

# UM ÍNDICE PARA A CARACTERIZAÇÃO DA OFERTA DE INFRAESTRUTURA CICLOVIÁRIA

**Natalia Felicio da Silva Fonseca**

**Gustavo Garcia Manzato**

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Engenharia de Bauru

**Inaian Pignatti Teixeira**

**Antônio Néelson Rodrigues da Silva**

Universidade de São Paulo

Escola de Engenharia de São Carlos

## RESUMO

A demanda cicloviária é influenciada por fatores socioeconômicos, que variam desde a idade, classe social até a cultura dos usuários, e também pela oferta de infraestrutura cicloviária qualificada. Originando-se da percepção de especialistas que classificaram aspectos relevantes à qualificação de uma infraestrutura cicloviária, foi proposto um índice que qualifique a infraestrutura cicloviária em uma determinada região e auxilie o planejamento urbano de uma cidade. Para este trabalho foram escolhidos três setores censitários da cidade de São Carlos que divergem entre si quanto às suas características de oferta de infraestrutura. A diferença básica entre eles é que o primeiro possui um segmento com ciclovia, o segundo possui um segmento com ciclofaixa, e o terceiro não possui infraestrutura cicloviária. Entretanto, foi possível identificar que apenas a existência de uma infraestrutura cicloviária não qualifica um determinado setor, pois foi constatado que há a necessidade de infraestruturas acessórias que favoreçam seu uso.

## ABSTRACT

Cycling is influenced by socioeconomic factors, ranging from an age, social class to the culture of users, and also by the provision of a qualified cycling infrastructure. Starting from the perception of specialists who classified relevant aspects to the qualification of a cycling infrastructure, an index is proposed to qualify the cycling infrastructure in a given region and to assist the urban planning of a city. For this work, three census tracts were chosen in the city of São Carlos, which diverged between themselves in relation to their level of infrastructure supply characteristics. The main difference between them is that the first one has a segment with a cycle path, the second has a segment with a cycle lane, and the third segment does not have any cycling infrastructure. However, we could identify that only the existence of a bicycle infrastructure does not qualify a given sector, because there is a need for ancillary infrastructures that favor its use.

## 1. INTRODUÇÃO

Em países em desenvolvimento como o Brasil, o uso dos transportes ativos (caminhada e bicicleta) tem sido crescentemente incentivado perante as dificuldades encontradas (tais como a exposição à poluição e congestionamentos) pela população em seus deslocamentos diários, os quais são realizados em sua maioria por veículos automotores individuais. Para Schafer (1998) e Hidalgo e Huizenga (2013), este incentivo deve ser promovido por investimentos em infraestruturas adequadas que possibilitem o uso dos referidos modos de transporte ativo (ou não motorizados). Em contrapartida, a escolha do modo de transporte é determinada não apenas pela oferta de infraestrutura, mas também pela distância de viagem, uso e ocupação do solo local, estilo de vida e percepção do usuário e facilidades acessórias que favoreçam o uso de um determinado modo de transporte (Ferreira, 2011; Klinger *et al.*, 2013). No caso da bicicleta, é possível destacar como facilidades a presença de mobiliário urbano, dispositivos de *traffic calming*, sistemas de compartilhamento de bicicletas disponíveis aos usuários, entre outros.

Cidades como Copenhague (Dinamarca), Groningen (Países Baixos) e Münster (Alemanha) planejaram seu desenvolvimento tendo como base o uso da bicicleta como um dos principais modos de transporte (Klinger *et al.*, 2013). A bicicleta, como exemplo de transporte ativo, é escolhida devido ao seu baixo custo, pouco espaço viário consumido e principalmente pelos

pequenos impactos negativos que produz no meio ambiente. Além disso, proporciona uma maior agilidade nos deslocamentos quando comparada à caminhada. Da mesma forma, a Dinamarca e a Holanda reconhecem, desde a década de 1970, a bicicleta como um modo de transporte, o que originou muitas pesquisas neste sentido. A busca por soluções resultou na implantação de projetos cada vez melhores que levavam em conta desde o seu design até o comportamento das viagens relacionado à segurança dos usuários (Goeverden *et al.*, 2015).

No cenário brasileiro, para que a bicicleta se torne uma escolha de modo de transporte diário, há necessidade, em um primeiro momento, da implantação de Planos Diretores que incluam infraestruturas destinadas a ciclistas, proporcionando segurança e conforto aos usuários. Em contrapartida, devido à vasta extensão territorial do país, os planejadores não possuem uma solução de implantação de infraestrutura pré-definida para que o incentivo a esse modo de transporte seja eficaz. É necessária a realização de estudos regionalizados devido às diferenças nos aspectos econômico, social e ambiental da população (Rodrigues da Silva *et al.*, 2008).

Dentre as infraestruturas cicloviárias é possível elencar, como foco deste trabalho, a ciclovia, a ciclofaixa e as vias compartilhadas que atendem aos usuários de bicicletas com algumas diferenças entre elas. Na ciclovia há separação física entre a via principal, cuja velocidade de veículos motorizados pode ser elevada, e o espaço dos ciclistas. Na ciclofaixa a separação entre veículos motorizados e bicicletas se dá por meio de uma faixa sinalizada no solo ou elementos com baixa segregação (por exemplo, o uso de tachões). Finalmente, em vias compartilhadas não há separação ou demarcação específica de bicicletas, existe apenas sinalização indicativa de que aquela via é rota para ciclistas (Brasil, 2016).

Além da implantação de infraestruturas destinadas aos ciclistas, é necessário avaliar fatores importantes para o incentivo ao uso da bicicleta. Com o intuito de auxiliar esse processo, Fonseca *et al.* (2018) identificaram, através da percepção de especialistas, o quanto alguns aspectos são importantes na qualificação de uma infraestrutura cicloviária. Estes aspectos englobam a percepção de segurança do usuário, características físicas da via e as infraestruturas auxiliares que permitem que o ciclista siga seu trajeto com conforto.

Em uma continuidade ao referido trabalho, este estudo apresenta a proposta de um índice para a caracterização da oferta de infraestrutura cicloviária partindo da hierarquia de domínios e temas realizada por Fonseca *et al.* (2018). Este índice serviria como ferramenta de gestão pública no que se refere ao planejamento urbano de uma cidade que tem interesse em incorporar a bicicleta como modo de transporte, fornecendo a situação atual de cada região da cidade e o quanto o investimento em uma determinada infraestrutura traria melhorias para a mesma. Para tanto, foram elaborados os indicadores com suas respectivas notas pertencentes a cada tema, os quais na sequência foram associados a um domínio. Disso resultou o índice aqui proposto e aplicado em setores censitários da cidade de São Carlos-SP.

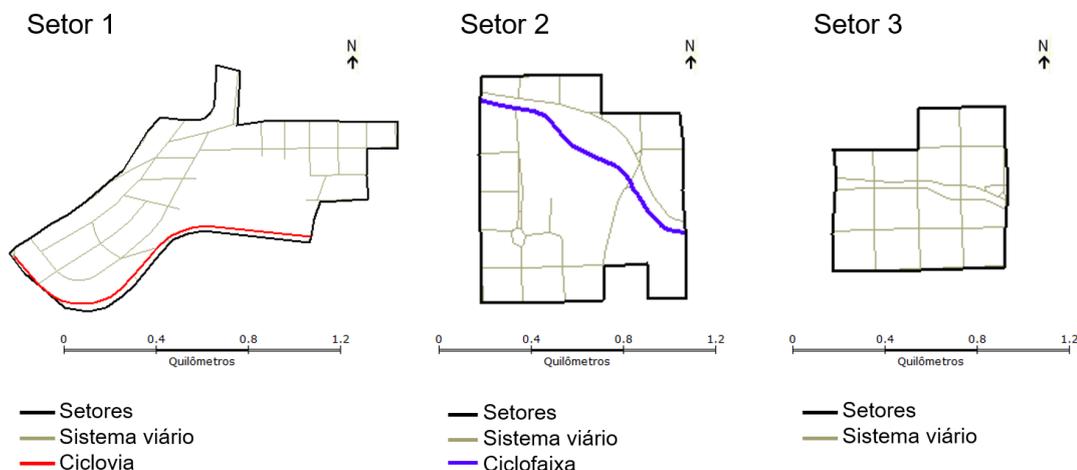
## **2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Nesta seção serão apresentados o objeto de estudo e os dados utilizados, bem como o método empregado para a elaboração do índice de oferta de infraestrutura cicloviária.

### **2.1. Caracterização do objeto de estudo e dados utilizados**

Para a proposta do índice de oferta de infraestrutura cicloviária foram utilizadas informações referentes a três setores censitários na cidade de São Carlos (Figura 1). O setor 1 possui em seu

sistema viário vias que não possuem infraestrutura cicloviária e um segmento de 1,3 km de ciclovia. Já o setor 2 possui, além de vias sem infraestrutura para ciclista, uma ciclofaixa com 700 m de extensão. Finalmente, o setor 3 não possui infraestrutura cicloviária.



**Figura 1:** Localização georreferenciada dos setores 1, 2 e 3

A obtenção das informações referentes às características dos setores para a composição do índice aqui proposto (detalhado na próxima seção) foi auxiliada por dados adicionais, como o sistema viário da cidade, filmagens realizadas durante trajetos percorridos nestes setores com uma bicicleta e consultas às imagens do *Google Earth* e *Google Maps*. Além disso, os dados foram organizados e calculados utilizando-se a base dos setores censitários do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Ou seja, o índice é apresentado conforme a subdivisão do território a partir dos setores censitários.

## 2.2. Estrutura do indicador de oferta de infraestrutura cicloviária

Para o cálculo do índice em cada setor, foram utilizados a priorização de domínios e temas com os seus respectivos pesos, resultantes da pesquisa de Fonseca *et al.* (2018), indicados na Tabela 1. Partindo desses temas, foram criados indicadores para cada um deles com seus respectivos pesos. Essas informações estão dispostas na Tabela 2, localizada na seção de resultados deste artigo, separadas respectivamente pelos seus domínios (Segurança, Geometria e Facilidades).

Algumas referências metodológicas são ainda apresentadas nesta seção, que serviram como base na construção dos indicadores e suas avaliações. Dessa forma, para os temas do domínio Segurança, as seguintes considerações foram elaboradas:

- *Velocidade*: foi considerada a velocidade ideal de acordo com Brasil (2016) das vias onde estão localizadas as infraestruturas. Vias que não possuem infraestrutura cicloviária não pontuam neste tema. Este item não avalia qual infraestrutura é mais segura quanto a sua separação física e sim a possibilidade de existência da mesma em uma via com determinada velocidade;
- *Circulação nas interseções*: como o Brasil ainda não possui uma cultura que priorize o transporte cicloviário, a medida considerada como *traffic calming* são os semáforos, por ser encontrado com maior frequência (ITDP, 2017);
- *Pavimento*: seguindo a classificação de Brasil (2016), este tema foi segregado em vias que possuem pavimento, seja ele qual for, e vias não pavimentadas;
- *Sinalização*: foram avaliadas conjuntamente a sinalização horizontal e vertical, sendo que em

alguns pontos é possível encontrar somente um dos tipos (Brasil, 2016);

- *Continuidade junto aos pontos de parada*: foi avaliada a possibilidade de continuidade do trajeto de um ciclista em um local de ponto de ônibus, conforme Brasil (2016). Neste tema, avaliamos a interferência do ponto de ônibus em relação à infraestrutura. A existência de ponto de ônibus em um setor determinado será avaliada no tema integração com transporte público, descrito mais a frente;
- *Iluminação*: foram apresentadas apenas duas alternativas, sendo presença ou ausência da mesma (Brasil, 2016).

**Tabela 1:** Priorização e pesos dos domínios e dos temas (Fonte: Fonseca *et al.*, 2018)

Domínios e Temas	Peso	Peso Domínio x Tema
<b>Domínio: SEGURANÇA</b>	<b>0,544</b>	
Velocidade	0,261	0,142
Circulação nas interseções	0,175	0,095
Pavimento	0,172	0,094
Sinalização	0,148	0,081
Continuidade junto aos pontos de parada	0,130	0,071
Iluminação	0,114	0,062
<b>Domínio: GEOMETRIA</b>	<b>0,250</b>	
Conexão	0,171	0,043
Separação física	0,163	0,041
Largura	0,122	0,031
Transposição	0,101	0,025
Declividade	0,100	0,025
Facilidade	0,091	0,023
Posição	0,089	0,022
Sentido	0,087	0,022
Drenagem	0,076	0,019
<b>Domínio: FACILIDADES</b>	<b>0,206</b>	
Estacionamento	0,208	0,043
Integração com transporte público	0,175	0,036
Conectividade	0,162	0,033
Arborização	0,113	0,023
Compartilhamento	0,099	0,020
Sistemas de informação	0,090	0,018
Vestiários	0,078	0,016
Mobiliário urbano	0,076	0,016

De forma análoga ao domínio Segurança, os temas do domínio Geometria foram avaliados da seguinte forma:

- *Conexão entre infraestruturas*: avaliou-se a existência de conexões entre infraestruturas dentro de uma região. Para o usuário é importante que o trajeto que irá percorrer apresente infraestruturas conectadas para que não seja preciso interromper seu percurso (ITDP, 2017);
- *Separação física*: neste tema a infraestrutura existente foi avaliada quanto à segurança que oferece ao ciclista, sendo a ciclovia a mais segura, seguida da ciclofaixa e finalmente pela via compartilhada como a menos segura (Basu e Vasudevan, 2013; Goeverden *et al.*, 2015; Gonzalo-orden *et al.*, 2014; Sousa *et al.*, 2014). Para este cálculo foi considerada apenas a extensão com infraestrutura cicloviária;
- *Largura*: foi analisada a largura da infraestrutura comparada com a largura mínima para

infraestruturas bidirecionais ou unidirecionais, conforme Brasil (2016);

- *Transposição*: foram identificadas 3 estruturas existentes em território urbano: passarelas, escadas e pontes/viadutos (ITDP, 2017). Para cada uma, foram consideradas as situações favoráveis ou desfavoráveis aos ciclistas;
- *Declividade*: considerou-se a inclinação de 3% como favorável ao ciclista e a inclinação de até 6% possível de ser vencida com a bicicleta (ITDP, 2017);
- *Facilidade*: foram analisadas as posições de parada de veículos e bicicletas em uma interseção. Segundo ITDP (2017), estas devem ser diferentes para que o ciclista seja identificado com maior facilidade pelo condutor do veículo;
- *Posição*: observou-se a posição da infraestrutura existente, se nas laterais das vias ou canteiro central e se ao nível dos veículos ou dos pedestres de acordo com Marqués *et al.* (2015);
- *Sentido*: foi avaliado o sentido que o ciclista percorre em relação aos veículos automotores (Marqués *et al.*, 2015) onde há infraestrutura cicloviária;
- *Drenagem*: avaliou-se este tema utilizando as inclinações máximas para drenagem transversal indicadas em Brasil (2016) e a existência de dispositivos de drenagem ao longo da infraestrutura.

Para a avaliação dos temas dentro de Facilidades, a maioria foi analisada quanto à sua presença ou ausência considerando toda a região delimitada:

- *Estacionamento*: considerando que no Brasil não é comum a existência de estacionamentos destinados a bicicletas, avaliou-se paraciclos e bicicletários com a mesma importância (Brasil, 2016);
- *Integração com transporte público*: observou-se a existência de pontos de ônibus localizados na região, não sendo considerados seu número nem as condições do transporte público (Brasil, 2016);
- *Conectividade*: identificou-se a presença de polos geradores de viagem dentro do setor a fim de avaliar a possível demanda local (ITDP, 2017);
- *Arborização*: ponderou-se a existência de árvores na região delimitada (ITDP, 2017);
- *Compartilhamento, sistemas de informação e vestiários*: considerou-se a presença ou ausência de qualquer um desses temas (Marqués *et al.*, 2015; ITDP, 2017);
- *Mobiliário urbano*: a existência de mobiliário urbano foi dividida em dois itens acessórios comuns e de fácil implantação, como bebedouros e bancos (ITDP, 2017).

### 3. RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta os indicadores, seus respectivos pesos e os valores medidos nos setores analisados, considerando-se os temas dos domínios Segurança, Geometria e Facilidades. Os detalhes dos cálculos para os indicadores dos temas do domínio Segurança estão mostrados a seguir:

- *Velocidade*: foi identificada a existência de infraestrutura cicloviária no setor e, em seguida, a velocidade máxima permitida para os veículos. A partir daí foi calculada sua proporção em relação à extensão total das vias dentro do setor. Assim, o valor 0,16 indicado na Tabela 2 para o setor 1 que possui uma ciclovia corresponde à extensão dessa infraestrutura em relação ao sistema viário do setor. Da mesma forma, o valor 0,14 para o setor 2 que possui uma ciclofaixa localizada em via com velocidade superior a 30km/h corresponde à extensão desse tipo de infraestrutura em relação à extensão do sistema viário do setor. Para o setor 3, como este não possui infraestrutura cicloviária, o valor 1,0 em vias sem infraestrutura corresponde à totalidade das vias;

**Tabela 2: Cálculo do índice de oferta de infraestrutura cicloviária para os setores 1, 2 e 3**

Domínios	Temas	Indicadores	Peso	Setor 1		Setor 2		Setor 3	
				Notas	Indicador	Notas	Indicador	Notas	Indicador
Segurança (0,544)	Velocidade (0,261)	Ciclovias	1,00	0,16	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00
		Ciclofaixa em vias com velocidade máx. ≤ 40km/h	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Ciclofaixa em vias com velocidade máx. > 40km/h	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00
		Via compartilhada com velocidade máx. ≤ 30km/h	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Via compartilhada com velocidade máx. > 30km/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Via sem infraestrutura cicloviária	0,00	0,84	0,00	0,86	0,00	1,00	0,00
<i>Indicador global para velocidade<sup>1</sup></i>					0,04		0,00		0,00
Circulação nas interseções (0,175)		Interseções com <i>traffic calming</i> (no caso, semáforos)	1,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
		Interseções sem <i>traffic calming</i> (no caso, semáforos)	0,00	0,97	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
		<i>Indicador global para circulação nas interseções</i>					0,01		0,00
Pavimento (0,172)		Vias pavimentadas	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		Vias não pavimentadas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		<i>Indicador global para pavimento<sup>1</sup></i>					0,17		0,17
Sinalização (0,148)		Horizontal: de 75 a 100% da via sinalizada	0,50	0,16	0,08	0,14	0,07	0,00	0,00
		Horizontal: vias sinalizadas em até 75%	0,00	0,84	0,00	0,86	0,00	1,00	0,00
		Vertical: de 75 a 100% da via sinalizada	0,50	0,16	0,08	0,14	0,07	0,00	0,00
		Vertical: vias sinalizadas em até 75%	0,00	0,84	0,00	0,86	0,00	1,00	0,00
<i>Indicador global para sinalização<sup>1</sup></i>					0,02		0,02		0,00
Continuidade junto aos pontos de parada (onde há infraestrutura cicloviária) (0,130)		Pontos de ônibus localizados em trechos com ciclovias	1,00	0,29	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00
		Pontos de ônibus com continuidade do trajeto pela calçada	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Pontos de ônibus com continuidade do trajeto por faixa sinalizada	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Pontos de ônibus que interferem a continuidade do trajeto do ciclista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Indicador global para continuidade junto aos pontos de parada<sup>1</sup></i>					0,04		0,00		0,00
Iluminação (0,114)		Presença de iluminação pública	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		Ausência de iluminação pública	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		<i>Indicador global para iluminação<sup>1</sup></i>					0,11		0,11
<b>Índice global para Segurança<sup>2</sup></b>					<b>0,22</b>		<b>0,17</b>		<b>0,16</b>

Domínios	Temas	Indicadores	Peso	Setor 1		Setor 2		Setor 3	
				Notas	Indicador	Notas	Indicador	Notas	Indicador
Geometria (0,250)	Conexão infra- estruturas (0,171)	Infraestruturas conectadas	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
		Ausência de conexão entre infraestruturas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Indicador global para conexão entre infraestruturas<sup>1</sup></i>					0,17		0,17		0,00
Separação física (0,163)		Extensão de ciclovia em relação à extensão total de infraestrutura cicloviária	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Extensão de ciclofaixa em relação à extensão total de infraestrutura cicloviária	0,60	0,00	0,00	1,00	0,60	0,00	0,00
		Extensão de via compartilhada em relação à extensão total de infraestrutura cicloviária	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
		<i>Indicador global para separação física<sup>1</sup></i>					0,16		0,10
Largura (0,122)		Bidirecional com largura ≥ 2,50m	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
		Bidirecional com largura < 2,50m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Unidirecional com largura ≥ 1,20m	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Unidirecional com largura < 1,20m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Indicador global para largura<sup>1</sup></i>					0,12		0,12		0,00
Transposição (0,101)		Rampas de acesso em passarelas com inclinação inferior a 8,33% e largura mínima de 3,50m	0,33	1,00	0,33	1,00	0,33	1,00	0,33
		Passarelas sem rampas de acesso adequadas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Presença de canaletas junto às escadas	0,33	1,00	0,33	0,00	0,00	1,00	0,33
		Ausência de canaletas junto às escadas	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
		Local destinado a ciclistas em pontes e viadutos	0,33	1,00	0,33	0,00	0,00	1,00	0,33
		Ausência de local destinado a ciclistas em pontes e viadutos	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
<i>Indicador global para transposição de barreiras físicas<sup>1</sup></i>					0,10		0,03		0,10
Declividade (0,100)		Desníveis com inclinações até 3%	1,00	1,00	1,00	0,14	0,14	1,00	1,00
		Desníveis com inclinação de 3 a 6%	0,50	0,00	0,00	0,86	0,43	0,00	0,00
		Desníveis com inclinações acima de 6%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Indicador global para declividade<sup>1</sup></i>					0,10		0,06		0,10
Facilidade de conversão (0,091)		Número de interseções com posição de parada para ciclista a frente de veículos em relação ao número total de interseções	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Indicador global para facilidade de conversão<sup>1</sup></i>					0,00		0,00		0,00

Domínios	Temas	Indicadores	Peso	Setor 1		Setor 2		Setor 3		
				Notas	Indicador	Notas	Indicador	Notas	Indicador	
Geometria (0,250)	Posição (0,089)	Extensão localizada junto à calçada a nível dos pedestres em relação a extensão total infraestrutura	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Extensão localizada junto à calçada a nível dos automóveis em relação a extensão total infraestrutura	0,50	0,00	0,00	1,00	0,50	0,00	0,00	
		Extensão localizada no canteiro central a nível dos pedestres em relação a extensão total infraestrutura	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Extensão localizada no canteiro central a nível dos automóveis em relação a extensão total infraestrutura	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	<i>Indicador global para posição<sup>1</sup></i>				<i>0,09</i>		<i>0,04</i>		<i>0,00</i>	
	Sentido (0,087)	Extensão de vias em mesmo sentido em relação à extensão total infraestrutura	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Extensão de vias no contrafluxo em relação à extensão total infraestrutura	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Extensão de vias bidirecionais em relação à extensão total infraestrutura	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	
	<i>Indicador global para direção<sup>1</sup></i>				<i>0,09</i>		<i>0,09</i>		<i>0,00</i>	
	Drenagem (0,076)	Inclinação trasnversal $\leq 2\%$	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	
		Inclinação trasversal $> 2\%$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Ausência de dispositivos de drenagem que impedem o ciclista	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	
		Presença de dispositivos de drenagem como obstáculos ao ciclista	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	<i>Indicador global para drenagem<sup>1</sup></i>				<i>0,08</i>		<i>0,08</i>		<i>0,08</i>	
<b>Índice global para Geometria<sup>2</sup></b>				<b>0,23</b>		<b>0,17</b>		<b>0,07</b>		
Facilidades (0,206)	Estacionamento (0,208)	Existência de paraciclos	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Existência de bicicletários	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Ausência de estacionamento para bicicleta	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	
	<i>Indicador global para estacionamento<sup>1</sup></i>				<i>0,00</i>		<i>0,00</i>		<i>0,00</i>	
Integração com transporte público (0,175)	Presença de ponto de ônibus no setor	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
<i>Indicador global para integração com transporte público<sup>1</sup></i>				<i>0,18</i>		<i>0,18</i>		<i>0,18</i>		

Domínios	Temas	Indicadores	Peso	Setor 1		Setor 2		Setor 3		
				Notas	Indicador	Notas	Indicador	Notas	Indicador	
Facilidades (0,206)	Conectividade (0,162)	Presença de polos geradores de viagem	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Ausência de polos geradores de viagem	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	
	<i>Indicador global para conectividade<sup>1</sup></i>				<i>0,00</i>		<i>0,00</i>		<i>0,00</i>	
	Arborização (0,113)	Taxa de extensão do percurso com árvores em relação a extensão total	1,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	
		Taxa de extensão do percurso sem árvores em relação a extensão total	0,00	1,00	0,00	0,96	0,00	1,00	0,00	
	<i>Indicador global para arborização<sup>1</sup></i>				<i>0,00</i>		<i>0,00</i>		<i>0,00</i>	
	Compartilhamento (0,099)	Presença de sistemas de compartilhamento de bicicletas	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Ausência de sistemas de compartilhamento de bicicletas	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	
	<i>Indicador global para compartilhamento<sup>1</sup></i>				<i>0,00</i>		<i>0,00</i>		<i>0,00</i>	
	Sistemas de informação (0,090)	Presença de sistemas de informação a ciclistas	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Ausência de sistemas de informação a ciclistas	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	
	<i>Indicador global para sistemas de informação<sup>1</sup></i>				<i>0,00</i>		<i>0,00</i>		<i>0,00</i>	
	Vestiários (0,078)	Presença de vestiários ao longo do percurso	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Ausência de vestiários	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	
	<i>Indicador global para vestiários<sup>1</sup></i>				<i>0,00</i>		<i>0,00</i>		<i>0,00</i>	
	Mobiliário urbano (0,076)	Presença de bebedouros	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Ausência de bebedouros	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	
		Presença de bancos	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Ausência de bancos	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	
	<i>Indicador global para mobiliário urbano<sup>1</sup></i>				<i>0,00</i>		<i>0,00</i>		<i>0,00</i>	
<b>Índice global para Facilidades<sup>2</sup></b>				<b>0,04</b>		<b>0,04</b>		<b>0,04</b>		
<b>Índice de oferta de infraestrutura cicloviária<sup>3</sup></b>				<b>0,48</b>		<b>0,38</b>		<b>0,26</b>		

<sup>1</sup> Indicador global para cada tema:  $\Sigma$  (Peso x Nota) x Peso do tema

<sup>2</sup> Índice global para o domínio:  $\Sigma$  Indicadores globais de cada tema x Peso do domínio

<sup>3</sup> Índice de oferta de infraestrutura cicloviária:  $\Sigma$  Índice global dos domínios

- *Circulação nas interseções*: foi calculado o indicador considerando o número de semáforos em relação ao total de interseções do setor. No caso, para o setor 1 o valor 0,03 corresponde a uma interseção com semáforo em relação ao total de interseções, que para este caso, são 31. Considerando o setor 2, não há semáforo em nenhuma das 28 interseções do setor. O mesmo ocorre para o setor 3, que não possui semáforo em nenhuma das 20 interseções;
- *Pavimento*: foi identificada a existência de pavimento em todo sistema viário dos três setores. Dessa forma, o valor 1,0 corresponde à totalidade das vias pavimentadas;
- *Sinalização*: foi calculada a extensão que possui sinalização em relação à extensão do sistema viário do setor. Para os setores 1 e 2, a sinalização destinada ao ciclista está presente apenas onde há infraestrutura, por isso este valor é igual aos valores apresentados nos indicadores de velocidade, sendo 0,16 para o setor 1 e 0,14 para o setor 2. Para o setor 3, como este não possui infraestrutura, não existe sinalização destinada ao ciclista;
- *Continuidade junto aos pontos de parada*: a existência de ponto de ônibus foi avaliada no tema integração com transporte público. A partir daí, foram identificados quais pontos de ônibus possuíam conexão com a infraestrutura cicloviária do setor e calculada esta relação. Para o setor 1, de um total de 7 pontos de ônibus, 2 deles estão localizados próximos à ciclovia. Já para o setor 2, os 3 pontos de ônibus existentes, não estão próximos à ciclofaixa, assim não é possível avaliar a continuidade do percurso percorrido pelo ciclista na infraestrutura ofertada. Dessa forma, a pontuação para este setor é 0,0. O mesmo ocorre com o setor 3, que possui apenas 1 ponto de ônibus sendo que este, devido à inexistência de infraestrutura no setor, não causa interferência com o ciclista;
- *Iluminação*: baseado nos dados disponíveis, considerou-se presença de iluminação pública nos três setores;

Em relação aos indicadores dos temas no domínio Geometria, foram efetuados os seguintes cálculos:

- *Conexão entre infraestruturas*: nos setores 1 e 2, apesar da existência de infraestruturas diferentes, é possível identificar que a infraestrutura percorre todo o setor de Leste a Oeste, possibilitando que o ciclista não tenha seu trajeto interrompido. No entanto, ele percorrerá trechos sem infraestrutura cicloviária se quiser ter acesso a todas as regiões do setor. O setor 3 não recebe pontuação neste tema pois não possui infraestrutura;
- *Separação física*: neste tema avaliou-se apenas a infraestrutura existente. Para o setor 1, a presença da ciclovia permitiu a pontuação máxima por ser segregada e para o setor 2, a ciclofaixa pontuando em seu respectivo indicador. Para o setor 3, como não há trechos com infraestrutura destinada à ciclista, este tema recebe pontuação apenas como via compartilhada. Também seria possível a existência de ciclovias, ciclofaixas e até mesmo vias compartilhadas em conjunto. O cálculo neste caso seria a representação de cada tipo de infraestrutura em relação à extensão total das mesmas;
- *Largura*: neste tema avalia-se apenas a largura das infraestruturas existentes. Para os setores 1 e 2, as infraestruturas atendiam aos parâmetros mínimos, permitindo a pontuação máxima. Como o setor 3 não possui infraestrutura destinada à ciclista, este tema não recebe pontuação;
- *Transposição*: observou-se a existência de escada e ponte, apesar de pequena, no setor 2 e a inexistência de qualquer infraestrutura acessória que facilite a transposição das mesmas por ciclistas. Nos setores 1 e 3 não se identificou qualquer barreira física, bem como não foram identificadas passarelas no setor 2;
- *Declividade*: nos setores 1 e 3 foi identificada inclinação de até 3% em toda extensão do sistema viário. Já no setor 2 foi identificada inclinação de até 3% apenas onde há infraestrutura cicloviária (14% do percurso) e no restante a inclinação não ultrapassou 6%;

dessa forma os valores 0,14 e 0,86 foram dispostos;

- *Facilidade*: não foi identificada distinção entre as distâncias de parada para veículos ou bicicletas em nenhum dos setores avaliados;
- *Posição*: este tema também é avaliado apenas para a extensão de infraestrutura existente. Os valores para os setores 1 e 2 são diferentes neste tema pois a ciclovia está localizada junto à calçada e no nível dos pedestres e a ciclofaixa está localizada junto à calçada no nível dos automóveis. Como o setor 3 não possui infraestrutura cicloviária, neste tema, ele não recebe pontuação. Da mesma forma como no tema de separação física, se houvessem mais tipos de infraestruturas, estes valores seriam proporcionais à extensão total de infraestrutura existente;
- *Sentido*: para as infraestruturas avaliadas, tanto para o setor 1 como para o setor 2, identificou-se presença de infraestruturas bidirecionais. Assim como no tema *Posição*, o setor 3 não recebe pontuação pois não possui infraestrutura;
- *Drenagem*: este tema, para os 3 setores, foi avaliado de forma favorável à oferta de infraestrutura (inclinação máxima de 2% e inexistência de dispositivos de drenagem que fossem obstáculos aos ciclistas);

Por fim, quanto aos indicadores dos temas no domínio Facilidades, são apresentados os respectivos cálculos:

- *Estacionamento, sistemas de informação, vestiários e compartilhamento de bicicletas*: nesses temas não foram identificadas quaisquer infraestruturas acessórias nos setores avaliados;
- *Integração com transporte público*: aqui avalia-se a existência de ponto de ônibus no setor avaliado. Nos três setores foram identificados pontos de ônibus, recebendo valor 1,0 para este tema;
- *Conectividade*: nestes setores, não foram identificados polos geradores de viagens;
- *Arborização*: nos setores 1 e 3 não foi identificada presença de segmentos arborizados e no setor 2 constatou-se que em 200 m (4% do sistema viário total) havia árvores e o restante (96%) não possuía sua extensão arborizada;
- *Mobiliário urbano*: não se observou a presença de mobiliário urbano nos setores avaliados.

Considerando-se a avaliação e a pontuação para cada indicador e posteriormente a priorização e os pesos de cada tema e cada domínio, foi possível calcular o índice de oferta de infraestrutura cicloviária para os setores 1, 2 e 3. Os valores encontrados foram 0,48, 0,38 e 0,26, respectivamente. Os valores dos índices de oferta de infraestrutura cicloviária refletem a diferença entre características dos setores analisados. Em Segurança é possível identificar que o setor 1 apresenta além de infraestrutura mais segura, uma maior pontuação relacionada às interseções e às continuidades junto aos pontos de parada. É possível identificar uma maior pontuação também em Geometria, onde o setor 1 possui vantagem no tocante à separação física, transposição de barreiras físicas, declividade e posição.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo deste trabalho foi propor a construção de um índice de oferta de infraestrutura cicloviária que trouxesse informações referentes a essa infraestrutura sobre uma determinada região para auxiliar a gestão pública em seus investimentos. No estudo de caso desenvolvido, notou-se que o índice do setor 1 é melhor avaliado devido ao tipo de infraestrutura cicloviária oferecida e algumas características físicas que favorecem o uso da bicicleta. A ciclovia apresenta vantagem em relação à uma ciclofaixa, principalmente quando a existência desta se dá em vias com velocidades máximas superiores a 30 km/h. No entanto, observa-se que os valores dos índices ainda são relativamente baixos e isso se deve, em grande parte, à ausência

de facilidades que favoreçam o uso da bicicleta. Nesse sentido, com o resultado deste trabalho foi possível identificar principalmente que apenas a existência de infraestrutura destinada ao tráfego de bicicleta não é suficiente para que uma região apresente uma oferta de infraestrutura qualificada. Há necessidade de infraestruturas acessórias e atendimento aos parâmetros mínimos já identificados na literatura para que o usuário seja incentivado a utilizar este modo de transporte, podendo inclusive adotá-lo como seu principal modo de transporte.

#### **Agradecimentos**

Os autores agradecem às agências CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Processo 2015/50129-5) pelo apoio.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Basu, S. e V. Vasudevan (2013) Effect of Bicycle Friendly Roadway Infrastructure on Bicycling Activities in Urban India, *Procedia – Social and Behavioral Sciences, 2nd Conference of Transportation Reserach Group of India (2nd CTRG)*, v.104, n. Supplement C, p. 1139-1148.
- Brasil (2016) *Caderno Técnico para Projetos de Mobilidade Urbana - Transporte Ativo*. Secretaria Nacional de Mobilidade Urbana, Ministério das Cidades, Brasília, DF.
- Ferreira, D. I. R. (2011) A Cultura da Mobilidade Sustentável no Instituto Politécnico de Leiria. Dissertação - Mestrado em Planeamento Regional e Urbano - Universidade de Aveiro, Portugal.
- Fonseca N. F. da S., G. G. Manzato, A. N. Rodrigues da Silva e B. S. Bezerra (2018) Percepção de Especialistas Quanto à Qualidade das Infraestruturas Cicloviárias no Brasil por meio de Avaliação Multicritério Estruturada. *Anais do Pluris 2018 – 8º Congresso Luso-Brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável*, Coimbra, Portugal, [no prelo].
- Goeverden, K, T. S. Nielsen, H. Harder e R. Nes (2015) Interventions in Bicycle Infrastructure, Lessons from Dutch and Danish Cases. *Transportation Research Procedia*, v. 10, n. Supplement C, p. 403–412.
- Gonzalo-orden, H., A. Linares, L. Velasco, J. M. Díez e M. Rojo (2014) Bikeways and Cycling Urban Mobility, *Procedia – Social and Behavioral Sciences, XI Congreso de Ingenieria del Transporte (CIT 2014)*, 160, n. Supplement C, p. 567-576.
- Hidalgo, D. e C. Huizenga (2013) Implementation of Sustainable Urban Transport in Latin America. *Research in Transportation Economics, Urban Transport in Developing Countries: CODATU Special Issue*, v. 40, n. 1, p. 66–77.
- ITDP (2017) *Guia de Planejamento Cicloinclusivo*. Instituto de Políticas de Transporte & Desenvolvimento, Rio de Janeiro, RJ.
- Klinger, T., J. R. Kenworthy e M. Lanzendorf (2013) Dimensions of Urban Mobility Cultures – a Comparison of German Cities. *Journal of Transport Geography*, v. 31, n. Suppl. C, p. 18–29.
- Marqués, R., V. Hernández-Herrador, M. Calvo-Salazar e J. A. García-Cebrián (2015) How Infrastructure Can Promote Cycling in Cities: Lessons from Seville, *Research in Transportation Economics, Bicycles and Cycleways*, v. 53, p. 31-44.
- Rodrigues da Silva, A. N., M. da S. Costa e H. M. Macedo (2008) Multiple Views of Sustainable Urban Mobility: The case of Brazil. *Transport Policy*, v. 15, n. 6, p. 350–360.
- Schafer, A. (1998) The Global Demand for Motorized Mobility. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 32, n. 6, p. 455–477.
- Sousa, A. A., S. P. Sanches e M. A. G. Ferreira (2014) Perception of Barriers for the Use of Bicycles, *Procedia - Social and Behavioral Sciences, XI Congreso de Ingenieria del Transporte*, 160, n. Suppl. C, p. 304-313.

---

Natalia Felicio da Silva Fonseca (nataliafsfonseca@gmail.com)

Gustavo Garcia Manzato (gustavo.manzato@unesp.br)

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Faculdade de Engenharia de Bauru  
Av. Eng. Luiz Edmundo C. Coube, 14-01 - 17033-360 Bauru, SP, Brasil

Inaian Pignatti Teixeira (inaianteixeira@hotmail.com)

Antônio Néelson Rodrigues da Silva (anelson@sc.usp.br)

Universidade de São Paulo (USP), Escola de Engenharia de São Carlos  
Av. Trabalhador São-carlense, 400 - 13560-590 São Carlos, SP, Brasil