trabalho é sobre os usuários de bicicleta. Enquanto em Cambé a bicicleta responde por 5% do total de viagens, sendo um transporte predominantemente masculino (84% dos usuários são homens), em Rolândia, com 20% das viagens, há distribuição equilibrada entre os gêneros.

Outro diferencial entre os usuários de bicicleta nos dois municípios é a parcela de população jovem que utiliza a bicicleta como transporte. Em Cambé, a participação de munícipes até 19 anos nos deslocamentos por bicicleta é de 12%, enquanto em Rolândia é de 34%.

Entende-se que, num município onde há grande adesão ao transporte por bicicleta entre mulheres e jovens, existe uma percepção de que este modo de deslocamento é adequado para todos, mesmo aqueles mais sensíveis aos efeitos do estresse viário (LOWRY *et al.*, 2012).

Ainda sobre os usuários de bicicleta, a hipótese de que existiriam dissemelhanças de renda foi rejeitada. O que se comprovou é que não existem diferenças de renda entre munícipes de Rolândia que registraram viagens de bicicleta e aqueles que só informaram viagens feitas por automóvel, motocicleta ou demais modos de transporte.

Isso foi reafirmado na análise de dados sobre a posse de veículos nas residências. Enquanto a posse de veículos motorizados representa, de certa forma, um índice de poder econômico, não foram detectadas muitas diferenças significativas sobre a posse de veículos entre residências de ciclistas e não ciclistas.

Na realidade, contrariando a suposição inicial de que as residências de ciclistas não teriam acesso a veículos motorizados, 33% das residências que não registraram viagem por bicicleta são desprovidas de automóvel, índice superior às residências de ciclistas, onde apenas 24,6% não possuem automóvel. Entre os domicílios de ciclistas, 61,8% possuem um automóvel.

Esses elementos abrem campo para uma discussão comportamental, onde há elementos que indicam que a grande adesão ao transporte por bicicleta em Rolândia é uma escolha, e não a única possibilidade economicamente viável de transporte. Para um indivíduo, quando um modo de transporte é considerado mais interessante que outro, naturalmente ocorre a adesão a este último. Esta é a base da

troca modal, uma área de pesquisa conhecida como *modal switching* (ELISSON e GREAVES, 2010).

No Brasil, onde a visão jurídica predominante é complacente com motoristas e os incentivos fiscais são ampliados para a aquisição e uso extensivo de veículos motorizados (VASCONCELLOS, 2014), existe grande dificuldade para promover a transferência de viagens para bicicletas, dada a provisão de condições superiores aos modos de transporte motorizados.

Nesse sentido, o comportamento ciclável no município de Rolândia é incomum. A altimetria cumulada das viagens de bicicleta em Rolândia é inferior às de Cambé, o que poderia corroborar com menor esforço físico e responder por certo grau de interesse nesse modo de transporte. Em média, a cada quilômetro de viagem percorrido por bicicleta em Cambé, acumulam-se 14m de subidas, enquanto em Rolândia esse equivalente é 30% inferior, com 10 metros de subidas.

De acordo com os dados analisados, a possibilidade de destinos em viagens com duração inferior a 12 minutos também poderia estar relacionada com a ciclabilidade. Questões de planejamento urbano e zoneamento teriam, então, influência em dispor de maiores possibilidades de destino, assim como determinar o tamanho do município e suas possibilidades de rotas.

Salienta-se que o desenho urbano pode ser utilizado como ferramenta para a determinação de rotas menos acidentadas, favorecendo o deslocamento por bicicleta, especialmente quando trabalhado junto ao geoprocessamento do terreno.

Sendo a ciclabilidade definida nesse trabalho como a medida objetiva das condições urbanas que proporcionam o deslocamento por bicicleta, irrompe-se um paradoxo. Rolândia é um município que oferece maiores condições ao transporte por bicicleta do que a média brasileira, ou seria um local com condições inferiores para a utilização dos demais modos?

O que foi constatado é que o alto índice de viagens por bicicleta vem acompanhado de taxas mínimas de viagens por transporte coletivo e baixa adesão ao transporte a pé, seguido de alta taxa de transporte individual motorizado. Dentre a aparente competição entre os modais de transporte mais sustentáveis, a bicicleta foi o modo mais escolhido pela população.

A distância de 400m é considerada a mínima adequada ao transporte por bicicleta (LARSEN *et al.*, 2010), pois, de outra forma, o modo a pé é preferível. Essa mesma distância de 400m é utilizada no Brasil como distância máxima de

atendimento da rede de transporte público, ou seja, o distanciamento médio entre as paradas de ônibus deve ter a distância máxima de 400m, assim como sua acessibilidade até a residência (PIANUCCI, 2011). Esse elemento apresenta relevância ao estudo, pois não foi tabulada nenhuma viagem intermodal utilizando bicicleta conjugada ao transporte coletivo em nenhum dos municípios estudados, o que pode abrir campo de pesquisas para futuras investigações.

As características da malha urbana parecem ter uma influência limitada para explicar a grande adesão ao transporte por bicicleta, assim como outras variáveis discutidas no trabalho. Assim, considera-se que fatores supra espaciais também interferem no comportamento de transportes, em associação com fatores ambientais.

A complexidade dos estudos de fenômenos urbanos, com sua grande variabilidade de fatores e impossibilidade de manipulação de variáveis, exige explorações contínuas de pesquisadores no intuito de avançar na construção do conhecimento científico.

Detectando-se certa equidade tanto de condições financeiras quanto de características morfológicas de bairros, eleva-se a decisão pelo transporte por bicicleta como um comportamento social díspar, que poderia suscitar novas investigações acerca de elementos culturais e políticos que poderiam exercer influência no modo de deslocamento da população.

Assim como os antagonismos e discordância entre autores detectados na bibliografia sobre as variáveis de influência na ciclabilidade, este estudo mostrou-se insuficiente para determinar o elemento central da qual depende a ciclabilidade de uma região.

Diferentemente dos demais modos de transporte que tem suas delimitações no perfil viário, seja através de faixas de rolamento ou calçadas, o deslocamento por bicicleta compartilha todo o espaço urbano, já que restringir a atividade apenas às rotas com presença de ciclovias implicaria em sua inviabilização.

Entende-se que o transporte por bicicleta seja, talvez, um dos modos mais complexos de deslocamento urbano, já que se relaciona com uma gama de variáveis não somente do ambiente construído, mas psicossociais e até implicações políticas.

Os testes em variáveis isoladas deixaram claro que os procedimentos estatísticos não são suficientes para apontar correlações fortes, o que, em termos

práticos de planejamento urbano, aponta que medidas ou intervenções isoladas não implicam em ganhos globais para a ciclabilidade urbana.

O presente estudo não se propôs a explicar a grande adesão ao transporte por bicicleta no município de Rolândia, mas sim oferecer um exercício de reflexão sobre os usuários, suas viagens, e o ambiente que proporciona essas atividades. Esse caráter de estabelecer relações é o propósito de uma pesquisa científica construída sob o método correlacional (GROAT e WANG, 2002).

Nesse sentido, há uma limitação latente num estudo de caráter positivista como este, considerando que a aplicação do método correlacional busca, na matemática, respostas para atitudes humanas. Possivelmente, um trabalho que abarcasse elementos relacionais na produção do espaço, ou ainda implicações de contrastes, presentes, por exemplo, em teorias de Lefebvre ou Venturi, trariam uma análise complementar.

Pondera-se a simplificação e objetividade na tentativa de determinar a influência da organização espacial sobre a vida social, sendo esta também a principal crítica direcionada à utilização da sintaxe espacial. Entretanto, sua utilização foi coerente com o método de pesquisa escolhido, e respondeu pelos principais resultados do trabalho.

A busca por analisar diferentes escalas foi motivada pela variabilidade de estudos filtrados pela revisão sistematizada da literatura. A utilização da mesoescala, ou a escala local de Rolândia, foram tentativas de alinhamento às correntes de estudos correlacionais entre ambiente construído e segurança viária (MARSHALL e GARRICK, 2011; McNEIL, 2011).

Procurou-se, através de polígonos para segmentações do território, relacionar se as áreas com maior registro de utilização da bicicleta apresentariam características singulares, quando comparadas às demais, e se produziriam menor número de acidentes. Mas não foram constatações aplicáveis a este trabalho.

Considerando que a pesquisa se debruçou sobre uma base de dados de forma abrangente e permitiu-se explorações isentas de caminhos pré-determinados, encontraram-se correlações que não eram, necessariamente, o objetivo central do trabalho.

Inicialmente, a sintaxe espacial foi utilizada devido a sua capacidade de aglutinar variáveis relacionadas às características viárias, como número de interseções, tamanho de quarteirões, densidade e hierarquia de vias, etc.

Na investigação de morfologia urbana, considerando densidades residenciais, densidade de vias e valores de integração e escolha, não foi detectado diferenciais significativos em áreas de maior ocorrência de viagens por bicicleta.

Como elemento imprevisto, ao invés de servir como ferramenta analítica para distinguir diferenças entre os locais mais cicláveis na malha urbana, o que se mostrou inconsistente, a sintaxe espacial descortinou uma possibilidade de função preditora em análise futura de um sistema ciclável.

A pesquisa foi guiada à formulação de um modelo de predição de acidentes envolvendo ciclistas, que, dentre uma gama de variáveis, como o número de rotas registradas, determinou que os valores de sintaxe espacial relacionados à escolha e integração angular já são suficientes para explicar o número de ocorrências em cada segmento analisado. Tal indicativo pode configurar uma nova potencialidade para os estudos de morfologia urbana, envolvendo a segurança viária dos modos não motorizados de transporte.

Quando comparado os procedimentos de correlação de meso e macro escalas e a ocorrência de acidentes, é notada uma certa dose de ironia, pois as variáveis de sintaxe espacial são mais explicativas do que o registro real do transporte por bicicleta.

Os valores de escolha e integração possuem uma natureza estática, pois são retirados através de algoritmo computacional de análise de malha urbana, e foram bons preditores de acidentes. Por sua vez, o registro de atividade, tanto domiciliar quanto por trecho, detendo as dinâmicas de movimentos reais, não foram promissores.

Ressalta-se a concordância dos resultados obtidos com o relatório da Universidade de Berkeley (RAFORD *et al.*, 2007), considerada uma instituição de referência em pesquisas de sintaxe espacial, afirmando forte correspondência entre volumes de ciclistas e vias mais acessíveis e diretas.

Através da utilização da sintaxe espacial, a acessibilidade de vias é reconhecida por valores de integração, e vias mais diretas são diferenciadas pelo valor de escolha. Foram exatamente as duas variáveis que compuseram o modelo de predição de acidentes apresentado neste trabalho.

De forma análoga, foi traçado um paralelo com o trabalho de McCahill e Garrick (2008), onde os valores de escolha não foram suficientes para determinar a

distribuição de viagens por bicicleta na malha urbana, mas descortina-se como uma variável potencialmente útil.

O emprego da sintaxe espacial foi positivamente relacionado às rotas mais praticadas em áreas consolidadas da cidade, ou seja, regiões que já produzem viagens cotidianas. Por outro lado, vias prioritárias para bairros em áreas de expansão urbana também receberam valores NACH elevados, já que a sintaxe espacial desconsidera fatores populacionais e de uso do solo.

No entanto, foi detectado que tais vias de alto valor NACH em áreas ainda não ocupadas possuem a característica de forte conexão entre regiões da cidade, ainda que não tenham registro de viagens, o que significa uma potencial localidade para implantação de infraestrutura específica para bicicletas, como ciclovias.

A associação entre valor NACH e a sobreposição de rotas registradas na pesquisa origem-destino mostrou-se parcialmente relacionada, pois alguns segmentos de vias com altos valores NACH tiveram baixa contagem de bicicletas em hora/pico, o que pode significar a imposição de desvios, já que grande parte dos segmentos com altos valores NACH apresentaram maiores sobreposição de rotas e maior contagem de ciclistas *in loco*. A ruptura entre maior valor NACH e maior utilização da via pelos ciclistas pode indicar uma barreira ou obstáculo presente no segmento específico da via, indicando um desvio forçado no trajeto.

Além disso, foi notado que a única ciclovia segregada do município de Rolândia, com quase 7 km de extensão, recebe altíssimo valor NACH, equiparável a valores atribuídos às rodovias. Isso significa que a ciclovia perpassa extensa gama de percursos, possibilitando grande número de conexões e possibilidades de pares origem-destino. Assim, essa infraestrutura pode ser considerada bem posicionada na malha urbana, e pode contribuir para a ciclabilidade em Rolândia.

## 5.1 PESQUISAS FUTURAS

As fracas correlações entre o transporte por bicicleta e as variáveis de densidade viária, densidade residencial e renda na cidade de Rolândia podem ser fruto de uma certa homogeneidade do território e não devem ser descartadas. Ademais, devem ser conferidas em cidades de outros portes, assim como a equação de predição de acidentes apresentada neste trabalho.

Seria de interesse científico a comparação de estudos de caso equivalentes em diferentes realidades municipais, de preferência de nacionalidades distintas.

Ainda em Rolândia, há necessidade de adentrar o tema da intermodalidade e de como a dinâmica entre os diferentes modos de transporte influenciam o deslocamento por bicicleta.

Sobre a espacialização dos dados, conclui-se que o mapeamento e análises apresentados neste trabalho só foram possíveis devido às possibilidades oferecidas pelo geoprocessamento, percebida também de forma manifesta na bibliografia estrangeira consultada.

Nesse sentido, cabe uma reflexão quanto às teses e dissertações nacionais estudadas e à própria formação do arquiteto brasileiro, que nem sempre incorpora princípios básicos do geoprocessamento, o que pode representar obstáculos a serem suplantados em estudos sobre deslocamentos humanos.

A superação de dificuldades relacionadas ao contato com outras áreas do conhecimento, como a psicologia, saúde coletiva e geografia, parece inerente e necessária ao avanço do planejamento urbano para o desenvolvimento dos modos ativos de transporte, área geralmente reservada aos profissionais de engenharia nas prefeituras de municípios brasileiros.

Sugere-se a colaboração entre departamentos e setores do conhecimento para avançar no desenvolvimento de pesquisas sobre o deslocamento por bicicleta.

## 5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Então, as características do ambiente construído influenciam na ciclabilidade urbana? A resposta é afirmativa.

O ambiente construído, ao englobar a configuração urbana, define as possibilidades de deslocamento, incluindo o tempo, distância e altimetria da viagem, ou seja, o esforço solicitado para desempenhar aquele trajeto. Considerando a escolha do modo de transporte como resultado de uma avaliação de custo-benefício, o esforço solicitado importa.

Como nova descoberta científica, o presente trabalho aponta que o ambiente construído define, também, a possibilidade de ocorrência de acidente

envolvendo bicicletas na malha urbana. Isso significa que o ambiente construído, por si só, responde por uma parcela de segurança no deslocamento cicloviário.

Nesse sentido, as características do ambiente construído abordadas neste trabalho influenciam o comportamento de deslocamentos por bicicleta em Rolândia, mas não o determina completamente. Existem lacunas que podem ser abordadas em trabalhos futuros, como a dinâmica intermodal e os fatores psicossociais.

## REFERÊNCIAS

- AHMAD, S; de OLIVEIRA, J. P. Determinants of urban mobility in India: lessons for promoting sustainable and inclusive urban transport in developing countries. **Transport Policy**, v. 50 (c) p. 106-114, 2016.
- ALDRED, R; ELLIOTT, B; WOODCOCK, J; GOODMAN, A. Cycling provision separated from motor traffic: a systematic review exploring whether stated preferences vary by gender and age. **Transport Reviews**, v. 37, p. 29-55, 2017.
- AL SAYED, K, HILLIER, B; PENN, A; TURNER, A. **Space syntax methodology**. Londres: UCL, 2018.
- ALEXANDRO, C. V. C. **Bicicleta para Cidades Sustentáveis: uma leitura do município de Campinas**. 131 p. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) - Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2013.
- ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - Simob/ANTP**. São Paulo: ANTP, 2018.
- ARAÚJO, F. G. **A influência da infraestrutura cicloviária no comportamento de viagens por bicicleta**. Dissertação (Mestrado em Transportes). Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- BACCHIERI, G. **Determinantes e padrões de utilização da bicicleta e acidentes de trânsito sofridos por ciclistas trabalhadores da cidade de Pelotas**. Dissertação (Mestrado em Medicina), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2004.
- BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento. **Avances em seguridad vial en América Latina y el Caribe 2010-2012**. Asociación Española de la Carretera e BID: Washington, 2013.
- BONI, P. C. (Org.) **Certidões de nascimento da história: o surgimento de municípios no eixo Londrina-Maringá**. Londrina: Planográfica, 2009.
- BORBA, A. N; MARTÍNEZ, L. M; VIEGAS, J. M. How does urban morphology influence the walkability? **Conference Proceedings of 24th ISUF International Conference**, p. 1545- 1553, 2017.
- CAO, X; MOKHTARIAN, P. L; HANDY, S. L. Do changes in neighborhood characteristics lead to changes in travel behavior? A structural equations modeling approach. **Transportation**, v. 34, p. 535-556, 2007.
- CEVADA, C. M. **Avaliação para o uso da bicicleta: estudo de caso do Campus I da UFPB e seu entorno imediato**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.
- CORDEIRO, G. M. C; DEMÉTRIO, C. G. B. **Modelos lineares generalizados e extensões**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2009.
- CRANE, R. The influence of urban form on travel: an interpretive review. **Journal of Planning Literature**, v. 15, n. 1, 2000.
- DENATRAN. **RENAVAM-Registro Nacional de Veículos Automotores**. Brasília: Ministério da Infraestrutura, 2019.
- DER – Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná. **Portal de mapas**. Curitiba: DER-PR <<http://sider.der.pr.gov.br/mapainterativo/webgis/map?cdSistemaAtual=104#>> Acesso em 05/12/2018.
- DINIZ, I. M. S. **Deslocamento para o trabalho de industriários: avaliação de uma intervenção educativa para promoção do uso de bicicleta**. Tese (Doutorado em Educação Física), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- ELIOU, N; GALANIS, A; PROIOS, A. Evaluation of the bikeability of a Greek city: Case study "City of Volos". **WSEAS Transactions on Environment and Development**, v.5, ed. 8, p. 545-544, 2009.
- ELLISON, R. B; GREAVES, S. Travel Time Competitiveness of Cycling in Sydney, Australia. **Transportation Research Record**, v. 2247 p. 99-108, 2011.
- FERENHOF, H. A; FERNANDES, R. F. Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: método SFF. **Revista ACB**, [S.l.], v. 21, n. 3, p. 550-563, dez. 2016.

- FERNANDES, D; KANASHIRO, M. A bicicleta como componente da justiça nos transportes. **Livro de Atas do XVI Colóquio Ibérico de Geografia**. Lisboa: IGOT, 2018.
- FRANK, L. D; FOX, E. C; ULMER, J. M; CHAPMAN, J. E; KERSHAW, S. E; SALLIS, J. F; CANWAY, T. L; CERIN, E; CAIN, K. L; ADAMS, M. A; SMITH, G. R; HINCKSON, E; MAVOA, S; CHRISTIANSEN, L. B; HINO, A. A. F; LOPES, A. A. S; SCHIPPERJIN, J. International comparison of observation-specific spatial buffers: maximizing the ability to estimate physical activity. **International Journal of Health Geographics**, v. 16 (4), p. 1-13, 2017.
- FREITAS, V. de. **Análise da viabilidade técnica e ambiental de vias cicláveis na cidade de Presidente Epitácio-SP**. (Dissertação em Engenharia Civil). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2014.
- GARRARD, J; ROSE, G; LO, S. K. Promoting transportation cycling for women: The role of bicycle infrastructure. **Preventive Medicine**, v. 46, p. 55-59, 2008.
- GÖSSLING, S. Urban transport justice. **Journal of Transport Geography**, v. 54, p. 1-9, 2016.
- GRASSER, G; TITZE, S; STRONEGGER, W. Are residents of high-walkable areas satisfied with their neighbourhood? **Journal of Public Health**, v. 24, ed. 6, p. 469-476, 2016.
- GROAT, L; WANG, D. **Architectural Research Methods**. New York: John Wiley and Sons, 2002.
- GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da. **Impactos ambientais Urbanos no Brasil**. 4a Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
- GUERREIRO, T. de C; SILVA, A. N. R. de; RAMOS, R. A. R. Explorando dados de pesquisas origem-destino para o planejamento de novas redes cicloviárias. **Revista dos Transportes Públicos**, v. 40, ed. 2, p. 5-24. São Paulo: ANTP, 2018.
- GUTHRIE, N; DAVIES, D. G; GARDNER, G. Cyclist's assessments of road and traffic conditions: the development of a cyclability index. **TRL Report**, v. 490, 2001.
- HABIB, K. N; MANN, J; MAHMOUD, M; WEISS, A. Synopsis of bicycle demand in the City of Toronto: Investigating the effects of perception, consciousness and comfortability on the purpose of biking and bike ownership. **Transportation Research Part A**, vol. 70, p. 67-80, 2014.
- HANDY, S. L; BOARNET, M. G; EWING, R; KILLINGSWORTH, R. E. How the built environment affects physical activity: views from urban planning. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 23 (2S), p. 64-73, 2002.
- HILLIER, B. Spatial sustainability in cities: organic patterns and sustainable forms. **Proceedings of the 7th International Space Syntax Symposium**, p. 16-35. Estocolmo: Royal Institute of Technology, 2009.
- HILLIER, B; YANG, T; TURNER, A. Normalising least angle choice in Depthmap and how it opens up new perspectives on the global and local analysis of city space. **The Journal of Space Syntax**, v. 3, ed. 2, p. 155-193, 2012.
- HRB - Highway Research Board. **Highway capacity manual**. Highway Research Board. Washington: HRB, 1985.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativa populacional 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.
- IPARDES. **Base de dados do estado**. Curitiba: BDweb, 2019.
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Cidades cicláveis: avanços e desafios das políticas cicloviárias no Brasil**. Brasília: Ipea, 2017.
- ITEDES – Instituto de Tecnologia e Desenvolvimento Econômico e Social. **Plano de Mobilidade Urbana de Rolândia-PR**. Rolândia: Prefeitura Municipal, 2018.
- ITEDES – Instituto de Tecnologia e Desenvolvimento Econômico e Social. **Plano de Mobilidade Urbana de Cambé-PR**. Cambé: Prefeitura Municipal, 2017.
- KAGER, R; BERTOLINI, L; BRÖMMELSTROET, M. Te. Characterisation of and reflections on the synergy of bicycles and public transport. **Transportation Research Part A**, v. 85, p. 208-219, 2016.

- KALVELAGE, K; DORNEICH, M. C; SEEGER, C. J; WELK, G. J; GILBERT, S; MOON, J; JAFIR, I; BROWN, P. Assessing the validity of facilitated-volunteered geographic information: comparisons of expert and novice ratings. **GeoJournal**, vol. 83, ed. 3, p. 477-488, 2018.
- KIRNER, J. **Proposta de um método para a definição de rotas cicláveis em áreas urbanas**. (Dissertação). Universidade Federal de São Carlos, 2006.
- KOH, P. P; WONG, Y. D. Influence of infrastructural compatibility factors on walking and cycling route choices. **Journal of Environmental Psychology**, vol. 36, p. 202-213, 2013.
- LARGURA, A. E. **Fatores que influenciam o uso de bicicleta em cidades de médio porte**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.
- LARSEN, J., EL-GENEIDY, A., YASMIN, F. Beyond the quarter mile: Re-examining travel distances by active transportation. **Canadian Journal of Urban Research: Canadian Planning and Policy** (supplement), 19(1), p. 70-88, 2010.
- LAW, S; SAKR, F. L; MARTINEZ, M. Measuring the changes in aggregate cycling patterns between 2003 and 2012 from a space syntax perspective. **Behavioral Sciences**, v. 4, ed. 3, p. 278-300, 2014.
- LAUREANO, R. M. S. **Testes de hipóteses**. Lisboa: Edições Sílabo, 2013.
- LEITE, P. S. de. **Análise do comportamento de viagens dos usuários de bicicleta em área rural: estudo de caso em área rural de Teresina**. Dissertação (Mestrado em Transportes). Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- LEVINSON, D. M; KUMAR, A. Density and the journey to work. **Growth and change**, v. 28, p. 147-172, 1997.
- LI, W; JOH, K. Exploring the synergistic economic benefit of enhancing neighborhood bikeability and public transit accessibility based on real estate sale transactions. **Urban Studies**, v. 54(15), p. 3480-3499, 2017.
- LOWRY, M. B; CALLISTER, D; GRESHAM, M; MOORE, B. **Assessment of Communitywide Bikeability with Bicycle Level of Service**. Transportation Research Record ed. 2314 p.41-48, 2012.
- LOWRY, M; LOH, T. H. Quantifying bicycle network connectivity. **Preventive Medicine**, v. 95, p. S134-S140, 2017.
- MA, L; DILL, J. Do people's perceptions of neighborhood bikeability match "reality"? **Journal of Transport and Land Use**, v.10, ed. 1, p. 291-308, 2017.
- MAKAROVA I; PASHKEVICH A; SHUBENKOVA K; MUKHAMETDINOV E. Ways to increase population mobility through the transition to sustainable transport. **Procedia Engineering**, v.187, p. 756-762, 2017.
- MALATESTA, M. E. B. **A bicicleta nas viagens cotidianas do município de São Paulo**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade de São Paulo, 2013.
- MANUM, B; NORDSTRÖM, T; GIL, J; NILSSON, L; MARCUS, L. Modelling bikeability: space syntax based measures applied in examining speeds and flows of bicycling in Gothenburg. **Proceedings of the 11th Space Syntax Symposium**, p.89.1-89.16. Lisbon: XI SSS, 2017.
- MANUM, B; NORDSTRON, T. Integrating bicycle network analysis in urban design: improving bikeability in Trondheim by combining space syntax and GIS-methods using the lace syntax tool. **Proceedings of the 9th International Space Syntax Symposium**. Seul: IX SSS, 2013.
- MARCONI, M de A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2003.
- MARICATO, H. **Nossas cidades estão ficando inviáveis**. Revista Desafios do Conhecimento, v. 66. Brasília: IPEA, 2011.
- MARQUES DA COSTA, N. da. **Mobilidade e transporte em áreas urbanas: o caso da área metropolitana de Lisboa**. Tese de doutoramento em Geografia. Universidade de Lisboa, 2009.
- MARSHALL, E. W; GARRICK, N. W. Evidence on why bike-friendly cities are safer for all road users. **Environmental Practice**, n. 13, p. 16-27, 2011.

- McCAHILL, C; GARRICK, W. The applicability of space syntax to bicycle facility planning. **Transportation Research Record**, n° 2074, p. 46-51. Washington: Transportation Research Board of the National Academies, 2008.
- MCNEIL, N. Bikeability and the twenty-minute neighborhood: how infrastructure and destinations influence bicycle accessibility. **Transportation Research Record**, ed. 2247, p.53-63, 2011.
- MEDEIROS, R. M. **Formação de política pública para o aumento da participação modal da bicicleta em Curitiba**. Dissertação (mestrado), Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2012.
- MESQUITA, A. R. **Proposição de metodologia para determinação de rotas cicláveis para campi universitários**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2018.
- MIRANDA, H. de F; TEIXEIRA, I. P; MANZATO, G. G; SILVA, A. N. R. da. Estratégias de planejamento cicloviário: uma revisão sistemática da literatura. **Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 8, n. 3, p. 161-169. Campinas: PARC, 2017.
- MOTOMURA, M; FERNANDES, D; ZANON, E; KANASHIRO, M. Walkability Index como Subsídio Analítico nos Planos de Mobilidade Urbana Sustentável. **Anais do XVII Enanpur**. São Paulo: Enanpur, 2017.
- MOUDON, A. V.; LEE, C. Walking and Bicycling: an evaluation of environmental audit instruments. **The Science of Health Promotion**, vol. 18, n°1, 2003.
- MOUDON, A. V; LEE, C; CHEADLE, A. D; COLLIER, C. W; JOHNSON, D; SCHIMID, T. L; WEATHER, R. D. Cycling and the built environment, a US perspective. **Transportation Research Part D**, v. 10, p. 245-261, 2005.
- MUHS, C. D; CLIFTON, K. J. Do characteristics of walkable environments support bicycling? Toward a definition of bicycle-supported development. **Journal of Transport and Land Use**, v. 9, p. 147-188, 2016.
- MULLEN, C; TIGHT, M; WHITEING, A; JOPSON, A. Knowing their place on the Roads: what would equality mean for walking and cycling? **Transportation Research Part A**, v. 61, p. 238-248, 2014.
- NIELSEN, T. A. S; SKOV-PETERSEN, H. Bikeability - Urban structures supporting cycling. Effects of local, urban and regional scale urban form factors on cycling from home and workplace locations in Denmark. **Journal of Transport Geography**, v. 69, p. 36-44, 2018.
- NIELSEN, T. A. S; OLAFSSON, A. S; CARSTENSEN, T. A; SKOV-PETERSEN, H. Environmental correlates of cycling: Evaluating urban form and location effects based on Danish micro-data. **Transportation Research Part D**, v.22, p.40-44, 2013.
- NORDSTROM, T; MANUM, B. Measuring bikeability: space syntax based methods applied in planning for improved conditions for bicycling in Oslo. Londres: **Proceedings of the 10th International Space Syntax Syntax**, 2015.
- OLIVEIRA, J. M. de. **Identificação de fatores que contribuem para o uso da bicicleta como transporte urbano**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.
- OLIVEIRA, V. **Urban morphology. An introduction to the study of the physical form of cities**. Switzerland: Springer, 2016.
- PAIVA, M de. **Fatores que influenciam no uso da bicicleta de forma integrada com o metrô**. Tese (Doutorado em Transportes). Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- PAULA, A. S. de; BARROS, O. N. F; CAINZOS, R. L. P; RALICHI, R. Dinâmica da ocupação e uso do solo em Londrina (PR): um olhar sobre a interface urbano-rural. **Confins [Online]**, v. 17, 2013.
- PIANUCCI, M. N. **Análise da acessibilidade do sistema de transporte público urbano. Estudo de caso na cidade de São Carlos-SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). São Carlos: USP, 2011.
- PRIMERANO, F; TAYLOR, M. A. P; PITAKSRINGKARN, L; TISATO, P. Defining and understanding trip chaining behaviour. **Transportation**, v. 35, p. 55-72, 2008.

PROVIDELO, J. K. **Nível de serviço para bicicletas: um estudo de caso nas cidades de São Carlos e Rio Claro.** (Tese) Programa de Pós Graduação em Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

PUCHER, J; KOMANOFF, C; SCHIMEK, P. Bicycling renaissance in North America? Recent trends and alternative policies to promote bicycling. **Transportation Research Part A**, v.33, p.625-654, 1999.

RAFORD, N; CHIARADIA, A; GIL, J. Space syntax: the role of urban form in cyclist route choice in central London. **Transportation Research Board 86th Annual Meeting**. Washington: TRB, 2007

RECHENE, S. T. **Lógica institucional da sustentabilidade: um estudo das bicicletas compartilhadas em Fortaleza-CE.** Dissertação (Mestrado Em Administração de Empresas). Centro de Ciências da Comunicação e Gestão, Universidade de Fortaleza, 2017.

REGO, R. L; MENEGHETTI, K. S. A forma urbana das cidades de médio porte e dos patrimônios fundados pela Companhia Melhoramentos Norte do Paraná. **Acta Scientiarum Technology**, v. 28, n. 1, p. 93-103, 2006.

RODRIGUES, P. **Impacto de medidas para estímulo ao uso da bicicleta em viagens ao trabalho: estudo de caso envolvendo funcionários da Companhia Riograndese de Saneamento.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.

RODRIGUES, J. N. **Mobilidade urbana por bicicleta no Distrito Federal: uma análise do Programa Cicloviário.** Tese (Doutorado em Sociologia) Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

ROSA, E. S. **A bicicleta como modo de transporte cotidiano na cidade contemporânea: análise de casos.** Dissertação (mestrado em Urbanismo, História e Arquitetura da Cidade) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

ROTHER, M. S. **A mobilidade por bicicletas em Piracicaba - SP: aspectos culturais, ambientais e urbanísticos.** Tese (Doutorado em Ecologia de Agroecossistemas) USP, 2016.

SANTOS, A. P. S. dos. **Desafios para uma cidade ciclável: um exercício de design estratégico.** (Dissertação). Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, 2018.

SILVA, A. O. da. **Os desafios para o uso da bicicleta no trânsito do município de Manaus.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

SILVA, R. C. da. **A Bicicleta no Planejamento Urbano: Situação e perspectiva da inserção da bicicleta no planejamento de mobilidade em São Paulo e no Brasil.** (Dissertação) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2014.

SILVEIRA, M. O. da. **O uso da bicicleta sob os fundamentos da teoria do comportamento planejado.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

SOUSA, P. B. de. **Análise de fatores que influem no uso da bicicleta para fins de planejamento cicloviário.** Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes), USP, 2012.

SOUZA, A. A; SANCHES, S. P; FERREIRA, M. A. G. Perception of barriers for the use of bicycles. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**,v. 160, p. 304-313, 2014.

TEIXEIRA, I. P. **Impacto da implementação de ciclofaixas na utilização da bicicleta como meio de transporte.** Tese (Doutorado em Ciências da Motricidade) Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016.

TIAGO, J. W. **A bicicleta e seu lugar na cidade contemporânea: o caso de Ribeirão Preto.** Dissertação (Mestrado em Urbanismo). Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2013.

TIEPPO, F. L. **Impacto da expansão de vias para bicicletas sobre os preços de imóveis no município de São Paulo.** Dissertação (Mestrado em Teoria Econômica). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

- TITZE, S; STRONEGGER, W. J; JANSCHITZ, S; OJA, P. Association of built-environment, social-environment and personal factors with bicycling as a mode of transport among Austrian city dwellers. **Preventive Medicine**, v. 47 (3), p. 252-259, 2008.
- TURNER, A. From axial to road-centre lines: a new representation for space syntax and a new model of route choice for transport network analysis. **Environment and Planning B**, v. 34, p. 539-555, 2007.
- TURNER, A. **Dephtmap 4 - A Researcher's Handbook**. Bartlett School of Graduate Studies. Londres: UCL, 2004.
- UN-HABITAT. **State of the world's cities 2012/2013**. Nairóbi: United Nations Human Settlements Programme, 2013.
- VAN ACKER, V; DERUDDER, B; WITLOX, F. Assessing Objective and Subjective Spatial Influences of Modal Choice. **European Transport Conference 2010**. Glasgow: Association for European Transport (AET), 2010.
- VAN DYCK, D; CERIN, E; CONWAY, T. L; DE BOURDEAUDHUIJ, I; OWEN, N; KERR, J; CARDON, G; FRANK, L. D; SEALENS, B. E; SALLIS, J. F. Perceived Neighborhood Environmental Attributes Associated with Adults' Transport-related Walking and Cycling: Findings from the USA, Australia and Belgium. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, vol. 9, 2012.
- VANDENBULCKE, G; THOMAS, I; PANIS, L. I. Predicting cycling accident risk in Brussels: A spatial case-control approach. **Accident Analysis and Prevention**, v.62, p. 341-357, 2014.
- VASCONCELLOS, E. A. **Políticas de transporte no Brasil: a construção da mobilidade excludente**. Barueri: Manole, 2014 .
- VASCONCELLOS, E. A. **Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas**. São Paulo: Annablume, 2000.
- VEDEL, S. E; JACOBSEN, J. B; SKOV-PETERSEN, H. Bicyclists' preferences for route characteristics and crowding in Copenhagen - A choice experiment study of commuters. **Transportation Research Part A**, v. 100, p. 53-64, 2017.
- WINTERS, M; BRAUER, M; SETTON, E. M; TESCHKE, K. Mapping bikeability: a spatial tool to support sustainable travel. **Environment and Planning B**, v. 40, o. 865-883, 2013.
- XAVIER, G. N. A. **O Desenvolvimento e a inserção da bicicleta na política de mobilidade urbana brasileira**. Tese (Doutorado em Filosofia) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.
- XIAO, Y; GAO, Z; QU, Y; LI, X. A pedestrian flow model considering the impact of local density: Voronoi diagram based heuristics approach. **Transport Research Part C**, v. 68, p. 566-580, 2016.
- ZECHIN, Patrick; HOLANDA, Frederico Rosa Borges de. Atributos espaciais da desigualdade nas grandes cidades brasileiras: uma relação entre segregação e morfologia. **Cad. Metrop.**, São Paulo, v. 21, n. 44, p. 55-78, Apr. 2019.