2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA INFRAESTRUTURA CICLOVIÁRIA DE UMA CIDADE DE PORTE MÉDIO DO ESTADO DO MATO GROSSO[1]

MACEDO, Gabriel da Silva (1); GUERREIRO, Thais de Cassia Martinelli (2)

(1) Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR, gabrielmacedo@estudante.ufscar.br
(2) Universidade Federal de São Carlos, tcmguerreiro@gmail.com

RESUMO

A substituição dos automóveis movidos a combustão é uma tendência. A principal alternativa escolhida para esse fim é a bicicleta, assim, a existência de uma infraestrutura cicloviária de qualidade é de extrema importância. Neste contexto, este trabalho busca determinar o nível de serviço e a qualidade da infraestrutura cicloviária já existentes na cidade de Sinop, Mato Grosso. Para tanto, a metodologia utilizada determinou indicadores e cenários baseados nos manuais de planejamento cicloviário, obtendo-se o Índice de Qualidade de Infraestrutura Cicloviário Final e o Nível de Serviço. O resultado dessa pesquisa foi um nível de serviço bom para a maioria das infraestruturas avaliadas, demonstrando que, embora ainda não sendo o ideal, o ambiente construído contribui positivamente para o modo cicloviário.

Palavras-chave: *Mobilidade urbana. Bicicleta. Indicadores.*

ABSTRACT

The replacement of combustion cars is a trend. The main alternative chosen for this purpose is the bicycle, therefore, the presence of good bike paths infrastructure is extremely important. In this context, this report determines the level of service and the quality of existing cycle paths infrastructure in the city of Sinop, Mato Grosso. Therefore, the methodology used determines indicators and scenarios defined in the cycle planning manuals, obtaining the Cycling Quality Index and the Service Level. The result of this research was a good service level for most bike paths, demonstrating that, although it is still not ideal, the built environment contributes positively to the bike path.

Keywords*: Urban mobility. Bicycle. Indicators.*

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento das cidades, o planejamento de transporte de longa distância vem ganhando cada vez mais importância. Em suma, as cidades brasileiras são planejadas priorizando o transporte motorizado individual, o qual é, em sua maioria, movido por combustíveis derivados de petróleo, extremamente poluentes. Outra desvantagem desse sistema é a ocupação ineficaz dos espaços urbanos. Enquanto as bicicletas ocupam 4,5 km² por pessoa, um veículo com 5 pessoas ocupa 20 km² por pessoa (ITDP, 2016).

Essas desvantagens mostram a necessidade de buscar alternativas, tais como o transporte não motorizado, representado pelo modo cicloviário e pedonal.

[1]ABNT NBR 6023

Especificamente com relação ao modo cicloviário, este representa uma das melhores opções para médias distâncias até 5 km de distância, pois é mais rápido e limpo (Chapadeiro, 2012).
Adotando-se o transporte cicloviário como alternativa de locomoção, faz-se necessário também avaliar constantemento a qualidade da infraestrutura cicloviária e do ambiente construído no qual as bicicletas irão trafegar. Neste sentido, uma pesquisa que apresente detalhes sobre a qualidade da infraestrutura utilizada contribui para a identificação dos problemas presentes e possibilitam propor soluções para sua correção.
O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar a qualidade da infraestrutura cicloviária de uma cidade de porte médio do estado do Mato Grosso. A avaliação foi realizada considerando vários indicadores, respectivos cenários e pontuações, a partir dos quais foi possível construir o Indice de Qualidade de Infraestrutura Cicloviário Final ($IQIC_f$) e obter o Nível de Serviço das infraestruturas estudadas.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

De acordo o Ministério das Cidades (2007), o sistema cicloviário é composto por ciclovias (segregadas fisicamente das faixas de rolamento por meio-fio ou canteiro central), ciclofaixas (partes de vias destinadas exclusivamente para o uso de ciclistas) e ciclorotas (vias compartilhadas com velocidades entre 30 km/h e 40 km/h e baixo fluxo de veículos).
Como indicações de normativas para projeto e avaliação do sistema cicloviário tem-se o Manual de Planejamento Cicloviário (GEIPOT, 2001), no qual se encontram instruções pertinentes para avaliação do nível de serviço, como: projetos geométricos, pavimentação, sinalização, iluminação e estacionamentos. Em complementação, publicação realizada por EMBARQ (2017) também apresenta indicadores de conforto e segurança, como: declividade, arborização, estacionamentos, concordância com o transporte público e instrumentos de *traffic-calming*.

3 MÉTODO

Carter *et al*. (2006), dividem as metodologias de avaliação de nível de serviço em duas: os estudos que levam em consideração o risco dos ciclistas considerando a quantidade de acidente no trajeto, e os que levam em conta o espaço físico das ciclovias e caracteristicas que a tornam atrativas. As principais metodologias relacionadas à este método são descritos por: HCM (TRB, 2000), Davis (1987), Landis (1994) e Dixon (1996). No presente artigo foi escolhida uma abordagem que considera o meio construido do ponto de vista técnico e, para seu desenvolvimento foram determinadas as seguintes etapas:

3.1.1 Construção de modelo do espaço físico no Sistema de Informações Geográficas (SIG)

As informações da cidade foram inseridas em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), com auxílio do software Quantum GIS (QGIS).

3.1.2 Elaboração e definição da pontuação de Indicadores

As ciclovias (infraestrutura estudada) foram avaliadas considerando a infraestrutura física existente, segundo os indicadores: G1 – Condições do pavimento; G2 – Largura da via para ciclovias bidirecionais; G3 – Sinalização; G4 – Declividade da via; G5 – Nível de segregação da ciclovia; G6 – Conexão entre modais; G7 – Conectividade

das ciclovias; G8 – Medidas de *Traffic Calming* nas intersecções; G9 – Legibilidade; G10 – Distância das ciclovias aos polos geragores de viagem (PGV); G11 – Concordância da infraestrutura adotada em relação a velocidade dos veículos; G12 – Iluminação; G13 – Recuo dos estacionamentos e da linha de retenção de veículos automotores nas travessias de bicicletas; G14 – Arborização e sombreamento e G15 – Instersecções e travessias.

Considerando a existência de diferentes cenários em cada indicador, foi construído um sistema de medição numérica contendo notas entre 0 e 4, sendo 0 igual a muito ruim, 1 igual a ruim, 2 igual a regular, 3 igual a bom e 4 igual a muito bom. Tais indicadores também foram ponderados utilizando o método AHP que forneceu os coeficientes de ponderação. No Quadro 1 são elencados os indicadores avaliados e também os coeficientes de ponderação obtidos.

Quadro 1 – Indicadores e seus respectivos atributos e índices de ponderação

Indicador	Coeficientes de ponderação
G1 – Condições do pavimento	0,15
G2 – Largura da via para ciclovias bidirecionais	0,07
G3 – Sinalização	0,04
G4 – Declividade da via	0,04
G5 – Nível de segregação da ciclovia	0,19
G6 – Conexão entre modais	0,02
G7 – Conectividade das ciclovias	0,08
G8 – Medidas de *Traffic Calming* nas intersecções	0,04
G9 – Legibilidade	0,02
G10 – Distância das ciclovias aos polos geragores de viagem (PGV)	0,08
G11 – Concordancia da infraestrutura adotada em relação a velocidade dos veículos	0,02
G12 – Iluminação	0,02
G13 – Recuo dos estacionamentos e da linha de retenção de veículos automotores nas travessias de bicicletas	0,02
G14 – Arborização e sombreamento	0,01
G15 – Instersecções e travessias	0,19

Fonte: Autoria própria (2020)

3.1.3 Levantamento de campo e registro fotográfico

Cada ciclovia existente foi dividida em trechos nos quais foram determinados os pontos de contagens necessários para a obtenção do indicador G2. Além disso, a divisão em trechos faciltou a obtenção de todos os indicadores, além da realização dos registros fotográficos.

3.1.4 Cálculo do Índice de Qualidade da Infraestrutura Cicloviária

O Índice de Qualidade da Infraestrutura Cicloviária para cada trecho ($IQIC_{trecho}$)foi calculado da seguinte forma:

$$IQIC_{trechoi} = p_{G1} * G1 + p_{G2} * G2 + p_{G3} * G3 + p_{G4} * G4 + p_{G5} * G5 + p_{G6} * G6 + p_{G7} * G7 + p_{G8} * G8 + p_{G9} * G9 + p_{G10} * G10$$

Onde:

$IQC_{trechoi}$: Índice de Qualidade da Infraestrutura Cicloviária do trecho i

p_{G1}, p_{G2} ,p_{G3}, p_{G4}, p_{G5}, p_{G6}, p_{G7}, p_{G8}, p_{G9}, p_{G10}: coeficientes de ponderação dos indicadores.

G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9. G10: pontuação obtida na avaliação técnica pelos indicadores.

Considerando o cálculo de todos os IQIC's, foi calculado o Índice de Qualidade da Infraestrutura Cicloviária Final para toda a cidade em estudo, assim denominado $IQIC_f$, obtido como:

$$IQIC_f = \frac{\sum_{n=0}^{10}(IQIC_{trechon} * Comp_n)}{\sum_{n=0}^{10} Comp_n}$$

Onde:
$IQIC_f$: Índice de Qualidade da Infraestrutura Cicloviária Final
C_n: coeficiente de ponderação dos indicadores
G_n: pontuação dos indicadores
$Comp_n$: comprimento da infraestrutura cicloviária

3.1.5 Determinação do nível de serviço da infraestrutura cicloviária
Para cada trecho da infraestrutura cicloviária analisada, foi possível determinar qual o seu respectivo nível de serviço, vinculado à qualidade obtida. Para tal, foi utilizada a faixa de índices de qualidade presentes no Quadro 2.

Quadro 2: Faixas de índice de qualidade e nível de serviço

IQIC	Qualidade da Infraestrutura Cicloviária	Nível de Serviço
0 a 0,9	Muito Ruim	E
1 a 1,9	Ruim	D
2 a 2,9	Regular	C
3 a 3,9	Bom	B
4	Muito Bom	A

Fonte: Autoria própria (2020)

3.1.6 Criação de mapas temáticos
Obtidos os níveis de serviço de cada trecho de infraestrutura cicloviária, os mesmos foram inseridos no SIG.

4 RESULTADOS

Seguindo a mesma sequência da metodologia apresentada, a infraestrutura cicloviária da cidade de Sinop, MT, foi inserida em um SIG, bem como os principais Polos Geradores de Viagens (PGV´s), como apresentado na Figura 1. Foram avaliadas as infraestruturas cicloviárias presentes na Avenida Vitória Régia, Avenida Bruno Martini, Avenida dos Tarumãs, Avenida das Itaúbas e MT-140.

As ciclovias mostraram bastante coerência em relação a sua implantação e sua distância dos PGV´s. Todas as ciclovias foram implantadas em locais onde há atração de ciclistas e onde há movimentação comercial. No entanto, muito provavelmente, as ciclovias ainda são insuficientes para suprir toda demanda da cidade. Existem PGV´s que não são atingidos por essas ciclovias, eles contabilizam aproximadamente 29,63% de todos os pontos geradores de viagens.

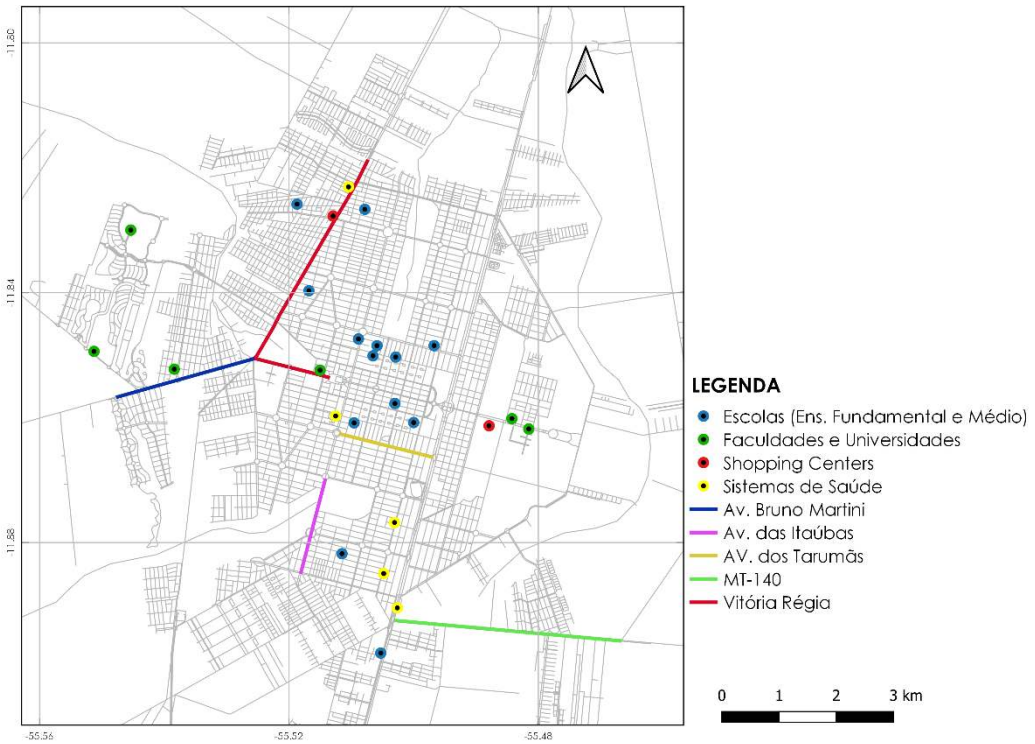
Como o desenho viário da cidade é em malha ortogonal, as ciclovias possuem boa legibilidade. Todas elas acompanham o traçado das vias arteriais, sendo todas em linha reta e sem mudança de direções, facilitando o entendimento do trajeto por parte dos ciclistas. Junto a isso, tem-se a conectividade das ciclovias muito bem estruturada. Elas não possuem muitas intersecções com obrigatoriedade de paradas, o que facilita o ciclista desenvolver a velocidade máxima nas bicicletas.

As ciclovias apresentam grande segurança para o tráfego de bicicletas, pois estão bastante segregadas da pista de rolamento. Isso só é possível graças ao planejamento prévio das vias arteriais, que possuem canteiros bastante largos.

As intersecções dos Trechos André Maggi (Vitória Régia), Bruno Martini, Tarumãs e Itaúbas, são muito bem projetadas. As passagens de ciclistas possuem bom afastamento do fluxo de veículos e são feitas através de travessias elevadas específicas para bicicletas. Isso fornece espaço suficiente para as bicicletas atravessarem sem problemas.

Após o levantamento dos dados, foram obtidas as pontuações de todos os indicadores apresentados, os quais estão sintetizados no Quadro 3.

Figura 1: Infraestrutura cicloviária e principais PGV´s em Sinop, MT



Fonte: Autoria própria (2020)

Quadro 3 - Nota de cada ciclovia por indicador

INDICADOR	VITÓRIA RÉGIA	BRUNO MARTINI	TARUMÃS	ITAÚBAS	MT-140
G1 - Condições do pavimento	3	4	4	4	0
G2 - Largura da via para ciclovias bidirecionais	4	2	0	0	0
G3 - Sinalização	3	4	4	4	0
G4 - Declividade da via	2	2	4	0	0
G5 - Nível de segregação da ciclovia	4	4	4	4	4
G6 - Conexão entre modais	0	0	0	0	0
G7 - Conectividade da ciclovia	2	4	4	4	4
G8 - Medidas de traffic-calming nas intersecções	4	4	2	2	0
G9 - Legibilidade	4	4	4	4	4

G10 - Distância das ciclovias aos polos geradores de viagem	2	2	2	2	2
G11 - Concordancia da infraestrutura viária adotada, de acordo com a velocidade de veículos na faixa de rolamento	2	2	2	2	4
G12 - Iluminação	2	0	0	1	0
G13 -Recuo do estacionamento e da linha de retenção de veículos automotores nas travessias de bicicletas	1	1	1	1	4
G14 - Arborização e sombreamento	0	1	3	1	1
G15 - Intersecções e travessias	4	4	4	4	0

Fonte: Autoria própria (2020)

Concomitantemente ao levantamento dos indicadores, também foi realizado um registro fotográfico de alguns indicadores. Com relação às condições do pavimento, verificou-se que o pavimento do Trecho Tarumãs (a, b, c, d) possui deterioração constante nas bordas da via (assim como os Trechos Itaúbas e MT 140) (Figura 2). O Trecho Vitória Régia (e, f) possui deterioração nas intersecções. O pavimento do Trecho Bruno Martini está novo, sem trincas e buracos.

Figura 2 – Fotos das condições dos Trechos Tarumãs e Vitória Régia



Fonte: Autoria própria (2020)

As vias do Trecho Itaúbas (d), do Trecho Tarumãs (c) e do Trecho Bruno Martini (b) possuem uma boa sinalização, composta por placas de pare nas intersecções, placas indicativas de ciclovia distribuídas por todo o trajeto e uma completa sinalização horizontal. As vias do Trecho Vitória Régia (a) são sinalizadas verticalmente por meio de placas de pare para os ciclistas e não possuem sinalização horizontal. Já as vias do Trecho MT-140 não possuem qualquer tipo de sinalização, inclusive nas interseções. Como demonstrado na Figura 3, no Trecho Vitória Régia (a) não há nenhum tipo de sinalização nas intersecções.

Figura 3 – Exemplos de intersecções dos trechos considerados



Fonte: Autoria própria (2020)

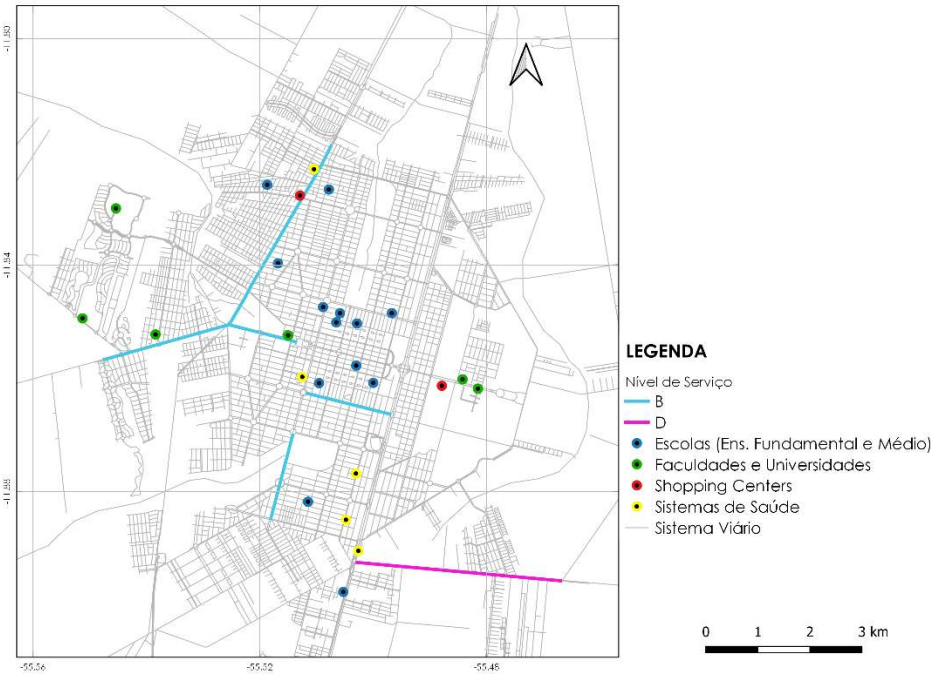
O $IQIC_{trecho}$ e o Nível de Serviço para cada trecho são mostrados no Quadro 4. No Quadro 4 também se encontra o comprimento de cada trecho. Essa medida é utilizada para o cálculo do $IQIC_{Total}$ que é 2,72, caracterizando assim um nível de serviço C, regular. A espacialização dos níveis de serviço obtidos são apresentados na Figura 4.

Quadro 4 – IQICtrecho calculado a partir das notas por indicador

	Vitória Régia	Bruno Martini	Tarumãs	Itaúbas	MT 140
$IQIC_{trecho}$	3,13	3,29	3,16	3,01	1,51
Nível de Serviço	B – Bom	B – Bom	B – Bom	B – Bom	D – Ruim
Comprimento (m)	3,22	3,80	1,64	1,69	3,92

Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 4: Níveis de Serviço das infraestruturas cicloviárias



Fonte: Autoria própria (2020)

5 CONCLUSÕES

Os objetivos desse projeto foram alcançados com êxito e o resultado demonstrou que as ciclovias possuem uma boa qualidade com exceção da MT-140 que contribuiu para que o nível de serviço fosse C – regular.

Esse tipo de metodologia pode ser aplicado em cidades de porte semelhante, e com características viárias parecidas. Com pequenas adaptações, porém, é possível utiliza-la em outros padrões de cidades.

Uma melhoria do IQIC começaria pelo replanejamento do Trecho MT-140. Essa etapa é muito importante para que a ciclovia seja construída com conforto, segurança e estrutura adequada para a circulação de veículos.

Outra situação a ser considerada é a implantação de arborização no Trecho Vitória Régia, e o aumento da arborização nos trechos restantes, sempre ponderando o tipo de árvore a ser implantada, para que elas não prejudiquem a iluminação de cada ciclovia.

A implementação da conexão entre modais também é de extrema importância. Deve ser adicionado à estrutura já implantada, sistema de estacionamento de bicicletas (paraciclos e bicicletários), assim facilitando que a bicicletas façam parte dos modais de longas distâncias.

Sabendo disso é possível melhorar a qualidade das ciclovias e prezar por um melhor planejamento nas que serão construídas, sempre valorizando e priorizando o ambiente construído e tendo conhecimento de sua importância para a melhoria da mobilidade nas cidades.

REFERÊNCIAS

Carter, L.; Hunter, W.; Zegeer, V.; Steward, R.; HUANG, F. **Pedestrian and Bicyclist Intersection Safety Indices.** Report No. FHWA- HRT-06-125. Federal Highway Administration, Washington, DC, 2006.

CHAPADEIRO, F. C.; ANTUNES, L. L. **A inserção da Bicicleta como modo de transporte nas cidades**, Revista UFG, Ano XIII. No. 12. 2012.

Davis, j. **Bicycle Safety Evaluation.** Auburn University, Auburn, 1987.

Dixon, L. B. **Bicycle and Pedestrian Level-of-Service Performance Measures and Standards for Congestion Management Systems.** Transportation Research Record n.1538, p. 1- 9, 1996.

EMBARQ. **O Desenho das Cidades Seguras**. Porto Alegre: WRI, 2017.

GEIPOT - Empresa Brasileira de Planejamento de Trasportes. **Manual de Planejamento Cicloviário**. Brasília, 2001.

ITDP. **Ciclorotas-Centro**, Rio de Janeiro, 2013.

Landis, B. W. (1994) **Bicycle Interaction Hazard Score: A Theoretical Model.** Transportation Research Record, 1438, p. 03-08, 1994.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Mobilidade Urbana. **Caderno Técnico para projetos de mobilidade urbana**. Brasília, 2007.

TRB, **Highway Capacity Manual**. Transportation Research Board, Washington, D.C., 2000.