

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO**

Ludmilla Araújo Barbosa de Castro

Índice de Ciclabilidade para a cidade de Juiz de Fora-MG

Juiz de Fora

2020

Ludmilla Araújo Barbosa de Castro

Índice de Ciclabilidade para a cidade de Juiz de Fora-MG

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído. Área de concentração: Ambiente Construído.

Orientador: Prof. DSc. José Alberto Barroso Castañon

Juiz de Fora

2020

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Castro, Ludmilla Araújo Barbosa de.
Índice de Ciclabilidade para a cidade de Juiz de Fora - MG /
Ludmilla Araújo Barbosa de Castro. -- 2020.
95 f. : il.

Orientador: José Alberto Barroso Castañon
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz
de Fora, Faculdade de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em
Ambiente Construído, 2020.

1. Ciclabilidade. 2. Mobilidade urbana. 3. Parâmetros de
Ciclabilidade. I. Castañon, José Alberto Barroso, orient. II. Título.

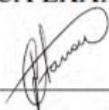
Ludmilla Araújo Barbosa de Castro

Índice de Ciclabilidade para a cidade de Juiz de Fora-MG

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído. Área de concentração: Ambiente Construído.

Aprovada em 08 de julho de 2020.

BANCA EXAMINADORA

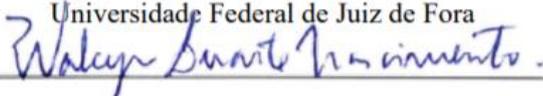


Prof. D.Sc. José Alberto Barroso Castañon - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora



Profª. D.Sc. Maria Aparecida Steinherz Hippert

Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. D.Sc. Walcyr Duarte Nascimento

Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus e aos amigos espirituais que estão comigo a cada passo da vida; ao meu pai e à minha irmã, Francisco e Aline, por todos os conselhos, infinitas leituras e apoio sem igual. Ao meu marido, William, que me encorajou e me auxiliou nesta caminhada. Ao professor Walcyr Nascimento, por toda a paciência, revisão e sábios conselhos que permitiram a finalização deste trabalho. Aos meus eternos amores, meus filhos de quatro patas, Bóris, Cléo, Isis, Zeus, Rocky e Adrian, por estarem dias e noites me acompanhando na pesquisa e fazendo meus dias mais leves e felizes. Aos meus amigos, os de longa data e aqueles que fiz durante o mestrado. A todos vocês, meu muito obrigada.

RESUMO

Seja como alternativa de transporte, equipamento esportivo ou até mesmo como forma de lazer, o uso da bicicleta tem ganhado espaço nas áreas urbanas e no cotidiano das pessoas. Essa tendência alinha-se às questões de sustentabilidade, inclusão e economia, à medida que andar de bicicleta proporciona bem-estar e mantém o condicionamento físico, além de conservar o meio ambiente. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa é elaborar um Índice de Ciclabilidade (IC) para a cidade de Juiz de Fora-Minas Gerais. O Índice de Ciclabilidade visa estabelecer, quantitativamente, com base em parâmetros predeterminados, o quanto uma região está preparada para acolher o ciclismo como alternativa de transporte. Para isso, foi analisada a infraestrutura cicloviária de Juiz de Fora segundo os parâmetros de Atratividade, Conectividade, Condições do Tráfego, Infraestrutura e Topografia, sendo constatado que o Índice de Ciclabilidade para a cidade de Juiz de Fora possui uma pontuação de 0,441. Esse valor, quando comparado ao obtido por Hartanto (2017), de 0,54, para a região de Arnhem-Holanda, apesar de apresentar uma pequena diferença numérica, representa uma diferença significativa na capacidade de adaptação ao ciclismo entre as duas regiões.

Palavras-chave: Ciclabilidade. Mobilidade urbana. Parâmetros de Ciclabilidade.

ABSTRACT

Whether as an alternative for transportation, sports equipment, or even as a form of leisure, the use of bicycles has been gaining space in urban areas and people's daily lives. This trend is in line with sustainability, inclusion, and economy, as riding a bicycle provides well-being and maintains physical conditioning, in addition to conserving the environment. In this context, this research aims to develop a Cyclability Index (IC) for the city of Juiz de Fora-Minas Gerais. The Cyclability Index seeks to establish, quantitatively, based on predetermined parameters, how much a region is prepared to receive cycling as a means of alternative transport. Therefore, the cycling infrastructure of Juiz de Fora was analyzed according to the parameters of Attractiveness, Connectivity, Traffic Conditions, Infrastructure, and Topography, and it was found that the Cycling Index for the city of Juiz de Fora has a score of 0.441. This value, when compared to that obtained by Hartanto (2017), of 0.54, for the region of Arnhem-Holland, despite presenting a small numerical difference, represents a significant difference in the ability to adapt to cycling between the two regions.

Keywords: Cyclability. Urban mobility. Cyclability parameters.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1	-	Característica das infraestruturas disponíveis para ciclismo	37
Figura 1	-	Ciclorrota: via sem marcação central	38
Figura 2	-	Ciclorrota: via com marcação central	39
Figura 3	-	Ciclofaixas e sua demarcação na via	39
Figura 4	-	Ciclovias em duas mãos, segregada do tráfego por área verde	40
Gráfico 1	-	Correlação entre velocidade de segurança e volume de tráfego	44
Fluxograma 1	-	Metodologia utilizada	45
Mapa 1	-	Localização geográfica da cidade de Juiz de Fora/MG	46
Figura 5	-	Localização das vias cicláveis em Juiz de Fora	48
Fotografia 1	-	Demarcação das vias cicláveis em Juiz de Fora	49
Quadro 2	-	Parâmetros, indicadores e suas variáveis	51
Quadro 3	-	Indicadores e suas equações	52
Esquema 1	-	Sequência para cálculo do parâmetro Atratividade	55
Esquema 2	-	Sequência para cálculo do parâmetro Condições do Tráfego	58
Esquema 3	-	Sequência para cálculo do parâmetro Conectividade	60
Esquema 4	-	Sequência para cálculo do parâmetro Infraestrutura	63
Esquema 5	-	Sequência para cálculo do parâmetro Topografia	64
Fotografia 2	-	Ciclofaixa do <i>campus</i> da UFJF	66
Fotografia 3	-	Ciclorrota da Estrada Engenheiro Gentil Forn	66
Gráfico 2	-	Porcentagens do parâmetro Atratividade em Juiz de Fora	67
Gráfico 3	-	Caracterização das vias de Juiz de Fora com relação à velocidade máxima	69
Gráfico 4	-	Categorização das vias de Juiz de Fora de acordo com a quantidade de interrupções ao tráfego de bicicleta	71
Fotografia 4	-	Pavimento na Rua Martins Barbosa	73
Fotografia 5	-	Pavimento na Avenida Barão do Rio Branco	74
Fotografia 6	-	Pavimento na Avenida Presidente Itamar Franco	74
Gráfico 5	-	Categorização de Juiz de Fora de acordo com a inclinação das vias cicláveis	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Correlação município/km de ciclovias	26
Tabela 2	- Normalização dos parâmetros	53
Tabela 3	- Valores para atratividade	68
Tabela 4	- Valores para condições do tráfego e velocidade	69
Tabela 5	- Valores para condições do tráfego e interrupções do tráfego de bicicleta ..	70
Tabela 6	- Valores para infraestrutura e tipo de via	72
Tabela 7	- Valores para infraestrutura e qualidade da superfície da via	75
Tabela 8	- Valores para infraestrutura e qualidade da iluminação	76
Tabela 9	- Valores para topografia e inclinação das vias cicláveis	76
Tabela 10	- Valores obtidos para os parâmetros do Índice de Ciclabilidade	78

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Cemig	Companhia de Energia Elétrica de Minas Gerais
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
Empav	Empresa Municipal de Pavimentação e Urbanização
Geipot	Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Índice de Ciclabilidade
IEA	International Energy Agency (Agência Internacional de Energia)
NBR	Norma Brasileira
PJF	Prefeitura de Juiz de Fora
PlanMob	Plano de Mobilidade Urbana
Settra	Secretaria de Transporte e Trânsito
TPB	Theory of Planned Behavior (Teoria do Comportamento Planejado)
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
VMT	Vehicle Miles Traveled (Milhas Percorridas pelo Veículo)

LISTA DE SÍMBOLOS

CO₂ Dióxido de Carbono

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVO DA PESQUISA	14
1.2	DESCRIÇÃO DOS DEMAIS CAPÍTULOS	15
2	REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1	CICLABILIDADE	19
2.1.1	Europa	20
2.1.2	África	21
2.1.3	Ásia	21
2.1.4	Oceania	23
2.1.5	América do Norte	23
2.1.6	América Latina	24
2.2	AMBIENTE CONSTRUÍDO E COMPORTAMENTO DO CICLISTA	27
2.2.1	Fatores objetivos do comportamento do ciclista com relação ao ambiente construído	28
2.2.2	Fatores subjetivos do comportamento do ciclista com relação ao ambiente construído	29
2.3	PARÂMETROS DE CICLABILIDADE	31
2.3.1	Atratividade	31
2.3.2	Clima	31
2.3.3	Condições da via	32
2.3.4	Conectividade	33
2.3.5	Cultura	34
2.3.6	Distância percorrida	34
2.3.7	Diversidade do uso do solo	35
2.3.8	Existência de barreiras físicas	35
2.3.9	Gestão da mobilidade urbana	36
2.3.10	Infraestrutura ciclovária	37
2.3.11	Integração com o transporte público	41
2.3.12	Poluição	42
2.3.13	Segurança e conforto	42
2.3.14	Seguridade pessoal	42

2.3.15	Topografia	43
2.3.16	Velocidade	43
3	METODOLOGIA	45
3.1	ÁREA EM ESTUDO – JUIZ DE FORA, MINAS GERAIS	46
3.2	COLETA DE DADOS	48
3.3	FORMULAÇÃO DO ÍNDICE	50
3.3.1	Parâmetros, indicadores e suas variáveis	50
3.4	APRESENTAÇÃO DOS PARÂMETROS	53
3.4.1	Parâmetro 1: atratividade	53
3.4.2	Parâmetro 2: condição de tráfego	56
3.4.3	Parâmetro 3: conectividade	58
3.4.4	Parâmetro 4: infraestrutura	60
3.4.5	Parâmetro 5: topografia	63
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
4.1	ATRATIVIDADE	65
4.2	CONDIÇÃO DO TRÁFEGO	68
4.2.1	Velocidade	68
4.2.2	Interrupções do tráfego de bicicletas	70
4.3	CONNECTIVIDADE	71
4.3.1	Densidade de interseções	72
4.3.2	Densidade de vias cicláveis	72
4.4	INFRAESTRUTURA	72
4.4.1	Tipo de via	72
4.4.2	Qualidade do pavimento	73
4.4.3	Iluminação das vias	75
4.5	TOPOGRAFIA	76
4.6	CÁLCULO DO ÍNDICE DE CICLABILIDADE	77
	CONCLUSÃO	79
	REFERÊNCIAS	81
	ANEXO A – Tabela para cálculo dos parâmetros Velocidade e Topografia	93
	ANEXO B – Tabela para cálculo do parâmetro Conectividade	94
	ANEXO C – Tabela para cálculo do indicador Iluminação Pública	95

1 INTRODUÇÃO

A população urbana tem se expandido rapidamente todos os anos. A explosão populacional nos centros urbanos é acompanhada pelo aumento da propriedade automobilística, o que sugere impactos ambientais, sociais e de saúde adversos, que ocasionam grande preocupação e desejo de obter formas de combater esses efeitos nas cidades (SULTAN; TINI; MOEINADDINI, 2016).

Inicialmente, a implantação de ruas e avenidas foi considerada como único meio de atender à demanda por acessibilidade e mobilidade nos centros urbanos. Entretanto, tal fato estimulou ainda mais o crescimento da propriedade e do uso de carros, resultando em congestionamentos cada vez maiores, poluição e degradação ambiental (SULTAN; TINI; MOEINADDINI, 2016).

Isto posto, os principais desafios enfrentados atualmente pela população de todo o mundo estão diretamente relacionados à utilização de veículos automotores. Nesse sentido, o segmento de transportes é um dos principais contribuintes para a poluição atmosférica quando comparado a outras atividades econômicas, como indústria, construção e produção de energia (ZHAO; ZHANG, 2018).

A esse respeito, a *International Energy Agency* (IEA) – Agência Internacional de Energia – aponta que, no ano de 2009, o setor de transportes foi responsável por 23% de todo o dióxido de carbono (CO₂) liberado na atmosfera, consumindo cerca de 80% de toda a energia produzida mundialmente (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2017). Segundo Lindsay (2019), a concentração de carbono passou de 404,0 partes por milhão (ppm) em 2015, para 411,2 ppm em 2018, e até maio de 2019, as emissões de CO₂ chegaram a 415,39 ppm. Em vista disso, caso o lançamento de carbono na atmosfera permaneça em ritmo acelerado, poderá haver a recriação de um estado climático não visto em 50 milhões de anos (LINDSAY, 2019).

Não obstante, a cultura voltada ao uso de veículo automotor impacta negativamente a atmosfera e tem efeitos negativos sobre a saúde dos indivíduos, efeitos estes relacionados à inatividade física e a doenças respiratórias e cardiovasculares (WINTERS, 2011). Segundo Badland e Schofield (2005) e Cavill *et al.* (2008), os níveis de inatividade física estão atingindo proporções epidêmicas e estão diretamente relacionadas à obesidade, estopim para inúmeras doenças crônicas, como diabetes, doenças cardíacas, depressão e câncer. A esse respeito, o Ministério da Saúde do Brasil aponta que, quase 1 em cada 5 brasileiros (18,9%)

são obesos, e que mais da metade da população das capitais (54,0%) estão com excesso de peso (BRASIL, 2018a).

Assim, uma maneira possível de mitigar os efeitos causados pela utilização de automóveis é por meio de planejamento urbano, através da criação de uma mobilidade flexível, segura, acessível e eficiente (ANDRADE *et al.*, 2016). Em outras palavras, significa diversificar os meios de transporte, priorizando o transporte público, de pedestres e veículos não motorizados (SULTAN; TINI; MOEINADDINI, 2016).

Nas últimas décadas, a preocupação e o interesse de pesquisadores pela área estão direcionados a promover a mobilidade sustentável, com ênfase em melhorar as condições do transporte ativo, como caminhar e andar de bicicleta (WINTERS, 2011). Para a autora, o transporte ativo promove maior interação social, reduz as emissões de poluentes e melhora a acessibilidade para bens e serviços fundamentais para a cidade. Sob essa ótica, o ciclismo, em particular, tem ganhado cada vez mais espaço em diversos países do mundo.

Na Europa, por exemplo, a bicicleta é utilizada como principal meio de transporte urbano em países como Holanda, Suíça, Alemanha, Polônia e países escandinavos. Outrossim, o modal também é vastamente utilizado em países asiáticos, principalmente na China e na Índia, bem como em algumas cidades latino-americanas, como Bogotá, na Colômbia (MARTENS, 2004).

No Brasil, o desenvolvimento de políticas que visam implementar medidas de incentivo ao uso de bicicleta encontra entraves não apenas em questões culturais dos usuários das vias, mas também no padrão comportamental dos entes públicos que conservam o insustentável modelo urbano de incentivo ao uso de veículos próprios para o transporte nas cidades (ANDRADE *et al.*, 2016).

Nesse contexto, similar a diversas cidades brasileiras de grande porte, Juiz de Fora experimenta um substancial uso do transporte motorizado, sendo a quarta cidade do estado de Minas Gerais com a maior frota de veículos (FERREIRA; OLIVEIRA, 2016). Para Ferreira e Oliveira (2016), entre os anos de 2005 a 2015, a frota de veículos na cidade cresceu 195,8%, sendo que a frota de automóveis teve um crescimento de 179,1%.

Acresce que o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora, instituído pela Lei nº 9.811/2000, não contempla categoricamente a necessidade de uma infraestrutura voltada para a utilização de bicicletas na cidade. Corroborando esse fato, uma pesquisa realizada pela Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (Geipot)¹, em 2001,

¹ Antigo “Grupo de Estudos para Integração da Política de Transportes”, com manutenção da sigla.

apontou que as autoridades da Secretaria Municipal de Transportes do município afirmaram terminantemente o desinteresse do setor em trabalhar com o transporte cicloviário (BRASIL, 2001; JUIZ DE FORA, 2000).

Nesse contexto, é pertinente destacar que, em 2016, a Prefeitura de Juiz de Fora implementou o seu plano de Mobilidade Urbana (PlanMob-JF) a fim de sincronizar as diretrizes de mobilidade municipal com a Política de Mobilidade Urbana Sustentável definida pela Lei Federal nº 12.587/2012 (BRASIL, 2012; JUIZ DE FORA, 2016a). Assim, o PlanMob-JF tem como papel fundamental articular estratégias para desenvolver a implantação de infraestrutura cicloviária na cidade, de forma a oferecer aos cidadãos a participação da bicicleta através de percursos atrativos, seguros e integrados ao sistema de transporte público. Para isso, os planejadores necessitam de ferramentas de análise espacial, que incluem análises do ambiente construído, ambiente natural e aspectos sociodemográficos, a fim de obter informações suficientes para orientar o novo planejamento e políticas de transporte (JUIZ DE FORA, 2016a).

No sentido de promover o uso da bicicleta, pesquisas desenvolvidas no Brasil e no mundo, como as realizadas por Pucher e Buehler (2008), Providelo e Sanches (2010), Heinen (2011), Winters (2011) e Andrade *et al.* (2016) mostraram que investimentos em infraestrutura cicloviária, como instalação de ciclovias, estacionamento para bicicletas, integração com transporte público, continuidade da infraestrutura para ciclismo, entre outros, têm conexão intrínseca aos níveis do ciclismo. Dessa forma, os usuários e aqueles que potencialmente utilizariam a bicicleta como forma de transporte, todavia, são susceptíveis a alterações climáticas, topografia, aspectos culturais, entre outros (MARTENS, 2004).

Isto posto, compreender como cada um desses fatores afeta a utilização da bicicleta na cidade de Juiz de Fora pode ser a chave para projetar intervenções eficazes, que sejam capazes de fornecer experiências positivas de ciclismo e incentivar mais pessoas a viajar de bicicleta.

1.1 OBJETIVO DA PESQUISA

Objetivo principal desta pesquisa foi desenvolver uma proposta metodológica que proponha a elaboração de um Índice de Ciclabilidade (IC) para a cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. Além disso, foram definidos como objetivos secundários:

- a) realizar pesquisas bibliográficas que mensurem o Índice de Ciclabilidade;
- b) projetar um Índice de Ciclabilidade apropriado para a área em estudo.

1.2 DESCRIÇÃO DOS DEMAIS CAPÍTULOS

No Capítulo 1, foi apresentada a introdução da pesquisa com a sua contextualização e sua importância.

O Capítulo 2 trouxe o uso da bicicleta como modo de transporte no mundo, os estudos que embasam a Ciclabibilidade, a forma como o ambiente construído interfere na utilização da bicicleta e os parâmetros de Ciclabibilidade levantados pela revisão da literatura.

No Capítulo 3, foi exposta a metodologia de estudo, na qual foi apresentada a cidade de Juiz de Fora – MG, e apontou os parâmetros utilizados, seus indicadores, níveis de serviço, equações, normalizações e parametrização para obter o cálculo do Índice de Ciclabibilidade na cidade *locus* da pesquisa.

O Capítulo 4 dedicou-se à discussão dos resultados sobre todos os parâmetros aplicados na região pesquisada.

Por fim, o Capítulo 5 apresentou a conclusão do estabelecimento do Índice de Ciclabibilidade da cidade de Juiz de Fora, com sugestões para pesquisas futuras.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Segundo Sisson *et al.* (2006), o termo ciclabilidade está relacionado à viabilidade do uso da bicicleta numa via. Isto posto, o Índice de Ciclabilidade é um sistema de pontuação que se refere a quanto um local está favorável ao uso da bicicleta como transporte, lazer e à realização de exercícios (SOUZA; SANCHES; FERREIRA, 2014).

Nessa vertente, é importante notar que diversos estudiosos subdividem os fatores determinantes para o uso de bicicletas. Wahlgren e Schantz (2012), por exemplo, dividem os fatores em: aspectos físicos da cidade – presença de áreas verdes, rede cicloviária atraente, distância percorrida pelo ciclista e topografia da região; aspectos relacionados ao tráfego – poluição sonora e atmosférica, e velocidade dos automóveis e dos ciclistas; condições sociais – relacionadas a sexo, idade, renda e escolaridade; aspectos importantes relacionados à segurança da rede e segurança pessoal de acordo com a faixa etária; e características físicas – infraestrutura adequada, conforto, distância percorrida e topografia.

Por sua vez, Providelo e Sanches (2010) trabalham com os fatores relacionados à segurança e conforto. Neste recorte, os fatores associados à segurança estão relacionados às características das ruas, se são adequadas ou não ao ciclismo, com infraestrutura segregada específica, disponibilidade de ciclofaixas e ciclovias, estacionamento seguro para as bicicletas e, não menos importante, a aceitação social. No que tange ao conforto, os fatores estão relacionados à velocidade que a bicicleta alcança, à distância percorrida, ao tempo despendido no trajeto, ao conforto térmico, à preferência pessoal e ao esforço físico, o qual varia de acordo com o sexo, a idade e a capacidade física de cada indivíduo.

De acordo com Rietveld e Daniel (2004), entre as características dos trajetos apropriados aos ciclistas, incluem-se fatores pessoais, como renda, idade, sexo, ocupação, acesso aos veículos (automóvel e bicicleta); e fatores relacionados ao uso da bicicleta, como tempo de deslocamento (em função do tamanho da cidade, adequação da rede cicloviária e tempo de espera em cruzamentos), esforço físico/conforto (clima, qualidade da infraestrutura, topografia e poluição), segurança da via (acidentes com automóveis), segurança pessoal (pedalar à noite e roubo de bicicleta), e custos monetários (preço do estacionamento de bicicleta e manutenção).

Para Panis *et al.* (2011) e Caballero *et al.* (2014), o atrativo está no baixo volume de tráfego em vias compartilhadas e, de acordo com Buehler e Dill (2015) e Titze *et al.* (2010), um ambiente verde com áreas atraentes seria a forma de definição do trajeto de viagem.

Cidades com vias cicláveis em locais verdes, com características topográficas favoráveis e baixo volume de tráfego, parecem ter taxas de ciclismo mais altas quando comparadas a cidades que não possuem tais características (DILL; CARR, 2003).

Pucher e Buehler (2009) afirmam que uma rede ciclística bem conservada e com instalações bem projetadas é elemento-chave para políticas adequadas, voltadas à utilização de bicicleta, sendo que estas devem ser complementadas por uma série de medidas, entre elas:

- a) ampliação de estacionamentos de bicicletas com abrigos seguros e protegidos de intempéries;
- b) educação do tráfego, incluindo motoristas de veículos, ciclistas e pedestres, além de treinamento de ciclistas e motoristas a fim de promover respeito mútuo e empatia no trânsito;
- c) elevação de impostos e taxas cobradas sobre propriedade de veículo automotor, a fim de refletir os altos custos ambientais e sociais gerados pelo transporte realizado por veículo próprio;
- d) eventos informativos para encorajar e proporcionar apoio público ao ciclismo em centros urbanos;
- e) instalações completas de bicicleta em transporte público;
- f) melhoramento de vias já executadas que não possuem instalação para o ciclismo, através de limpeza de detritos, instalações de drenos e cobertura de buracos;
- g) penas severas para motoristas que ponham em risco a vida de ciclistas, especialmente se houver ferimentos graves e/ou morte;
- h) prioridade de tráfego para os ciclistas nas interseções, combinadas com várias modificações de *design*, a fim de mitigar o conflito entre bicicletas e carros em travessias.

Estudos de Winters *et al.* (2013), afirmam que uma topografia marcada por áreas planas, menor quantidade de interseções de vias de tráfego automotor, presença de sinalização específica para o uso de bicicletas e de “semáforos inteligentes” ativados por ciclistas, além de maior diversidade do uso do solo, está associada a um maior número de viagens realizadas por bicicleta.

Para Andrade *et al.* (2016), existem oito pontos relevantes a serem levados em consideração para a utilização do modal cicloviário:

- a) alta correlação entre a qualidade da infraestrutura cicloviária e o uso da bicicleta;
- b) inter-relação entre cultura cicloviária e políticas de mobilidade urbana;

- c) investimentos em infraestrutura cicloviária que proporcionem impactos qualitativos (percepção do aumento dos usuários devido à segurança no trânsito), e quantitativos (real aumento dos usuários);
- d) envolvimento dos cidadãos no desenvolvimento de políticas e projetos – fator crucial para o sucesso do papel da infraestrutura para a promoção da bicicleta;
- e) tempo de percurso e praticidade, provavelmente as mais importantes explicações para a escolha do percurso;
- f) infraestrutura cicloviária com clara legibilidade e conectada ao resto da rede de transporte, sendo fator essencial para a promoção da bicicleta e utilização do modal no dia a dia;
- g) rotas seguras e com poucas interferências de outros modais;
- h) ciclovias com apenas um sentido e seguindo o mesmo sentido do modal motorizado.

Neste contexto, para Crow (2011), características da infraestrutura cicloviária, como atratividade, segurança, coerência, comodidade, e “ser direta”, são os cinco requisitos fundamentais para garantir a maior utilização do modal em um determinado local:

- a) a atratividade é um fator extremamente subjetivo e diz respeito à percepção do ciclista acerca do local. No geral, o fato de uma infraestrutura voltada ao uso da bicicleta ser atraente significa que seu *design* e sua inserção no ambiente circundante realmente atrairão os ciclistas. É importante notar, no entanto, que uma ampla gama de fatores irá definir o comportamento dos ciclistas, e sua importância irá variar de acordo com cada indivíduo ao decidir qual caminho seguir. Para alguns, certos aspectos do uso da bicicleta como meio de transporte são positivos, enquanto outros, os consideram negativos;
- b) a segurança da via é tema recorrente, uma vez que é um dos principais fatores que inibem o uso de bicicleta. Nesse contexto, a segurança está ligada à vulnerabilidade do ciclista com relação ao tráfego, pois ele não possui proteções externas que possam amortecer ou minimizar os danos causados por impactos com outros veículos nas vias, sendo sua única proteção o seu próprio corpo, estando exposto a várias condições adversas. Contudo, essa condição pode ser minimizada por meio das melhorias nas condições das vias, através de sinalização e iluminação adequada, segregação do tráfego de bicicletas e de veículos, e redução da velocidade em pontos conflituosos, como cruzamentos. Além do mais, a vulnerabilidade do ciclista também está associada à sensação de segurança

oferecida pela rota, pois vias isoladas, com pouca visibilidade e desertas, tendem a inibir o uso da bicicleta. Destarte, como forma de prevenir ou minimizar a sensação de insegurança nas vias cicloviárias, é importante que haja policiamento e retirada de vegetação que possa comprometer a visibilidade do ciclista;

- c) a coerência é um conceito subjetivo e diz respeito à facilidade de compreensão da rede cicloviária como um todo, ou seja, uma estrutura acessível à bicicleta em que as conexões devem relacionar de forma fácil e rápida os pontos de origem e destino dos ciclistas, dando oportunidade às pessoas de irem a qualquer lugar de bicicleta. Isto posto, uma infraestrutura de rede cicloviária coerente atrai em média 70% de todas as viagens de bicicleta, ou seja, se uma rede proporciona rotas de fuga mais diretas e seguras no intervalo de 250 metros para escoar o tráfego e garantir a segurança pessoal do ciclista, ela será mais acessada;
- d) a comodidade está relacionada ao conforto que o ciclista possui de acessar a rede como um todo, ou seja, ela deve responder à lógica dos usuários, aproveitando os pontos de referência "naturais" que são usados pelos ciclistas como forma de criar um mapa mental do território de locais com maior facilidade de acesso, evitando frustrações relacionadas a atraso, insegurança e engarrafamento. Ademais, um pavimento inadequado, que não proporciona um rolamento seguro e suave, refuga o ciclista;
- e) outra característica relevante diz respeito a “ser direta”, ou seja, as rotas cicloviárias devem manter desvios mínimos para que o tempo de viagem seja reduzido. Nesse requisito, a velocidade dos fluxos de tráfego, os atrasos e a duração dos desvios afetam diretamente a escolha do ciclismo como meio de transporte. Em termos de distância, significa conter rotas alternativas e diversas conexões a fim de proporcionar formas mais diretas no trajeto origem-destino.

2.1 CICLABILIDADE

Este tópico reúne revisões de pesquisas recentes de como a bicicleta tem sido incentivada e utilizada em alguns lugares ao redor do planeta. Nesse contexto, como já visto anteriormente, o ciclismo urbano é um tópico de grande interesse para a comunidade de pesquisa em transportes, estando tal interesse atrelado ao demonstrado pelos governos federais, estaduais e municipais, no que tange ao processo de tornar seus ambientes urbanos mais amigáveis às bicicletas (WAHLGREN, 2004).

2.1.1 Europa

Em 2007, a União Europeia reconheceu oficialmente o ciclismo como um modo prático de transporte urbano, gerando benefícios ambientais, sociais e econômicos (WAHLGREN; SCHANTZ, 2012). Destarte, apesar de haver altas taxas de posse de veículos automotores, países como a Dinamarca, a Alemanha e a Holanda possuem grande participação das bicicletas nas viagens urbanas, variando em, aproximadamente, 9% na Alemanha, 19% na Dinamarca e 27% na Holanda (WINTERS, 2011; WAHLGREN; SCHANTZ, 2012; SCHRECK, 2017).

A esse respeito, o incentivo do poder público ao emprego da bicicleta como modo de transporte reflete diretamente na utilização do ciclismo em cada localidade. Na Alemanha, por exemplo, o primeiro programa de incentivo à bicicleta resultou em uma triplicação da rede ciclável que, de 13 mil quilômetros em 1976, foi para mais de 31 mil quilômetros em 1995 (DIJKSTRA; PUCHER, 2000). Além disso, espera-se, para 2020, a implementação do Plano Nacional de Ciclismo, emitido pelo Ministério de Transporte e Infraestrutura da Alemanha, que visa, com inúmeras ações nas áreas de infraestrutura, segurança de tráfego e aprimoramento intermodal, ao incremento da utilização do modal ciclovário no país (SCHRECK, 2017).

No cenário europeu, a Dinamarca, que possui mais de 7 mil quilômetros de costa, dunas, florestas e paisagens abertas, possui uma rede nacional de ciclismo com mais de 11 mil quilômetros de rotas sinalizadas (PUCHER; BUEHLER, 2008).

A Holanda, por sua vez, conta com mais de 32 mil quilômetros de ciclovias, tendo como características: clima moderado, topografia predominantemente plana e alta densidade populacional associada à elevada diversidade do uso do solo. O país, que possui mais de 16% do total da rede rodoviária interligada à rede ciclovária, possui quase metade da sua população realizando seu trajeto para o trabalho por meio da bicicleta (RIETVELD; DANIEL, 2004).

Ainda no cenário europeu, em Graz na Áustria, Krenn, Oja e Titze (2015) analisaram a facilidade do uso da bicicleta por 113 ciclistas, em 278 vias, levando em consideração 6 características locais para a região: áreas verdes com proximidade a lagos e rios, topografia, diversidade do uso do solo, infraestrutura, presença de ciclovias e vias sem infraestrutura para bicicleta. Na pesquisa, os autores concluíram que a utilização da bicicleta é mais frequente se houver infraestrutura específica para a bicicleta e se a topografia for plana.

2.1.2 África

Apesar de necessitar de meios mais inclusivos e baratos de transporte, o continente africano é um dos que possuem os mais baixos índices relativos à posse desses tipos de veículos em relação à população de todo o planeta (FITCH, 2010). Atrelado a esse fato, Nascimento (2019) afirma que na África Subsaariana, região situada ao sul do deserto do Saara, o fator econômico é bastante relevante, uma vez que a compra de uma única bicicleta representa um grande dispêndio de capital.

No contexto africano, segundo Zayed (2017), o Egito, região localizada ao norte do continente africano, destaca-se por seu elevado índice de ciclismo. O pesquisador analisou 24 das 27 províncias administrativas do Egito com relação à população, à área, às características da rede rodoviária, à segregação do modal cicloviário do transporte motorizado, à topografia, à temperatura média e à precipitação anual. Na pesquisa, verificou-se que Cairo é a cidade mais propensa ao ciclismo, enquanto Matareya é pouco propícia à utilização do modal.

Para Mokitimi e Vanderschuren (2017), em todo o continente africano, a utilização de bicicletas é mais usual por homens entre 25 e 35 anos de idade, de baixa renda, geralmente por não encontrar outra opção acessível, barata e rápida de transporte.

2.1.3 Ásia

Na China, grande parte da população realiza seus deslocamentos diários a pé ou de bicicleta (ZUEV; TYFIELD; URRY, 2019). Corroborando os autores, Zhang, Chen e Shaheen (2013), citam que desde 1900 a bicicleta é um importante meio de transporte. Segundo esses autores, a partir de 1950, o crescimento econômico, a expansão das áreas urbanas e uma política de incentivo à utilização de automotores gerou na população Chinesa uma atitude negativa com relação ao ciclismo, que sofreu queda de 31% entre 1986 e 2007.

Para Zhang, Chen e Shaheen (2013), a motorização das cidades acarretou longos congestionamentos, aumento no número de acidentes e graves problemas ambientais, fatos que, com o surgimento das bicicletas elétricas e programas de compartilhamento de bicicletas, viabilizaram a retomada do ciclismo no país. De acordo com esses autores, as bicicletas elétricas proporcionam maior rapidez nas viagens e baixa emissão de CO₂, e o seu compartilhamento fornece maior inclusão dos cidadãos e mobilidade no espaço urbano. Assim, a produção de bicicletas elétricas, que era de 300 mil em 1998, cresceu 1.000% até

2010, e até 2012 haviam, em 12 cidades chinesas, 5.331 docas com 1.805.000 de bicicletas compartilhadas.

Não obstante, segundo Zuev, Tyfield e Urry (2019), o espaço público e a infraestrutura viária na China não foram capazes de acompanhar a disparada na utilização das bicicletas, gerando diversos conflitos entre veículos motorizados, ciclistas e pedestres, além de acarretar insegurança. Além disso, a falta de docas, que fazem com que os usuários abandonem as bicicletas em locais públicos, também gera problemas na mobilidade, por torná-los intransponíveis (SUDMANT *et al.*, 2020).

Na Índia, a bicicleta figura como um importante instrumento de deslocamento para a população de baixa renda dos centros urbanos pelo país (TIWARI; JAIN, 2014). Em contrapartida, Gupta e Puntambekar (2016) afirmam que, apesar de haver facilidade para o ciclismo, com alta diversidade do uso do solo, o que proporciona viagens de curtas distâncias, o usuário da bicicleta enfrenta problemas relacionados à acessibilidade, insegurança e falta de infraestrutura que apoie o ciclismo, além de desrespeito dos transeuntes das vias, sejam eles motoristas ou pedestres.

Ainda no contexto indiano, as bicicletas fazem parte do transporte da população, sendo largamente utilizada por estudantes e pela população de baixa renda, por ser uma forma acessível e de baixo custo (GUPTA; PUNTAMBEKAR, 2016). Por outro lado, apesar da diversidade do uso do solo, que faz com que grande parte das viagens não ultrapasse os 5 km, as condições hostis de trânsito nas grandes cidades, a falta de infraestrutura adequada e altos índices de acidentes envolvendo usuários de bicicletas não incentivam o ciclismo (TIWARI; JAIN, 2008).

Gupta e Puntambekar (2016), utilizando dados do Censo 2011 para cidades indianas, concluíram que a maior parte das viagens por bicicleta na Índia eram realizadas por jovens em idade escolar e por trabalhadores cuja renda varia de baixa a média. As autoras também analisaram a intermodalidade bicicleta-ônibus, por meio de um estudo com alguns usuários do transporte público de Délhi, e apontaram que a possibilidade de transportar a bicicleta nos ônibus aumentariam o número de ciclistas.

Por fim, Tiwari e Jain (2008) realizaram uma pesquisa em 19 cidades da Índia para reconhecer o perfil dos ciclistas, e concluíram que as mulheres tem menos propensão ao ciclismo, pois a falta de segurança pessoal, a ausência de infraestrutura e policiamento inadequado são fatores que influenciam negativamente o uso da bicicleta.

2.1.4 Oceania

A população australiana, formada basicamente por imigrantes de todas as partes do mundo, como África, Iraque, Myanmar, Afeganistão, Butão, Congo, Sri Lanka, Irã e Sudão, possui divergências quanto ao ciclismo (PUCHER; GARRARD; GREAVES, 2011). Tal fato pode estar relacionado à origem cultural dos grupos de imigrantes (LAW; KARNILOWICZ, 2015).

Segundo Law e Karnilowicz (2015), as crianças australianas ou aquelas que nasceram em países de língua inglesa, utilizam 19,4% mais as bicicletas quando comparadas a crianças nascidas em países de língua não inglesa. Há também um contraste de gênero, sendo que o homem australiano ou nascido em países de língua inglesa, é mais propenso ao ciclismo do que as mulheres.

Na Nova Zelândia, segundo Wang *et al.* (2014), o transporte é bastante dependente de combustíveis fósseis, sendo que apenas 2,3% de transportes no país são realizados por bicicleta.

2.1.5 América do Norte

Em relação aos fatores climáticos, o clima mais quente nos Estados Unidos não incentiva o ciclismo, assim como o clima mais frio e variado ao longo do ano não inibe o uso de bicicletas pelos canadenses (PUCHER; BUEHLER, 2006a). Comparativamente, embora o Canadá apresente níveis mais elevados de ciclismo do que os Estados Unidos, há uma diferença entre a forma de ciclagem para cada país, ou seja, o ciclismo no Canadá está relacionado prioritariamente a trajetos para o trabalho, enquanto nos Estados Unidos, o ciclismo caracteriza-se por ser uma atividade mais eclética, como em viagem de pequeno percurso, recreação, atividade física ou como transporte utilitário (PUCHER; BUEHLER; SEINEN, 2013).

De acordo com Pucher, Buehler e Seinen (2011), as razões pelas quais o ciclismo no sul dos Estados Unidos não é representativo podem estar ligadas ao fato de a região apresentar verões quentes e úmidos, fator que desestimula o uso de bicicleta para trajeto ao trabalho – problema que só seria resolvido se houvesse instalações apropriadas com chuveiros. Em contrapartida, o clima seco no ocidente incentiva o uso de bicicleta.

No México, mesmo sendo um país com características naturais que influenciam positivamente na utilização da bicicleta, haja vista sua topografia com inclinação inferior a 6°,

e o clima ameno a frio, variando entre 15 °C e 16 °C, a maior parte da sua população, de 134 milhões de pessoas, possui ou almeja a propriedade de veículos automotores (ALBUERNE, 2015; CALLIL; PEREIRA, 2018).

Nesse contexto, de acordo com Albuerne (2015), no ano de 2002, o governo mexicano incluiu em seu plano de ação infraestruturas voltadas a atender à mobilidade por bicicletas, mas apenas em 2004, com o *Plan Verde de la Ciudad de México* (Plano Verde da Cidade do México), houve a intensificação dessas políticas. No ano de 2009, a Secretaria do Meio Ambiente do México promoveu o projeto denominado *Estrategia de Movilidad en Bicicleta* (Estratégia de Mobilidade em Bicicleta), com objetivo de fornecer novas tipologias de infraestrutura de ciclismo, incentivar o transporte intermodal, realizar a fiscalização das bicicletas, bem como incorporar o primeiro sistema de bicicletas públicas no País, a EcoBici, um dos mais bem-sucedidos do mundo (OLVERA, 2012).

Ainda assim, segundo Albuerne (2015), o interesse do ciclista mexicano esbarra em problemas que desestimulam o uso das bicicletas, pois os investimentos na construção de ciclovias verdadeiramente funcionais são insuficientes. Conforme o autor, falta coerência, continuidade e sinalização; existem poucos estacionamentos para bicicleta; e a manutenção do pavimento é ineficiente ou escassa, de forma que a maioria dos ciclistas que emprega a bicicleta como meio de transporte não utiliza a infraestrutura projetada.

2.1.6 América Latina

Apesar de todos os agravantes causados pela utilização de automóveis para o transporte e dos diversos benefícios gerados pela utilização da bicicleta, menos de 10% da população adulta utilizam-na como meio de transporte (RÍOS FLORES *et al.*, 2016).

Em muitas cidades, existe o costume de liberar as ruas principais nos fins de semana para o lazer, incluindo a prática de andar de bicicleta, principalmente aos domingos, como uma forma de integrar as pessoas ao espaço público, medida que, segundo Álvarez (2016), ainda precisa ser considerada para mais dias, a fim de estabelecer uma mobilidade sustentável. De acordo com o referido autor, pessoas de cidades como Bogotá, Santiago, Porto Alegre, Buenos Aires, São Paulo, entre muitas outras, têm utilizado a bicicleta como alternativa para escapar dos longos congestionamentos.

Na Costa Rica, Jiménez (2018), comprova o interesse na utilização da bicicleta ao realizar pesquisas nos distritos de San Francisco, Guadalupe e Quebradilla, na região do Cartago; e nos distritos de Tobosi e Tejar, na região de El Guarco, que, mesmo sem possuírem

qualquer tipo de infraestrutura específica para atender às necessidades dos ciclistas, atraem diariamente diversos usuários de bicicleta. Segundo o autor, a explicação para isso pode estar atrelada à característica da região, diversidade do uso da terra, topografia predominantemente plana e à disponibilidade de espaço nas margens das ruas para trafegar com a bicicleta.

Em Bogotá, segundo a Secretaria Distrital de Mobilidade Urbana, havia, em 2016, 480 km de malha cicloviária, proporcionado aproximadamente 700 mil viagens diárias, número equivalente a 6% do total de viagens realizadas na cidade (INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, 2016).

Segundo Mancheno (2013), a cidade de Quito, no Equador, possuía aproximadamente 72,99 km de vias para bicicletas, das quais aproximadamente 23 km eram ciclovias. O restante da infraestrutura cicloviária na cidade era composto por rotas de uso compartilhado, além de um sistema público de compartilhamento de bicicletas, a BiciQuito, que possuía 425 unidades distribuídas em 25 estações espalhadas pela cidade, aumentando o número de bicicletas em 47% no ano de 2014 (AGENCIA METROPOLITANA DE TRÁNSITO, 2016).

No Brasil, o investimento no planejamento urbano, atrelado a um transporte público operando, muitas vezes, precariamente, torna crítico o panorama da mobilidade urbana no país (ANDRADE *et al.*, 2016). Historicamente, as primeiras bicicletas no Brasil datam aproximadamente do final do século XIX, passando por inúmeras variações, tanto na intensidade do uso, quanto nos propósitos de viagem (BRASIL, 2001).

Nesse contexto, os primeiros passos para um planejamento cicloviário no Brasil ocorreu em 1976, quando a Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes publicou o documento denominado Planejamento Cicloviário – Uma Política para as Bicicletas (BRASIL, 2001).

Posteriormente, na década de 1980, diversas cidades realizaram estudos e projetos voltados à melhoria das condições de circulação e segurança dos ciclistas (BRASIL, 2001). Inclusive, no final dessa década, a Constituição Federal de 1988 vinculou competência à União de estabelecer diretrizes básicas para o desenvolvimento urbano, sendo que tais diretrizes devem ser executadas pelo Poder Público Municipal (BRASIL, 1988).

Entretanto, somente 13 anos depois da promulgação da Constituição é que ocorreu a regulamentação, com o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001), em que foram estabelecidos critérios dessas políticas urbanas, incluindo a obrigação constitucional da União em instituir as diretrizes para os transportes urbanos. Cabe ressaltar que esse compromisso concretizou-se somente em 2012, por meio da Lei nº 12.587, conhecida como Lei da Mobilidade Urbana.

A Mobilize Brasil (2017) disponibilizou dados referentes à estrutura cicloviária do país, chegando aos resultados apresentados na Tabela 1:

Tabela 1 - Correlação município/km de ciclovias

Cidade	Unidade Federativa	Km	Fonte
São Paulo	São Paulo	468,00	CET (dez/2016)
Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	450,00	PRJ (Prefeitura do Rio de Janeiro)
Brasília	Distrito Federal	420,00	SEMOB 2017
Belo Horizonte	Belo Horizonte	87,40	BH TRANS (jun/2016)
Curitiba	Paraná	190,40	IPPUC (set/2016)
Porto Alegre	Rio Grande do Sul	44,60	GP/EM EPTC (jan/2017)
Belém	Pará	88,40	SEMOB (ago/2016)
Vitória	Espirito Santo	47,00	Prefeitura de Vitória
Fortaleza	Ceará	198,00	SCSP (jan/2017)
Aracaju	Sergipe	67,02	SMIT (dez/2015)
Rio Branco	Acre	103,00	BRT TRANS (jan/2017)
Recife	Pernambuco	41,60	CTTU
João Pessoa	Paraíba	40,70	SEMOB
Teresina	Piauí	41,86	SEMPPLAN
Campo Grande	Mato Grosso do Sul	80,83	PLAN URB (jul/2014)
Salvador	Bahia	85,90	TRANSSALVADOR
Manaus	Amazonas	6,90	SEMINF
Cuiabá	Mato Grosso	24,00	Prefeitura de Cuiabá (dez/2016)
Florianópolis	Santa Catarina	41,00	Prefeitura de Florianópolis (abr/2015)
Total:		2.542,51	

Fonte: Mobilize Brasil (2017).

Após sofrer três adiamentos, foi dado um prazo de até abril de 2019 para que os municípios brasileiros com mais de 20 mil habitantes apresentassem seus Planos Diretores de Mobilidade Urbana, de forma que recebessem recursos federais a serem aplicados na mobilidade urbana (MOBILIZE BRASIL, 2019). Nesse sentido, de acordo com dados viabilizados pela campanha “De Olho nos PlanMob”, e divulgado pela Mobilize Brasil (2019), apenas 14 capitais brasileiras possuem Plano de Mobilidade Urbana.

No entanto, promover o uso da bicicleta não é apenas oferecer infraestrutura adequada ao ciclismo, é necessário considerar os fatores que determinam a escolha desse modo de transporte pelos usuários do modal (PROVIDELO; SANCHES, 2010).

Com o intuito de obter a percepção da população com relação ao ciclismo, Providelo e Sanches (2010) realizaram uma pesquisa através da aplicação de questionário a 451 pessoas nas cidades de São Carlos e Rio Claro, localizadas no interior de São Paulo, em 2009. As

autoras concluíram que, entre os respondentes, os homens na faixa etária entre 18 e 24 anos são mais propensos à utilização da bicicleta. A pesquisa também mostrou que os respondentes que não utilizam a bicicleta como forma de transporte poderiam utilizá-la se houvesse infraestrutura adequada, estacionamento para as bicicletas e segurança pública eficaz.

Na cidade de Juiz de Fora – MG, Castañon (2011) realizou uma pesquisa para avaliar o uso da bicicleta na cidade e concluiu, através da aplicação de questionário a 400 respondentes, que a maior concentração dos impedimentos ao uso do modal está na falta de segurança no trânsito (45,5%), seguido pela falta de estacionamento (52%) e, em sua grande maioria, pela falta de infraestrutura, com 67%.

Considerada a capital nacional das bicicletas, a cidade de Curitiba – PR, foi analisada por Motta (2017) para verificar quais características da cidade (entre elas, diversidade do uso do solo, segurança, tipos de infraestrutura e topografia) mais influenciavam na mobilidade por bicicleta, através de entrevista com 218 indivíduos, entre ciclistas e não ciclistas. O autor concluiu que, enquanto os ciclistas atêm-se à velocidade dos automotores e à acessibilidade das vias, pedalando em qualquer condição climática, os não ciclistas, por sua vez, apontam as condições climáticas, a falta de integração entre os meios de transporte, a falta de segurança e a ausência de infraestrutura própria para o ciclismo, como um impedimento à utilização da bicicleta.

A mobilidade por bicicleta e o perfil do ciclista carioca foram analisados por Andrade, Marino e Rodrigues (2017) que, com base nos dados da pesquisa do Perfil do Ciclista Brasileiro – Transporte Ativo de 2018 – concluíram que a maior parte dos ciclistas possui entre 25 e 34 anos; possui ensino médio completo (37,8%); utiliza a bicicleta para percurso ao trabalho (71%); possui renda variando entre R\$ 780,00 e R\$ 1.586,00 (30,7%); e utiliza a bicicleta por ser uma forma mais rápida e prática de viagem. A atualização dos dados da pesquisa do Perfil dos Ciclistas no Brasil, de 2018, para a cidade do Rio de Janeiro, aponta que a faixa etária dos ciclistas permanece a mesma. Além disso, 54,4% dos ciclistas utilizam a bicicleta por ser uma forma mais prática e rápida de transporte e 50,4% acredita que maior quantidade e melhores infraestruturas aumentariam o número de ciclistas na cidade, mesmo entendimento dos que apontaram mais educação e segurança (29,9%) (LOBO, 2020).

2.2 AMBIENTE CONSTRUÍDO E COMPORTAMENTO DO CICLISTA

Para implementar políticas públicas e intervenções efetivas para a utilização da bicicleta, é necessário entender que a escolha pelo transporte por bicicleta não está

condicionada única e exclusivamente ao ambiente físico, ela também está atrelada a fatores intrínsecos ao indivíduo, como renda, sexo, padrões de atividade, incentivo pelo poder público, eventos comunitários educativos e outras atividades (HOEDL; TITZE; OJA, 2010; KRENN; OJA; TITZE, 2015). Segundo a Federal Highway Administration (1992) essas características são entendidas como fatores objetivos e subjetivos.

Os fatores objetivos, ou seja, aspectos físicos do ambiente construído, existem para todos, apesar de serem ponderados de forma distinta por cada pessoa, e podem ser levantados através de observações *in loco* de pesquisas em documentos e projetos. São aqueles que se referem aos aspectos ambientais e físicos, além de infraestrutura, topografia, clima, diversidade do uso do solo, condições dos pavimentos e integração modal (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 1992).

Já os fatores subjetivos têm mais relação com a percepção pessoal, a forma como cada pessoa percebe os fatores objetivos, ligados a necessidades específicas, à capacidade física do indivíduo, ao fato de ser ou não propenso a atividades físicas e a aspectos culturais de cada usuário (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 1992).

2.2.1 Fatores objetivos do comportamento do ciclista com relação ao ambiente construído

Um ambiente passível de locomoção é o conceito-chave do ambiente construído, uma vez que as demandas de viagens estão correlacionadas às características da área. Dessa forma, países e cidades com altos níveis de ciclismo e boas taxas de segurança tendem a ter infraestrutura extensa, assim como políticas e programas favoráveis à bicicleta (PUCHER; BUEHLER, 2008).

Nesse contexto, a pesquisa realizada por Hartanto (2017) evidenciou como os cinco indicadores do ambiente construído (“5D”- *Density, Diversity, Design, Distance to Transit, Destination Accessibility*, traduzidos, respectivamente, como Densidade, Diversidade, Design, Acessibilidade ao Destino e Distância ao Trânsito) influenciam nas formas de deslocamento por bicicleta, obtendo um Índice de Ciclabilidade para 21 estações de trem na região de Arnhem-Nijmegen, Holanda.

No mesmo contexto, em estudo realizado por Winters, Setton e Brauer (2010), analisaram-se os efeitos do ambiente construído em viagens utilitárias realizadas por carro e bicicleta na região de Vancouver (Canadá), visando identificar quais características do ambiente construído afetam as decisões por viajar de bicicleta. Entre as características

apontadas como influenciadoras, os respondentes indicaram que havia maior probabilidade de viajar de bicicleta quando havia menos variação topográfica, mais estruturas para o tráfego de bicicletas, semáforos ativados por ciclistas, maior conectividade de rotas, estradas locais com baixo tráfego de veículos, maior densidade populacional (principalmente em locais de destino), diversidade do uso do solo e distâncias percorridas de, em média, 2,5 km (WINTERS; SETTON; BRAUER, 2010).

Em outra pesquisa realizada por Winters *et al.* (2016), visando analisar a participação do modal em 24 cidades dos Estados Unidos e do Canadá, chegou-se a uma conclusão bastante semelhante, ou seja, que a qualidade da infraestrutura cicloviária e a conectividade rodoviária incentivam o ciclismo, enquanto a topografia com acentuados aclives e declives desestimulam a utilização da bicicleta.

Nesse aspecto, apesar de grande parte da literatura abordar características do comportamento de viagem para países desenvolvidos, caminhar ou andar de bicicleta, para muitos indivíduos, é uma necessidade que independe do ambiente urbano (DAHANAYAKA; KANKANAMGE, 2018). Portanto, afirmar que aspectos do ambiente construído afetam o comportamento de viagem, pode não se aplicar a uma grande parcela da população de países subdesenvolvidos, como é o caso de Sri Lanka, país próximo à Índia, em que, segundo Dahanayaka e Kankanamge (2018), grande parte da população utiliza a bicicleta como meio de transporte para evitar o trânsito e garantir a saúde, embora encontrem fatores que retiram a motivação de andar de bicicleta, como veículos trafegando ou estacionados nas ciclovias.

Assim, dispondo do conhecimento obtido pelas pesquisas citadas anteriormente e sabendo que o ambiente construído e seus fatores objetivos não são suficientes para determinar a maior utilização do modal cicloviário, é necessário lançar mão de conhecimentos sobre fatores que influenciam subjetivamente o indivíduo a utilizar a bicicleta como seu meio de transporte para as viagens diárias.

2.2.2 Fatores subjetivos do comportamento do ciclista com relação ao ambiente construído

Existe uma dicotomia na percepção do ciclismo. Se por um lado, a locomoção por bicicleta é mais lenta do que dirigir, mas é menos onerosa e gera benefícios à saúde, os indivíduos irão pedalar mais. Por outro, se as pessoas não têm apoio para o ciclismo, como por exemplo, ausência de estacionamento para as bicicletas nas proximidades de estações de transporte coletivo, ausência de infraestrutura adequada, ciclovias em más condições de

conservação e percepção de insegurança, os custos serão mais elevados (PEZZUTO; SANCHES, 2003).

A fim de elucidar qual o principal determinante psicológico que leva o indivíduo a tomar algumas decisões em detrimento de outras, Francis *et al.* (2004) utilizaram a *Theory of Planned Behavior* (TPB) – Teoria do Comportamento Planejado – embasados na premissa de que os indivíduos fazem uso de informações baseando-se em três conceitos psicológicos independentes, que podem ser utilizados para entender a forma de escolha do meio de transporte: atitude, norma subjetiva e controle comportamental percebido.

Nesse contexto, estudada por Handy *et al.* (2002), Heinen, Maat e van Wee (2011), e Xia *et al.* (2015), a atitude pode ser dividida em positivas e negativas. As atitudes positivas com relação à bicicleta geralmente estão relacionadas à preocupação com o meio ambiente e ao prazer em pedalar, enquanto as atitudes negativas ainda estão enraizadas na crença de que possuir um veículo automotor e dirigi-lo são símbolos de independência e liberdade.

De acordo com Heinen (2011) e Xia *et al.* (2015), a norma subjetiva consiste no julgamento de determinado grupo sobre o que um determinado indivíduo deve fazer, fato que costuma ser determinante na escolha de usar a bicicleta como meio de transporte.

Já a pesquisa realizada por Dill e Carr (2003) fornece evidências do controle comportamental, ou seja, se os colegas de trabalho usam uma bicicleta, é mais provável que um indivíduo também opte pela bicicleta. Além disso, se os empregadores oferecerem incentivos para os ciclistas (que podem ser vistos como aprovação para o uso de bicicletas), há uma chance maior de que os funcionários usem a bicicleta (DILL; CARR, 2003).

Baseando-se na TPB, a pesquisa feita por Souza, Sanches e Ferreira (2014) coletou dados de alunos, professores e funcionários de uma universidade pública de São José do Rio Preto – São Paulo. Os resultados indicaram que os entrevistados têm uma atitude positiva em relação ao ciclismo nos seguintes aspectos: benefícios ambientais, benefícios para a saúde, economia, sentimento de independência, segurança e conforto. Já para aspectos relacionados a estacionamento, melhor observação da paisagem, velocidade, prestígio, esforço, risco de acidentes, risco de assalto, exposição ao sol e à chuva, falta de segurança, distância percorrida, habilidade, topografia e clima, a atitude em geral é negativa (SOUZA; SANCHES; FERREIRA, 2014).

Heinen, Maat e van Wee (2011) também utilizaram a TBP para analisar a influência das atitudes em relação aos benefícios do uso da bicicleta para viagens de ida e volta na Holanda, entre diferentes grupos de ciclistas e não ciclistas. A teoria mostrou que os ciclistas, em geral, consideram importante que seu modo de deslocamento seja ambientalmente

amigável, barato, saudável, físico e mentalmente relaxante, mas que não se preocupam com conforto, economia de tempo e flexibilidade de seu modo de transporte, desde que se adeque ao seu estilo de vida (HEINEN; MAAT; VAN WEE, 2011).

No que tange aos fatores que influenciam na escolha da bicicleta como modo de transporte, Sener, Eluru e Bhat (2009), em pesquisa realizada no Texas, Estados Unidos da América, identificaram, entre ciclistas e não ciclistas, que, em geral, os usuários de bicicletas são jovens preocupados com o meio ambiente e optam pelo modal por ser uma alternativa para realizar atividade física. Os não ciclistas, por sua vez, podem abster-se de andar de bicicleta devido a considerações gerais sobre estilo de vida e noções gerais ou preconcebidas sobre a segurança da bicicleta, com base em uma avaliação superficial da atual infraestrutura de ciclismo (SENER; ELURU; BHAT, 2010).

2.3 PARÂMETROS DE CICLABILIDADE

Conhecendo os fatores que influenciam objetiva e subjetivamente o transporte por bicicletas em uma localidade, é possível estabelecer parâmetros utilizados para se estimar um Índice de Ciclabilidade para uma determinada região. No que tange a este trabalho, serão analisados os parâmetros: atratividade, clima, condições da via, conectividade, cultura, distância percorrida, diversidade do uso do solo, existência de barreiras físicas, gestão da mobilidade urbana, infraestrutura cicloviária, integração com transporte público, poluição, segurança e conforto, seguridade pessoal, topografia e velocidade.

2.3.1 Atratividade

Para Crow (2011), as características relacionadas ao desenho da estrutura próximo a locais arborizados aumentam o número de viagens realizadas por bicicleta. Isto posto, para Pikora *et al.* (2003), a presença de espaços verdes efetivam de forma concreta a atratividade. Além do mais, a presença de áreas verdes com árvores e arbustos podem proteger o ciclista da incidência direta de vento e luz solar (CROW, 2011).

2.3.2 Clima

Na revisão da literatura, autores como Spignardi (2019) identificam a temperatura do ar como a variável ambiental de maior impacto ao uso da bicicleta. Para Tin Tin *et al.* (2010),

aspectos ambientais, como velocidade do vento, chuva, temperatura do ar e horas de sol por dia influenciam de forma mais direta a utilização de bicicletas. Nesse contexto, destacam-se:

- a) temperatura: de acordo com Pezzuto e Sanches (2003), o intervalo térmico considerado confortável para pedalar é estabelecido através das temperaturas que influenciam positivamente o número de percursos feitos por bicicleta. Para os autores, as condições ideais para pedalar são: temperatura entre 18 °C e 28 °C e menos de 60 dias de precipitação anual. Neste cenário, Neri (2012) concluiu que temperaturas mais altas que 30 °C e menores que 10 °C causam diminuição na quantidade de bicicletas nas ruas;
- b) precipitação: Tin Tin *et al.* (2010) apontam que a cada 1 mm de chuva no intervalo de uma hora há redução de 10,6% no fluxo de bicicletas e redução de 1,5% no volume diário de bicicletas. Em uma perspectiva anual, Winters *et al.* (2007) mostram que, a cada 30 dias de chuva ao ano, existe uma redução de 16% no fluxo de bicicletas. Outrossim, no entendimento de Spignardi (2019), chuvas frequentes e altas temperaturas associadas aos altos índices de umidade relativa do ar contribuem para os baixos índices de uso da bicicleta, em torno de 1%;
- c) velocidade do vento: segundo Heinen, Maat e van Wee (2011), a velocidade do vento impacta negativamente o número de viagens por bicicletas, uma vez que ventos fortes tendem a agir mais sobre os ciclistas que necessitam vencer a resistência do ar para alcançar velocidades maiores quando comparados a ventos mais fracos;
- d) variações climáticas: as variáveis climáticas têm maior impacto sobre os ciclistas em percursos recreativos do que em percursos utilitários, como ir ao trabalho, à escola, ao mercado e visitar parentes e amigos próximos (BRANDENBURG; MATZARAKIS; ARNBERGER, 2007). A esse respeito, Brandenburg, Matzarakis e Arberger (2007) concluíram que ciclistas utilitários são menos sensíveis às baixas temperaturas e à chuva, e aceitam com maior facilidade as variações climáticas.

2.3.3 Condições da via

Winters (2011) sugere que melhores condições das vias impactam positivamente a opção pela bicicleta. Dessa forma, é fundamental que as vias sejam de boa qualidade; que possuam pavimento adequado com poucos desníveis, de forma a evitar a trepidação da

bicicleta; que tenha iluminação que possibilite a visualização da via e do entorno; sinalização (vertical, horizontal e semáforos acionados pelos ciclistas); e que não tenha nenhum obstáculo que possa prejudicar as vias (PIKORA *et al.*, 2003; WINTERS, 2011; WAHLGREN; SHANTZ, 2012).

O Código de Trânsito Brasileiro (CTB) preconiza que as bicicletas devem circular nos bordos das vias de rolamento quando não houver ciclovias ou ciclofaixas disponíveis para sua circulação, pois trafegar pela direita, à mão, é mais seguro para o ciclista, já que, ao circular ao centro ou à esquerda da pista, o ciclista fica vulnerável à alta velocidade dos veículos motorizados (BRASIL, 1997):

Art. 58 Nas vias urbanas e nas rurais de pista dupla, a circulação de bicicletas deverá ocorrer, quando não houver ciclovia, ciclofaixa, ou acostamento, ou quando não for possível a utilização destes, nos bordos da pista de rolamento, no mesmo sentido de circulação regulamentado para a via, com preferência sobre os veículos automotores. (BRASIL, 1997, recurso on-line).

Entretanto, circular no limiar é algo que não pode ser feito com constância nem em todos os lugares (ANDRADE *et al.*, 2016). Pedras, vegetação, lascas de asfalto, lixo, cacos de vidro e todo tipo de entulho que são lançados na via acabam depositando-se na sua extremidade, em bueiros abertos, nas bocas de lobo quebradas abaixo do nível da pista ou com fendas excessivamente largas, e em sarjetas e canaletas pluviais irregulares e superdimensionadas. Além disso, carros entrando e saindo de garagens e pedestres atravessando a pista podem gerar sérios inconvenientes para os ciclistas, mesmo para os mais experientes (CÉSAR, 2014).

2.3.4 Conectividade

A conectividade refere-se à diretividade, à linearidade dos *links* e à densidade das conexões em uma rede de transporte. Assim, uma via com boa conectividade fornece ao ciclista o mínimo possível de cruzamentos e obstáculos, possibilitando que o trajeto seja realizado com pouco esforço e em menor tempo, bem como uma distância menor de percurso quando comparado ao realizado por automóvel (PIKORA *et al.*, 2003; RIETVELD; DANIEL, 2004; PUCHER; DILL; HANDY, 2010; FISHMAN; WAHINGTON; HAWORTH, 2012; PUCHER; BUEHLER; SEINEN, 2013).

2.3.5 Cultura

A cultura local é um fator que influencia tanto na vontade do indivíduo de pedalar quanto na qualidade das vias ofertadas pelo poder público da cidade para a utilização da bicicleta. Nesse sentido, uma cidade com uma forte cultura ciclística geralmente tem uma infraestrutura de ciclismo bem desenvolvida, incluindo ciclovias, ciclofaixas e amplas instalações que atendem a bicicletas urbanas, como os bicicletários (SOUZA; SANCHES; FERREIRA, 2014).

Historicamente, por muito tempo a bicicleta foi tratada como forma alternativa de transporte para indivíduos menos arrendados e que não possuíam meios de obter um automóvel. Entretanto, graças ao destaque publicitário que a bicicleta está tendo atualmente, como sendo um veículo individual, barato, acessível a quase toda a população, e que não gera externalidades negativas, como o automóvel, tem se destacado como forma de mobilidade socialmente aceita (HANDY *et al.*, 2008).

A esse respeito, Binatti (2015) entende que a bicicleta tem se tornado, aos poucos, um meio sustentável de locomoção por se apresentar como uma solução para os problemas de mobilidade em cidades que sofrem com o excesso de automóveis. Assim, com tal valorização, o *status* negativo, que outrora atrelava-se à bicicleta, transformou-se em um *status* positivo (BINATTI, 2015).

Entretanto, a transformação cultural não é algo que acontece instantaneamente. Por esse motivo, é importante que as autoridades federais, estaduais e municipais invistam em campanhas educativas e de incentivo ao uso da bicicleta (NERI, 2012). Dessa forma, busca-se educar motoristas e ciclistas quanto ao compartilhamento das ruas, uma vez que é direito destes circular pela via (PUCHER; BUEHLER, 2008).

2.3.6 Distância percorrida

A distância relaciona-se ao tamanho da cidade e à diversidade do uso do solo. Isto posto, ao considerar deslocamento origem-destino, a bicicleta é tida como o veículo de maior eficiência para uma distância percorrida de até 5 km (MARTENS, 2004). Na Europa, um ciclista comum pedalando na cidade desenvolve uma velocidade média de 15 km/h, sendo necessários apenas 20 minutos para percorrer a distância de 5 km, tempo compatível com um deslocamento realizado por automóvel. Para distâncias menores, entretanto, a bicicleta é mais rápida (EUROPEAN COMMISSION, 2018).

2.3.7 Diversidade do uso do solo

Daniel e Rietveld (2004), Winters (2011) e Wahlgren e Schantz (2012) afirmam que a diversidade de atividades – comercial, industrial e residencial – proporciona a redução dos índices de deslocamento motorizado. Para esses autores, a acessibilidade dada pelo transporte é considerada como uma variável importante para diferentes tipos de uso do solo, pois é um fator essencial para localização de comércio, escritórios e residências.

Holtzclaw (1990, apud HANDY, 1996) procurou relacionar a *Vehicle Miles Traveled* (VMT), em São Francisco – Califórnia, com a densidade e, em 1994, Holtzclaw (1994, apud HANDY, 1996), na mesma área e com o mesmo tipo de pesquisa, procurou relacionar a VMT com a acessibilidade ao transporte público. Para melhor entendimento, VMT refere-se ao comprimento e à quantidade de viagens feitas pelos automóveis. Esse índice diminui quando o deslocamento de viagem é menor (áreas mais compactas) e quando se diminui a necessidade de deslocamento, ou seja, quando as densidades residenciais, populacionais, comerciais e de transporte público diminuem, a taxa de propriedades de veículos aumenta, assim como a VMT (HANDY, 1996).

Para Koomen e Eck (2008), uma maneira mais elaborada de olhar para a configuração espacial das áreas urbanas é explicar a complexidade de suas formas, e como é de interesse a diversidade do uso do solo, os indicadores que descrevem a compactação das formas são considerados adequados. Uma medida comum de compactação, por exemplo, fornecida no popular *software* FRAGSTATS, é a razão perímetro/área que descreverá formas compactas com valores baixos, tendo, porém, a séria desvantagem de ser sensível ao tamanho das formas (MCGARIGAL; MARKS, 1995). Segundo Koomen e Eck (2008), a taxa de circularidade que pode ser aplicada a qualquer tipo de forma, independentemente do tamanho, indica quanto uma forma desvia-se da melhor forma possível (um círculo).

2.3.8 Existência de barreiras físicas

Segundo dados da Federal Highway Administration (1992), cidades que possuem lagos e rios, ou que são cortadas por ferrovias, rodovias ou metrô de superfície apresentam barreiras que acabam segregando a cidade e dificultando o acesso das bicicletas.

2.3.9 Gestão da mobilidade urbana

Na grande maioria, países e cidades com altos níveis de ciclismo e boas taxas de segurança tendem a possuir uma infraestrutura voltada à circulação das bicicletas, o que inclui políticas e programas pró-bicicleta, enquanto localidades com políticas precárias e escassos programas a favor da bicicleta, geralmente, apresentam baixas taxas de ciclismo (PUCHER; BUEHLER, 2008; PUCHER; DILL; HANDY, 2010).

Nesse contexto, segundo Rietveld (2001), os governos possuem diversas formas de estimular modos de transporte não motorizados, através de regulamentação, investimento financeiro, políticas de conscientização, infraestrutura adequada e segurança na rede de transporte, protegendo pedestres e ciclistas de condições adversas inerentes ao transporte ativo.

De acordo com Eckert (2015), no Canadá – país em que as empresas com melhores ações de incentivo ao uso da bicicleta são premiadas com o *Bicycle Friendly Business Award* (Prêmio Empresa Amiga da Bicicleta) – a empresa “Patagonia Toronto” foi a merecedora do prêmio em 2012 por incentivar seus funcionários a participarem de um programa chamado *Drive-Less* (Dirija Menos), que os apoia na escolha de meios alternativos de transporte para o trabalho, pagando dois dólares para cada viagem de bicicleta ao trabalho, até um montante de 500 dólares por ano.

No Brasil, o Código de Trânsito Brasileiro manifesta-se com relação à circulação das bicicletas no território nacional e atribui às quatro entidades administrativas o dever de garantir a segurança do ciclista:

Art. 21 Compete aos órgãos e entidades executivos rodoviários da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, no âmbito de sua circunscrição:

[...]

II – planejar, projetar, regulamentar e operar o trânsito de veículos de pedestres e de animais, e promover o desenvolvimento da circulação e segurança de ciclistas. (BRASIL, 1997, recurso on-line).

As políticas voltadas à mobilidade urbana por bicicleta têm início em 2007 com o “Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana” que, além de servir como reorientador do modelo de urbanização e de circulação das cidades brasileiras, também prevê o estímulo do transporte a pé e do uso de bicicleta sobre veículos motorizados, com a instituição do “Programa Bicicleta Brasil” (BRASIL, 2007). Este programa entrou em vigor

em 4 de outubro de 2018, por meio da Lei nº 13.724/2018, que possui como algumas diretrizes: (1) criação de uma cultura favorável aos deslocamentos por bicicleta como modalidade de deslocamento eficiente e saudável; (2) desenvolvimento de ações voltadas para a melhoria do sistema de mobilidade ciclovária; e (3) inclusão dos sistemas ciclovários nas ações de planejamento espacial e territorial (BRASIL, 2018).

2.3.10 Infraestrutura ciclovária

Para tornar o ciclismo fácil e confortável para todos, a infraestrutura tem que ser coerente, contínua, segura, uniforme, cômoda, atrativa e fácil de reconhecer e de interpretar, além de possuir vários tipos de vias para bicicleta, estacionamentos (bicicletários) e integração com o transporte público (CROW, 2011). A esse respeito, Pucher, Dill e Handy (2010) acreditam que diferentes tipos de instalações de ciclismo, que variam em localização, *design*, e grau de separação de outros modais podem estimular a demanda por bicicletas.

Nesse cenário, o *National Cycle Manual* (Manual Nacional de Ciclo) e o *Manual de Diseño para el Tráfico de Bicicletas* (Manual de Desenho para o Tráfego de Bicicletas) trazem elementos complementares às definições de ciclorrotas, ou rotas compartilhadas, ciclofaixas e ciclovias (CROW, 2011; NATIONAL TRANSPORT AUTHORITY, 2011).

A seguir, o Quadro 1 apresenta algumas infraestruturas propostas por Pucher, Dill e Handy (2010), com suas respectivas características:

Quadro 1 - Características das infraestruturas disponíveis para ciclismo

(Continua)

Infraestrutura	Descrição
Vias ônibus/bicicletas	Pistas extra largas para acomodar confortavelmente ônibus e bicicletas. Nela, o ciclista trafega junto aos ônibus ou paralelamente a eles.
Contrafluxo de bicicleta	Via inserida na faixa de rolamento. Esta instalação pode melhorar significativamente a atração ao ciclismo.
Ciclovias verdes	Rotas em locais arborizados e/ou espaços abertos.
Rotas compartilhadas	Rotas segregadas do tráfego de veículos, mas que permitem o uso por pedestres, skatistas e praticantes de esportes.
Ruas para bicicletas	Oferecem aos ciclistas prioridade absoluta em toda a largura do pavimento urbano de tráfego leve. O tráfego de veículo é permitido, desde que em baixa velocidade e que não interfira no tráfego de bicicletas.
Avenida para bicicletas	Geralmente presentes em estradas pouco movimentadas. Possui sinalização específica, direcionando motoristas a dividir a estrada com os ciclistas.

Quadro 1 - Características das infraestruturas disponíveis para ciclismo

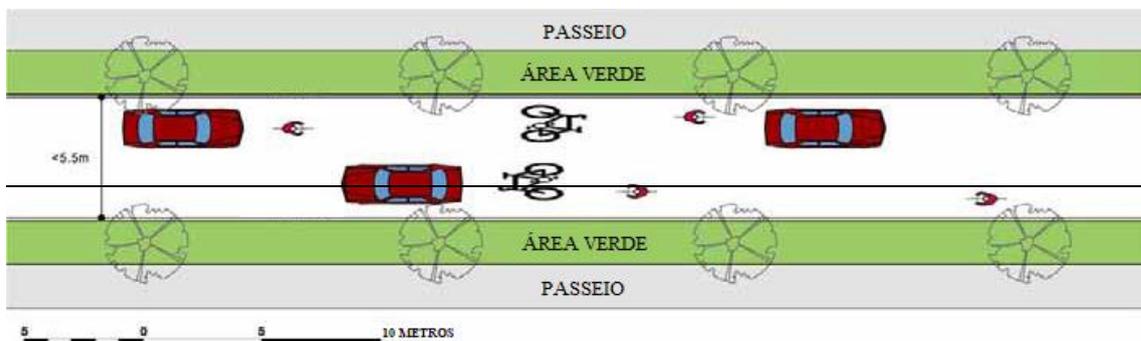
(Conclusão)

Infraestrutura	Descrição
Caixa de bicicleta (<i>bike box</i>)	Áreas demarcadas em uma interseção sinalizada, em frente à pista de veículos motorizados, onde os ciclistas podem esperar enquanto o semáforo está vermelho.
Pacificador de tráfego (<i>traffic alm</i>)	Modificações que visam reduzir a velocidade do tráfego a 30 km/h. A redução da velocidade do tráfego torna as ruas ideais para o ciclismo sem ser necessário qualquer instalação específica para o ciclismo.
Ciclorrota	Rotas não protegidas por barreira física. Possui como principal vantagem o custo e mantém o ciclista à vista do motorista. É representado por um logotipo de bicicleta no pavimento.
Ciclofaixa (<i>colored lines</i>)	Rotas não protegidas por barreiras físicas, mas que mantêm o ciclista à vista do motorista por colocação distinta da faixa.
Ciclovias (<i>cicletrack</i>)	Rotas fisicamente separadas do tráfego de veículos. Em geral, não é permitido outro tipo de tráfego que não seja o de bicicletas.
Sinalização para bicicletas (<i>wayfinding signage</i>)	As placas de sinalização para ciclistas geralmente incluem destinos comuns e a distância ou tempo para andar de bicicleta.
Estacionamento de bicicletas (<i>bike park</i>)	Instalação que oferece ao ciclista um estacionamento seguro e protegido para bicicletas, além de aluguel de bicicletas, reparo e manutenção, contendo armários para guarda de objetos pessoais dos ciclistas.

Fonte: Adaptado de Pucher, Dill e Handy (2010).

As ciclorrotas, também conhecidas como rotas compartilhadas, são adequadas em ambientes com baixo tráfego de veículos, com velocidades reduzidas a 30 km/h, em que pedestres e ciclistas possuem a preferência sobre o tráfego motorizado (CROW, 2011). No pavimento, há marcações com logotipo de bicicleta para enfatizar a posição correta dos ciclistas (NATIONAL TRANSPORT AUTHORITY, 2011). Nas Figuras 1 e 2 é possível observar duas tipologias de ciclorrotas:

Figura 1 - Ciclorrota: via sem marcação central

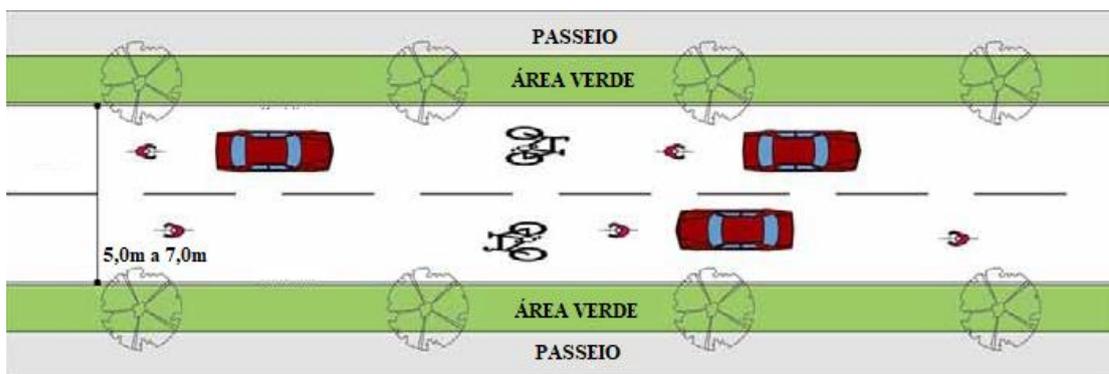


Fonte: National Transport Authority (2011).

A ciclorrota representada pela Figura 1 possui faixa com largura de no máximo 5,5 m e não há separação entre dois sentidos de tráfego. Em geral, estão localizadas em áreas residenciais e nos acessos a ruas de baixo tráfego de veículos e baixas velocidades.

Na tipologia representada na Figura 2, a largura da via varia de 5,5 m a 7,0 m. Há demarcação de fluxo em mão dupla na via separando sentidos opostos da pista. Geralmente estão localizadas em áreas com baixo tráfego de veículos.

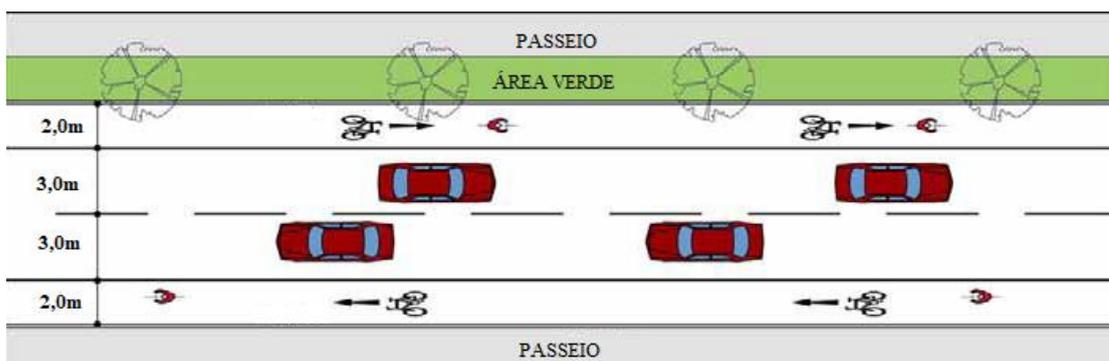
Figura 2 - Ciclorrota: via com marcação central



Fonte: National Transport Authority (2011).

As ciclofaixas são faixas de rolagem reservadas prioritariamente à utilização de ciclistas. Geralmente estão localizadas mais à direita possível da via de tráfego de veículos automotores. Apesar de não apresentarem uma separação física do trânsito motorizado, oferecem maior segurança aos ciclistas por haver algum tipo de identificação que enfatiza ao motorista a presença do ciclista. Há, ainda, demarcação em linha branca contínua no pavimento para demarcar os locais pertencentes à bicicleta, como pode ser visualizado na Figura 3:

Figura 3 - Ciclofaixas e sua demarcação na via



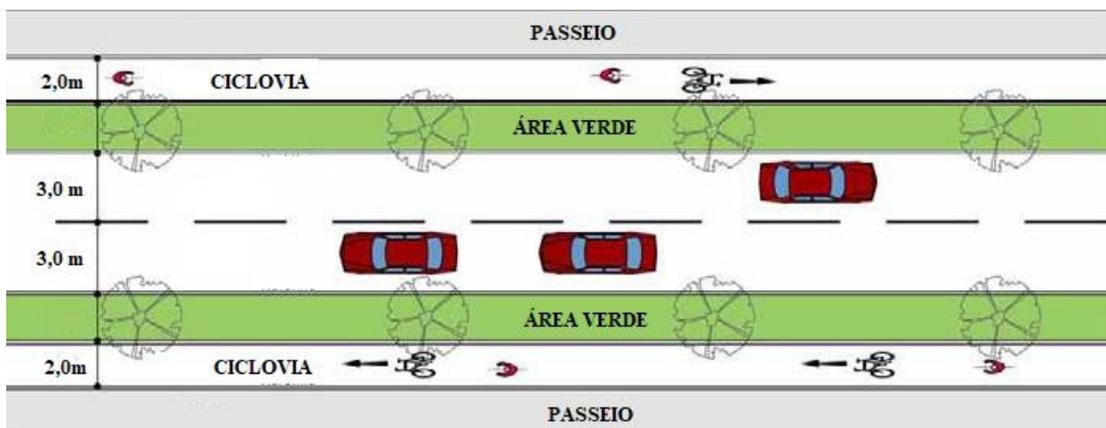
Fonte: National Transport Authority (2011).

Em geral, essas vias são coletoras, com velocidade de aproximadamente 50 km/h. O segmento preferencial para bicicletas deve apresentar a mesma qualidade consistente na totalidade da via, possuindo o pavimento liso e bem drenado, com bocas de lobo localizadas fora do perímetro da ciclofaixa.

Já as ciclovias, são vias fisicamente separadas do tráfego motorizado e podem ser paralelas ao sistema viário geral ou seguir de forma independente. Elas são segregadas das faixas destinadas ao transporte motorizado através de uma barreira física, podendo ser meio-fio, mudança de nível, postes em amarração, entre outros. Geralmente, são implementadas em localidades em que o regime de tráfego é inadequado para o ciclismo, e essa situação não pode ser mitigada.

As ciclovias podem ser tanto unidirecionais quanto bidirecionais. As unidirecionais são comumente encontradas em países cujo planejamento cicloviário segue regras semelhantes ao do tráfego em geral. No Brasil, por sua vez, o mais comum são ciclovias bidirecionais. As ciclovias usualmente estão localizadas próximas ao tráfego de veículos, como pode ser observada na Figura 4, embora possam estar adjacentes a áreas verdes de rios e lagos, sendo, na maior parte do tempo, utilizadas para recreação:

Figura 4 - Ciclovia em duas mãos, segregada do tráfego por área verde



Fonte: National Transport Authority (2011).

O Código de Trânsito Brasileiro (CTB), Lei nº 9.503/1997, prevê, em seu artigo 58, que:

Nas vias urbanas e nas rurais de pista dupla, a circulação de bicicletas deverá ocorrer quando não houver ciclovia, ciclofaixa ou acostamento, ou quando não for possível a utilização destes, nos bordos das pistas de rolamento, no

mesmo sentido da circulação regulamentado para a via, com preferência sobre os veículos automotores. (BRASIL,1997, recurso on-line).

Entretanto, a criação de ciclovias não soluciona, por si só, a mobilidade por bicicletas. Assim, apesar de se apresentar como um indicador de políticas públicas efetivas, por ser a infraestrutura mais cara que beneficia a bicicleta, as ciclovias devem ser planejadas em conjunto com uma rede cicloviária que contemple diversos tipos de benfeitorias aos usuários da bicicleta, como tráfego compartilhado; estacionamentos para bicicletas, preferencialmente cobertos, em que possam ser feitos pequenos reparos e manutenções; bicicletas públicas de aluguel; e integração com o transporte público (CÉSAR, 2014).

Importa ressaltar que as principais desvantagens da ciclovia estão relacionadas ao fato de que a segregação dificulta ou até mesmo impede o acesso a lotes e muitas vezes é geradora de conflitos com o tráfego motorizado em interseções.

2.3.11 Integração com o transporte público

Uma das formas mais eficazes para promover a integração da bicicleta com o transporte público é a instalação de bicicletários nas estações de trem, metrô e ônibus, oferecendo desconto na tarifa do transporte aos usuários de bicicleta e/ou a possibilidade de transportar a bicicleta no transporte público (CÉSAR, 2014).

Para Winters (2011), aproximar a bicicleta dos terminais e locais de grande demanda de passageiros é permitir a valorização dos modais coletivos e a ampliação do raio de ação dos ciclistas nas cidades. Outrossim, Martens (2004) considera que a combinação da bicicleta com um transporte público oferece uma série de benefícios ambientais, como a redução na utilização de energia e na poluição atmosférica e sonora.

Segundo Pucher e Buehler (2006a), a maioria das grandes cidades canadenses exige o fornecimento privado de estacionamento de bicicletas em seus códigos de zoneamento e construção, tornando a oferta pública de estacionamento de bicicletas nas calçadas e nas estações de transporte público, uma prioridade máxima. Ainda no cenário canadense, existem políticas específicas na cidade de Toronto para incentivar a integração do transporte público ao ciclismo. Além disso, estruturas específicas instaladas nos meios de transporte coletivos permitem que as bicicletas sejam transportadas, bem como estacionadas, haja vista o fornecimento de estacionamento nas paradas de transporte (PUCHER; BUEHLER, 2006b).

Em Paris, a *Vélib'* disponibiliza aproximadamente 20 mil bicicletas públicas em suas 1.800 estações próximas ao sistema de metrô (FISHMAN, 2016). Em Montreal, no Canadá, ciclistas com mais de 14 anos ou menores acompanhados por adultos podem levar a bicicleta no metrô no intervalo de 10h às 15h, e após as 19h de segunda à sexta-feira. Em finais de semana e feriados, é permitido levar a bicicleta em qualquer horário no primeiro vagão do metrô, com, no máximo, 4 bicicletas por vez (MONTREAL, 2017).

2.3.12 Poluição

A poluição atmosférica causada pela grande quantidade de automóveis compromete a saúde do ciclista, que está mais suscetível a doenças respiratórias quando comparado aos demais usuários da via, por respirar mais vezes por minuto e mais profundamente, inalando mais poluentes (KRENN; OJA; TITZE, 2015).

2.3.13 Segurança e conforto

O ciclista enfrenta problemas diários inerentes à atividade ciclística pois, diferentemente dos automóveis, que possuem uma complexa estrutura para aumentar a segurança, como *airbags*, cinto de segurança e toda a estrutura externa, ele possui apenas seu corpo e sua vestimenta como proteção.

Nesse contexto, Dijkstra e Pucher (2000) afirmam que a conduta do motorista é essencial para garantir a segurança do ciclista nas vias compartilhadas. A título de exemplo, os atropelamentos por automóveis representam 90% das mortes envolvendo bicicletas.

Para Crow (2011), evitar conflitos em cruzamentos, segregar os diferentes tipos de veículos, reduzir a velocidade dos automotores nas vias, assegurar condições de tráfego uniforme, fornecer pavimento não danificado, bem como iluminação e sinalização eficazes, são formas de garantir a segurança dos ciclistas nas vias e incentivar o uso do modal para realização de viagens diárias.

2.3.14 Seguridade pessoal

As cidades que possuem fiscalização precária, policiamento ineficiente e descaso com a infraestrutura cicloviária, geralmente têm seu número de ciclistas bem reduzido (PEZZUTO; SANCHES, 2003). As mulheres, por exemplo, tendem a utilizar menos a

bicicleta do que os homens em cidades onde não é seguro andar de bicicleta desacompanhado (RIETVELD; DANIEL, 2004; NERI, 2012). Já em países cujo relacionamento com as bicicletas é mais maduro, como Holanda, Alemanha e Dinamarca, e onde a segurança não é uma preocupação grave, o uso da bicicleta entre homens e mulheres chega a ser igual, tendo, em algumas localidades, mais mulheres do que homens pedalando (RIETVELD; DANIEL, 2004).

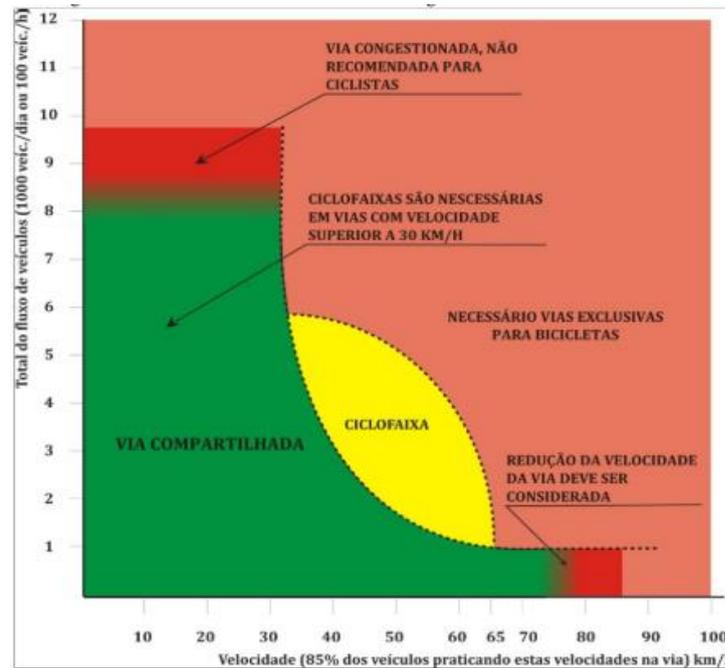
2.3.15 Topografia

A topografia influencia diretamente no esforço físico necessário para a pedalada. Na Holanda, de acordo com Rietveld e Daniel (2004), cidades que possuem desníveis topográficos, com presença de aclives e declives acentuados, têm uma redução de até 74% no uso da bicicleta como modo de transporte em relação às demais cidades holandesas. Além disso, idade, pré-disposição à atividade física e disposição para prática de exercício são apontadas por Pezzuto e Sanches (2003) e por Winters (2011) como fatores determinantes na opção pela bicicleta.

2.3.16 Velocidade

Diminuir a diferença de velocidade entre o tráfego motorizado e o não motorizado é elemento chave para implantar espaços mais seguros aos ciclistas. Na pesquisa realizada por César (2014) correlacionou-se velocidade de segurança com volume de tráfego para cada tipologia de via, como pode ser visto no Gráfico 1:

Gráfico 1 - Correlação entre velocidade de segurança e volume de tráfego

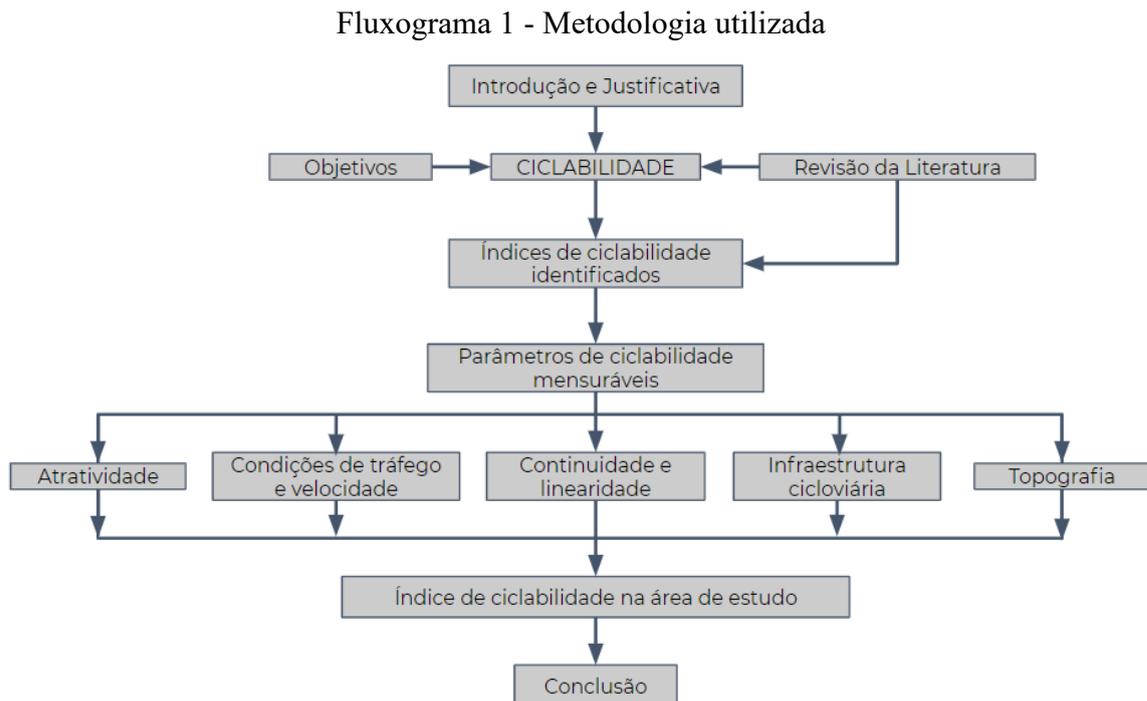


Fonte: César (2014).

A área em verde, que representa vias com velocidades inferiores a 30 km/h, possui relação velocidade x volume de tráfego razoável, não sendo necessária a implantação de nenhuma medida exclusiva para o trânsito de bicicletas, pois a velocidade reduzida dos automóveis fornece a segurança que o ciclista necessita (CÉSAR, 2014). Para César (2014), a área em amarelo do Gráfico 1 representa locais onde a instalação de ciclofaixas é recomendada por possuírem uma relação velocidade x volume de tráfego que causam insegurança aos ciclistas. Em rosa está representada a área em que as velocidades e/ou o volume de tráfego são elevados, sendo necessária a implantação de vias exclusivas para o uso da bicicleta.

3 METODOLOGIA

Para cumprir o objetivo proposto pela pesquisa, foram necessárias análises que possibilitassem a obtenção de um método para avaliar as vias de bicicleta na cidade de Juiz de Fora. O Fluxograma 1 apresenta o percurso metodológico utilizado:



Fonte: Adaptado de Hartanto (2017).

Inicialmente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica para entender a ciclabilidade e quais são as formas mais utilizadas para se avaliar a qualidade do sistema cicloviário de uma cidade, com ênfase na infraestrutura.

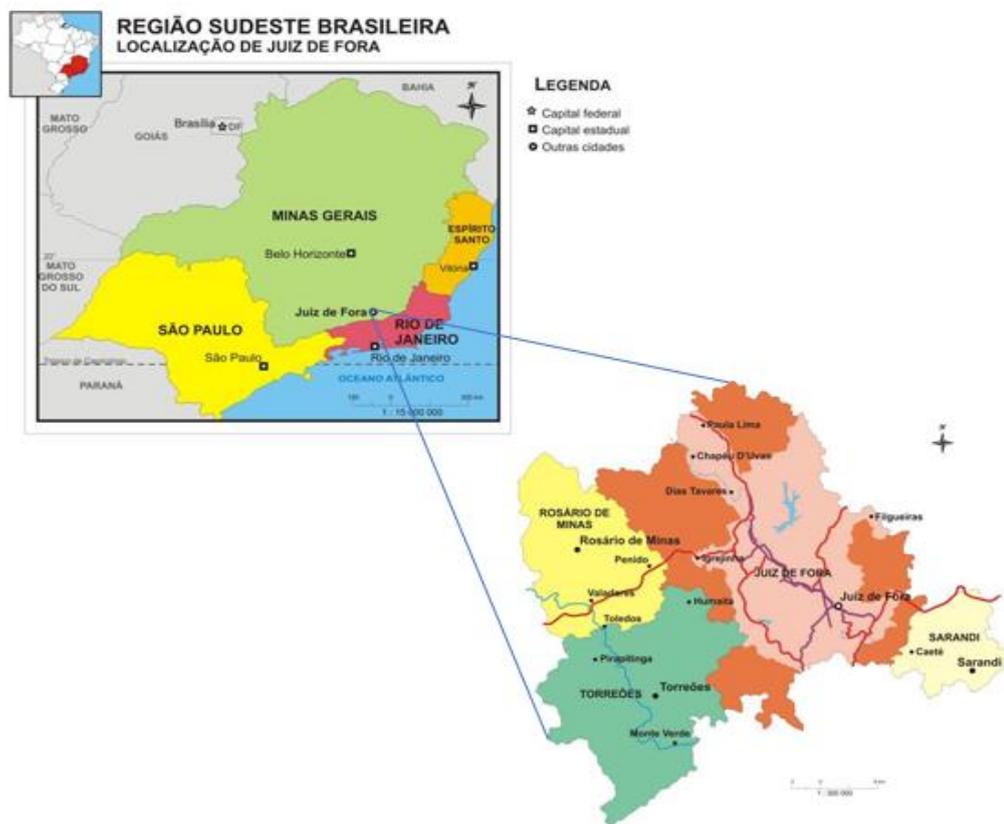
Conhecendo a área em estudo, foi realizada a coleta dos dados através de programas disponibilizados gratuitamente na internet – *Google Earth* e *Google Street View*, para posterior medição dos parâmetros.

Os parâmetros utilizados nesta pesquisa estão baseados nos cinco princípios de uma infraestrutura cicloviária estabelecidos por Crow (2011) como sendo estimuladores à utilização da bicicleta: ser coerente, segura, atrativa, confortável e direta. Além disso, esta pesquisa baseou-se no estudo de Hartanto (2017) para a região de Arnhem-Nijmegen, na Holanda. Nesse cenário, o autor obteve o Índice de Ciclabilidade para a localidade avaliando seis critérios: condições de tráfego, conectividade, infraestrutura, meio ambiente, estacionamento de bicicletas.

3.1 ÁREA EM ESTUDO – JUIZ DE FORA, MINAS GERAIS

A cidade de Juiz de Fora está localizada na Zona da Mata de Minas Gerais, com uma área administrativa de 1.429,87 km², sendo que apenas 317,74 km² estão no perímetro urbano (JUIZ DE FORA, 2016b). A localização geográfica de Juiz de Fora-MG pode ser observada no Mapa 1:

Mapa 1- Localização geográfica da cidade de Juiz de Fora/MG



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2005).

A cidade possui relevo visual naturalmente acidentado, enfatizando-se, em primeiro lugar, o Morro do Imperador, que é limitador da expansão urbana no sentido Oeste e importante referencial para a cidade (CASTAÑON, 2011). De acordo com dados da Prefeitura de Juiz de Fora, cerca de 2% do território juiz-forano é plano, 15% da formação geológica é típica de serras, e os 83% restantes do terreno são mares de morro (JUIZ DE FORA, 2016b).

Nos últimos anos, o município passou por um intenso e acelerado processo de crescimento demográfico e de expansão urbana. Segundo os dados dos Censos Demográficos

do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população municipal, que era de 238.510 habitantes em 1970, atingiu o total de 516.247 habitantes em 2010. A taxa de urbanização, que era de 92,40% em 1970, chegou a 98,86% em 2010 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010). Acompanhando o crescimento populacional, a frota de veículos cresceu de 188.211 em 2010 para 268.468 em 2019 (MINAS GERAIS, 2019).

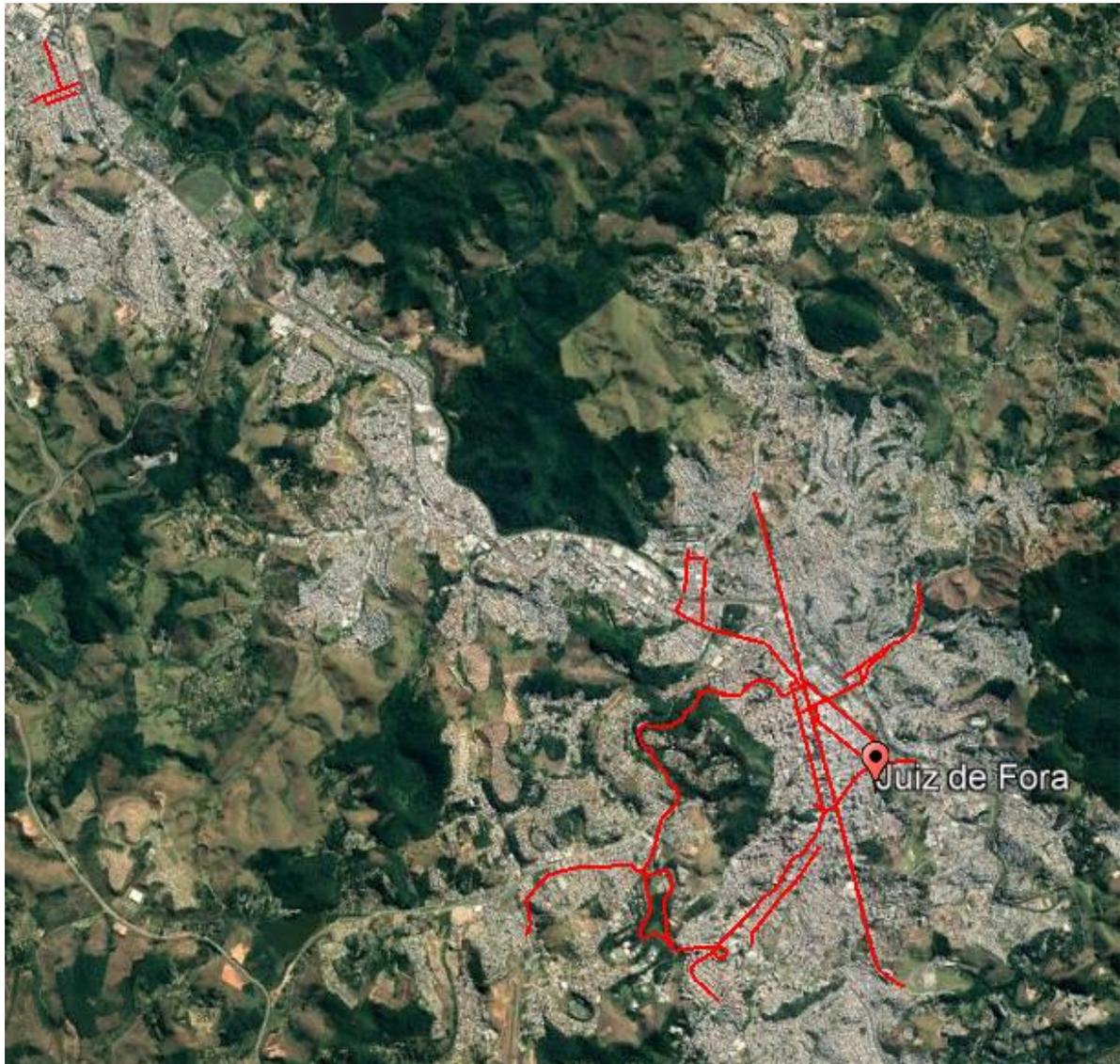
Com efeito, a situação da mobilidade urbana na cidade de Juiz de Fora merece certos cuidados, pois vem apresentando sérios sinais de deterioração, com longos congestionamentos, passageiros esperando por horas o transporte público, acidentes e poluição, principalmente no centro na cidade. Nesse cenário, segundo o PlanMob-JF, o município cresce sem uma política de mobilidade urbana voltada para o interesse do cidadão (JUIZ DE FORA, 2016a).

Segundo Valente (2015), o pavimento presente nas ruas e avenidas de Juiz de Fora é antigo e está com sua capacidade de carga comprometida devido ao intenso tráfego de automóveis, apresentando rachaduras, irregularidades e diversas emendas. De acordo com a Empresa Municipal de Pavimentação e Urbanização (Empav), em entrevista cedida à Valente (2015), grande parte da cidade teve seu pavimento flexível, material usado em 1.021 km das vias de Juiz de Fora, aplicado há aproximadamente 30 anos, sendo que o material possui a vida útil de 14 anos, em média.

A manutenção da iluminação nas vias públicas da cidade é realizada pela Empav. Nesse aspecto, o projeto de instalações de postes e luminescência das lâmpadas segue a Norma 5101:1992, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que apresenta requisitos mínimos necessários para proporcionar segurança ao tráfego de pedestres e veículos, e no Manual de Distribuição: Projetos de Iluminação Pública, da Companhia de Energia Elétrica de Minas Gerais (Cemig), de 2012 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992; COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS, 2012).

No que tange às vias voltadas à bicicleta, dos 1.021 km de vias pavimentadas de Juiz de Fora, apenas 37,37 km são vias cicláveis. Nesse contexto, apesar de não haver ciclovias, a cidade conta com dois tipos de infraestrutura para o ciclismo: uma ciclofaixa, limitada ao anel viário da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), e ciclorrotas distribuídas pela Avenida Barão do Rio Branco, Avenida Getúlio Vargas, Avenida Francisco Bernardino, Rua Vitorino Braga, Zona Sul, Rua São Mateus, Cidade Alta, Rua Santo Antônio, Avenida dos Andradas, Avenida Presidente Itamar Franco e Bairro Benfica (JUIZ DE FORA, 2016a), como pode ser observado na Figura 5:

Fotografia 1 - Demarcação das vias cicláveis em Juiz de Fora



Fonte: Adaptado de Google Earth (2020).

Importa ressaltar que possíveis erros de medição da ferramenta, dada a escala da análise urbana, foram desconsiderados para a obtenção dos dados da pesquisa. O levantamento referente a semáforos, interseções, cruzamentos, sinalização horizontal e vertical, iluminação das vias, e suas condições, foi obtido pelo *Google Maps*.

Além disso, para a análise da iluminação das vias também foi utilizado o Projeto de Iluminação Pública disponibilizado pela Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig), em que foi possível obter dados referentes à altura e à distância entre postes de iluminação pública. Já para a determinação da qualidade do pavimento, foi realizada pesquisa de dados disponibilizados eletronicamente pela Empresa Municipal de Pavimentação e Urbanização (Empav) de Juiz de Fora.

3.3 FORMULAÇÃO DO ÍNDICE

Neste item estarão presentes os parâmetros, indicadores e variáveis, suas respectivas equações e normalização dos indicadores. Em seguida, serão apresentados os parâmetros com explicações referentes a cada variável e suas nomenclaturas.

3.3.1 Parâmetros, indicadores e suas variáveis

Com base na revisão da literatura foi possível identificar uma lista de parâmetros para avaliar o Índice de Ciclabilidade em um local. Para esta pesquisa serão utilizados os cinco princípios propostos por Crow (2011): coerência, segurança, atratividade, conforto e o fato de “ser direta”. Importa ressaltar que na presente formulação de Índice de Ciclabilidade, a seguinte nomenclatura foi usada: parâmetro, indicador, variável, níveis de serviço.

Nesse contexto, “parâmetro” é definido como uma regra ou princípio para avaliar ou testar algo. Cada parâmetro possui indicadores (um ou mais), que são atributos de cada parâmetro. Cada um dos indicadores possui um método de medição das variáveis e cada variável é representada por níveis de serviço. Assim, o valor mais alto de nível de serviço é 1, o que significa que a variável aproxima-se da condição ideal, enquanto o valor mais baixo é 0, significando que a variável está longe da condição ideal. Os critérios, indicadores, medida, variáveis de medida e nível de variável são mostrados no Quadro 2:

Quadro 2 - Parâmetros, indicadores e suas variáveis

Parâmetro	Indicador	Descrição das variáveis	Nível de serviço
ATRATIVIDADE	Vias próximas a lagos e rios	Porção das vias próximas a áreas de lagos e rios	1,00
		Porção das vias distantes de áreas de lagos e rios	0,50
	Vias próximas a áreas verdes	Porção das vias próximas a áreas arborizadas	1,00
		Porção das vias distante de áreas arborizadas	0,50
	Vias próximas a áreas construídas	Porção das vias próximas a ambientes edificadas	1,00
		Porção das vias distante de ambientes edificadas	0,50
CONDIÇÕES DO TRÁFEGO	Velocidade máxima de veículos motorizados	Porção de via com velocidade máxima de 30 km/h	1,00
		Porção de via com velocidade entre 30 km/h e 50 km/h	0,67
		Porção de via com velocidade > 50 km/h	0,33
	Interrupção de tráfego de bicicleta	Porção das vias com poucas interrupções	1,00
		Porção das vias com moderadas interrupções	0,67
		Porção das vias com muitas interrupções	0,33
CONNECTIVIDADE	Densidade de cruzamentos	Com semáforo	-
		Sem semáforo	-
	Densidade de vias cicláveis	Densidade de vias cicláveis	-
INFRAESTRUTURA	Tipo de via	Ciclovias	1,00
		Ciclofaixa	0,67
		Ciclorrota	0,33
	Qualidade da superfície da via	Bom	1,00
		Razoável	0,67
		Ruim	0,33
	Qualidade na iluminação	Boa	1,00
		Limitada	0,67
		Ausente	0,33
TOPOGRAFIA	Porcentagem de inclinação das vias	<1%	1,00
		1-2%	0,75
		2-4%	0,50
		>4%	0,25

Fonte: Adaptado de Hartanto (2017).

Para mensurar cada indicador, são utilizadas as equações apresentadas no Quadro 3:

Quadro 3 - Indicadores e suas equações

Parâmetro	Indicador	Equação
ATRATIVIDADE	Vias próximas a lagos e rios	$SCORE: \frac{l_{\text{próximas a lagos e rios}} * 1 + l_{\text{distantes de lagos e rios}} * 0,5}{L}$
	Vias ao longo de áreas arborizadas	$SCORE: \frac{l_{\text{próxima a área verde}} * 1 + l_{\text{distantes de áreas verdes}} * 0,5}{L}$
	Vias próximas a áreas construídas	$SCORE: \frac{l_{\text{próximas a área construída}} * 1 + l_{\text{distantes de área construída}} * 0,5}{L}$
CONDIÇÕES DO TRÁFEGO	Velocidade máxima dos veículos motorizados	$SCORE: \frac{\frac{l_{30km}}{h} * 1 + \frac{l_{50km}}{h} * 0,67 + l_{>50km} * 0,33}{L}$
	Interrupções do tráfego de bicicletas	$SCORE: \frac{l_p * 1 + l_{Me} * 0,67 + l_{Mu} * 0,33}{L}$
CONECTIVIDADE	Densidade de interrupções (com e sem semáforo)	$SCORE \text{ (sem semáforo)}: \frac{N \text{ (sem semáforo)}}{L(pav)}$ $SCORE \text{ (com semáforo)}: \frac{N \text{ (com semáforo)}}{L(pav)}$
	Densidade das vias cicláveis	$SCORE \text{ (vias cicláveis)}: \frac{\text{Comprimento de vias cicláveis (L)}}{L(pav)}$
INFRAESTRUTURA	Tipo de via	$SCORE: \frac{l_{\text{ciclovía}} * 1 + l_{\text{ciclofaixa}} * 0,67 + l_{\text{ciclorrota}} * 0,33}{L}$
	Qualidade da superfície da via	$SCORE: \frac{l_{\text{bom}} * 1 + l_{\text{razoável}} * 0,67 + l_{\text{ruim}} * 0,33}{L}$
	Qualidade da iluminação da via	$SCORE: \frac{l_{\text{bom}} * 1 + l_{\text{limitada}} * 0,67 + l_{\text{ausente}} * 0,33}{L}$
TOPOGRAFIA	Porcentagem de inclinação das vias cicláveis	$SCORE: \frac{l_{<1\%} * 1 + l_{1-2\%} * 0,75 + l_{2-3\%} * 0,5 + l_{>4\%} * 0,25}{L}$

Fonte: Adaptada de Hartanto (2017).

Dessa forma, após a obtenção dos valores para cada indicador, eles foram pesados, somados e multiplicados pelo peso de cada parâmetro, de acordo com os valores apresentados na Tabela 2:

Tabela 2 - Normalização dos parâmetros

Parâmetro	Indicadores	Peso
ATRATIVIDADE	Vias próximas a lagos e rios	0,33
	Vias próximas a áreas construídas	0,33
	Vias próximas a áreas verdes	0,33
Parâmetro	Indicadores	Peso
CONDIÇÕES DO TRÁFEGO	Velocidade máxima de veículos motorizados	0,50
	Interrupção de tráfego de bicicletas	0,50
Parâmetro	Indicadores	Peso
CONNECTIVIDADE	Densidade da interseção (com semáforo)	0,33
	Densidade de interseção (sem semáforo)	0,33
	Densidade das vias cicláveis	0,33
Parâmetro	Indicadores	Peso
INFRAESTRUTURA	Tipo de via	0,33
	Qualidade da superfície da via	0,33
	Qualidade da iluminação	0,33
Parâmetro	Indicadores	Peso
TOPOGRAFIA	Porcentagem de inclinação das vias	1,00

Fonte: Adaptada de Hartanto (2017).

Por conseguinte, com os valores normalizados de cada parâmetro, foi possível obter o valor do Índice de Ciclabilidade (IC), segundo a Equação 1:

$$IC = 0,2 * (\text{atratividade} + \text{condição do tráfego} + \text{conectividade} + \text{infraestrutura} + \text{topografia}) \quad (1)$$

3.4 APRESENTAÇÃO DOS PARÂMETROS

Este item apresenta as características de cada um dos cinco parâmetros analisados, seus indicadores, equações e resumo esquemático de cálculo.

3.4.1 Parâmetro 1: atratividade

A “atratividade” é considerada um dos critérios por influenciar no conforto e na proximidade com o meio ambiente. Para quantificar esse parâmetro, três indicadores são

atribuídos: vias ao longo de lagos e rios; vias ao longo de áreas arborizadas; e vias ao longo de área construída:

- a) vias ao longo de lagos e rios: um dos indicadores utilizados para mensurar a atratividade é a proporção de vias afastadas e próximas a lagos e rios. Para o cálculo desse indicador, as variáveis são classificadas em “próximas a lagos e rios” e “distantes de lagos e rios”. O valor de “próximo a lagos e rios” equivale a 1 e “distantes de lagos e rios” equivale a 0,5. Para produzir a pontuação deste parâmetro, as vias na área são selecionadas com base nas variáveis de medição e no comprimento de cada nível (l) multiplicado pelo seu nível de serviço, somado e dividido pelo comprimento total (L) (ciclofaixas + ciclorrotas). Dessa maneira, o indicador atratividade contribui positivamente para o Índice de Ciclabibilidade, pois a pontuação mais alta aumentará o índice;

$$SCORE: \frac{l_{\text{próximas a lagos e rios}} * 1 + l_{\text{distantes de lagos e rios}} * 0,5}{L} \quad (2)$$

- b) vias ao longo de área verde: a área verde é considerada como um indicador para os critérios ambientais, porque, com base em estudos anteriores, a área verde é considerada o fator que afeta o ciclista a escolher a rota. Assim, para o cálculo desse indicador, as variáveis são classificadas em “próxima a áreas verdes” e “distante de áreas verdes”. O valor de “próximo a áreas verdes” equivale a 1 e “distantes de áreas verdes” equivale a 0,5. Para produzir a pontuação deste parâmetro, as vias na área são selecionadas com base nas variáveis de medição e no comprimento de cada nível (l) multiplicado pelo seu nível de serviço, somado e dividido pelo comprimento total (L) (ciclofaixas + ciclorrotas). Este indicador contribui positivamente para o Índice de Ciclabibilidade, haja vista que a pontuação mais alta aumentará o índice;

$$SCORE: \frac{l_{\text{próxima a área verde}} * 1 + l_{\text{distantes de áreas verdes}} * 0,5}{L} \quad (3)$$

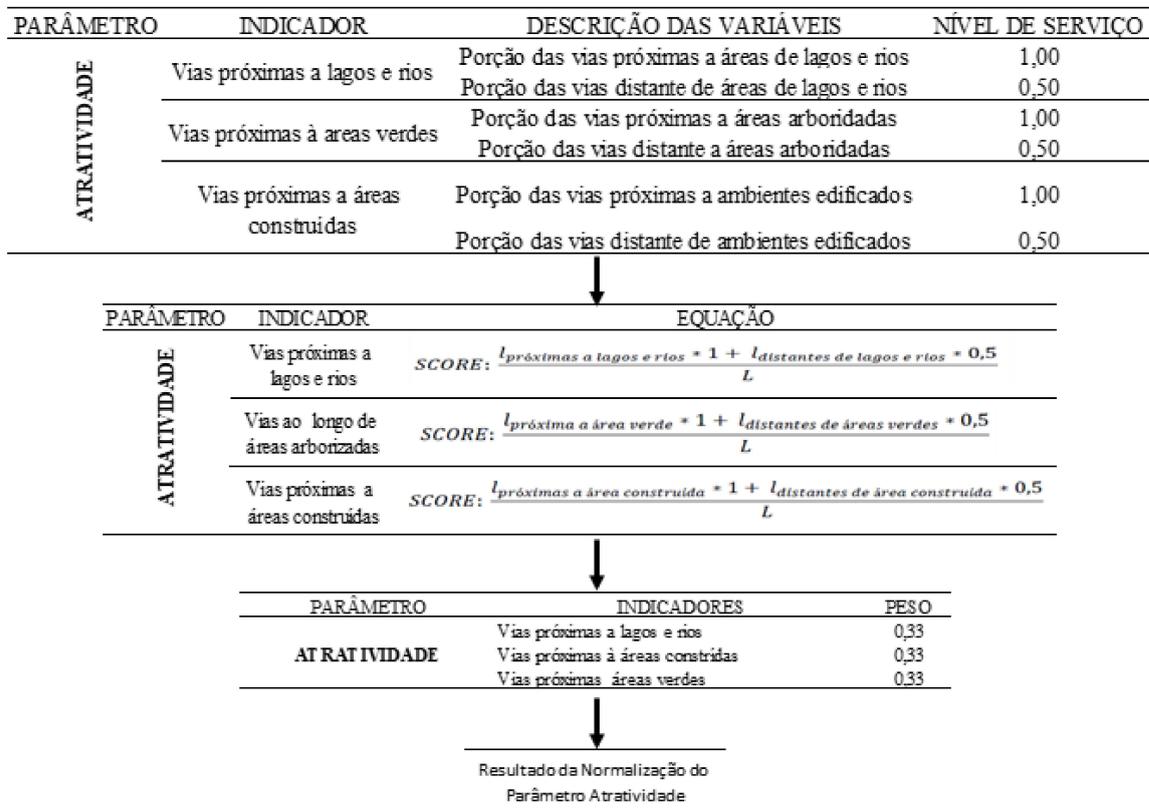
- c) vias ao longo de áreas construídas: as vias próximas a áreas construídas indicam que a infraestrutura cicloviária presente atende as pessoas que trabalham ou habitam próximo a elas. Para o cálculo deste indicador, as variáveis são

classificadas em “próxima a áreas construídas” e “distante de áreas construídas”. O valor de “próximo a áreas construídas” equivale a 1 e “distantes de áreas construídas” equivale a 0,5. Para produzir a pontuação deste parâmetro, as vias na área são selecionadas com base nas variáveis de medição e no comprimento de cada nível (l) multiplicado pelo seu nível de serviço, somado e dividido pelo comprimento total (L) (ciclofaixas + ciclorrotas). Este indicador contribui positivamente para o Índice de Ciclabilidade, pois a pontuação mais alta aumentará o índice.

$$SCORE: \frac{l_{\text{próximas a área construída}} * 1 + l_{\text{distantes de área construída}} * 0,5}{L} \quad (4)$$

O Esquema 1 apresenta o cálculo total deste parâmetro:

Esquema 1 - Sequência para cálculo do parâmetro Atratividade



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

3.4.2 Parâmetro 2: condição de tráfego

A “condição de tráfego” é um dos critérios utilizados para medir o Índice de Ciclabilidade. Nesse sentido, as boas condições do tráfego apoiarão um ciclismo mais confortável e seguro. Os indicadores selecionados para medir esse critério são: velocidade motorizada máxima e interrupção do tráfego:

- a) velocidade máxima de veículos motorizados: a estrada com baixa velocidade de veículos motorizados aumentará a segurança dos ciclistas. Nesse contexto, na Holanda, dentro das áreas construídas, a velocidade máxima é de 30 km/h ou 50 km/h, e fora da área construída os valores podem ser diferentes, mas todos estão acima de 50 km/h. Neste estudo, são consideradas três classes de velocidade máxima: 30; 50 e acima de 50 km/h. Os níveis variáveis são de 1; 0,67; ou 0,33, o que significa que as estradas com velocidade máxima de 30 km/h são as mais seguras e assumem o valor igual a 1, enquanto que para 50 km/h o valor é de 0,67 e, finalmente, estradas com velocidade máxima mais alta assumem o valor mais baixo, igual a 0,33. Para produzir a pontuação deste indicador, toma-se o comprimento das vias de cada um dos três níveis máximos de velocidade (l) multiplicados pelo seu nível variável (1; 0,67 ou 0,33), dividido pelo somatório total (L) das vias cicláveis (ciclorrotas). Este indicador contribui positivamente para o Índice de Ciclabilidade, tendo em vista que a pontuação mais alta aumentará o índice;

$$SCORE: \frac{\frac{l_{30km}}{h} * 1 + \frac{l_{50km}}{h} * 0,67 + \frac{l_{>50km}}{h} * 0,33}{L} \quad (5)$$

- b) interrupção do tráfego: a interrupção do tráfego é considerada como indicador porque poucas interrupções do tráfego, principalmente aquelas localizadas próximas a cruzamentos e interseções, aumentam a segurança e o conforto dos ciclistas (FIETSERSBOND, 2016). Três categorias de serviço serão analisadas para este indicador:
- poucas interrupções (P): são caracterizadas por vias locais em que há pouco tráfego de automóveis e a velocidade máxima fica próxima a 30 km/h. Os ciclistas trafegam com maior segurança em vias com essas características;

- médias interrupções (Me): os locais de médias interrupções geralmente são aqueles em que as vias possuem um número considerável de interseções e de cruzamentos, possuindo semáforos ou não. A velocidade do tráfego de automóveis varia entre 30 km/h e 50 km/h. As velocidades mais elevadas dos automóveis reduzem a percepção de segurança pelos ciclistas;
- muitas interrupções (Mu): são aquelas vias que apresentam risco aos ciclistas por haver trânsito constante de veículos em alta velocidade – acima de 50 km/h.

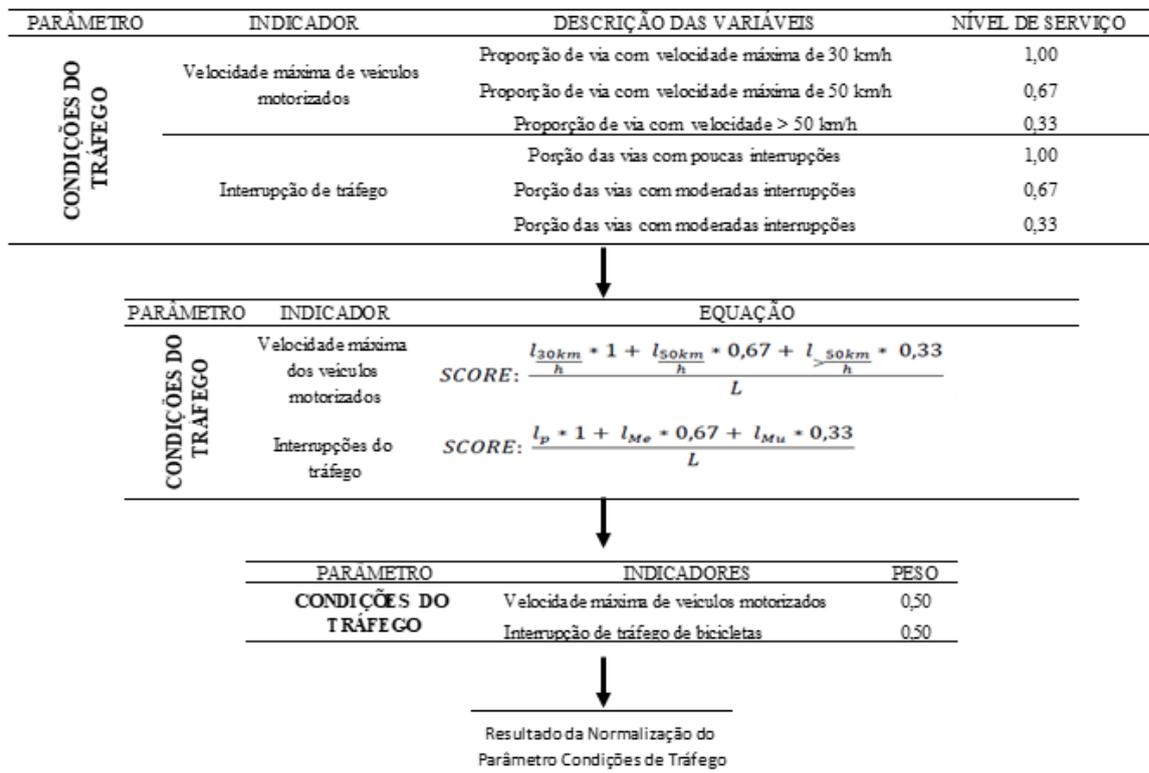
Os níveis de serviço são 1; 0,67 ou 0,33, o que significa que as estradas com poucas interrupções no tráfego são as mais seguras e assumem o valor igual a 1, enquanto que para uma interrupção razoável do tráfego, o valor é 0,67 e, finalmente, as estradas com muitas interrupções no tráfego assumem o valor mais baixo, igual a 0,33. O cálculo da proporção é dado pelo comprimento das vias em uma das três categorias de interrupção do tráfego (l) multiplicado pelos seus respectivos níveis de serviço (1; 0,67 ou 0,33), dividido pelo comprimento total das vias cicláveis (ciclorrotas).

$$SCORE: \frac{l_p * 1 + l_{Me} * 0,67 + l_{Mu} * 0,33}{L} \quad (6)$$

Este indicador contribui positivamente para o Índice de Ciclabilidade, pois a pontuação mais alta aumentará o índice.

O Esquema 2 representa o cálculo total deste parâmetro:

Esquema 2 - Sequência para cálculo do parâmetro Condições do Tráfego



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

3.4.3 Parâmetro 3: conectividade

A “conectividade” é um critério importante para apoiar a coerência, sendo o principal componente do bom bairro. A medição da conectividade das vias dá-se por meio de dois indicadores: a densidade das interseções (com e sem semáforo), e a densidade de vias cicláveis:

- a) densidade de interseção (com e sem semáforos): para mensurar a conectividade, os cruzamentos são divididos em dois tipos: cruzamento com semáforos e sem semáforos. Não há, para nível de serviço, diferença entre os dois tipos. Destarte, um número maior de densidades de cruzamentos, com e sem semáforos, indica mais paradas que assumiram menor conectividade. O valor da densidade é calculado pelo número de interseções e cruzamentos com e sem semáforo (N), dividido pelo comprimento total de vias pavimentadas na cidade L(pav). A densidade da interseção é atribuída como a pontuação para esses indicadores. Este indicador contribui negativamente para o Índice de ciclabilidade, pois a pontuação mais alta diminuirá o índice;

$$SCORE \text{ (sem semáforo)}: \frac{N \text{ (sem semáforo)}}{L(pav)} \quad (7)$$

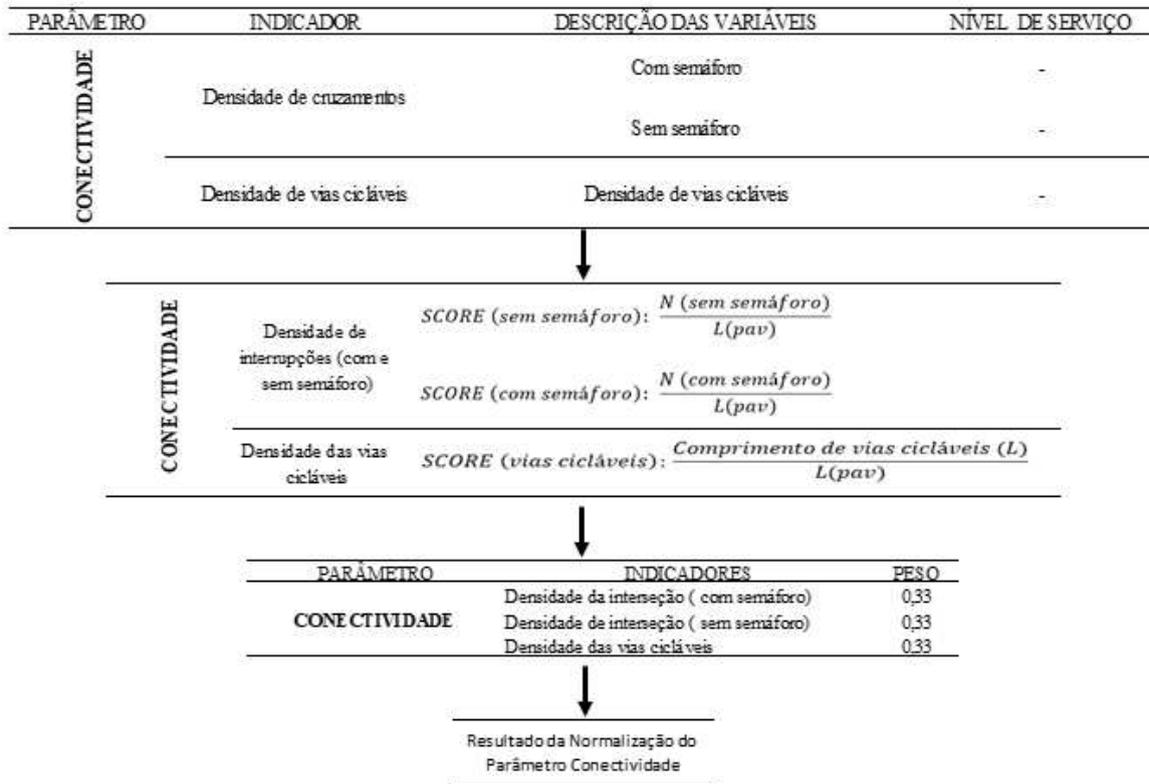
$$SCORE \text{ (com semáforo)}: \frac{N \text{ (com semáforo)}}{L(pav)} \quad (8)$$

- b) densidade das vias cicláveis: a densidade das vias cicláveis é medida da mesma forma que a densidade de interseções. O cálculo é executado pelo número linear de vias cicláveis da cidade (L) dividido pelo número de vias pavimentadas da cidade L(pav). Um número maior indica uma maior densidade de vias cicláveis e, presumivelmente, maior conectividade. Este indicador contribui positivamente para o Índice de Ciclabilidade, visto que a pontuação mais alta aumentará o índice.

$$SCORE \text{ (vias cicláveis)}: \frac{\text{Comprimento de vias cicláveis (L)}}{L(pav)} \quad (9)$$

No Esquema 3 é possível verificar o processo para o cálculo da conectividade:

Esquema 3 - Sequência para cálculo do parâmetro Conectividade



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

3.4.4 Parâmetro 4: infraestrutura

As boas condições da “infraestrutura” influenciam a atividade ciclística, pois é comumente ligada à segurança e ao conforto. Para medir este critério, são selecionados três indicadores: tipo de estrada, qualidade da superfície da estrada e iluminação pública:

- a) tipo de estrada: o tipo de estrada refere-se às condições da estrada para fornecer as ciclovias aos ciclistas. Tal indicador afeta o ciclismo, à medida que cada tipo fornece diferentes instalações. O método de medição é a proporção de ciclovias. Os níveis de serviço são 1; 0,67 ou 0,33, o que significa que ciclovias são as mais seguras para os ciclistas e assumem o valor igual a 1; enquanto que para ciclofaixas, o valor é 0,67; e, finalmente, as ciclorrotas assumem o valor mais baixo, igual a 0,33. O cálculo da proporção é dado pelo comprimento das vias em uma das três categorias de tipo de estrada (I) multiplicado pelos seus respectivos níveis de serviço (1; 0,67 ou 0,33), dividido pelo comprimento total das vias cicláveis (ciclofaixas + ciclorrotas). Este indicador contribui positivamente para o Índice de Ciclabilidade, pois a pontuação mais alta aumentará o índice;

$$SCORE: \frac{l_{ciclovía} * 1 + l_{ciclofaixa} * 0,67 + l_{ciclorrota} * 0,33}{L} \quad (10)$$

b) qualidade da superfície da estrada: a qualidade do pavimento está diretamente relacionada à comodidade e à segurança do ciclista. Para medir a qualidade da superfície da estrada são utilizadas as faixas de ciclismo com boa qualidade da superfície da via como métodos de medição. Três níveis de serviço são analisados por esse indicador:

- boa qualidade: via preferencialmente asfaltada, com poucas ondulações, bem pavimentada, com poucas ou nenhuma fissura ou depressão, de modo que o ciclista não sinta incômodo por vibração;
- qualidade razoável: estrada de asfalto com ausência de defeitos óbvios, como rachaduras e buracos na superfície (até 2 cm de profundidade);
- má qualidade: via de asfalto com presença de depressões profundas ou na qual o ciclista experimenta fortes vibrações constantemente.

Os níveis de serviço são 1; 0,67 ou 0,33, o que significa que as vias com “boa qualidade” são as mais seguras para os ciclistas e assumem o valor igual a 1; para “qualidade razoável” o valor é 0,67; e finalmente, “má qualidade” assume o valor mais baixo, igual a 0,33. O cálculo da proporção é dado pelo comprimento das vias em uma das três categorias de qualidade da superfície da estrada (1) multiplicado pelos seus respectivos níveis de serviço (1; 0,67 ou 0,33), dividido pelo comprimento total das vias cicláveis (ciclofaixas + ciclorrotas). Este indicador contribui positivamente para o Índice de Ciclabilidade, haja vista que a pontuação mais alta aumentará o índice.

$$SCORE: \frac{l_{bom} * 1 + l_{razoável} * 0,67 + l_{ruim} * 0,33}{L} \quad (11)$$

c) qualidade da iluminação da rua: a boa qualidade da iluminação diminui o número de acidentes de bicicleta, principalmente à noite. Para medir este indicador, são utilizados dados acerca da proporção das vias com boa iluminação. Essa proporção é medida pelo comprimento das vias com boa iluminação, dividida pelo comprimento total das vias nas áreas. Este indicador é classificado em três níveis:

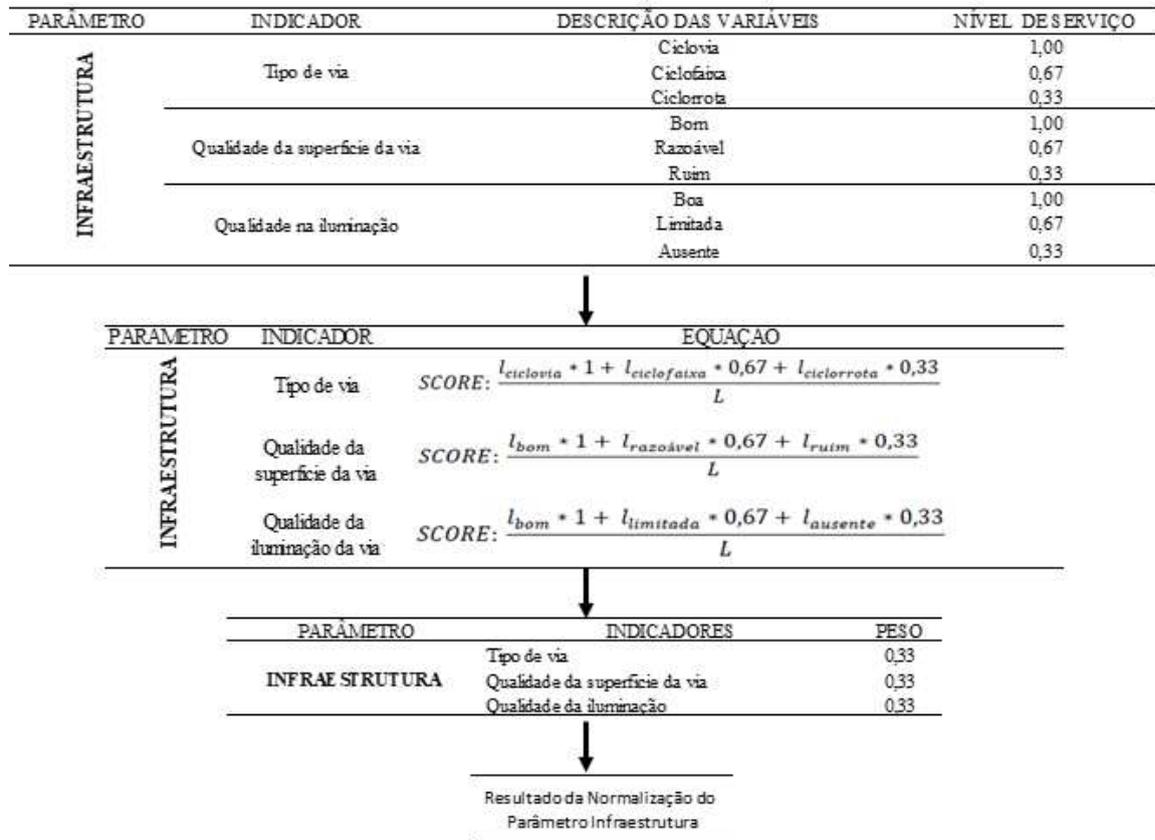
boa iluminação, iluminação limitada e sem iluminação. Com base no nível de iluminação, cada categoria recebe o valor: boa = 1, limitada = 0,67 e ausente = 0,33. A explicação de cada categoria é:

- boa: altura dos postes de luz com menos de 8 metros, não excedendo 60 metros um do outro; mastros de luz com mais de 8 metros e não mais de 80 metros de afastamento entre si;
- limitada: distâncias entre os postes são maiores. Tal categoria está presente fora da área urbana, geralmente sob a forma de iluminação direcionada, que, ocasionalmente, possui um poste de luz, seja em uma curva, estrada lateral ou na entrada de automóveis. Além disso, a faixa de rodagem principal é iluminada, mas a ciclovia ainda é bastante escura devido às árvores largas (no verão);
- sem iluminação: quando interseções iluminadas estão tão distantes que o ciclista não consegue ver a próxima interseção por causa de seu afastamento ou por causa das curvas. Este indicador contribui positivamente para o Índice de Ciclabilidade.

$$SCORE: \frac{l_{bom} * 1 + l_{limitada} * 0,67 + l_{ausente} * 0,33}{L} \quad (12)$$

O Esquema 4 mostra a sequência para o cálculo do parâmetro infraestrutura:

Esquema 4 - Sequência para cálculo do parâmetro Infraestrutura



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

3.4.5 Parâmetro 5: topografia

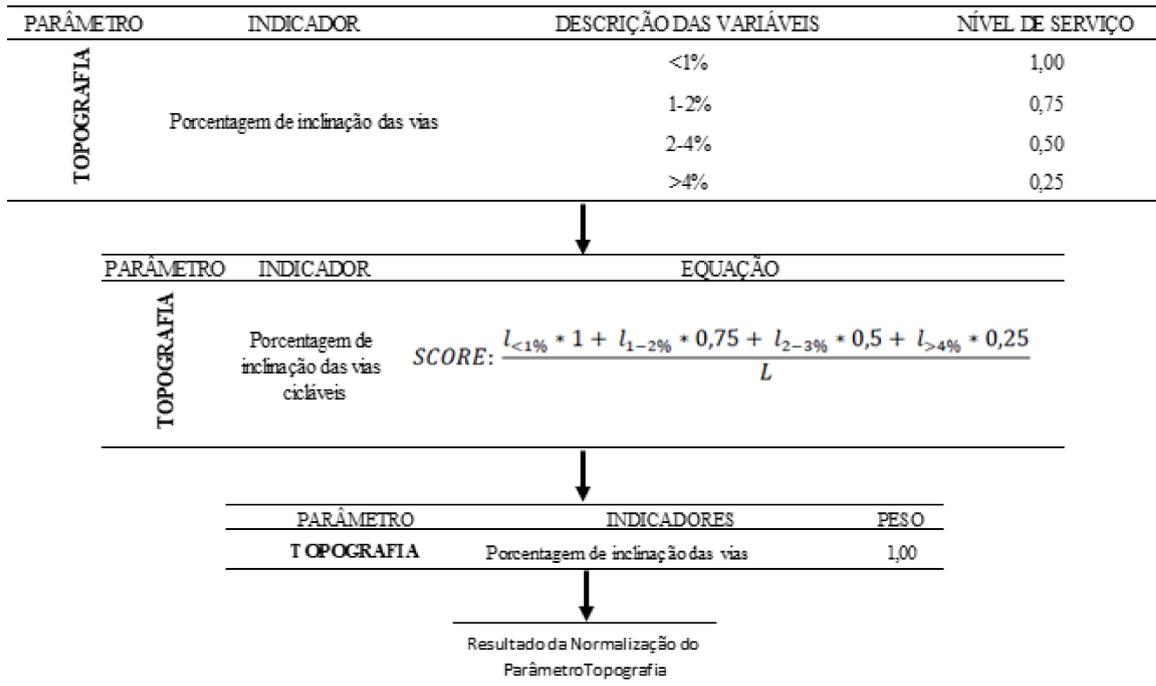
A “topografia” da área é um dos critérios que impactam o aspecto de conforto e atratividade. Os ciclistas evitarão a área com alta inclinação porque precisam de mais energia para andar de bicicleta. Os indicadores para medir este critério são a porcentagem de inclinação das ciclovias. O método para medir este indicador é a proporção de vias com baixa porcentagem de inclinação. No atributo de dados espaciais, existem dois tipos de inclinação: a média e a máxima. Hartanto (2017) divide este indicador em quatro categorias de valor da inclinação: <1%; 1-2%; 2-4%; e >4%. A menor inclinação recebe o valor correspondente a 1 e a mais alta recebe o valor correspondente a 0.

Para produzir a pontuação deste indicador, as vias da área são selecionadas com base nas variáveis de medição e no comprimento total de cada nível multiplicado pelo seu nível variável, somado e dividido pelo comprimento total das vias na área. Este indicador contribui positivamente para o Índice de Ciclabilidade, visto que a pontuação mais alta aumentará o índice.

$$SCORE: \frac{l_{<1\%} * 1 + l_{1-2\%} * 0,75 + l_{2-3\%} * 0,5 + l_{>4\%} * 0,25}{L} \quad (13)$$

O Esquema 5 mostra a seqüência para o cálculo do parâmetro topografia:

Esquema 5 - Sequência para cálculo do parâmetro Topografia



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo documento da Empav à Câmara Municipal de Juiz de Fora, a cidade possui 1.024.000,00 m de vias pavimentadas, sendo que apenas 37.373,43 m são vias compartilhadas (EMPRESA MUNICIPAL DE PAVIMENTAÇÃO E URBANIZAÇÃO, 2019). Dessa forma, os levantamentos com relação à atratividade, condições das vias, conectividade, infraestrutura e topografia foram realizados nos 37.373,43 m de vias demarcadas para a utilização da bicicleta. Os resultados foram obtidos pela análise quantitativa de rotas oficiais fornecidas de forma on-line pela Secretaria de Transporte e Trânsito (Settra), com suporte dos *softwares Google Earth Pro e Google Maps*, e tabelados em planilhas para auxílio dos cálculos. Os itens deste capítulo apresentam os resultados para cada um dos parâmetros na cidade de Juiz de Fora, *locus* desta pesquisa.

4.1 ATRATIVIDADE

A atratividade das vias cicláveis da cidade foram mensuradas pela proximidade a lagos e rios, áreas construídas e áreas verdes. Apesar de serem consideradas áreas verdes e associadas ao lazer e à prática de atividades físicas, áreas verdes, como a mata da UFJF e o Parque da Lajinha, não estão inseridas no perímetro urbano, local que concentra o maior volume de ciclorrotas.

A rota de acesso à região da UFJF pela parte oeste da cidade estende-se por uma área de densa vegetação, como é possível visualizar nas fotografias a seguir. Em contraponto, há um grande índice de atratividade nas rotas localizadas no perímetro urbano da cidade, devido à grande concentração de população e de edificações.

A Fotografia 2 mostra a ciclofaixa, localizada no *campus* da UFJF:

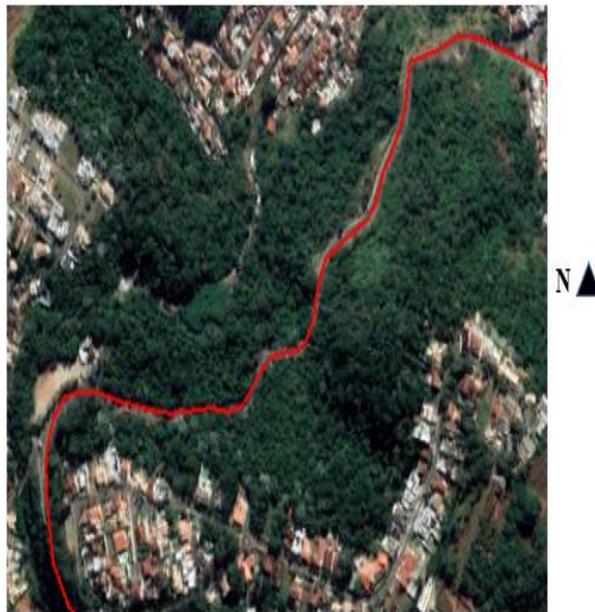
Fotografia 2 - Ciclofaixa do *campus* da UFJF



Fonte: Adaptada de Google Earth (2020).

Na Fotografia 3 visualiza-se a ciclorrota da Estrada Engenheiro Gentil Forn:

Fotografia 3 - Ciclorrota da Estrada Engenheiro Gentil Forn



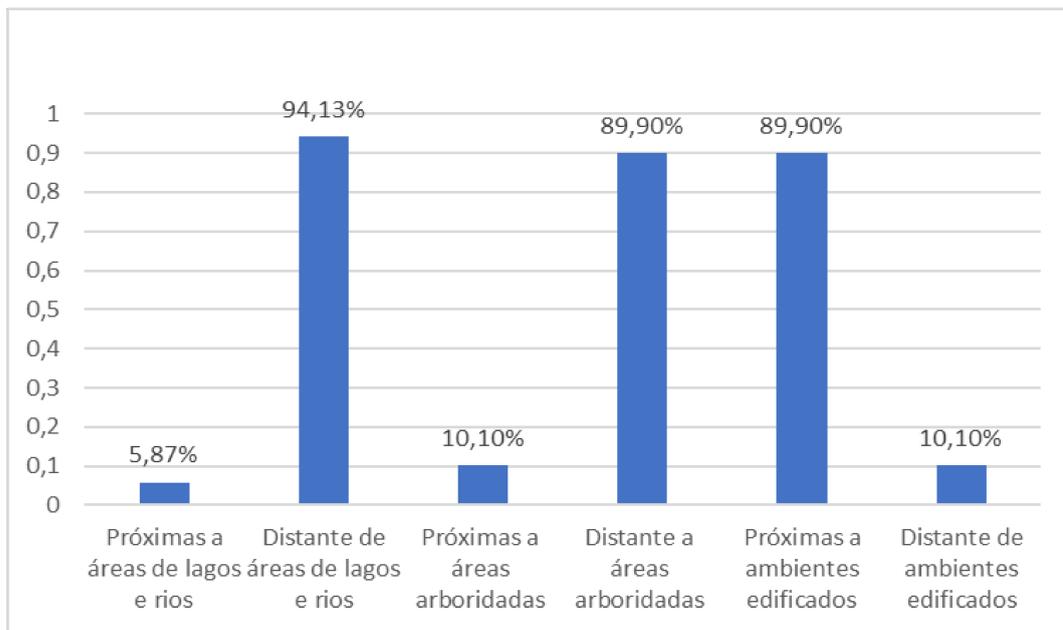
Fonte: Adaptada de Google Earth (2020).

As ciclorrotas possuem aproximadamente 35.179,43 km distribuídas pelo perímetro urbano da cidade, sendo que apenas 1.581 m das ciclorrotas – correspondentes à Estrada

Engenheiro Gentil Forn e à ciclofaixa da UFJF – estão dispostas próximas a áreas verdes e a lagos e rios. As demais ciclorrotas estão próximas à área urbana.

O Gráfico 2 apresenta uma visão geral de todas as vias voltadas para o transporte cicloviário de Juiz de Fora, organizadas percentualmente de acordo com os critérios de atratividade propostos no início deste item:

Gráfico 2 - Porcentagens do parâmetro Atratividade em Juiz de Fora



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Observa-se, a partir do Gráfico 2, que grande parte das ciclorrotas da cidade estão distantes de áreas com lagos e rios e de áreas arborizadas, sendo que 89,90% das rotas cicláveis da cidade estão próximas a áreas edificadas, o que, segundo Pikora *et al.*, (2003) e Crow (2011), não são consideradas áreas atrativas ao ciclismo.

A Tabela 3 apresenta o comprimento de cada via, em metros, com relação aos indicadores adotados para o parâmetro atratividade:

Tabela 3 - Valores para atratividade

Parâmetro	Indicador	Descrição das variáveis	Comprimento (m)
ATRATIVIDADE	Vias próximas a lagos e rios	Porção das vias próximas a áreas de lagos e rios	2.194,00
		Porção das vias distante de áreas de lagos e rios	35.179,43
	Vias próximas a áreas verdes	Porção das vias próximas a áreas arborizadas	3.775,00
		Porção das vias distante a áreas arborizadas	33.598,43
	Vias próximas a áreas construídas	Porção das vias próximas a ambientes edificadas	33.598,43
		Porção das vias distante de ambientes edificadas	3.775,00

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

4.2 CONDIÇÃO DO TRÁFEGO

A condição do tráfego é considerada um dos critérios por influenciar a segurança do ciclista. Para quantificar este parâmetro, dois indicadores são analisados: (1) velocidade dos veículos automotores nas vias e (2) interrupção do tráfego de bicicleta.

4.2.1 Velocidade

Dados de radares, apresentados no Anexo A e disponibilizados pelo Portal da Prefeitura de Juiz de Fora (PJF), apontam velocidade máxima de 60 km/h para as vias arteriais: Avenida Barão do Rio Branco, Avenida Getúlio Vargas, Avenida Francisco Bernardino, Avenida dos Andradas, Avenida Presidente Itamar Franco e Avenida Dr. Paulo Japiassu Coelho. As velocidades máximas de 30 km/h estão nas Ruas Jarbas de Lery Santos e José Lourenço Kelmer, e na Estrada Engenheiro Gentil Forn. As demais vias da cidade possuem velocidade variando entre 30 km/h e 50 km/h. Neste cálculo, são utilizadas apenas as ciclorrotas da cidade, o que corresponde a 35.179,43 m das vias pavimentadas da cidade. A ciclofaixa da UFJF não se encontra no perímetro urbano e sua utilização está voltada à prática de lazer e atividade física (JUIZ DE FORA, 2016a). A Tabela 4, a seguir, apresenta o comprimento de cada via, em metros, com relação à velocidade máxima dos automóveis:

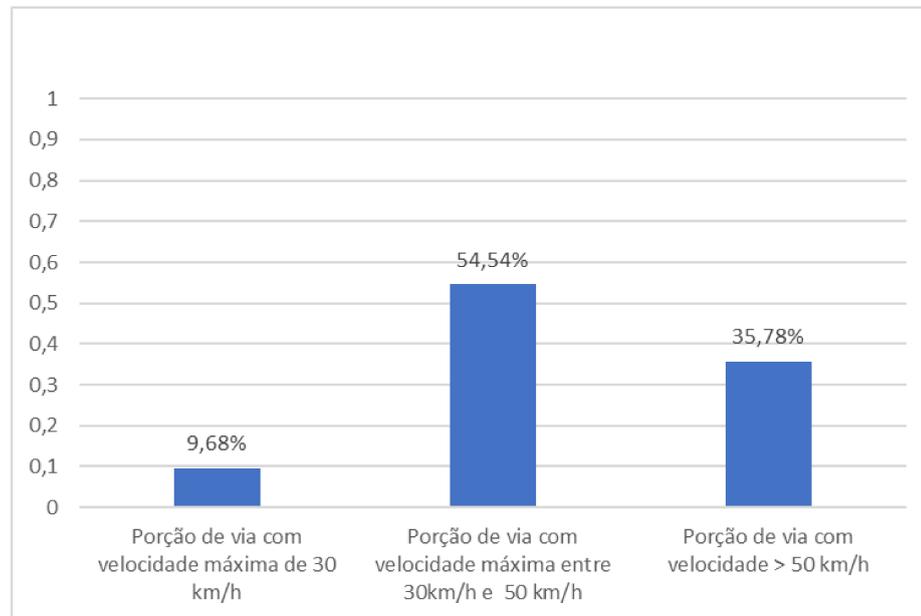
Tabela 4 - Valores para condições do tráfego e velocidade

Parâmetro	Indicador	Descrição das variáveis	Comprimento (m)
CONDIÇÕES DO TRÁFEGO	Velocidade máxima de veículos motorizados	Porção de via com velocidade máxima de 30 km/h	3.405,00
		Porção de via com velocidade entre 30 km/h e 50 km/h	19.186,43
		Porção de via com velocidade > 50 km/h	12.588,00

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

A partir dos dados, foi possível a confecção do Gráfico 3, posicionando as vias percentualmente de acordo com suas velocidades máximas:

Gráfico 3 - Caracterização das vias de Juiz de Fora com relação à velocidade máxima



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Analisando o Gráfico 3 é possível verificar que a maior parcela de vias na cidade, correspondente a 54,54%, possui velocidade entre 30 km/h e 50 km/h, o que, apesar de não ser uma velocidade que impossibilite o tráfego de bicicletas, pode representar falta de segurança para os ciclistas.

4.2.2 Interrupções do tráfego de bicicletas

A interrupção do tráfego de bicicletas tem correlação com a velocidade das vias cicláveis. Nesse escopo, as vias com velocidade máxima de 30 km/h, geralmente são vias locais, com pouco tráfego de veículos e velocidades mais reduzidas. Já as vias coletoras possuem velocidades um pouco mais elevadas, entre 30 km/h e 50 km/h, o que configura redução da segurança da via. Ressalta-se que as vias com velocidade acima de 50 km/h são praticamente inviáveis para o ciclismo.

A Tabela 5 apresenta o comprimento de cada via, em metros, com relação ao indicador adotado para o parâmetro condições do tráfego:

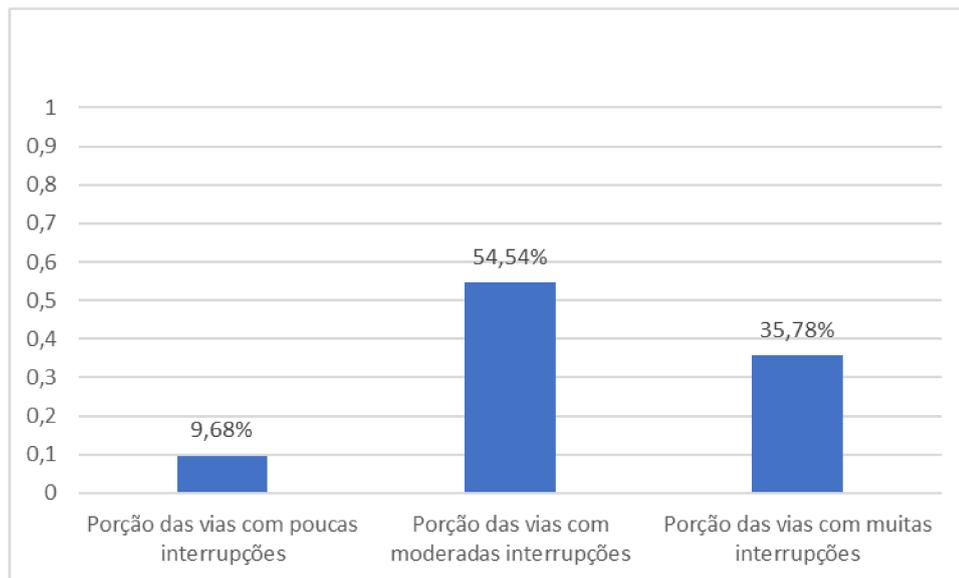
Tabela 5 - Valores para condições do tráfego e interrupções do tráfego de bicicleta

Parâmetro	Indicador	Descrição das variáveis	Comprimento (m)
CONDIÇÕES DO TRÁFEGO	Interrupção do tráfego de bicicleta	Porção das vias com poucas interrupções	3.405,00
		Porção das vias com moderadas interrupções	19.186,43
		Porção das vias com muitas interrupções	12.588,00

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

A partir desses dados, foi possível a confecção do Gráfico 4, posicionando as vias percentualmente de acordo com a interrupção do tráfego de bicicleta:

Gráfico 4 - Categorização das vias de Juiz de Fora de acordo com a quantidade de interrupções ao tráfego de bicicleta



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

É possível identificar, por meio da análise gráfica, que 54,54% das vias cicláveis de Juiz de Fora possuem interrupções moderadas, em virtude de grande parte das ruas serem coletoras, ou seja, coletam e distribuem o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade.

4.3 CONECTIVIDADE

O fator conectividade está diretamente associado à variedade de locais de interesse público potencialmente acessíveis por bicicleta. Em outras palavras, quanto mais compacta a cidade, melhor o acesso rápido a áreas funcionais, como comércio, indústria e residências, e maior a chance de se realizar o deslocamento por meio de bicicletas.

Assim, a conectividade pode ser descrita como diretamente proporcional à densidade de vias cicláveis, ou seja, quanto maior a densidade, maior a existência de vias convidativas ao ciclismo e, portanto, maiores as possibilidades de conexão por bicicleta entre dois pontos distintos dentro da cidade.

4.3.1 Densidade de interseções

Para a densidade de interseções, foi feito o levantamento das ruas e avenidas com relação as suas interseções, cruzamentos e presença ou não de semáforos, resultando em 0,138 para as interseções com semáforos e 0,126 para interseções sem semáforos. Os dados utilizados para os cálculos estão presentes no Anexo B.

4.3.2 Densidade de vias cicláveis

Para a densidade das vias cicláveis, foi realizada a divisão das vias em que é possível a utilização da bicicleta dividido pelo total de vias pavimentadas da cidade, resultando em um valor igual a 0,037.

4.4 INFRAESTRUTURA

A infraestrutura é medida por três indicadores: tipo de via, qualidade do pavimento e qualidade da iluminação pública.

4.4.1 Tipo de via

Na cidade, não há infraestrutura específica para o ciclismo. O que existe é 35.179,43 m de ciclorrotas nas principais vias de tráfego da cidade. A Tabela 6 explicita o comprimento de cada tipo de via:

Tabela 6 - Valores para infraestrutura e tipo de via

Parâmetro	Indicador	Descrição das variáveis	Comprimento (m)
INFRAESTRUTURA	Tipo de via	Ciclovias	0,00
		Ciclofaixa	2.194,00
		Ciclorrota	35.179,43

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Com efeito, Juiz de Fora não possui via exclusiva para o tráfego de bicicletas. Nesse cenário, a ciclofaixa limita-se a 2.194 m, estando presente apenas no *campus* da UFJF. O restante da estrutura para o tráfego de bicicletas está distribuído pela cidade com comprimento de 35.179,43 m.

4.4.2 Qualidade do pavimento

Segundo a Empav, grande parte do asfalto da cidade foi colocado há 30 anos, sendo que a vida média do material asfáltico é de aproximadamente 14 anos (EMPRESA MUNICIPAL DE PAVIMENTAÇÃO E URBANIZAÇÃO, 2019). Através de material fotográfico obtido por meio digitais comprova-se a situação atual do pavimento na cidade. A Fotografia 4 mostra a situação do pavimento na Rua Martins Barbosa, Zona Norte da cidade de Juiz de Fora:

Fotografia 4 - Pavimento na Rua Martins Barbosa



Fonte: Valente (2015).

O pavimento apresenta alto grau de deterioração além de não haver sinalização vertical que aponte a via compartilhada.

Na Fotografia 5 é possível visualizar o pavimento em uma importante avenida da cidade, após o serviço de “tapa buraco” – Avenida Barão do Rio Branco:

Fotografia 5 - Pavimento na Avenida Barão do Rio Branco



Fonte: Valente (2015).

Na Fotografia 6, o serviço de “tapa buraco” pode ser observado no pavimento na Avenida Presidente Itamar Franco:

Fotografia 6 - Pavimento na Avenida Presidente Itamar Franco



Fonte: Valente (2015).

Pela Tabela 7, é possível verificar que grande parte das ruas e avenidas da cidade encontram-se em condição regular e algumas áreas apresentam alta deterioração do pavimento:

Tabela 7 - Valores para infraestrutura e qualidade da superfície da via

Parâmetro	Indicador	Descrição das variáveis	Comprimento (m)
INFRAESTRUTURA	Qualidade da superfície da via	Bom	0,00
		Razoável	34.081,30
		Ruim	1.098,13

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

4.4.3 Iluminação das vias

Segundo a NBR 15688:2012, da ABNT, a iluminação pública deve obedecer à NBR 5101:1992, que determina que o vão médio entre os postes em uma via pública deve ser de 35 metros, podendo essa distância ser reduzida em áreas comerciais, desde que mantenham as especificações necessárias à boa iluminação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992, 2012).

De acordo com a Companhia de Energia Elétrica de Minas Gerais (2012), para projetos especiais de ciclovias e ciclofaixas, o vão médio entre postes de iluminação pública deve ser maior ou igual a 3,5 vezes a altura de montagem da luminária.

Nesse contexto, a altura dos postes de iluminação pública nas ruas e avenidas de Juiz de Fora, com exceção dos postes da Avenida Barão do Rio Branco, cuja altura é de 20 m, possui altura de 7,5 m, de acordo com a NBR 15688:2012, e seu vão médio, em todas as áreas analisadas, não ultrapassa 35 metros (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012).

No Anexo C é possível verificar que, de acordo com a norma, o espaçamento dos vãos entre postes e a altura da implantação das luminárias nas ruas e avenidas de Juiz de Fora estão adequadas.

Na Tabela 8 é possível correlacionar o indicador qualidade da iluminação com o comprimento das vias cicláveis:

Tabela 8 - Valores para infraestrutura e qualidade da iluminação

Parâmetro	Indicador	Descrição das variáveis	Comprimento (m)
INFRAESTRUTURA	Qualidade na iluminação	Boa	35.179,43
		Limitada	0,00
		Ausente	0,00

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

4.5 TOPOGRAFIA

O relevo de Juiz de Fora é bem acidentado, correspondendo geomorfologicamente à unidade serrana da Zona da Mata, pertencente à região da mantiqueira setentrional. A altitude máxima é de 998 m nas proximidades da serra dos cocais e a mínima fica em 470 m, no rio Paraibuna. A sede está em uma altitude de 677,2 m. Além disso, cerca de 2% do território juiz-forano é plano, 15% das terras são típicas de serras, e os 83% restantes do terreno são mares de morro. A Tabela 9 mostra os comprimentos das vias com relação às suas inclinações:

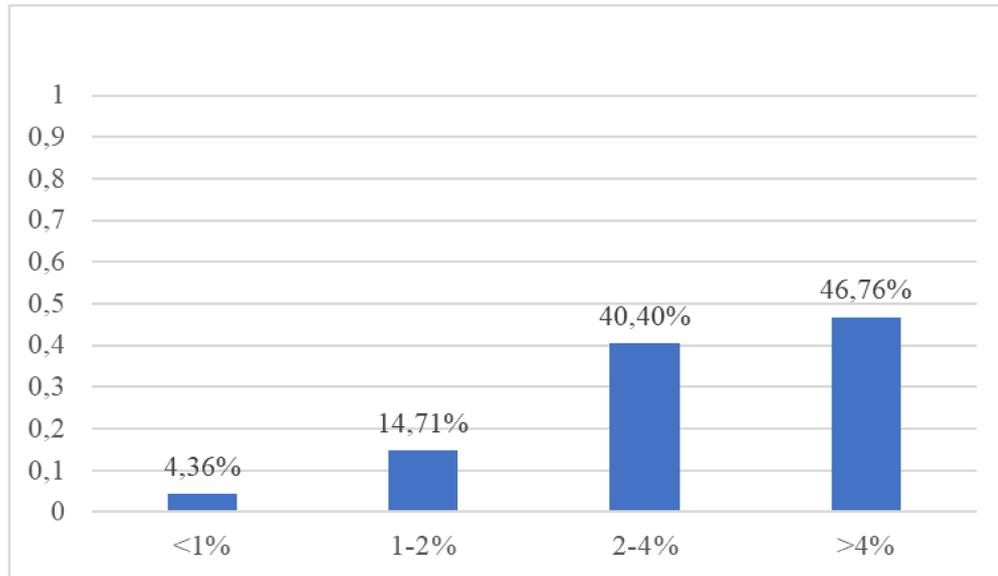
Tabela 9 - Valores para topografia e inclinação das vias cicláveis

Parâmetro	Indicador	Descrição das variáveis	Comprimento (m)
TOPOGRAFIA	Porcentagem de inclinação das vias	<1%	1.534,43
		1-2%	5.175,00
		2-4%	14.213,00
		>4%	16.451,00

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

O terreno acidentado de Juiz de Fora pode, em alguns pontos, dificultar a prática do ciclismo, uma vez que seus acentuados aclives aumentam demasiadamente o esforço necessário para atingir alguns pontos da cidade. O Gráfico 5 apresenta a categorização da inclinação das vias cicláveis em Juiz de Fora:

Gráfico 5 - Categorização de Juiz de Fora de acordo com a inclinação das vias cicláveis



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Pode-se verificar, pelo Gráfico 5, que 46,76% das vias cicláveis de Juiz de Fora possuem inclinação maior do que 4%. No que tange às inclinações mais elevadas em vias cicláveis, estas são encontradas na Ladeira Alexandre Leonel, com inclinação de 10,90%, e na Estrada Engenheiro Gentil Forn, cuja inclinação chega a 11,40%.

4.6 CÁLCULO DO ÍNDICE DE CICLABILIDADE

O cálculo do Índice de Ciclabilidade foi realizado de acordo com as equações dispostas no Capítulo 3 deste trabalho e com os valores definidos para cada parâmetro, expostos nos itens anteriores deste capítulo. A Tabela 10 apresenta os valores normalizados de cada um dos parâmetros estudados:

Tabela 10 - Valores obtidos para os parâmetros do Índice de Ciclabilidade

Parâmetro	Indicador	Valor sem normalizar	Valor normalizado	Total
Atratividade	Vias ao longo de lagos e rios	0,529	0,175	0,6896
	Vias ao longo de áreas verdes	0,572	0,188	
	Vias ao longo de áreas construídas	0,992	0,327	
Condição do tráfego	Velocidade	0,462	0,231	0,462
	Interrupções	0,462	0,231	
Conectividade	Densidade de Interseção (com semáforo)	-0,138	-0,046	-0,075
	Densidade de interseção (sem semáforo)	-0,126	-0,042	
	Densidade das vias cicláveis	0,037	0,012	
Infraestrutura	Tipo de via	0,372	0,123	0,670
	Qualidade da superfície da via	0,659	0,217	
	Qualidade da iluminação	1	0,330	
Topografia	Porcentagem de inclinação das vias	0,463	0,463	0,463

Fonte: Elaborada pela autora (2020).

Em seguida, estes números foram utilizados para a obtenção do Índice de Ciclabilidade da cidade com o uso da Equação 1, resultando em um índice de 0,441.

5 CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo foi obter um Índice de Ciclabilidade para a cidade de Juiz de Fora em relação aos aspectos relacionados à infraestrutura da cidade, destacando que, no município, a utilização do modal é incipiente quando comparado ao porte da cidade.

Os parâmetros estipulados para se obter o Índice de Ciclabilidade de Juiz de Fora foram: atratividade, condições do tráfego, conectividade, infraestrutura e topografia.

O Índice de Ciclabilidade encontrado para a cidade de Juiz de Fora foi de 0,44, enquanto o índice obtido por Hartanto (2017), para a região central de Arnhem, Holanda, foi de 0,70. A diferença numérica entre os valores obtidos representa uma diferença na capacidade de adaptação entre as duas cidades em relação ao ciclismo.

Com relação à atratividade, a cidade de Juiz de Fora possui 90% das suas ciclorrotas localizadas próximas às áreas edificadas, de grande interesse àqueles que utilizam a bicicleta como forma de transporte utilitário, não sendo tão atraente para ciclistas que desejam utilizar a bicicleta para atividade física ou lazer. Apesar de a literatura apresentar a proximidade a áreas verdes e a lagos e rios como fator que influencia positivamente na utilização da bicicleta, a proximidade a áreas edificadas reduz o tempo e a distância a ser percorrida, o que contribui positivamente para o cálculo do Índice de Ciclabilidade. Em Arnhem, as ciclovias estão próximas a áreas edificadas, onde a concentração de lagos, rios e áreas verdes não são significativas.

Quanto aos aspectos relacionados a condições de tráfego e conectividade, a cidade de Juiz de Fora, além de possuir inúmeros cruzamentos e vias de acesso que podem interferir negativamente na segurança do ciclista, possui também velocidade de tráfego variando entre 30 km/h e 50 km/h, velocidade que não confere segurança para o ciclista. Arnhem, por sua vez, apesar de possuir diversos cruzamentos e interseções, possui velocidade média para os automotores menor do que 30 km/h.

No que se refere à infraestrutura, a cidade *lócus* da pesquisa não possui vias exclusivas para o tráfego de bicicleta, o que contribuiria positivamente para o Índice de Ciclabilidade. Além disso, o pavimento das ciclorrotas está danificado e necessita de melhorias. Com relação à iluminação, a cidade possui todas as características estruturais para ter uma iluminação adequada. Nesse aspecto, em Arnhem, a qualidade do pavimento e a iluminação estão adequadas para a utilização de bicicletas, além de contar com ciclovias na sua infraestrutura.

A topografia da cidade de Juiz de Fora é uma das características ambientais que pode interferir negativamente na utilização da bicicleta. Apesar de grande parte das ciclorrotas da cidade não estarem alocadas em áreas com relevo significativamente acidentado, o acesso à Cidade Alta possui terreno com inclinação bastante elevada. Contudo, o relevo não interfere negativamente no Índice de Ciclabilidade, pois grande parte das ciclorrotas da cidade está localizada em locais de relevo pouco acidentado. Em contrapartida, em Arnhem, a topografia não interfere no ciclismo.

Importa ressaltar que a interpretação dos parâmetros utilizados para se obter o Índice de Ciclabilidade não pode ser analisada taxativamente, uma vez que ela fornece uma perspectiva enviesada do comportamento do ciclismo como alimentador do trânsito, não se atendo a medidas subjetivas. Além do mais, os critérios utilizados para o Índice de Ciclabilidade são considerados de igual importância para Arnhem e Juiz de Fora, o que deveria ter sido ponderado, uma vez que, em determinadas cidades/países, alguns critérios podem ser mais valorizados que outros.

Assim, independentemente das diferenças sociopolíticas, geográficas e culturais entre as duas localidades, essa diferença no Índice de Ciclabilidade poderia ser significativamente diminuída com ações relativamente simples do poder público juiz-forano, como manutenções preventivas e corretivas no pavimento, redução da velocidade dos automotores e aumento da densidade da rede ciclável, além de investimento em programas e campanhas que estimulem o uso de bicicletas como meio de transporte.

Em suma, como todo o estudo que se propõe a obter um índice, esta pesquisa apenas inicia um longo processo de entendimento das características locais que interferem na mobilidade por bicicleta. Nessa perspectiva, outros parâmetros devem ser estudados para ampliar e transcender o estudo aqui apresentado. Assim, outras pesquisas podem estudar *in loco* a opinião dos ciclistas e dos potenciais ciclistas da cidade, com relação aos parâmetros apresentados e no que se refere à utilização da bicicleta para os transportes diários.

REFERÊNCIAS

AGENCIA METROPOLITANA DE TRÁNSITO. Quito: **BiciQuito**, 2016. Disponível em: <http://www.biciquito.gob.ec/>. Acesso em: 27 maio 2019.

ALBUERNE, A. L. T. **Una nueva mirada a la Ciudad de México: el espacio urbano a través de la bicicleta**. 2015. Disertación (Maestría en Geografía) – Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 2015. Disponível em: <http://132.248.9.195/ptd2015/enero/0724404/Index.html>. Acesso em: 28 mar. 2020.

ÁLVAREZ, D. A. C. **A cultura do automóvel como parte da organização territorial urbana da América Latina: a mobilidade sustentável como alternativa**. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/17951/1/CulturaAutomovelParte.pdf>. Acesso em: 29 set. 2019.

ANDRADE, V. *et al.* (org.). **Mobilidade por bicicleta no Brasil**. Rio de Janeiro: PROURB/UFRJ, 2016. Disponível em: <http://ta.org.br/educativos/docs/mbb.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5101: iluminação pública - procedimentos**. Rio de Janeiro, ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15688: redes de distribuição aérea de energia elétrica com condutores nus**. Rio de Janeiro, ABNT, 2012.

BADLAND, H.; SCHOFIELD, G. The built environment and transport-related physical activity: what we do and do not know. **Journal of Physical Activity & Health**, London, v. 2, n. 433-442, p. 435-444, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/265225603_The_Built_Environment_and_Transport-Related_Physical_Activity_What_We_Do_and_Do_Not_Know_The_Case_for_Transport-Related_Physical_Activity. Acesso em: 8 jan. 2020.

BINATTI, G. (coord.). **Guia incluindo a bicicleta nos planos**. Rio de Janeiro: Transporte Ativo; São Paulo: Bike Anjo; Balneário Camboriú: União de Ciclistas do Brasil, dez. 2015. Disponível em: <http://bicicletanosplanos.org/wp-content/uploads/2016/09/GUIA-PMU-2016-vers%C3%A3o-web.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2019.

BRANDENBURG, C.; MATZARAKIS, A.; ARNBERGER, A. Weather and cycling - A first approach to the effects of weather conditions on cycling. **Meteorological Applications**, Manchester, v. 14, n. 1, p. 61-67, 2007. Disponível em: <https://www.urbanclimate.net/matzarakis/papers/Weatherandcycling.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2019.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 11 nov. 2018.

BRASIL. **Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997.** Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Brasília, DF: Presidência da República, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9503Compilado.htm. Acesso em: 9 jul. 2019.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001.** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm. Acesso em: 10 maio 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012.** Institui as Diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12587.htm. Acesso em: 10 maio 2019.

BRASIL. **Lei nº 13.724, de 4 de outubro de 2018.** Institui o Programa Bicicleta Brasil (PBB) para incentivar o uso da bicicleta visando à melhoria das condições de mobilidade urbana. Brasília, DF: Presidência da República, 2018b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Lei/L13724.htm. Acesso em: 21 jul. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Com obesidade em alta, pesquisa mostra brasileiros iniciando vida mais saudável.** Brasília, DF: Ministério da Saúde, 18 jun. 2018a. Disponível em: <https://www.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/43604-apesar-de-obesidade-em-alta-pesquisa-mostra-brasileiros-mais-saudaveis#:~:text=Com%20obesidade%20em%20alta%2C%20pesquisa%20mostra%20brasil%20iniciando%20vida%20mais%20saud%C3%A1vel,-Escrito%20por%20victor&text=Ap%C3%B3s%20anos%20de%20crescimento%2C%20a,j%C3%A1%20demonstram%20h%C3%A1bitos%20mais%20saud%C3%A1veis>. Acesso em: 6 out. 2019.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Transportes e Mobilidade Urbana. Departamento de Mobilidade Urbana. **PlanMob:** Caderno de referência para elaboração de Plano de Mobilidade Urbana. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2007. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/estudos/79/planmob--construindo-a-cidade-sustentavel.html>. Acesso em: 6 mar. 2020.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. **Planejamento cicloviário:** diagnóstico nacional. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, maio 2001. Disponível em: <https://www.ciclocidade.org.br/biblioteca/file/47-planejamento-cicloviario-diagnostico-nacional-geipot>. Acesso em: 3 out. 2018.

BUEHLER, R.; DILL, J. Bikeway networks: a review of effects on cycling. **Transport Reviews**, New Jersey, v. 36, n. 1, 2015. Disponível em <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01441647.2015.1069908?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 27 set. 2019.

CABALLERO, R. *et al.* O uso da bicicleta como meio de transporte: influência de fatores psicológicos. Uma revisão de literatura. **Psico**, Porto Alegre, v. 45, n. 3, p. 316-327, 29 out. 2014. Disponível em:

<https://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/revistapsico/article/view/17286>. Acesso em: 16 mar. 2020.

CALLIL, V.; PEREIRA, D. C. A. Análise comparada de políticas públicas para bicicleta: Nova York, Cidade do México e São Paulo. **Revista de Políticas Públicas**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 915-937, 2018. Disponível em: <http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/rppublica/article/view/8255>. Acesso em: 17 mar. 2020.

CASTAÑON, U. N. **Uma proposta de mobilidade sustentável: o uso da bicicleta na cidade de Juiz de Fora**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: pet.coppe.ufrj.br/images/documentos/dissertacoes/2011/Dissertacao_UgoNogueiraCastanon.pdf.

CAVILL, N. *et al.* Economic analyses of transport infrastructure and policies including health effects related to cycling and walking: a systematic review. **Transport Policy**, Sydney, v. 15, p. 291-304, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0967070X08000450>. Acesso em: 17 mar. 2020.

CÉSAR, Y. B. **Avaliação da ciclabilidade das cidades brasileiras**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/7424>. Acesso em: 6 out. 2019.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Manual de distribuição: projetos de iluminação pública**. Belo Horizonte: Companhia Energética de Minas Gerais, nov. 2012. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/documents/nd-3-4p.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2019.

CROW. **Manual de diseño para el tráfico de bicicletas**. España: CROW, 2011. Disponível em: [http://www.ciclovida.ufpr.br/wp-content/uploads/2011/07/bpp_pdf/Manual%20Dise%C3%B1o%20Tr%C3%A1fico%20Bicicletas%20\[CROW\].pdf](http://www.ciclovida.ufpr.br/wp-content/uploads/2011/07/bpp_pdf/Manual%20Dise%C3%B1o%20Tr%C3%A1fico%20Bicicletas%20[CROW].pdf). Acesso em: 24 ago. 2018.

DAHANAYAKA, N.; KANKANAMGE, N. Examination of newly established bicycle lanes in Sri Lanka with special reference to Piliyandala and Katubedda. *In*: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON 'CITIES, PEOPLE AND PLACES', 2018, Colombo. **Anais [...]**. Colombo: ICCPP, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328191911_Examination_of_newly_established_bicycle_lanes_in_Sri_Lanka_with_special_reference_to_Piliyandala_and_Katubedda. Acesso em: 10 jun. 2019.

DIJKSTRA, L.; PUCHER, J. Making walking and cycling safer: lessons from Europe. **Transportation Quarterly**, New Jersey, v. 54, n. 3, p. 25-50, 2000. Disponível em: <https://www.vtpi.org/puchertq.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019.

DILL, J.; CARR, T. Bicycle commuting and facilities in Major U.S. Cities: if you build them, commuters will use them. **Journal of the Transportation Research Board**, [s. l.], v. 1828,

n. 1, p. 116-123, 2003. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Bicycle-Commuting-and-Facilities-in-Major-U.S.-If-Dill-Carr/fac846b492f365b5f76cc17bc817f4ea33691a78>. Acesso em: 21 jul. 2019.

ECKERT, D. Políticas organizacionais para incentivar bicicletas na mobilidade urbana em Porto Alegre/RS. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 11., 2015, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: CNEG, 2015. Disponível em: https://www.inovarse.org/sites/default/files/T_15_569.pdf. Acesso em: 21 jul. 2019.

EMPRESA MUNICIPAL DE PAVIMENTAÇÃO E URBANIZAÇÃO. **Ofício CM nº 1.846/2019**. Pedido de Informação nº 61/2019. Juiz de Fora: Empresa de Pavimentação Urbana, 2019.

EUROPEAN COMMISSION. **Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions**. Brussels: European Commission, 2018. Disponível em: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2018/EN/COM-2018-293-F1-EN-MAIN-PART-1.PDF>. Acesso em: 2 fev. 2019.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **National bicycling and walking study**. Washington DC: US Department of Transportation Federal Highway Administration, 1992. Disponível em: https://safety.fhwa.dot.gov/ped_bike/docs/case1.pdf. Acesso em: 18 abr. 2018.

FERREIRA, C. C. M.; OLIVEIRA, D. E. Estimativa da poluição veicular e qualidade do ar nas principais vias do sistema viário da região central da cidade de Juiz de Fora - MG. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, p. 98-114, 2016. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/117682/119020>. Acesso em: 13 jun. 2019.

FIETSERSBOND. **Dutch Cyclist Union (Fietzersbond) routeplanner dataset**. Utrecht: Fietzersbond, 2016. Disponível em: <http://routeplanner.fietzersbond.nl/>. Acesso em: 9 jan. 2020.

FISHMAN, E. Cycling as transport. **Transport Reviews**, New Jersey, v. 36, n. 1, p. 1-8, 2016. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01441647.2015.1114271>. Acesso em: 13 maio 2019.

FISHMAN, E.; WASHINGTON, S.; HAWORTH, N. Understanding the fear of bicycle riding in Australia. **Journal of the Australasian College of Road Safety**, Blenheim, v. 23, n. 3, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/261983538_Understanding_the_fear_of_bicycle_riding_in_Australia. Acesso em: 13 maio 2019.

FITCH, S. **Can this bicycle save lives in Africa?** Forbes, New York, 2010. Disponível em: <https://www.forbes.com/forbes/2010/0510/creative-giving-sram-zambia-charity-armstrong-bicycle-economy.html#638a74299d05>. Acesso em: 21 maio 2019.

FRANCIS, J. *et al.* **Constructing questionnaires based on the theory of planned behaviour: a manual for health services researchers**. Newcastle: Centre for Health Services

Research, University of Newcastle upon Tyne, 2004. Disponível em: <https://openaccess.city.ac.uk/id/eprint/1735/1/TPB%20Manual%20FINAL%20May2004.pdf>. Acesso em: 13 maio 2019.

GUPTA, P.; PUNTAMBEKAR, K. Bicycle use in Indian cities: understanding the opportunities and threats. *In: TRANSPORTATION PLANNING AND IMPLEMENTATION METHODOLOGIES FOR DEVELOPING COUNTRIES*, 12., Mumbai. [**Annals**], 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/311671415_Bicycle_Use_in_Indian_Cities_Understanding_the_Opportunities_and_Threats. Acesso em: 14 maio 2020.

HANDY, D. Methodologies for exploring the link between urban form and travel behavior. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 151-165, 1996. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920996000107>. Acesso em: 17 out. 2019.

HANDY, S. L. *et al.* How the built environment affects physical activity: views from urban planning. **American Journal of Preventive Medicine**, [S.l.], v. 23, p. 64-73, 2002. Supl. 2. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/11247596_How_the_built_environment_affects_physical_activity_Views_from_urban_planning. Acesso em: 3 abr. 2019.

HARTANTO, K. **Developing a bikeability index to enable the assessment of Transit-Oriented Development (TOD) nodes**. 2017. Thesis (Master in Geoinformation and Earth Observation) – Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, University of Twente, Netherland, 2017. Disponível em: https://webapps.itc.utwente.nl/librarywww/papers_2017/msc/upm/hartanto.pdf. Acesso em: 23 nov. 2018.

HEINEN, E. **Bicycle commuting**. 2011. Thesis (Doctorate in Planning) – Technische Universiteit Delft, Voorburg, 2011. Disponível em: <https://books.bk.tudelft.nl/index.php/press/catalog/download/isbn.9781607507710/112/392-1?inline=1>. Acesso em: 17 out. 2019.

HEINEN, E.; MAAT, K.; VAN WEE, B. The role of attitudes toward characteristics of bicycle commuting on the choice to cycle to work over various distances. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, [S.l.], v. 16, n. 2, p. 102-109, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920910001306>. Acesso em: 20 jan. 2019.

HOEDL, S.; TITZE, S.; OJA, P. The bikeability and walkability evaluation table reliability and application. **American Journal of Preventive Medicine**, [s. l.], v. 39, n. 5, p. 457-459, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0749379710004289>. Acesso em: 18 fev. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha territorial dos municípios**: Juiz de Fora. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2005/. Acesso em: 19 dez. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama municipal:** Juiz de Fora. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/juiz-de-fora/pesquisa/10058/0>. Acesso em: 20 jun. 2019.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO. **Política-SIG**. Bogotá: Instituto de Desarrollo Urbano, 2016. Disponível em: <https://www.idu.gov.co/>. Acesso em: 17 maio 2019.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Global Energy e CO2 Status**. Paris: International Energy Agency, 2017. Disponível em: <https://www.iea.org/geco/emissions>. Acesso em: 20 jan. 2019.

JIMÉNEZ, R. B. **Diagnóstico sobre el estado de la Infraestructura vial en Costa Rica:** movilidad de bienes y servicios. San José: Estado De La Nación, 2018. Disponível em: <http://repositorio.conare.ac.cr/handle/20.500.12337/2957>. Acesso em: 20 out. 2019.

JUIZ DE FORA. **A cidade:** Juiz de Fora – características gerais. Juiz de Fora: Prefeitura de Juiz de Fora, 2016b. Disponível em: <https://www.pjf.mg.gov.br/institucional/cidade/caracteristicas.php>. Acesso em: 6 fev. 2020.

JUIZ DE FORA. **Lei nº 9.811, de 27 de junho de 2000**. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora. Juiz de Fora: Câmara Municipal, 2000. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-juiz-de-fora-mg>. Acesso em: 25 mar. 2019.

JUIZ DE FORA. Secretaria de Transporte e Trânsito. Secretaria de Planejamento e Gestão. **Plano de Mobilidade Urbana de Juiz de Fora**. Juiz de Fora: Prefeitura de Juiz de Fora, jul. 2016a. Disponível em: https://www.pjf.mg.gov.br/secretarias/settra/servicos/arquivos/plano_mobilidade_151216.pdf. Acesso em 3 dez. 2018.

KOOMEN, E.; ECK, J. R. Characterising urban concentration and land-use diversity in simulations of future land use. **The Annals of Regional Science**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 123-140, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/24053792_Characterising_urban_concentration_and_land-use_diversity_in_simulations_of_future_land_use. Acesso em: 21 jul. 2019.

KRENN, P. J.; OJA, P.; TITZE, S. Development of a bikeability index to assess the bicycle-friendliness of urban environments. **Open Journal of Civil Engineering**, [s. l.], v. 5, n. 4, p. 451-459, 2015. Disponível em: https://file.scirp.org/pdf/OJCE_2015123114394282.pdf. Acesso em: 4 abr. 2020.

LAW, S. F.; KARNILOWICZ, W. ‘In our country it’s just poor people who ride a bike’: place, displacement and cycling in Australia. **Journal of Community & Applied Social Psychology**, [s. l.], v. 25, p. 296-309, 2015. Disponível em: https://www.academia.edu/13777645/_In_Our_Country_it_s_Just_Poor_People_who_Ride_a_Bike_Place_Displacement_and_Cycling_in_Australia. Acesso em: 18 nov. 2019.

LINDSAY, R. Climate Change: atmospheric carbon dioxide, [United States of America]: **NOAA Climate.gov**, 2019. Disponível em: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>>. Acesso em: 3

dez. 2019.

LOBO, Z. *et al.* (org.). **Parceria nacional pela mobilidade por bicicleta: pesquisa perfil do ciclista 2018**. Rio de Janeiro: Transporte Ativo, 2020. Disponível em: <http://ta.org.br/perfil/ciclista18.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2020.

MANCHENO, D. Instituto de la Ciudad: informe de actividades 2010-2012 (Documentación). *Questiones Urbano Regionales. Revista del Instituto de la Ciudad*, Quito, v. 1, n. 3, p. 205-215, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10469/6459>. Acesso em: 18 fev. 2020.

MARTENS, K. The bicycle as a feeding mode: experiences from three European countries. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, [s. l.], v. 9, p. 281-294, 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920904000100>. Acesso em: 5 dez. 2019.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. [Pacific Northwest: U.S. Department of Agriculture, Forest Service], 1995. Disponível em: https://www.fs.fed.us/pnw/pubs/pnw_gtr351.pdf. Acesso em: 3 mar. 2020.

MINAS GERAIS. Departamento de Trânsito. **Estatísticas de trânsito**. Belo Horizonte: Departamento de Trânsito de Minas Gerais, 2019. Disponível em: <https://www.detran.mg.gov.br/sobre-o-detran/comunicados/comunicados/542-estatisticas>. Acesso em: 3 dez. 2019.

MOBILIZE BRASIL. **Ciclovias em 19 capitais crescem 453 km**. São Paulo: Mobilize Brasil, 2017. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/noticias/10224/ciclovias-em-19-capitais.html>. Acesso em: 26 fev. 2019.

MOBILIZE BRASIL. **Quase metade das capitais ainda não tem plano de mobilidade**. São Paulo: Mobilize Brasil, 22 fev. 2019. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/noticias/11463/quase-metade-das-capitais-ainda-nao-tem-plano-de-mobilidade-planmob.html>. Acesso em: 28 fev. 2019.

MOKITIMI, M. M.; VANDERSCHUREN, M. The significance of non-motorised transport interventions in South Africa - a rural and local municipality focus. **Transportation Research Procedia**, [s. l.], v. 25, p. 4798-4821, 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352146517307986>. Acesso em: 19 maio 2019.

MONTRÉAL. Société de Transport de Montréal. **Parking space for bicycles**. Montréal: Société de Transport de Montréal, 2017. Disponível em: <http://www.stm.info/en/info/advice/bicycles/parking-space-bicycles>. Acesso em: 22 jul. 2019.

MOTTA, B.G. **A bikeability index for Curitiba (Brazil)**. 2017. Thesis (Master in Civil Engineering & Management). Faculty of Engineering Technology, University of Twente, Enschede, 2017. Disponível em: <https://essay.utwente.nl/71736/1/scriptieMottaopenbaar.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2019.

NASCIMENTO, A. C. Dinâmicas e características do uso da bicicleta em África e os

impactos da mobilidade não-motorizada no desenvolvimento económico e social. **AbeÁfrica**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 144-177, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/abeafrica/article/download/19470/13043>. Acesso em: 25 jun. 2019.

NATIONAL TRANSPORT AUTHORITY. **National Cycle Manual**. Ireland: National Transport Authority, 2011. Disponível em: <https://www.cyclemanual.ie/manual/thebasics/>. Acesso em: 11 ago. 2018.

NERI, T. B. **Proposta metodológica para definição de rede cicloviária**: um estudo de caso de Maringá. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/midias/pesquisas/rede-cicloviaria-em-maringa-um-estudo-de-caso.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2019.

OLVERA, L. Y. A. (org.). **Estrategia de movilidad en bicicleta de la Ciudad de México**. Ciudad de Mexico: Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, 2012. Disponível em: <http://www.martha.org.mx/una-politica-con-causa/wp-content/uploads/2013/09/10-Estrategia-Movilidad-en-Bicicleta.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2019.

PANIS, L. I. *et al.* Systematic analysis of health risks and physical activity associated with cycling policies. **Belgian Science Policy**, Brussels, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/258286440_Systematic_analysis_of_Health_risks_and_physical_Activity_associated_with_cycling_Policies_SHAPES. Acesso em: 27 set. 2018.

PEZZUTO, C. C.; SANCHES, S. P. Identificação dos fatores que influenciam o uso da bicicleta, visando o direcionamento de programas cicloviários. **Revista dos Transportes Públicos**, São Paulo, n. 25, p. 73-83, 2003. Disponível em: <https://docplayer.com.br/10742776-Identificacao-dos-fatores-que-influenciam-o-uso-da-bicicleta-visando-o-direcionamento-de-programas-cicloviarios.html>. Acesso em: 26 fev. 2019.

PIKORA, T. *et al.* Developing a framework for assessment of the environmental determinants of walking and cycling. **Social Science & Medicine**, [s. l.], v. 56, n. 8, p. 1693-1703, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0277953602001636>. Acesso em: 27 jun. 2019.

PROVIDELO, J. K.; SANCHES, S. P. Análise fatorial da percepção sobre o uso da bicicleta. **Revista Engenharia Civil**, Minho, n. 40, v. 1, p. 121-130, 2010. Disponível em: <http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n40/pp121-130%20-%20AN%C3%81LISE%20FATORIAL%20DA%20PERCEP%C3%87%C3%83O%20SOBRE%20O%20USO%20DA%20BICICLETA.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2019.

PUCHER, J.; BUEHLER, R. Cycling for a few or for everyone: the importance of social justice in cycling policy. **World Transport Policy & Practice**, Shropshire, v. 15, n. 1, p. 57-64, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228780599_Cycling_for_a_Few_or_for_Everyone_The_Importance_of_Social_Justice_in_Cycling_Policy. Acesso em: 4 maio 2020.

PUCHER, J.; BUEHLER, R. Making cycling irresistible. **Transport Reviews**, New Jersey, v. 28, n. 4, p. 495-528, 2008. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/228351600_Making_Cycling_Irresistible_Lessons_from_The_Netherlands_Denmark_and_Germany. Acesso em: 2 fev. 2020.

PUCHER, J.; BUEHLER, R.; SEINEN, M. Bicycling renaissance in North America? An update and re-appraisal of cycling trends and policies. **Scholars Portal Journals Transportation Research**, [s. l.], v. 45, n. 6, p. 451-475, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/227426992_Bicycling_renaissance_in_North_America_An_update_and_re-appraisal_of_cycling_trends_and_policies. Acesso em: 8 abr. 2019.

PUCHER, J.; BUEHLER, R. Sustainable transport in Canadian cities: cycling trends and policies. **Berkeley Planning Journal**, Berkeley v. 19, n. 1, p. 97-123, 2006b. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/255591528_Sustainable_Transport_in_Canadian_Cities_Cycling_Trends_and_Policies. Acesso em: 22 out. 2019.

PUCHER, J.; BUEHLER, R. Why Canadians cycle more than Americans: a comparative analysis of bicycling trends and policies. **Transport Policy**, Sydney, v. 13, n. 3, p. 265-279, 2006a. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0967070X05001381>. Acesso em: 18 set. 2019.

PUCHER, J.; DILL, J.; HANDY, S. Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: an international review. **Preventive Medicine**, [s. l.], v. 50, p. 106-125, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0091743509004344>. Acesso em: 8 abr. 2019.

PUCHER, J.; GARRARD, J.; GREAVES, S. Cycling down under: a comparative analysis of bicycling trends and policies in Sydney and Melbourne. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 332-345, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/222576984_Cycling_down_under_A_comparative_analysis_of_bicycling_trends_and_policies_in_Sydney_and_Melbourne. Acesso em: 25 fev. 2020.

RIETVELD, P. **Biking and walking: the position of non- motorised transport modes in motorised transport modes in transport systems**. Amsterdam: Tinbergen Institute, 2001. Disponível em: <https://papers.tinbergen.nl/01111.pdf>. Acesso em: 3 jul. 2019.

RIETVELD, P.; DANIEL, V. Determinants of bicycle use: do municipal policies matter? **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [S.l.], v. 38, n. 7, p. 531-550, 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0965856404000382>. Acesso em: 8 fev 2020.

RÍOS FLORES, R. A. *et al.* **Ciclo-inclusión en América Latina y el Caribe: guía para impulsar el uso de la bicicleta**. Washington DC: Banco Interamericano de Desarrollo, 2016. Disponível em: <http://publications.iadb.org/handle/11319/6808>. Acesso em: 3 jul. 2019.

SCHRECK, B. Cycling and designing for cyclists in Germany: road safety, guidelines and research. **Transactions on Transport Sciences**, Olomouc, v. 8, n. 1, p. 44-57, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/316510721_Cycling_and_designing_for_cyclists_in_Germany_Road_safety_Guidelines_and_Research. Acesso em: 14 dez. 2019.

SENER, I. N.; ELURU, N.; BHAT, C. R. Who are Bicyclists? Why and how much are they Bicycling? **Journal of the Transportation Research Board**, [S.l.], v. 2134, n. 1, p. 63-72, 2010. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/2134-08?journalCode=trra>. Acesso em: 20 ago. 2018.

SISSON, S. B. *et al.* Suitability of commuting by bicycle to Arizona elementary schools. **American Journal of Health Promotion**, Washington DC, v. 20, n. 3, p. 210-213, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/7350756_Suitability_of_Commuting_by_Bicycle_to_Arizona_Elementary_Schools. Acesso em: 30 set. 2019.

SOUZA, A. A.; SANCHES, S. P.; FERREIRA, M. A. Influence of attitudes with respect to cycling on the perception of existing barriers for using this mode of transport for commuting. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, [S.l.], v. 162, n. 19, p. 111-120, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814062922>. Acesso em: 20 ago. 2018.

SPIGNARDI, M. C. M. **A influência do microclima urbano na decisão pelo uso da bicicleta como meio de transporte no centro expandido da cidade de São Paulo**. 2019. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-05122019-151309/pt-br.php>. Acesso em: 2 fev. 2020.

SUDMANT, A. *et al.* Toward sustainable mobility and improved public health: lessons from bike sharing in Shanghai, China. **Coalition for Urban Transportation**, Washington DC, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339973724_Towards_Sustainable_Mobility_and_Improved_Public_Health_Lessons_from_bike_sharing_in_Shanghai_China. Acesso em: 24 abr. 2020.

SULTAN, Z.; TIN, N. H.; MOEINADDINI, M. Exploring the implementation and success of green urban mobility in Asian cities. **Planning Malaysia**, Petaling Jaya, n. 4, p. 295-314, 2016. Disponível em: <https://www.planningmalaysia.org/index.php/pmj/article/view/SI-4-23>. Acesso em: 20 ago. 2018.

TIN TIN, S. *et al.* Cyclists' attitudes toward policies encouraging bicycle travel: findings from the taupo bicycle study in New Zealand. **Health Promotion International**, London, v. 25, n. 1, p. 54-62, 2010. Disponível em: <https://academic.oup.com/heapro/article/25/1/54/664176>. Acesso em: 14 out. 2019.

TITZE, S. *et al.* Associations between intrapersonal and neighborhood environmental characteristics and cycling for transport and recreation in adults: baseline results from the reside study. **Journal of Physical Activity & Health**, [S.l.], v. 7, n. 4, p. 423-431, 2010. Disponível em: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jpah/7/4/article-p423.xml>. Acesso em: 19 abr. 2020.

TIWARI, G.; JAIN, H. Bicycles in urban India. *In*: MAHADEVIA, D. **Bicycling in Asia**. Delhi: Interface for Cycling Expertise, 2008. p. 9-25. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/265641176>. Acesso em: 18 jul. 2020.

VALENTE, E. Asfalto antigo, ruas irregulares. **Tribuna de Minas**, Juiz de Fora, 15 mar. 2015. Cidade. Disponível em: tribunademinas.com.br/noticias/cidade/15-03-2015/asfalto-antigo-ruas-irregulares.html. Acesso em: 10 fev. 2020.

WAHLGREN, L.; SCHANTZ, P. Exploring bikeability in a metropolitan setting: stimulating and hindering factors in commuting route environments. **BMC Public Health**, [S.l.], v. 12, n. 1, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/221687587_Exploring_bikeability_in_a_metropolitan_setting_Stimulating_and_hindering_factors_in_commuting_route_environments. Acesso em: 14 out. 2019.

WANG, J. Y. T. *et al.* Understanding factors influencing choices of cyclists and potential cyclists: a case study at the University of Auckland. **Road and Transport Research**, [Australia], v. 23, n. 4, p. 37-51, 2014. Disponível em: <http://eprints.whiterose.ac.uk/82492/>. Acesso em: 11 dez. 2019.

WINTERS, M. *et al.* Bike Score®: Associations between urban bikeability and cycling behavior in 24 cities. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 18, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/294108086_Bike_ScoreR_Associations_between_urban_bikeability_and_cycling_behavior_in_24_cities. Acesso em: 8 fev. 2020.

WINTERS, M. *et al.* Mapping bikeability: a spatial tool to support sustainable travel. **Environment and Planning B: Planning and Design**, [S.l.], v. 40, n. 5, p. 865-883, 2013. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1068/b38185>. Acesso em: 11 fev. 2020.

WINTERS, M. *et al.* Utilitarian bicycling: a multilevel analysis of climate and personal influences. **American Journal of Preventive Medicine**, [S.l.], v. 32, n. 1, p. 52-58, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0749379706003990>. Acesso em: 21 jan. 2020.

WINTERS, M. **Improving public health through active transportation: understanding the influence of the built environment on decisions to travel by bicycle**. 2011. Thesis (Doctorate in Philosophy) – The Faculty of Graduate Studies, The University of British Columbia, Vancouver, 2011. Disponível em: <https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/ubctheses/24/items/1.0071676>. Acesso em: 18 set. 2019.

WINTERS, M.; SETTON, E.; BRAUER, M. Built environment influences on healthy transportation choices: bicycling versus driving. **Journal of Urban Health**, New York, v. 87, n. 6, p. 969-993, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/49698563_Built_Environment_Influences_on_Healthy_Transportation_Choices_Bicycling_versus_Driving. Acesso em: 10 dez. 2019.

XIA, T. *et al.* Traffic-related air pollution and health co-benefits of alternative transport in Adelaide, South Australia. **Environment International**, [s. l.], v. 74, p. 281-290, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412014002980>. Acesso em: 5 abr. 2019.

ZAYED, M. A. Towards an index of city readiness for cycling. **International Journal of Transportation Science and Technology**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 210-225, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2046043016300399>. Acesso em: 11 fev. 2020.

ZHANG, S. H.; CHEN, X.; SHAHEEN, S. Bicycle evolution in China: from the 1900s to the present. **International Journal of Sustainable Transportation**, [s. l.], 2013. Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/05k9k6b6>. Acesso em: 15 jul. 2020.

ZHAO, P.; ZHANG, M. The impact of urbanization on energy consumption: a 30-year review in China. **Urban Climate**, [s. l.], v. 24, p. 940–953, jun. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212095517301013>. Acesso em: 5 abr. 2019.

ZUEV, D.; TYFIELD, D.; URRY, J. Where is the politics? E-bike mobility in urban China and civilizational government. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, [s. l.], v. 30, p. 19-32, 2019. Disponível em: <https://www.mendeley.com/catalogue/e0d071d2-7a2b-34ff-a288-0f84bf61ca44/>. Acesso em: 13 jun. 2019.

ANEXO A – Tabela para cálculo dos parâmetros Velocidade e Topografia

Região	Localização	Comprimento aproximado (m)	Velocidade (km/h)	Inclinação média (%)
CENTRAL	Avenida Rio Branco	4070	60	2,50
	Avenida Getúlio Vargas	1033	60	1,70
	Avenida Francisco Bernardino	1152	60	2,00
	Rua São Mateus	1300	50	3,30
	Rua Santo Antônio	1552	50	4,00
	Rua Coronel Vidal	490	40	2,70
	Rua Mariano Procópio	312	40	2,30
	Rua Teresa Cristina	157	40	0,00
	Rua Paula Lima	74,8	40	0,00
	Rua Barão de Cataguases	367	40	1,40
	Rua Benjamim Constant	850	40	2,10
	Rua Jarbas de Leri Santos	200	30	3,10
	Avenida dos Andradas	1101	60	4,60
	Avenida Itamar Franco	4382	60	6,60
	Rua Engenheiro José Carlos Moraes Sarmiento	853	40	4,70
	Ladeira Alexandre Leonel	536	40	10,90
Rua Dr. João Pinheiro	833	40	6,20	
W	Avenida Presidente Costa e Silva	2004	40	2,50
	Alameda Engenheiro Gentil Forn	1581	30	11,4
	Rua José Lourenço Kelmer	1624	30	3,30
	CICLOFAIXA UFJF	2194		2,40
N	Rua Paulo Garcia	611	40	1,30
	Rua Martins Barbosa	616	40	1,80
	Rua Evaristo da Veiga	96,4	40	0,00
	Rua Henrique Dias	383	40	1,50
	Rua Diogo Álvares	232	40	1,00
	Rua Tomé de Souza	2,73	40	0,00
S	Avenida Dr. Paulo Japiassu Coelho	850	60	1,30
	Rua Dom Silvério	667	40	5,80
	Rua Água Limpa	208	40	2,70
	Rua Santa Luzia	203	40	2,80
	Rua Ibitiguáia	192	40	2,00
	Rua Chácara	384	40	3,30
	Rua Moraes e Castro	883	40	1,60
	Rua MonSenhor Gustavo Freire	174	40	0,00
	Rua Severiano Samento	654	40	2,10
	Rua Tavares Bastos	83,6	40	0,00
	Rua Barão de Aquino	108	40	0,00
	Rua Belmiro Braga	335	40	5,10
Rua Vitorino Braga	1615	40	4,80	
E	Avenida Garibaldi Campinhos	347	40	3,50
	Rua Professor Lander	79,2	40	0
	Rua do Monte	484	40	5,1
	Ponte Wilson Cunha Jabour Junior	65,7	40	0
	Rua Dr. José Eutrópio	541	40	3,10
NO	Avenida Rui Barbosa	693	40	0,80
	Rua Santa Teresinha	200	40	1,1

Fonte: Juiz de Fora (2016).

ANEXO B – Tabela para cálculo do parâmetro Conectividade

Região	Localização	Comprimento aproximado (m)	Interseções	Cruzamentos	Com Semáforo	Sem semáforo
Central	Avenida Rio Branco	4070	41	9	26	24
	Avenida Getúlio Vargas	1033	9	4	20	0
	Avenida Francisco Bernardino	1152	4	1	10	0
	Rua São Mateus	1300	11	2	8	0
	Rua Santo Antônio	1552	4	8	14	0
	Rua Coronel Vidal	490	3	0	0	3
	Rua Mariano Procópio	312	3	0	1	2
	Rua Tereza Cristina	157	0	0	0	0
	Rua Paula Lima	74,8	1	0	1	0
	Rua Barão de Cataguases	367	0	1	1	0
	Rua Benjamin Costant	850	2	6	6	2
	Rua Jarbas de Leri Santos	200	0	0	0	0
	Avenida dos Andradas	1101	12	2	6	8
	Avenida Itamar Franco	4382	25	8	24	9
	Rua José Carlos Moraes Sarmento	853	2	1	1	2
	Ladeira Alexandre Leonel	536	4	0	0	4
Rua Dr. João Pineiro	833	4	1	0	5	
W	Avenida Presidente Costa e Silva	2004	19	2	6	15
	Alameda Engenheiro Gentil Forn	1581	1	0	0	1
	Rua José Lourenço Kelmer	1624	5	2	0	7
	CICLOFAIXA UFJF	2194	0	0	0	0
N	Rua Paulo Garcia	611	0	2	0	2
	Rua Martins Barbosa	616	5	3	0	8
	Rua Evaristo da Veiga	96,4	0	0	0	0
	Rua Henrique Dias	383	0	4	0	4
	Rua Diogo Álvares	232	0	1	0	1
	Rua Tomé de Souza	2,73	0	2	0	2
S	Avenida Dr. Paulo Japiassu Coelho	850	8	1	4	5
	Rua Dom Silvério	667	4	0	3	1
	Rua Água Limpa	208	0	3	0	3
	Rua Santa Luzia	203	0	0	0	0
	Rua Ibitiguaia	192	2	2	0	4
	Rua Chácara	384	0	2	1	1
	Rua Moraes e Castro	883	1	2	2	1
	Rua Monsenhor Gustavo Freire	174	0	0	0	0
	Rua Severiano Samento	654	5	1	1	5
	Rua Tavares Bastos	83,6	1	0	0	1
	Rua Barão de Aquino	108	1	0	0	1
	Rua Belmiro Braga	335	0	0	0	0
	Rua Vitorino Braga	1615	4	1	0	5
L	Avenida Garibaldi Campinhos	347	0	0	0	0
	Rua Professor Lander	79,2	0	0	0	0
	Rua do Monte	484	0	1	0	1
	Ponte Wilson Cunha Jabour Junior	65,7	0	0	0	0
	Rua Dr. José Eutrópio	541	0	2	1	1
NO	Avenida Rui Barbosa	693	2	4	5	1
	Rua Santa Teresinha	200	0	0	0	0

Fonte: Juiz de Fora (2016).

ANEXO C – Tabela para cálculo do indicador Iluminação Pública

Região	Localização	Comprimento aproximado (m)	Altura da montagem das luminárias (H) - m	Espaçamento entre postes (e) - m
CENTRAL	Avenida Rio Branco	4070	20,00	41,00
	Avenida Getúlio Vargas	1033	7,50	29,00
	Avenida Francisco Bernardino	1152	7,50	30,00
	Rua São Mateus	1300	7,50	29,00
	Rua Santo Antônio	1552	7,50	30,00
	Rua Coronel Vidal	490	7,50	30,00
	Rua Mariano Procópio	312	7,00	31,00
	Rua Teresa Cristina	157	7,50	33,00
	Rua Paula Lima	74,8	7,50	30,00
	Rua Barão de Cataguases	367	7,50	30,00
	Rua Benjamim Constant	850	7,50	35,00
	Rua Jarbas de Leri Santos	200	7,00	35,00
	Avenida dos Andradas	1101	7,50	30,00
	Avenida Itamar Franco	4382	7,50	20,00
	Rua Engenheiro José Carlos Moraes Sarmento	853	7,00	25,00
	Ladeira Alexandre Leonel	536	7,50	22,00
	Rua Dr. João Pinheiro	833	7,50	20,00
O	Avenida Presidente Costa e Silva	2004	7,50	40,00
	Alameda Engenheiro Gentil Forn	1581	7,50	30,00
	Rua José Lourenço Kelmer	1624	7,50	30,00
	CiCLOFAIXA UFJF	2194	–	–
N	Rua Paulo Garcia	611	7,50	30,00
	Rua Martins Barbosa	616	7,50	30,00
	Rua Evaristo da Veiga	96,4	7,50	30,00
	Rua Henrique Dias	383	7,50	25,00
	Rua Diogo Álvares	232	7,50	40,00
	Rua Tomé de Souza	2,73	7,50	20,00
S	Avenida Dr. Paulo Japiassu Coelho	850	7,50	20,00
	Rua Dom Silvério	667	7,50	20,00
	Rua Água Limpa	208	7,50	25,00
	Avenida Santa Luzia	203	7,50	25,00
	Rua Ibitiguáia	192	7,50	30,00
	Rua Chácara	384	7,50	30,00
	Rua Moraes e Castro	883	7,50	30,00
	Rua MonSenhor Gustavo Freire	174	7,50	40,00
	Rua Severiano Samento	654	7,50	30,00
	Rua Tavares Bastos	83,6	7,50	30,00
	Rua Barão de Aquino	108	7,50	25,00
	Rua Belmiro Braga	335	7,50	30,00
	Rua Vitorino Braga	1615	7,50	30,00
LE	Avenida Garibaldi Campinhos	347	7,50	30,00
	Rua Professor Lander	79,2	7,50	30,00
	Rua do Monte	484	7,50	30,00
	Ponte Wilson Cunha Jabour Junior	65,7	3,00	2,25
	Rua Dr. José Eutrópio	541	7,50	30,00
NO	Avenida Rui Barbosa	693	7,50	30,00
	Rua Santa Teresinha	200	7,50	30,00

Fonte: Juiz de Fora (2016).