

# MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS ESPAÇOS PARA CILISTAS

**Fernanda Borges Monteiro**  
**Vânia Barcellos Gouvêa Campos**

Instituto Militar de Engenharia  
Mestrado em Engenharia de Transportes

## RESUMO

O crescente interesse, no Brasil em relação a mobilidade sustentável, tem feito crescer o incentivo ao uso da bicicleta nos deslocamentos diários. Isto faz com que novos projetos surjam no atendimento a demanda crescente e também para incentivar este uso. Desta forma, apresenta-se neste artigo uma revisão de métodos de análise dos espaços para circulação de bicicletas com o objetivo de identificar os principais parâmetros importantes de análise, além de uma proposta de indicadores visando a utilização dos mesmos em novos projetos.

## ABSTRACT

The growing interest in Brazil in sustainable mobility has made increasing the bicycle use in daily transportation. This makes new projects for bicycle paths arise in attendance the increasing demand for this transportation mode and also to encourage this use. Thus, this paper presents a review of some methods of analyzing the cycling paths, in order to identify the main parameters of analysis, and in addition, a purpose of indicators for being used in new projects.

## 1. INTRODUÇÃO

Verifica-se, atualmente, no Brasil um grande interesse na implantação de sistemas cicloviários em áreas urbanas como forma de aumentar a mobilidade sustentável e a inclusão social. Este interesse, além de bastante recomendável, é sustentado pelo fato de que o Brasil, com frota estimada de 60 milhões de bicicletas, é o terceiro produtor mundial de bicicletas, com 6% da produção mundial, atrás apenas da China, líder absoluta – 81% e da Índia – 10%. (ABRACICLO, 2010).

Já há algum tempo observa-se que a bicicleta vem ganhando espaço dentre as soluções para os problemas urbanos. Na Europa, países como Alemanha, Bélgica, Inglaterra e Holanda estão adotando medidas para aumentar o uso desse modo, como forma de fugir dos problemas de trânsito, a partir de uma redução do uso de automóveis e aumentar a utilização do transporte público de passageiros.

Segundo o Manual de Planejamento Cicloviário do GEIPOT de 2001, um sistema cicloviário consiste em uma rede integrada composta por elementos com características de vias, terminais, transposições, equipamentos, etc. que atendam a demanda e a conveniência do usuário da bicicleta em seus deslocamentos em áreas urbanas, especialmente em termos de segurança e conforto. Porém, nem sempre os sistemas implantados apresentam características de infra-estrutura e operação adequadas.

Desta forma, considera-se importante o desenvolvimento de instrumentos de análise da qualidade de sistemas cicloviários como forma de subsidiar novos projetos e melhorar os existentes. Para isto, apresenta-se neste artigo uma revisão de métodos de avaliação dos espaços destinados aos ciclistas, uma síntese dos critérios de análise utilizados e uma proposta de indicadores que poderão ser utilizados na análise de sistemas cicloviários no Brasil.

Assim, dentro do objetivo deste artigo, apresenta-se na seção 2 uma breve exposição do uso da bicicleta no Brasil e no exterior. Na seção 3 são apresentados os métodos encontrados na literatura e uma síntese das variáveis de análise. Na seção 4 uma proposta de indicadores de avaliação.

## **2. EXEMPLOS DE USO DA BICICLETA NO BRASIL E NO EXTERIOR**

Existem vários exemplos de planejamento cicloviário em grandes regiões metropolitanas nos quais a bicicleta se tornou um meio de transporte urbano importante. Em cidades da China, Índia e Bangladesh, a bicicleta desempenha diferentes papéis. Nesses países, a bicicleta se consolidou como o principal meio de transporte da população. Contudo, com o crescimento econômico, esses países têm se preocupado em melhorar as condições dos ciclistas devido à pressão pelo uso do espaço provocado pelo aumento da quantidade de carros em circulação (Monteiro, 2011).

Já, em países como a Holanda (com aproximadamente 34 mil km de ciclovias), a Dinamarca (onde a bicicleta é o segundo meio de transporte mais utilizado) e a Alemanha, o uso da bicicleta em redes cicloviárias é sinônimo de cidades planejadas, eficientes e saudáveis. Recentemente, centros urbanos na Europa e nos Estados Unidos vêm adotando modelos semelhantes ao “*Velib*”, o sistema de bicicletas públicas de Paris, onde há um posto de auto-atendimento para locação de bicicletas a cada 350 metros, e mais de 370 km de ciclovias já implantados. Assim, com o objetivo de incentivar a mobilidade sustentável na União Européia, América do Norte e Austrália foram criadas comissões visando o planejamento cicloviário nas grandes regiões metropolitanas.

A cidade de Bogotá ( Colômbia) é hoje considerada um exemplo em termos de transporte público, com a construção de um sistema de corredores de ônibus associado a melhorias das vias para pedestres, aumento do uso de bicicletas e políticas de desestímulo ao uso do automóvel. A rede cicloviária de Bogotá passou de 30 km para aproximadamente 340 km de extensão em apenas sete anos e foi projetada para oferecer um total de 500 km de vias segregadas para o ciclista.

O Brasil tem registrado avanços na incorporação da bicicleta ao sistema de mobilidade em várias cidades, o que pode ser ilustrado pelo rápido crescimento do total de municípios que têm desenvolvido planos de implantação de infraestrutura cicloviária. Segundo dados do Ministério das Cidades, em 2001 o Brasil registrava 60 cidades com cerca de 250 km de ciclovias no total. Em 2007, haviam 279 cidades que somavam aproximadamente 2.505 km de ciclovias em todo o país.

Algumas cidades brasileiras com população superior a 500 mil habitantes vêm planejando e implantando sistemas cicloviários integrados ao transporte coletivo. A cidade do Rio de Janeiro já conta com 167,4 km de ciclovias implantadas e 200 km projetados , além de um sistema de locação de bicicletas semelhante ao de Paris, chamado Samba. Porto Alegre (RS) desenvolveu um Plano Diretor Cicloviário de 495 km. O Distrito Federal desenvolveu um programa de 610 km de ciclovias, e Belo Horizonte já possui 20 km e prevê a implantação de mais 20 km em curto prazo, além de um Plano de Mobilidade que contempla mais de 250 km de ciclovias. Curitiba (PR) possui aproximadamente 103 km de ciclovias, que têm como principal objetivo o lazer, conectando os parques da cidade. Em Aracajú (SE) foram implantados e requalificados nos últimos oito anos 54 km de vias cicláveis e a previsão é de que em breve haja mais de 60 km.

O Relatório geral de mobilidade urbana, publicado pela ANTP em 2009 mostra que as viagens de bicicleta aumentam significativamente nos municípios menores, sendo responsável por 1% das viagens nas cidades com mais de 1 milhão de habitantes e 12% nas cidades de 60 a 100 mil habitantes.

### 3 . MÉTODOS DE ANÁLISE DOS ESPAÇOS PARA CICLISTAS

Na tentativa de ampliar e melhorar o espaço urbano destinado à bicicleta, diversas metodologias têm sido criadas para avaliar a qualidade do sistema cicloviário em áreas urbanizadas. A maioria dos métodos está embasada nos trabalhos de Landis (1994), Davis (1987), Sorton e Walsh (1994), Epperson (1994) e Landis et al., (1997).

Segundo Carter *et al.* (2006), as metodologias de avaliação de nível de serviço podem ser subdivididas em duas vertentes, os estudos que incorporam a análise de acidentes para determinar o nível de risco dos ciclistas (Hunter et al., 1995, e Wang e Nihan, 2004), e os estudos que levam em consideração as características da via ou interseção, podendo se tornar um local atrativo para usuários de bicicleta. As principais metodologias relacionadas à compatibilidade de vias são devidas à: Botma (1995), HCM (TRB, 2000), Davis (1987), Epperson (1994), Sorton e Walsh (1994), Landis (1994), Dixon (1996) e Hunter et al (1999).

Até 1980, os fatores comumente usados para quantificar a qualidade do nível de serviço oferecido aos ciclistas eram: velocidade, liberdade de manobra, interrupções de tráfego, conforto, conveniência e segurança (Epperson, 1994). Após 1980, alguns trabalhos foram desenvolvidos com base nas condições das vias (Epperson, 1994; Sorton e Walsh, 1994; Dixon, 1996; Landis et al., 1997), através dos seguintes critérios de avaliação: volume de tráfego, largura da faixa, limite de velocidade, condição do pavimento e localização da via (Turner et al., 1997).

Epperson e Davis (1994) avaliam o nível de serviço através de um método que determina o cálculo do Índice de Condição da Via (ICV), e faz a avaliação de cada segmento de via com condições homogêneas de geometria e tráfego. O Índice de Condição da Via (ICV) Epperson-Davis é calculado pela seguinte função matemática:

$$ICV = \left[ \frac{VMD}{(f * 3100)} \right] + \left( \frac{V}{48} \right) + \left\{ \frac{V}{48} \right\} \times [(4.25 - L) \times 1.635] + \sum FP + \sum FL \quad (\text{Eq.1})$$

Onde:

VMD = volume médio diário de tráfego (veículos/hora)

f = número de faixas de tráfego

V = limite de velocidade (km/h)

L = largura da faixa externa (metros)

FP = fator de pavimento

FL = fator de localização

Os valores dos fatores de pavimento e dos fatores de localização utilizados na formulação são mostrados nas Tabelas 1 e 2. A Tabela 3 mostra a classificação das vias, segundo o ICV Epperson-Davis.

**Tabela 1 : Fatores de Pavimento ICV**

<b>Fator</b>	<b>Valor</b>
Rachaduras	0,50
Remendos	0,25
Desgaste pelo uso	0,25
Buracos	0,25 a 0,50 (dependendo da gravidade)
Acostamento irregular	0,25 a 0,50 (dependendo da gravidade)
Cruzamento de ferrovia	0,25
Grelhas de drenagem (bueiros)	0,50

Fonte: Epperson, 1994

**Tabela 2: Fatores de Localização ICV**

<b>Fator</b>	<b>Valor</b>
1. Geração de movimento transversal à via	
• Estacionamento em ângulo	0,75
• Estacionamento paralelo	0,25
Faixa de conversão à direita (toda a extensão)	0,25
• Canteiro central (sem interrupção)	0,50
• Canteiro central (com baias para conversão à esquerda)	0,35
• Faixa central para conversão (reversível)	0,20
• Acostamento pavimentado ou ciclovia	0,75
2. Alinhamento	
• Declividade acentuada	0,50
• Declividade moderada	0,20
• Curvas horizontais freqüentes	0,35
• Distância de visibilidade reduzida	0,50
3. Ambiente	
• Muitas entradas de garagem	0,25
• Uso do solo predominantemente comercial	0,25
• Uso do solo predominantemente industrial	0,25

Fonte: Epperson, 1994

**Tabela 3: Classificação das vias segundo o ICV Epperson-Davis**

<b>Valor do Índice</b>	<b>Classificação</b>
0 a 3	Excelente
3 a 4	Bom
4 a 5	Regular
> 5	Ruim

Fonte: Epperson, 1994

O ICV Epperson-Davis foi aplicado em Hollywood, na Flórida, para verificar a relação do índice na identificação de locais com incidência de acidentes entre bicicletas e veículos motorizados. Assim, durante um período de 20 meses, entre 1990 e 1991, todos os acidentes deste tipo ocorridos na cidade eram localizados por segmento de via. Cada acidente recebia um peso de 1 a 5, referente à gravidade do ferimento (5 indicando um falecimento). Estes índices foram totalizados para cada segmento e convertidos proporcionalmente em milhas, para compensar as diferenças de extensão dos segmentos. Então, o índice de acidentes dos segmentos foi comparado ao seu ICV através de análise

por regressão linear. No entanto, esta aplicação revelou que o modelo conseguiu explicar somente 18% da variação dos acidentes entre os diferentes segmentos de via (Epperson, 1994).

Sorton e Walsh (1994) avaliaram a qualidade das viagens por bicicletas a partir da relação entre as características das vias que o ciclista utiliza e o *stress* a que este está sujeito, com o objetivo de verificar a compatibilidade das vias para este modo de transporte. Para isto estabeleceram níveis de estresse variando de 1 a 5 relacionados com o volume de tráfego, velocidade e largura da via. O Nível 1 indica que não há problemas para os ciclistas; Nível 5 sugere grandes problemas. Os níveis de stress mais elevados e mais baixos são baseados na lógica de que se as condições são ruins para os motoristas, vão ser piores para os ciclistas. Níveis de estresse de 2 a 4 correspondem a valores entre os dois extremos. Os níveis de estresse definidos neste estudo foram validados por um grupo de voluntários a partir de filmes apresentando uma grande variedade de condições de tráfego e os classificados de acordo com as variáveis de tráfego descritas acima.

Botma (1995) sugere que a qualidade das vias para bicicletas deve ser analisada em relação aos conflitos entre os próprios ciclistas, quanto à dificuldade de ultrapassagem e conflitos com ciclistas no sentido oposto. Para isto, o método definiu níveis de serviço a partir de estudos empíricos e os resultados podem ser utilizados para dimensionar ciclovias, porém para sua utilização necessita de uma pesquisa equivalente a realizada pelo autor.

Já Dixon (1996), desenvolveu um sistema de pontuação para avaliar corredores cicloviários, e o resultado final se transforma em uma medida de Nível de Serviço variando entre A e F para avaliar o conforto e a segurança de diferentes tipos de ciclistas. O modelo baseia-se na premissa de que existe um conjunto de fatores que precisa estar presente em um corredor viário para atrair viagens não motorizadas.

Vários dos fatores considerados derivam do Índice de Condições de Vias (Epperson, 1994), incorporando outras pesquisas e as necessidades específicas do plano em questão. Os fatores considerados no modelo de Dixon(1996) são:

- **Presença de instalações para ciclistas:** no caso de existirem, considera-se a presença de ciclofaixas, cuja pontuação varia de acordo com a sua largura da faixa de tráfego contendo a ciclofaixa (até 3,66m; de 3,66 até 4,27m; e maior que 4,27m); ou a presença de ciclovias com medida mínima de 2,44m e localizada à, no máximo, 0,40km da via de tráfego veicular.

- **Conflitos:** este fator mede a facilidade de ciclistas e motoristas em observarem e preverem suas ações no sistema viário, aumentando assim a segurança e o conforto dos ciclistas que utilizam as vias em questão. Desta forma, são observados os seguintes critérios:

- a) Menos de 22 entradas de garagem e cruzamentos perpendiculares de vias por 1,61km: assim, considera-se o número de entradas de garagem e cruzamentos perpendiculares de vias, cuja pontuação é obtida se este número for menor que 22 entradas ou cruzamentos a cada 1,61km, para cada lado da via. Se qualquer um dos lados apresentar um número maior do que o critério apresentado, o segmento inteiro deixa de ser pontuado neste fator.
- b) Ausência de barreiras na facilidade para bicicletas: são consideradas barreiras os objetos ou instalações que provocam uma descontinuidade da facilidade para bicicletas, forçando o ciclista a invadir a via em algum momento específico do segmento.

- c) Ausência de estacionamento lateral: a existência de estacionamento lateral na via pode desencorajar o uso deste corredor pelos ciclistas, além de criar problemas de segurança. Desta forma, mesmo a existência de uma pequena faixa de estacionamento lateral na via analisada deverá ser considerada neste critério.
- d) Presença de canteiros centrais: os canteiros centrais são considerados benéficos para o transporte cicloviário porque diminuem os conflitos causados por cruzamentos de automóveis à esquerda. Para este fator, considera-se a presença dominante de canteiros centrais no segmento analisado, ou pelo menos nos locais mais problemáticos.

- **Distância de visibilidade não obstruída:** é a distância mínima de que necessita o condutor de um veículo que se move a uma dada velocidade, para fazê-lo parar antes de atingir um obstáculo. De acordo com o modelo de Dixon, deve ser considerada a medida padrão recomendada pela AASHTO (Associação Norte-Americana de especialistas rodoviários e de transportes), que segundo FHWA (2004) é de 38,7m para um ciclista viajando em velocidade média recomendada de 30km/h, em pista molhada.

- **Melhorias das interseções para o ciclismo:** podem ser implantadas algumas intervenções, que incluem marcações de piso e variações de desenho, para aumentar a segurança dos ciclistas nas interseções.

- **Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas:** o diferencial de velocidade é calculado comparando a velocidade média dos ciclistas – 24km/h, segundo Dixon (1996) – com a velocidade máxima para automóveis permitida na via. Este diferencial é classificado segundo as seguintes categorias de pontuação: 24km/h a 32km/h (ou velocidade máxima permitida de 48km/h a 56km/h); 32km/h a 48km/h (ou velocidade máxima permitida de 56km/h a 72km/h); e maior que 48km/h (ou velocidade máxima permitida maior que 72km/h).

- **Nível de Serviço para veículos motorizados:** o Nível de Serviço para os veículos motorizados afeta o Nível de Serviço para bicicletas, pois o volume de veículos motorizados e o congestionamento influenciam no conforto e na segurança dos ciclistas que trafegam por uma via. Dixon acredita que, independente do NS da via, a presença de um grande número de faixas de tráfego desestimula o ciclismo. Assim, no modelo de Dixon é utilizado o modelo de Nível de Serviço para veículos motorizados da cidade de Gainesville (Dixon, 1996), combinado com o número de faixas de tráfego, resultando nas categorias de pontuação: NS = E, F (ou 6 ou mais faixas de rodagem); NS = D (e menos que 6 faixas de rodagem); NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem).

- **Manutenção das vias:** este fator mede certas condições que refletem o abandono e a falta de manutenção da superfície da via ou deficiências construtivas que criam problemas crônicos de manutenção. Desta forma, as categorias de pontuação são: sem problemas (0); problemas sem muita frequência ou menores (1 problema de manutenção para cada 1,61km ou menos, ou quando a magnitude dos problemas é considerada leve); problemas frequentes (mais de 1 problema de manutenção por 1,61km ou quando os problemas são considerados severos).

- **Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário:** a existência ou não de programas específicos para melhorar o transporte cicloviário define a pontuação deste fator. Assim, Dixon inclui na avaliação programas que podem estimular o uso do ciclismo no local, como por exemplo, a inserção de bicicletários, programas de suporte ao usuário, construção de vestiários para ciclistas ou medidas de integração da bicicleta com o transporte coletivo.

A Tabela 4 mostra o sistema de pontuação da medida de desempenho do nível de serviço dos ciclistas usado por Dixon (1996).

**Tabela 4:** Sistema de Pontuação do Nível de serviço para Ciclistas

Categoria	Crítérios	Pontos
Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 10)	Ciclofaixa - faixa externa 3,66m	0
	Ciclofaixa - faixa externa >3,66m-4,27m	5
	Ciclofaixa - faixa externa >4,27m	6
	Ciclovia	4
Conflitos (Valor máximo = 4)	Entradas de garagem e cruzamentos	1
	Ausência de barreiras	0,5
	Ausência de estacionamento lateral	1
	Presença de canteiros centrais	0,5
	Distância de visibilidade não obstruída	0,5
	Melhorias das interseções para o ciclismo	0,5
Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2)	>48 km/h	0
	32 a 48 km/h	1
	24 a 32 km/h	2
Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2)	NS = E, F (ou 6 ou mais faixas de rodagem)	0
	NS = D (e menos que 6 faixas de rodagem)	1
	NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem)	2
Manutenção das vias (Valor máximo = 2)	Problemas freqüentes ou maiores	-1
	Problemas sem muita freqüência ou menores	0
	Sem problemas	2
Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 1) Cálculos (ajuste da nota dos segmentos)	Sem programas	0
	Programas existentes	1
	Índice dos segmentos <sup>o</sup>	21
	Peso dos segmentos <sup>1</sup>	1
	Índice ajustado dos segmentos <sup>2</sup>	21
Índice do corredor <sup>3</sup>	21=	
Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 1)	Sem programas	0
	Programas existentes	1

<sup>o</sup> Índice dos Segmentos = soma dos pontos nas seis categorias  
<sup>1</sup> Peso dos Segmentos = comprimento do segmento/comprimento do corredor  
<sup>2</sup> Índice Ajustado dos Segmentos Ajustados = Índice dos Segmentos x Peso dos Segmentos  
<sup>3</sup> Índice dos Corredores = Soma dos Índices Ajustados dos Segmentos no corredor

Fonte: Dixon, 1996

A pontuação dos segmentos pode parecer um tanto quanto exagerada quando comparado às definições das taxas de NS em geral, apresentadas na Tabela 5, mas são moderados pela aplicação de médias ponderadas para alcançar as taxas de NS dos corredores estudados. Enquanto isso, a pontuação individual dos segmentos identifica as partes mais problemáticas de cada corredor.

Landis *et al.* (1997) em seu estudo, utiliza dados de uma pesquisa com cerca de 150 ciclistas, na cidade de Tampa, Flórida, Estados Unidos. Para classificar as vias, os ciclistas utilizaram uma escala de pontuação de A (mais segura ou confortável) a F (mais insegura ou desagradável). Para a calibração do modelo foi utilizada a técnica da análise de regressão com base nas respostas dos participantes, que totalizaram em aproximadamente 4300 observações. A expressão matemática definida pelos autores é apresentada a seguir:

$$NSB = 0,607 \ln \left( \frac{Vol_{15}}{F} \right) + 0,901 \ln [LV(1 + \%VP)] + 6,510(PC_s) - 0,005(L_c)^2 - 1,833 \quad (\text{Eq.2})$$

Onde:

NSB = Nível de serviço para bicicletas

Vol 15 = Volume do tráfego direcional em um período de 15 minutos

F = número total de faixas

LV = limite de velocidade (km/h)

% VP = Porcentagem de veículos pesados

AV = Frequência por milha de acesso veicular não controlado (áreas de estacionamento na via e entradas para carros)

PC5 = avaliação (de cinco pontos) da condição da superfície do pavimento, através do Sistema de Monitoramento de Desempenho de Rodovia (HPMS), da FHWA (apud LANDIS, 1994)

Le = Largura média da faixa externa (metros)

Os autores confirmaram a hipótese de que diferentes tipos de ciclistas têm diferentes percepções do risco das viagens de bicicletas. Outra hipótese confirmada durante o estudo foi a importância das condições do pavimento no Nível de Serviço para bicicletas.

**Tabela 5 :** Definições de pontuação de NS para Ciclistas (Dixon, 1996)

Pontuação	Nível de Serviço	Descrição das vias
17 a 21	A	Vias seguras e atrativas; crianças podem usufruir sem a necessidade da supervisão de um adulto. Baixo índice de interação com veículos motorizados em facilidades para ciclistas contíguas à via ou segregadas. Bom nível de estrutura funcional e ótimas condições de pavimento.
14 a 17	B	Adequadas para qualquer classe de ciclistas; crianças podem usufruir sem a necessidade da supervisão de um adulto. Baixo índice de interação com veículos motorizados em facilidades para ciclistas contíguas à via ou segregadas. Bom nível de estrutura funcional e boas condições de conservação.
11 a 14	C	Adequadas para a maioria dos ciclistas. Nível moderado de interação com veículos motorizados. Presença de facilidades para ciclistas, na maioria das vezes, contíguas à via, sendo que em locais menos amigáveis para ciclistas, ao longo do corredor, podem existir facilidades segregadas para ciclistas. A via é normalmente caracterizada pela combinação de baixa velocidade, baixo volume de tráfego motorizado, rara ocorrência de conflitos e boas condições de superfície.
7 a 11	D	Adequadas para ciclistas experientes (grupo A). Estas vias podem não dispor de estruturas funcionais voltadas ao ciclismo. Interação com veículos motorizados considerada de moderada a alta. Podem ou não apresentar facilidades para ciclistas. No caso da falta de facilidades para ciclistas a via deve apresentar cinco ou mais características que permitem que os ciclistas do grupo A compartilhem a via com os veículos motorizados (baixa velocidade e volume de veículos motorizados, poucos conflitos ou boas condições de pavimento). Se houver uma facilidade para ciclistas contígua à via, a via apresentará características que tornam esta via inadequada para ciclistas do grupo B, como alto volume e alta velocidade de veículos motorizados e conflitos frequentes.
3 a 7	E	Requer cuidado redobrado até para ciclistas do grupo A. Alto índice de interação com veículos motorizados. Podem ou não apresentar facilidades para ciclistas. No caso da falta de facilidades para ciclistas a via deve apresentar duas ou mais características que permitem que os ciclistas do grupo A compartilhem a via com os veículos motorizados (baixa velocidade e volume de veículos motorizados, poucos conflitos ou boas condições de pavimento). Conservação regular. Inadequadas para ciclistas do grupo B e níveis menos experientes.
< 3	F	Inadequada para o ciclismo, de maneira geral. Alto índice de tráfego de automóveis. Oferece risco iminente para todos os grupos de ciclistas.

Somente com as metodologias de Hunter et al. (1995) e Wang e Nihan (2004) a análise do risco de acidente passou a ser considerada.



Shafer *et al.* (1999), em sua pesquisa descrevem o grau de satisfação e de percepção do usuário, conduzida para avaliar a infraestrutura dos locais de ciclistas e de pedestres. Os autores distribuíram questionários para avaliar caminhos de uso compartilhado em três cidades americanas. Os resultados mostraram que vários atributos como separação adequada de automóveis, qualidade da superfície e largura do caminho, contribui de maneira significativa para satisfação do usuário e para aumentar a preferência de utilização destes caminhos.

A metodologia proposta pelo *Highway Capacity Manual* (TRB, 2000) pode ser usada para analisar a capacidade e o nível de serviço das instalações para bicicletas. Através desta metodologia é possível investigar os efeitos dos pedestres, da sinalização de trânsito e da interação entre ciclistas no nível de serviço de uma instalação para bicicletas, que é medido em termos de eventos ocorridos (encontros e ultrapassagens). O método proposto considera tanto as instalações com fluxo ininterrupto de bicicletas, que são vias separadas do tráfego veicular sem interrupções além dos pontos terminais, como as facilidades com fluxo interrompido, por exemplo, ciclofaixas que passam por interseções semaforizadas ou não.

Na análise feita para fluxo ininterrupto em vias exclusivas para bicicletas, quatro equações são propostas e servem para calcular o número de eventos e o fluxo total de ciclistas, a Tabela 6 mostra os critérios de Nível de Serviço para ciclovias exclusivas para bicicletas usando os conceitos de interferências e de eventos. O evento é definido como o número de vezes que a bicicleta é envolvida em manobras de ultrapassagens ou manobras de cruzamento, que é muito relacionado à dificuldade de circulação na via, também definida como perturbação. Nota-se através dos critérios da Tabela 7 que as facilidades para bicicletas em vias com três faixas resultam em um número maior de frequência de eventos para qualquer NS, indicando que uma quantidade maior de eventos pode ocorrer neste tipo de facilidade, sem que ocorra um impedimento para os ciclistas.

**Tabela 6 : Critérios de NS para ciclovias exclusivas**

Nível de Serviço	Frequência de Eventos – mão dupla, facilidades com duas faixas (evento/h)	Frequência de Eventos – mão dupla, facilidades com três faixas (evento/h)
A	≤40	≤90
B	>40-60	>90-140
C	>60-100	>140-210
D	>100-150	>210-300
E	>150-195	>300-375
F	>195	>375

Fonte: TRB, 2000

Uma segunda análise é feita para ciclovias compartilhadas, que permitem o uso de outros modos de transporte não motorizados, incluindo pedestres, deficientes com cadeiras de rodas, patinadores e outros, porém é segregada do fluxo de veículos motorizados.

Quanto ao compartilhamento, a presença de pedestres pode ser ruim para a capacidade e para o nível de serviço da ciclovia, já que os pedestres se movimentam numa velocidade inferior à do ciclista. Assim, as equações apresentadas no manual e utilizadas para prever o total de eventos em situações compartilhadas por ciclistas e pedestres foram desenvolvidas com base numa velocidade de 18 km/h para os ciclistas e 4,5 km/h para os pedestres.

**Tabela 7:** Critérios de NS para ciclovias compartilhadas

Nível de Serviço	Frequência de Eventos – mão dupla, caminhos com duas faixas (evento/h)	Frequência de Eventos – mão dupla, caminhos com três faixas (evento/h)
A	≤40	≤90
B	>40-60	>90-140
C	>60-100	>140-210
D	>100-150	>210-300
E	>150-195	>300-375
F	>195	>375

Nota:

Foram considerados caminhos com:

- 2,4 m de largura
- 3,0 m de largura

Fonte: TRB, 2000

Embora a metodologia do HCM seja uma referência mundial, ela apresenta algumas limitações. O método não considera a redução da largura de uma via ou ciclofaixa causada pela presença de objetos fixos adjacentes às mesmas, assim como, os efeitos dos veículos que cruzam as instalações para bicicletas para virar à direita, nas interseções ou numa entrada no meio de um quarteirão. Outro fator que deixou de ser considerado é a declividade da via. O HCM recomenda que esta metodologia seja utilizada para declividades entre -3% e +3%, já que os efeitos gerados pela aplicação da mesma no caso de desníveis mais acentuados são desconhecidos.

A maioria das metodologias estudadas analisa a qualidade do espaço para o ciclista considerando uma estrutura fixa, de uso exclusivo, fato muitas das vezes inexistente nas cidades latino-americanas. O Quadro 1, a seguir, resume todas as metodologias de avaliação do ambiente do ciclista e suas respectivas variáveis.

#### 4. PROPOSTA DE INDICADORES

A partir das variáveis utilizadas nos métodos apresentados propõem-se indicadores que poderão ser utilizados para análise de ciclovias ou ciclofaixas em cidades brasileiras. Para definição destes indicadores considerou-se o conjunto de variáveis mais utilizadas nos métodos estudados e outras que se mostraram importante a partir desta análise, sob o enfoque da realidade brasileira; como a questão da segurança pela presença de policiamento e a densidade de ocupação da área que pode ser uma referência para quantidade de pedestres em circulação e ao mesmo tempo um incentivo a utilização da bicicleta. Assim, são propostos 6 (seis) indicadores medidos por 19 (dezenove) variáveis conforme apresentado no Quadro 2.

Os indicadores “Localização” e “Seguridade” estão relacionados com o ambiente urbano, ou seja, não têm influência direta com o sistema cicloviário, mas podem torná-lo mais atrativo. Os demais indicadores tem uma relação mais direta com a operação e a infraestrutura do sistema cicloviário e, portanto, influenciam o planejamento e o projeto.

Estes indicadores, e respectivas variáveis, podem ser utilizados também num processo de definição de níveis de serviço através da quantificação dos mesmos dentro de uma escala de valores de níveis de serviço. Para isto, propõe-se a utilização de uma escala de três níveis (1- ruim, 2-bom e 3-muito bom) relacionada com os valores quantificados de cada indicador/variável por segmento cicloviário.

**Quadro 1: Síntese dos Métodos de avaliação para Ciclistas**

Descrição das metodologias de avaliação do ambiente de ciclistas		
Metodologias	Objetivo	Variáveis
<b>Epperson e Davis (1994)</b>	Obter um índice de condição da via, visando a segurança do ciclista.	Volume de tráfego médio diário Número de faixas de tráfego Limite de velocidade Largura da faixa externa Fatores do pavimento Fatores de localização
<b>Sorton e Walsh (1994)</b>	Determinar o nível de estresse dos ciclistas no horário de pico.	Volume do tráfego Velocidade dos veículos automotores Largura da via
<b>Botma (1995)</b>	Nível de serviço para ciclovias baseado na frequência com que um ciclista ultrapassa outro usuário no mesmo sentido, ou em sentidos contrários.	Frequência de eventos Volume de bicicletas
<b>Dixon (1996)</b>	Avaliar a acomodação dos ciclistas em corredores de transportes, em vias arteriais e coletoras.	Infraestrutura para ciclistas Conflitos Diferencial de velocidade entre veículos Nível de serviço dos veículos motorizados Manutenção das vias Programa específicos para melhorar o transporte cicloviário
<b>Landis et al. (1997)</b>	Avaliar o Nível de Serviço para Bicicleta (NSB), sob o ponto de vista dos ciclistas.	Volume de tráfego Número de faixas Limite de velocidade Porcentagem de veículos pesados Número de acessos veiculares não controlados por quilômetro Condição da superfície do pavimento Largura média da faixa externa
<b>HCM (TRB, 2000)</b>	Avaliar a capacidade e o nível de serviço através da análise da infra-estrutura destinada ao modo bicicleta.	Fluxo Velocidade Diferença de velocidade entre bicicletas e automóveis Densidade de entradas para veículos

**Quadro 2: Proposta de Indicadores de análise de espaços para ciclistas**

INDICADORES	VARIÁVEIS
<b>Localização</b>	Densidade de ocupação na área
	Tipo de uso do solo (lazer, trabalho, residencial)
<b>Facilidade e conforto para o ciclista</b>	Presença de ciclovia ou ciclofaixa
	Largura efetiva da ciclovia ou ciclofaixa
	Regularidade do pavimento
	Presença de arborização
<b>Acessibilidade e mobilidade</b>	Presença de iluminação
	Desnível do terreno
	Rampas de acesso nos cruzamentos ou passarelas
	Volume de ciclistas
<b>Segurança</b>	Presença de bicicletários
	Travessias seguras por meio de sinalização ou passarelas
	Distância segura do fluxo de veículos motorizados
	Volume de veículos na via no caso de ciclofaixas
	Número de acidentes
	Numero de entradas para veículos
<b>Seguridade</b>	Velocidade do fluxo de veículos
	Policiamento
	Número de assaltos

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo apresentar diferentes métodos de análise de vias para bicicletas visando identificar as experiências desenvolvidas, os processos de análises e as variáveis básicas.

Verificou-se que há uma tendência de estabelecer níveis de serviço utilizando diferentes variáveis de análise para qualificar os espaços utilizados pelos ciclistas. Neste caso, destacam-se as metodologias de Dixon e do HCM em relação às características físicas e operacionais das vias.

Os níveis de serviço estão relacionados tanto com as condições percebidas pelo ciclista na suas viagens em relação a conflitos e seguranças, quanto às condições da infra-estrutura e operação viária. Em relação a estas ultimas destacam-se as variáveis: velocidade da via e do ciclista, volume de tráfego de veículos e ciclistas, largura e número de faixas e número de entradas e saídas de veículos.

Considera-se que a revisão destes estudos possa auxiliar na definição de métodos que subsidie a análise dos espaços para ciclistas assim como os indicadores propostos.

### Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Cnpq (Proc. 302880/2010-0) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRACICLO – Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares – Site: [www.abraciclo.com.br](http://www.abraciclo.com.br)
- ANTP (2009) - Relatório geral de mobilidade urbana 2009 . Disponível em <http://portal1.antp.net/site/simob/Lists/rtgrl09/>
- Botma, H. (1995) **“Method to Determine Level of Service for Bicycle Paths and Pedestrian-Bicycle Paths.”** Transportation Research Record, No. 1502, Transportation Research Board, Washington, DC.
- Carter, L.; Hunter, W.; Zegeer, V.; Steward, R.; HUANG, F. (2006) **“Pedestrian and Bicyclist Intersection Safety Indices.”** Report No. FHWA- HRT-06-125. Federal Highway Administration, Washington, DC, November.
- Davis, j. (1987) **“Bicycle Safety Evaluation.”** Auburn University, Auburn, Ala.
- 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.
- Epperson, B. (1994) **“Evaluating suitability of roadways for bicycle use: toward a cycling level of service standard.”** Transportation Research Record 1438, 9-16.
- GEIPOT, (2001), Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, Planejamento ciclovitário: diagnóstico nacional, Brasília.
- Hunter, W.; Wayne, E.; Stutts, J. (1995) **“Bicycle-motor vehicle crash types: the early 1990s”.** Transportation Research Record 1502, 68-74.
- Hunter, W.; J. Stewart, R.; and Stutts, J. (1999) **”Study of Bicycle Lanes Versus Wide Curb Lanes.”** Transportation Research Record, No. 1674. Transportation Research Board, Washington, DC.
- Landis, B. W.; Vattikuti, V. R.; Brannick, M. T. (1997) **“Real-time human perceptions: toward a bicycle level of service.”** Transportation Research Record 1578, 119-126.
- Landis, B. W. (1994) **“Bicycle Interaction Hazard Score: A Theoretical Model.”** Transportation Research Record, 1438, p. 03-08.
- Monteiro, F.B (2011) **„Avaliação de espaços urbanos para pedestres e ciclistas visando a integração com o transporte de massa. Dissertação de mestrado, IME, RJ.**
- Wang, Y.; Nihan L. (2004) **“Estimating the risk of collisions between bicycles and motor vehicles at signalized intersections.”** Accident Analysis and Prevention 36, 313-321.

---

Fernanda Borges Monteiro ([arqandy@gmail.com](mailto:arqandy@gmail.com))

Vânia Barcellos Gouvêa Campos ([vania@ime.eb.mil.br](mailto:vania@ime.eb.mil.br))

Pós-graduação em Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia

Praça General Tibúrcio, 80 – Rio de Janeiro, RJ, Brasil