



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

LUCAS QUINTINO LIRA OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO DE PAVIMENTOS DA  
INFRAESTRUTURA CICLOVIÁRIA DE JOÃO PESSOA**

JOÃO PESSOA - PB  
2019

LUCAS QUINTINO LIRA OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO DE PAVIMENTOS DA  
INFRAESTRUTURA CICLOVIÁRIA DE JOÃO PESSOA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal da Paraíba como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Ricardo Almeida de Melo

JOÃO PESSOA - PB  
2019

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

O48a Oliveira, Lucas Quintino Lira.  
Avaliação das Condições de Conservação de Pavimentos da  
Infraestrutura Cicloviária de João Pessoa / Lucas  
Quintino Lira Oliveira. - João Pessoa, 2019.  
70 f.

Orientação: Ricardo Almeida de Melo.  
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Condição de pavimento. 2. Defeitos. 3.  
Infraestrutura cicloviária. 4. Manutenção. I. Melo,  
Ricardo Almeida de. II. Título.

UFPB/BC

## FOLHA DE APROVAÇÃO

LUCAS QUINTINO LIRA OLIVEIRA

### AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO DE PAVIMENTOS DA INFRAESTRUTURA CICLOVIÁRIA DE JOÃO PESSOA

Trabalho de Conclusão de Curso em 10/05/2019 perante a seguinte Comissão Julgadora:



---

Prof. Dr. Ricardo Almeida de Melo  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO.



---

Prof. Dr. Pablo Brilhante de Sousa  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

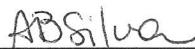
Aprovado



---

Prof. Dr. Nilton Pereira de Andrade  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



---

Prof. Dr. Andrea Brasiliano Silva  
Matrícula Siape: 1549557  
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

## AGRADECIMENTOS

Sou grato aos meus pais, Joana Darc e Roberto Oliveira, e aos meus irmãos Ana Clara e Carlos Eduardo, por serem as principais referências que moldam meu caráter. A convivência no âmbito familiar permite-nos aprender com os erros e acertos de cada um.

Agradeço ao meu orientador, professor Ricardo Almeida, pelo incentivo e suporte durante minhas pesquisas acadêmicas. Obrigado pela atenção, paciência e dedicação.

Sou grato a todos os professores que me lecionaram, desde minha infância até a vida acadêmica. Obrigado a cada um de vocês que dedicam seu tempo em formar profissionais e pessoas capacitadas para nossa sociedade.

Agradeço aos colegas de curso e de instituição. Buscar ajudar uns aos outros, principalmente no âmbito acadêmico, é essencial para uma sociedade menos competitiva e mais humana. Juntos vamos mais longe.

Obrigado a todos os meus amigos, de todas as épocas. A passagem de vocês em minha vida foi essencial para formar a pessoa que sou hoje. Que o sucesso e felicidade venham para todos nós.

Agradeço o apoio de todos aqueles que estiveram envolvidos durante esta fase de minha vida. Obrigado a todos que, de alguma forma, ajudaram neste trabalho.

Por fim, agradeço a Siddharta Gautama, o Buda, pois seus ensinamentos, repassados e discutidos ao longo dos anos por muitos praticantes e pensadores da filosofia budista, chegaram a mim e me fizeram buscar ser uma pessoa melhor a cada dia.

## RESUMO

O usuários utilizam as vias urbanas para realização de seus deslocamentos diários. A infraestrutura oferecida influencia a qualidade dessas viagens, pois garante conforto, rapidez, segurança e economia. Surgem incentivos a meios alternativos de deslocamento à medida que percebe-se uma desvantagem ao priorizar o transporte motorizado individual. Com isso em mente, o uso da bicicleta se torna uma alternativa viável. Portanto, este trabalho tem o objetivo de avaliar as condições de conservação de pavimentos cicloviários de João Pessoa-PB. Foram levantados os defeitos de três trechos de ciclofaixas da Zona Sul da cidade, aplicou-se seis índices de condição de pavimentos e analisou-se os resultados. Os índices aplicados foram: *Pavement Condition Index* (PCI); Índice de Condição de Pavimento Urbano do Distrito Federal (ICPU); *Distress Manifestation Index Network Level* (DMINL); *Urban Pavement Condition Index* (UPCI); Índice de Condição de Pavimentos Urbanos de João Pessoa (ICPUJP); e Índice de Gravidade Gloval (IGG). Os índices que apresentaram resultados satisfatórios foram o PCI e ICPUJP, pois seus métodos abrangem mais defeitos relevantes aos pavimentos cicloviários. Ambos classificaram as amostras no estado Bom. Ao fim do estudo, percebeu-se que os pontos das ciclofaixas que apresentaram uma maior severidade ou quantidade de defeitos estavam localizados próximos a paradas de ônibus, acessos (garagens, estacionamentos e cruzamentos), ou ocorria o tráfego de veículos de forma regular ou irregular. Isso mostra que esses pontos críticos, além de gerarem conflitos entre ciclistas e veículos, também são agravantes para o estado de conservação do pavimento, devido às mudanças de velocidade e manobras dos veículos motorizados, os quais são responsáveis pelas maiores solicitações nos pavimentos. Além disso, intemperismo e qualidade dos dispositivos de drenagem também são fatores que influenciam a deterioração do pavimento.

**Palavras-chave:** condição de pavimento, defeitos, infraestrutura cicloviária, manutenção.

## ABSTRACT

The users use urban roads to carry out their daily commutes. The infrastructure offered influences the quality of these trips, as it guarantees comfort, speed, safety and economy. Incentives for alternative means of displacement emerge as one perceives a disadvantage by prioritizing individual motorized transport. With this in mind, cycling becomes a viable alternative. Therefore, this work has the objective of evaluating the conditions of conservation of cycle pavements of João Pessoa-PB. The distress (defects) of three stretches of cycle tracks from the Southern Zone of the city were surveyed, six pavement condition indexes were applied and the results analyzed. The indexes applied were: Pavement Condition Index (PCI); Index of Urban Pavement Condition of the Federal District of Brazil (ICPU); Distress Manifestation Index Network Level (DMINL); Urban Pavement Condition Index (UPCI); Index of Condition of Urban Pavements of João Pessoa (ICPUJP); and Overall Severity Index (IGG). The indexes that presented satisfactory results were PCI and ICPUJP, because their methods cover more defects relevant to cycle pavements. Both classified the samples as Good condition. At the end of the study, it was noticed that the points of the cycle ranges that presented a greater severity or quantity of defects were located near to bus stops, accesses (garages, parking lots and crossings), or vehicle traffic occurred on a regular or irregular basis. This shows that these critical points, in addition to generating conflicts between cyclists and vehicles, are also aggravating to the state of conservation of the pavement, due to the speed changes and maneuvers of motor vehicles, which are responsible for the greater demands on the pavements. In addition, weathering and the quality of the drainage devices are also factors that influence the deterioration of the pavement.

**Keywords:** pavement condition, distress, cycling infrastructure, maintenance.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Plano Cicloviário de João Pessoa.....	12
Figura 2 – A bicicleta e a Mobilidade Urbana Sustentável.....	15
Figura 3 – Componentes de um sistema de gerência de pavimentos .....	19
Figura 4 – Estratégias de manutenção e reabilitação em um SGP .....	19
Figura 5 – Detalhe de uma amostra genérica .....	33
Figura 6 – Fotografias referentes à amostra 1. ....	34
Figura 7 – Fotografias referentes à amostra 2. ....	34
Figura 8 – Fotografias referentes à amostra 3. ....	35
Figura 9 – Amostras do estudo .....	36
Figura 10 – Acesso de veículos na amostra 1.....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados do PCI para a amostra 1 .....	37
Tabela 2 – Resultados do PCI para a amostra 2 .....	37
Tabela 3 – Resultados do PCI para a amostra 3 .....	37
Tabela 4 – Comparativo entre as amostras (PCI).....	38
Tabela 5 – Resultados do ICPU para a amostra 1 .....	38
Tabela 6 – Resultados do ICPU para a amostra 2 .....	38
Tabela 7 – Resultados do ICPU para a amostra 3 .....	39
Tabela 8 – Comparativo entre as amostras (ICPU).....	39
Tabela 9 – Resultados para o DMINL e UPCI.....	39
Tabela 10 – Resultados para o ICPUJP.....	40
Tabela 11 – Resultados para o IGG.....	41
Tabela 12 – Notas dos índices das seções avaliadas .....	41

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1	Justificativa	10
1.2	Objetivo	12
1.3	Estrutura do Trabalho	12
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>13</b>
2.1	Infraestrutura Urbana	13
2.2	Mobilidade Urbana	14
2.3	Infraestrutura Ciclovária	15
2.3.1	Tipos de Infraestrutura Ciclovária	16
2.3.2	Pavimentos Ciclovários	17
2.4	Gerência de Pavimentos	18
2.5	Defeitos nos Pavimentos	20
2.5.1	Defeitos em Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos	21
2.5.2	Defeitos em Pavimentos de Concreto	25
2.6	Avaliação Objetiva da Condição de Pavimentos	25
2.6.1	Índices de Condição de Pavimento	26
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>30</b>
3.1	Definição da área de estudo e tamanho da amostra	30
3.2	Definição das diretrizes e preparação de planilhas de avaliação	31
3.3	Levantamento de dados de defeitos de pavimentos	31
3.4	Cálculo dos índices e elaboração de tabelas	32
3.5	Análise de resultados e discussão	33
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>42</b>
	REFERÊNCIAS	45
	APÊNDICE A	49
	APÊNDICE B	52
	APÊNDICE C	55
	APÊNDICE D	57
	ANEXO A	59
	ANEXO B	63
	ANEXO C	65
	ANEXO D	67

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 Justificativa**

No contexto urbano, a locomoção de pessoas ocorrem não só em pequenas distâncias. As viagens são geradas por diversos motivos como trabalho e lazer. Além disso, serviços e transporte de bens também são atividades geradoras de viagens. Logo, é notável que o sistema de trânsito possui extrema importância para o desenvolvimento socioeconômico de uma cidade, uma metrópole ou um país.

Diante disso, a mobilidade urbana é fundamental para garantir um espaço urbano funcional com viagens seguras e rápidas. Contudo, essas viagens se dão, majoritariamente, por meios de transporte motorizados e privados, ocasionando grandes fluxos de tráfego e conflitos de trânsito.

O crescimento horizontal e vertical das cidades acarreta em maiores distâncias de viagens e maior número de pessoas se deslocando para seus respectivos destinos. Se esse crescimento ocorrer de forma desordenada, sem um planejamento do sistema viário e uma infraestrutura adequada, os fluxos e conflitos de trânsito tendem a crescer. Essa desorganização do espaço urbano acarreta em viagens mais longas, menor eficiência do transporte público, mais estresse para os usuários durante as viagens e, conseqüentemente, menor qualidade de vida para os cidadãos, características presentes em muitas das grandes e médias cidades brasileiras.

Diante do contexto histórico brasileiro, na primeira década do século XXI, observa-se melhorias nas condições econômicas da população. Mais oportunidades e empregos geraram maior renda e, conseqüentemente, maior aquisição de bens. Portanto, houve um ambiente favorável à migração de pessoas para grandes centros urbanos. No entanto, as grandes e médias cidades não estavam preparadas para uma expansão tão desordenada, juntamente com o surgimento de problemas na prestação de serviços públicos essenciais, incluindo a mobilidade urbana.

Um sistema de trânsito de qualidade, que proporcione boas condições para o deslocamento de seus usuários, influencia positivamente o desenvolvimento socioeconômico da localidade. Contudo, a prioridade dada aos automóveis, tanto em investimentos de infraestrutura como por influência da mídia e convenção social, mascara a real necessidade da infraestrutura urbana, onde deve-se projetar uma cidade para pessoas e não automóveis. O modal motorizado é apenas um meio de deslocamento, podendo ser substituído por – ou integrado a – alternativas que garantam mais qualidade de vida aos cidadãos.

Vale salientar que a mobilidade urbana não deve ser associada unicamente ao modal rodoviário (carros, caminhões, ônibus, entre outros veículos), pois se refere ao deslocamento de pessoas e bens dentro do espaço urbano. Logo, a mobilidade é o resultado da interação entre diversos deslocamentos.

Diante do crescimento e da atual situação dos espaços urbanos das cidades brasileiras, há uma necessidade de investimento em infraestrutura e de aplicação de medidas que incentivem o uso de transportes não motorizados. Portanto, o incentivo ao uso da bicicleta como meio de transporte e o investimento em infraestrutura cicloviária são ações relevantes para que ocorram melhorias no cenário atual brasileiro, assim como foi feito em diversos países do continente europeu (Holanda, Alemanha, França, Espanha, Noruega e Dinamarca) e outros países ao redor do mundo (Índia, Austrália, China e Colômbia).

Além de um meio de lazer ou esporte, o uso da bicicleta como modal de transporte aliado a um transporte público integrado e uma infraestrutura adequada, proporciona uma melhora no fluxo de trânsito das cidades, contribuindo em questões sociais, ambientais e econômicas.

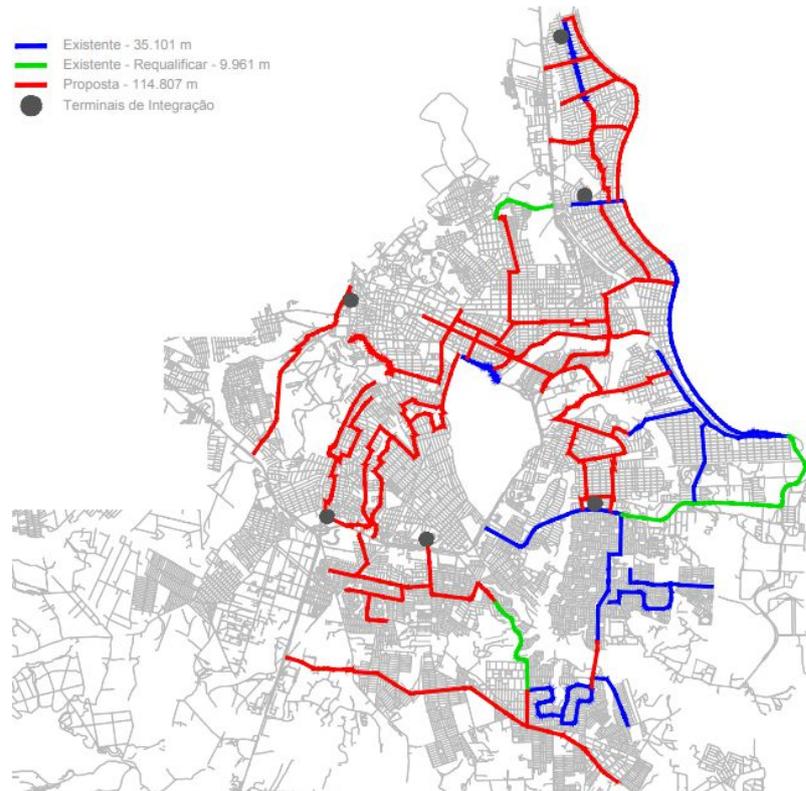
A bicicleta é socioeconomicamente mais acessível e não gera necessidade de uso de combustíveis não-renováveis, logo, não polui o ambiente e é mais econômica. O seu uso permite uma melhora na qualidade de vida do usuário, tanto na saúde física (exercício aeróbico) como mental (redução de estresse).

Apesar de ser um meio de transporte comumente utilizado para percorrer pequenas e médias distâncias, com uma velocidade média urbana de 15 km/h, a bicicleta interfere tanto no fluxo de trânsito de vias expressas como no tráfego de pedestres nas calçadas. Dessa forma, a implantação de ciclovias e ciclofaixas garante mais segurança aos usuários, redução de conflitos com os veículos e maior facilidade de locomoção. Além disso, a presença de uma infraestrutura em boas condições gera uma atratividade à utilização deste modal.

Políticas de incentivo ao uso de modais não-motorizados são mais eficazes quando acompanhados de investimentos na infraestrutura do espaço urbano com projetos e execuções de qualidade. Portanto, a fim de garantir melhoria no conforto e segurança dos usuários, é imprescindível o estudo dos fatores que afetam a infraestrutura cicloviária, incluindo a condição do pavimento cicloviário, que é o foco de estudo deste trabalho.

Em vista do exposto, a Figura 1 apresenta a proposta para o plano cicloviário de João Pessoa para a PAC Mobilidade Urbana de 2013.

Figura 1 – Plano Ciclovitário de João Pessoa



Fonte: Superintendência Executiva de Mobilidade Urbana – SEMOB (2013).

## 1.2 Objetivo

Este trabalho teve como objetivo avaliar o estado de conservação de pavimentos ciclovitários, na cidade de João Pessoa, por meio de levantamento de dados de defeitos superficiais, métodos de avaliação objetiva e análise de resultados.

Os objetivos específicos consistem em:

- Levantamento de defeitos em ciclofaixas;
- Cálculo de índices de condição de pavimentos;
- Análise dos resultados que determinam o estado de conservação atual.

## 1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho se divide em cinco capítulos, sendo: Introdução; Fundamentação Teórica; Metodologia; Resultados e Discussão; e Considerações Finais. O texto do trabalho foi elaborado de forma a apresentar informações em uma linguagem sucinta, tratando apenas de questões pertinentes ao foco do estudo e a possíveis sugestões para pesquisas futuras.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

O pavimento é um constituinte essencial da infraestrutura urbana. Sua função é fornecer conforto, segurança, rapidez e economia nas viagens, garantindo a satisfação dos usuários. Porém, sua condição de conservação vai influenciar a qualidade dessas viagens. Questões sobre infraestrutura urbana e cicloviária, mobilidade urbana e pavimentos serão discutidas nos tópicos a seguir.

### **2.1 Infraestrutura Urbana**

Zmitrowicz e Angelis Neto (1997) definem a infraestrutura urbana como um sistema técnico de equipamentos e serviços necessários ao desenvolvimento das funções sociais, econômicas e institucionais do espaço urbano.

De acordo com Sousa Júnior et al. (2005), a infraestrutura é composta de uma parte estrutural e outra não estrutural. A parte estrutural abrange sua estrutura física, enquanto a parte não estrutural compreende suas funções.

Como ressaltado por Sousa Júnior et al. (2005), uma infraestrutura urbana possui diversos objetivos no que tange aos seguintes aspectos:

- Aspecto social: fornecer condições básicas para que a população possa realizar seu sistema de atividades. Tais condições referem-se basicamente à moradia, ao trabalho, à saúde, à educação, ao lazer e à segurança.
- Aspecto econômico: permitir o desenvolvimento das três funções básicas da atividade econômica: produção, comercialização e prestação de serviços.
- Aspecto institucional: prover as condições necessárias para o desenvolvimento das atividades político-administrativas, dentre as quais se inclui a gerência da própria cidade.

Contido no sistema da infraestrutura urbana, se encontra o subsistema de infraestrutura de transportes, o qual diz respeito às vias responsáveis pelo fluxo de veículos em seus diversos modais, ou seja, os diversos meios de transporte utilizados pelos usuários das vias, abrangendo transportes motorizados e não-motorizados.

## 2.2 Mobilidade Urbana

Monari (2018) define a mobilidade urbana como a interação dos fluxos de deslocamento que se dá no espaço urbano. Trata-se, portanto, de uma característica das cidades diretamente relacionada, entre outros fatores, ao desenvolvimento socioeconômico e à organização dos sistemas de transporte ao longo das mesmas.

Segundo Barbara e Leitão (2013), o Brasil possui 50% de seus domicílios com um automóvel em suas garagens e ainda apresenta uma frota de veículos crescente. Nos últimos anos, o número de automóveis no país cresceu mais que a população brasileira. Historicamente, a indústria automobilística e a infraestrutura destinada ao transporte motorizado privado foram priorizadas pelos governos em todo mundo, o que levou à marginalização e ao sucateamento de outros modais.

O Código de Trânsito Brasileiro possui diretrizes para a utilização de bicicletas, mas, com a instituição da Lei 12.587/2012, em Janeiro de 2012, o Brasil passou a ter uma Política Nacional de Mobilidade Urbana – PNMU, que orienta a regulamentação e planejamento da mobilidade urbana nas cidades, após cerca de 17 anos de tramitação no Congresso Nacional.

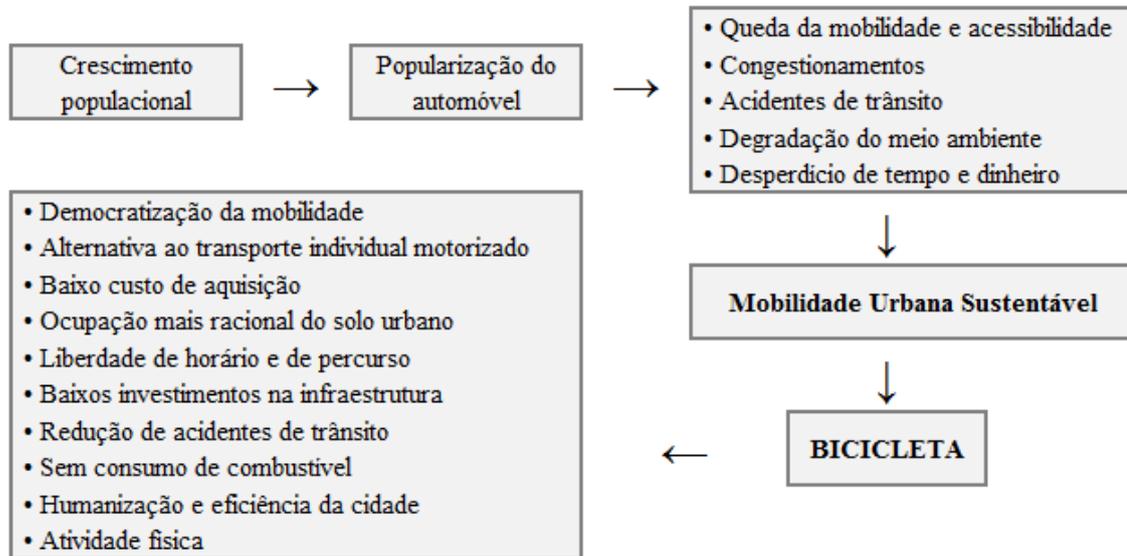
A concepção de mobilidade urbana vem sofrendo mudanças com novos anseios por parte da população brasileira, que, no geral, deseja cada vez mais a utilização de meios alternativos para o deslocamento, especificamente o uso de bicicletas (NECKEL, et al, 2015; SILVA, 2015 *apud* TISCHER, 2017).

Com isso em mente, Kneib (2012) acerta ao dizer que o grande desafio reside em elaborar diretrizes capazes de reverterem a matriz modal atual, a qual se baseia nos deslocamentos motorizados individuais, a partir da priorização e da valorização dos modos de transportes alternativos, ou seja, coletivos e não motorizados. Portanto, é neste contexto em que são apresentadas perspectivas sustentáveis para a mobilidade urbana (MONARI, 2018).

A mobilidade urbana sustentável compreende o desenvolvimento de espaços urbanos que promovem o equilíbrio entre a satisfação da carência humana por deslocamentos e a proteção ao meio ambiente, garantindo acesso com padrões aceitáveis a bens e atividades (ACKER; GOODWIN; WITLOX, 2016 *apud* MONARI, 2018).

Para Antunes (2015), grande parte das políticas públicas voltadas para mobilidade urbana valorizam os deslocamentos por automóveis, deixando de lado outros modais como os ciclistas, pedestres e transportes públicos. Pelo fato do uso da bicicleta ser recomendado em centros urbanos, ele afirma que este meio de transporte surge como opção para amenizar os impactos gerados da priorização ao transporte individual motorizado, conforme a Figura 2.

Figura 2 – A bicicleta e a Mobilidade Urbana Sustentável



Fonte: Adaptado de Antunes (2015).

Tischer (2017) percebeu que outros trabalhos apontaram que deve-se construir ciclovias para incentivar o uso da bicicleta. A partir da implementação de infraestrutura cicloviária, os usuários naturalmente irão aderir (DILL e CARR, 2003). Essa hipótese foi confirmada recentemente pelo estudo do *National Institute for Transportation and Communities - NITC*, onde após um ano de instalação do sistema, o percentual de usuário de bicicleta subiu entre 21% e 171%, nas cinco cidades estudadas. Além disso, pouco mais de 49% dos ciclistas indicaram que realizavam viagens mais frequentemente após instalações de faixas protegidas (NITC, 2014).

Para Barbara e Leitão (2017), o espaço que hoje se destina ao estacionamento, gratuito ou não (zona azul), de carros em áreas públicas poderia ser mais bem utilizado se convertido para a instalação de espaços de convivência (mais conhecidos como *parklets*), ciclovias, ciclofaixas ou mesmo para o alargamento das insuficientes calçadas brasileiras.

### 2.3 Infraestrutura Cicloviária

Segundo Monari (2018), o tráfego de bicicletas em áreas urbanas pode ocorrer de maneira compartilhada com outros modos de transporte ou por meio de infraestruturas próprias à circulação dos ciclistas. Além disso, o autor afirma que é necessário verificar a disponibilidade de espaço urbano para comportar o transporte cicloviário, com o intuito de garantir que os deslocamentos por meio de bicicletas sejam realizados de forma segura.

### **2.3.1 Tipos de Infraestrutura Cicloviária**

Um sistema cicloviário consiste na infraestrutura de mobilidade destinada a bicicletas. Podem existir elementos secundários tais como a infraestrutura de guarda de bicicletas (bicicletários ou paraciclos). Os principais tipos de vias destinadas ao tráfego de bicicletas que podem ser implementados na rede viária de áreas urbanas são: ciclovias, ciclofaixas, ciclorrotas e faixas compartilhadas (ou espaços compartilhados). As definições desses tipos de infraestrutura que compõem o sistema cicloviário são descritas a seguir.

#### **2.3.1.1 Ciclovias**

As ciclovias (CV) podem designar toda a infraestrutura projetada para a circulação de bicicletas. Também referem-se aos espaços exclusivos para circulação de bicicletas, isolados de automóveis e pedestres, através de calçada, mureta ou meio-fio. (GONDIM, 2001).

Uma das vantagens mais importantes desta tipologia consiste na maior segurança proporcionada ao ciclista, uma vez que o isolamento físico aumenta a proteção contra o tráfego rápido e intenso de veículos motorizados (TISCHER, 2017).

#### **2.3.1.2 Ciclofaixas**

As ciclofaixas (CF) são faixas delimitadas por pintura e/ou sinalizadores, nas pistas de rolamento. Não utiliza obstáculos físicos, como as ciclovias. (GONDIM, 2001).

Segundo Tischer (2017), uma das vantagens deste tipo de infraestrutura é o baixo custo de implementação, uma vez que se utiliza da infraestrutura viária já existente para definir o espaço destinado aos ciclistas.

#### **2.3.1.3 Faixas Compartilhadas**

Este tipo também é denominado espaço, passeio ou tráfego compartilhado. As faixas compartilhadas são destinadas para a circulação de dois ou mais modais, como bicicleta e pedestre ou bicicleta e veículo motorizado (GONDIM, 2001). Embora deva ter uma sinalização adequada como toda infraestrutura cicloviária, não há nenhum tipo de separação física entre o tráfego de bicicletas e de pedestres ou veículos.

#### **2.3.1.4 Ciclorrotas**

São vias com pouco trânsito de veículos, apresentando velocidades menores que 40 km/h e menos de 3 mil veículos por dia. São caminhos identificados por sinalização apropriada como uma rota recomendada para o ciclista trafegar. Bicycletas e outros veículos dividem a mesma via, mas a preferência é da bicicleta (FERREIRA, 2007).

É necessária a fiscalização ou uma campanha de conscientização, pois alguns motoristas costumam ignorar a sinalização e não dão a preferência aos ciclistas, ocupando os espaços e empurrando os ciclistas em direção às laterais da via.

#### **2.3.1.5 Estacionamentos**

O sistema cicloviário pode ser complementado com estacionamentos destinados às bicycletas, como os paraciclos e bicycletários. A seguir, encontram-se as definições destes dois tipos de infraestrutura para guarda de bicycletas de acordo com a Cartilha do Ciclista do Ministério das Cidades (BRASIL, 2015):

- Paraciclos: suportes para a fixação de bicycletas, instalado em via pública ou no interior de estabelecimentos;
- Bicycletários: conjunto de paraciclos e/ou área determinada para bicycletas, como ocorrem em vias públicas ou no interior de estabelecimentos e empresas.

### **2.3.2 Pavimentos Cicloviários**

O pavimento é um elemento estrutural destinado a receber solicitações de cargas móveis, ocasionadas pelo tráfego de veículos e pessoas. Vale ressaltar que todo pavimento possui uma vida útil e necessita de manutenção para prolongar condições adequadas de uso até uma reabilitação.

Os pavimentos são classificados em flexíveis e rígidos. Os pavimentos flexíveis possuem revestimentos constituídos por materiais betuminosos e agregados, sobre uma base granular que pode ou não passar por estabilização granulométrica. Já os pavimentos rígidos são constituídos por placas de concreto, que funcionam concomitantemente como revestimento e base. De forma geral, as ciclovias são executadas em pavimentos de concreto enquanto as ciclofaixas e ciclorrotas se apresentam em pavimentos asfálticos.

Para Antunes (2015), o pavimento de uma via ciclável é um fator essencial para um projeto cicloviário, pois contribui para o melhor desempenho do ciclista. Dessa forma, faz-se necessário aprimorar cada vez mais o estudo de pavimentos quanto aos conceitos, características e funções, para então aplicar métodos de avaliação de desempenho do pavimento.

Segundo Ferreira (2007), a partir do conhecimento do tipo de pavimento cicloviário, procura-se identificar os defeitos habituais ocorrentes, ratificando a necessidade de gerenciar a serventia dos pavimentos cicloviários baseados nas avaliações objetivas e subjetivas, para proporcionar um melhor desempenho operacional, no que tange a segurança e o conforto para o ciclista.

Além da necessidade de uma correta execução do projeto cicloviário, a pavimentação contribui com a satisfação do usuário da ciclovia. Onde o tipo de pavimento também interfere no seu conforto, sendo o tipo flexível mais preferível que o tipo rígido para os ciclistas.

## **2.4 Gerência de Pavimentos**

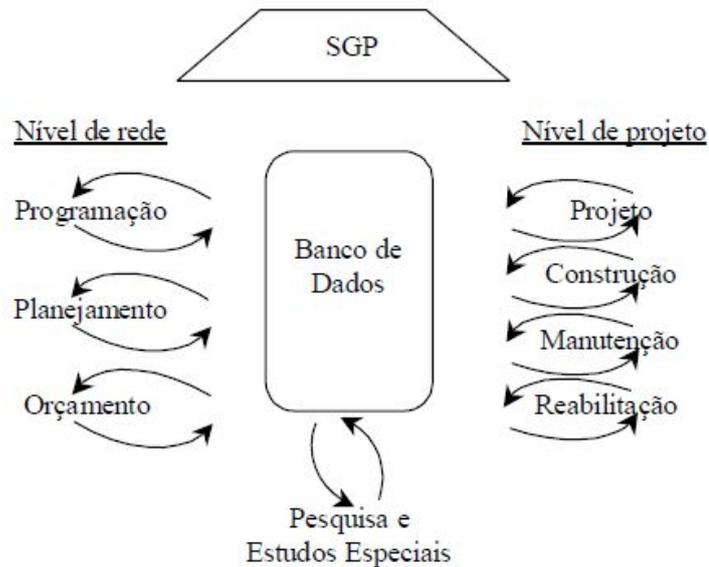
O pavimento é utilizado para o percurso de veículos, ciclistas e/ou pedestres. Ao realizar as viagens diárias geradas pela necessidade de deslocamento de pessoas e bens, esses meios de locomoção são agentes de solicitações na estrutura do pavimento. Portanto, o gerenciamento e manutenção dos pavimentos se fazem necessários para uma adequada conservação das vias urbanas, oferecendo mais conforto, segurança, rapidez, economia e satisfação aos usuários ao usar os diversos modais de transporte nestas vias.

Segundo Haas, Hudson e Zaniewski (1994), um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), fornece as melhores estratégias aos tomadores de decisão, em diferentes níveis da organização, avaliando as diferentes estratégias dentro de um período de análise, baseando-se em diversos parâmetros e informações dos pavimentos, sujeitos a critérios e restrições.

Conforme Páez (2015), os sistemas de gerência de pavimentos visam minimizar os custos de manutenção e reabilitação com os quais um pavimento é preservado em ótimas condições de funcionamento através do tempo. A estrutura do pavimento pode ser deteriorada em decorrência das condições climáticas e das solicitações do tráfego. Dessa forma um gerenciamento eficaz pode minimizar custos, sendo executadas as intervenções no devido tempo com os materiais e técnicas apropriadas.

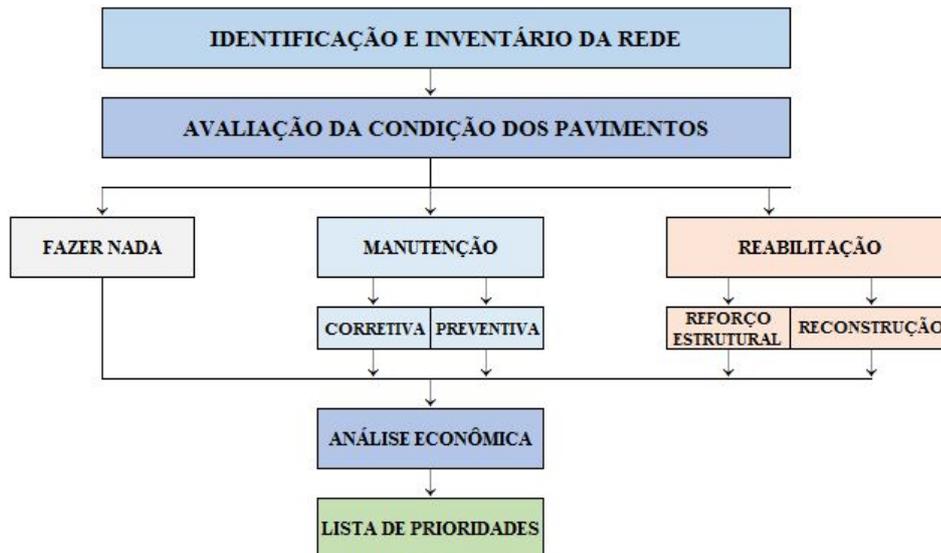
Em detalhe, a Figura 3 e a Figura 4 apresentam fluxogramas que mostram como se dá a tomada de decisões, que pode ser em nível de rede ou nível de projeto, bem como as relações entre as estratégias de manutenção e reabilitação com outras etapas de um SGP.

Figura 3 – Componentes de um sistema de gerência de pavimentos



Fonte: Haas, Hudson e Zaniewski (1994) adaptado por Melo (2018).

Figura 4 – Estratégias de manutenção e reabilitação em um SGP



Fonte: Adaptado de Fernandes Jr. et al. (2006).

O desenvolvimento de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU), segundo Haas, Hudson e Zaniewski (1994), se torna relevante à medida que uma cidade cresce, pois é útil para identificar as vias que necessitam de mais atenção. Portanto, a devida intervenção pode evitar o agravamento ou surgimento de defeitos gerados pelo uso diário do pavimento e/ou intempéries, como a chuva e variação de temperatura.

O desenvolvimento de um sistema de gerência de pavimentos varia de acordo com as condições climáticas, o volume e o tipo de tráfego do local de estudo, pois interferem no processo de deterioração do pavimento.

Além disso, a suposta migração do uso do veículo motorizado para a bicicleta como meio de transporte pode ser considerado um fator que reduz as solicitações nos pavimentos rodoviários, garantindo condições adequadas por um período mais longo de tempo, mas, conseqüentemente, exigindo mais atenção à manutenção dos pavimentos cicloviários para que se mantenha boas condições de conservação.

Para Ferreira (2007), as intervenções operacionais em apoio ao uso de bicicletas tem função de viabilizar deslocamentos seguros e eficientes para os ciclistas. Desse modo, espera-se pavimentos adequados quanto ao projeto e manutenção. Por conseguinte, pode-se garantir a segurança e o conforto nos deslocamentos cicloviários.

## **2.5 Defeitos nos Pavimentos**

Segundo Fernandes Jr., Oda e Zerbini (2006), as causas das deteriorações que surgem no pavimento são as solicitações do tráfego e aspectos ambientais. Onde as solicitações do tráfego são associadas à carga por eixo, ao tipo do eixo, ao tipo de rodagem, à pressão de enchimento dos pneus e ao tipo de suspensão, e os aspectos ambientais estão relacionadas com a variação de temperatura e teor de umidade.

O *Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program*, Manual de Identificação de Defeitos do programa *Strategic Highway Research Program - SHRP* (FHWA, 2014), fornece os principais defeitos ocasionados pelas solicitações sofridas pelas vias urbanas, como se dá a mensuração de cada um deles e seus níveis de severidade. A ASTM D6433 (2008) também apresenta informações sobre defeitos tanto de pavimentos asfálticos como de concreto, além de explicações acerca da utilização das informações dos defeitos para uma avaliação do estado de conservação atual do pavimento, por meio de ábacos.

Nem todos os defeitos observados em pavimentos rodoviários se apresentam em pavimentos cicloviários. Contudo, mesmo que as bicicletas não sejam agentes de elevadas

solicitações no pavimento como os veículos motorizados, ainda podem surgir defeitos nos pavimentos cicloviários, causados por intempéries e/ou drenagem ineficiente, que podem prejudicar o conforto e segurança dos usuários. No caso de ciclofaixas, veículos podem trafegar, de forma irregular ou não, acarretando em defeitos com maior grau de severidade.

A seguir, detalha-se os principais defeitos encontrados em pavimentos flexíveis e semirrígidos, enquanto são apresentados sucintamente alguns defeitos mais relevantes de pavimentos rígidos, de acordo com definições e informações obtidas da ASTM D6433 (2008), DNIT (2003a), DNIT (2004a) e FHWA (2014).

## **2.5.1 Defeitos em Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos**

### **2.5.1.1 Trincas por Fadiga**

É uma série de trincas interligadas, causadas pela falha por fadiga da superfície do concreto asfáltico sujeita a frequentes solicitações do tráfego. Assemelha-se ao aspecto de couro de crocodilo. As medidas são registradas em área (m<sup>2</sup>).

### **2.5.1.2 Exsudação**

É o excesso de material betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento. É causado pela quantidade excessiva de cimento asfáltico na mistura, aplicação excessiva de selante betuminoso, baixo índice de vazios ou uma combinação destes fatores. A exsudação é medida em m<sup>2</sup> de área superficial.

### **2.5.1.3 Trincas em Bloco**

São um conjunto de trincas interconectadas que dividem o pavimento em pedaços aproximadamente retangulares. Geralmente é resultado dos efeitos de dilatação e contração do concreto asfáltico causados pela variação térmica. São medidas em m<sup>2</sup> de área superficial.

### **2.5.1.4 Solevamento e Afundamento**

Afundamento é uma deformação localizada e permanente, caracterizada por depressão da superfície do pavimento, podendo estar acompanhada de solevamento, que são pequenos

deslocamentos para cima da superfície do pavimento (solavancos). É registrada sua extensão em metros lineares. Caso ocorram juntamente a uma trinca, ela também deve ser registrada.

#### **2.5.1.5 Corrugação**

Deformação caracterizada por uma série de cumes e vales, formando ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento. São uma sequência de sollevamentos espaçados a menos de 3 m. É medida em m<sup>2</sup> de área.

#### **2.5.1.6 Depressão**

Depressões são áreas localizadas da superfície do pavimento com níveis levemente inferiores às do pavimento circundante. São medidas em m<sup>2</sup> de área e sua severidade depende da profundidade.

#### **2.5.1.7 Defeito nos Bordos**

Se caracteriza pelo desgaste ou pela presença de trincas contínuas que cruzam a borda do pavimento e estão localizadas dentro de 0,6 m da borda pavimento-acostamento. Se aplicam apenas a pavimentos com acostamentos não pavimentados. Este defeito é medido em metros lineares.

#### **2.5.1.8 Trincas por Reflexão**

São trincas em superfícies de concreto asfáltico que ocorrem sobre juntas placas de concreto. É causada, principalmente, pelo movimento induzido pela variação térmica ou umidade de uma placa de concreto sob a camada de concreto asfáltico. São medidas em metros lineares.

#### **2.5.1.9 Desnível Pavimento-Acostamento**

É uma variação da elevação entre a pista e o acostamento. É um defeito causado pela erosão do acostamento, assentamento do acostamento ou construção da estrada sem ajuste do nível do acostamento. É medido em metros lineares e sua severidade depende da diferença da elevação, em mm.

#### **2.5.1.10 Trinca Linear**

É uma fenda existente no revestimento que pode se apresentar isoladamente ou interligada a outras, podendo ser longitudinais, transversais ou diagonais. As trincas reflexivas são causadas por rachaduras sob a superfície, incluindo rachaduras em placas de concreto, mas sem relação com suas juntas. São medidas em metros lineares.

#### **2.5.1.11 Remendo**

É uma área de pavimento que foi corrigida, por preenchimento ou substituição, com um novo material para reparar o pavimento existente. Pode ser feito: substituindo o revestimento e, caso necessário, uma ou mais camadas inferiores (remendo profundo); ou superficialmente, pela aplicação de uma camada betuminosa (remendo superficial). A área remendada pode ter seu desempenho prejudicado, pois apresenta certa irregularidade em relação ao pavimento original ao redor. São medidos em m<sup>2</sup> de área e sua severidade é determinada pelo desgaste do remendo ao apresentar buracos, trincas ou outros defeitos.

#### **2.5.1.12 Agregado Polido**

É um defeito causado pelas repetidas solicitações do tráfego. Quando o agregado da superfície se apresenta liso ao toque, dando um aspecto polido, a aderência entre pneu e pavimento é prejudicada. Dessa forma, apresenta-se uma menor resistência ao deslizamento. É medido em m<sup>2</sup> de área. Não há graus de severidade envolvidos, no entanto, o nível de polimento pode ser claramente notado pela percepção da suavidade da superfície ao toque.

#### **2.5.1.13 Panela (Buraco)**

Panelas são pequenas depressões que geralmente apresentam bordas afiadas e lados verticais perto do topo do buraco. Podem surgir como um agravamento de outros defeitos ou de forma localizada, pelo deslocamento das camadas causado pela falta de aderência entre camadas superpostas, podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento e provocar a desagregação das mesmas. São medidos por contagem de acordo com a severidade ou por m<sup>2</sup> de área. A severidade depende da profundidade do buraco e de seu diâmetro, em mm.

#### **2.5.1.14 Passagem de Nível**

São defeitos de travessia de ferrovia, ou seja, depressões ou solavancos ao redor e/ou entre trilhos. É raro encontrar esse tipo de defeito no Brasil ou sua presença em pavimentos cicloviários. Porém, é um defeito que pode ser encontrado em áreas com uma malha ferroviária mais desenvolvida. É medida a área do cruzamento em m<sup>2</sup> e sua severidade depende da qualidade de passeio (*ride quality*) ao atravessar o defeito.

#### **2.5.1.15 Deformação Permanente**

É um defeito que se apresenta como uma depressão ao longo da trilha de roda, podendo ocorrer uma elevação do pavimento adjacente à deformação. Esse defeito provém de uma deformação em qualquer uma das camadas do pavimento, geralmente causada pelo movimento lateral ou consolidado dos materiais devido à carga de tráfego. Geralmente é notado após chuvas, quando as depressões são preenchidas por água. É medido em m<sup>2</sup> de área, onde multiplica-se a extensão da deformação pela largura da trilha de roda (geralmente a largura média dos tipos de pneus que trafegam na via). Sua severidade é determinada pela profundidade da deformação, em mm.

#### **2.5.1.16 Ondulação**

É um deslocamento longitudinal permanente de uma área localizada da superfície do pavimento, ocasionada pelo carregamento do tráfego que, ao empurrar o pavimento, produz uma onda curta e abrupta no revestimento. É medido em m<sup>2</sup> de área superficial e sua severidade depende da qualidade do passeio (*ride quality*).

#### **2.5.1.17 Escorregamento**

É um deslocamento do pavimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de rachaduras em forma de meia-lua, geralmente transversais à direção da viagem. É produzido quando a frenagem ou a rotação das rodas causam deslizamento ou deformação da superfície do pavimento. Esse defeito geralmente ocorre em sobreposições, quando há uma ligação fraca entre a superfície e a próxima camada da estrutura do pavimento. É medida em m<sup>2</sup> de área e sua severidade, que depende da espessura das rachaduras, é definida pelo maior nível de severidade na área.

### **2.5.1.18 Desagregação Superficial**

É o desgaste da superfície do revestimento causado por solicitações do tráfego e, principalmente, intemperismo. Se apresenta como um efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego. A perda de asfalto ou aglomerante pode acontecer devido a uma mistura de baixa qualidade. O amolecimento da superfície e desalojamento dos agregados devido a derramamento de óleo também estão incluídos. É medido em m<sup>2</sup> de área superficial e sua severidade depende das características apresentadas pela superfície, bem como o nível de descolamento de agregado e *binder*.

### **2.5.2 Defeitos em Pavimentos de Concreto**

Pavimentos de concreto não são o foco deste trabalho, dessa forma, não serão dadas informações detalhadas a respeito dos defeitos que se manifestam nesse tipo de pavimento. Contudo, serão citados os principais defeitos de pavimentos de concreto no parágrafo a seguir.

Dentre os defeitos presentes em pavimentos de concreto, pode-se incluir os seguintes como mais relevantes para pavimentos cicloviários: Alçamento de Placas; Fissura de Canto; Placa Dividida; Escalonamento ou Degrau; Falha na Selagem das Juntas; Trinca Linear (Longitudinal, Transversal e Diagonal); Reparos; Desgaste Superficial; Bombeamento; Quebras Localizadas; Fissuras Superficiais e Escamação; Fissuras de Retração Plástica; Esborcinamento ou Quebra de Canto; Esborcinamento de Juntas; Placa “Bailarina”; Assentamento; e Buracos.

## **2.6 Avaliação Objetiva da Condição de Pavimentos**

A avaliação objetiva busca determinar o estado de conservação atual de pavimentos por meio de dados que são levantados em campo, os quais não são obtidos pela avaliação subjetiva. Os dados englobam informações sobre o tipo, a severidade e a extensão de manifestações patológicas nos pavimentos. O levantamento das patologias pode ser realizado usando-se um veículo ou caminhando ao longo do trecho.

No Brasil, a avaliação objetiva para pavimentos flexíveis e semirrígidos é realizada segundo o DNIT 006/2003-PRO, onde é definido o Índice de Gravidade Global (IGG); e o

DNIT 062/2004-PRO para pavimentos rígidos, onde é definido o *Pavement Condition Index* (PCI), que também é aplicado em pavimentos flexíveis e difundido mundialmente.

As metodologias nacionais existentes para avaliação de pavimentos de concreto são voltadas para pavimentação rodoviária, confirmando a ausência de um método para avaliação de pavimentos cicloviários (ANTUNES, 2015).

## 2.6.1 Índices de Condição de Pavimento

Não existem índices de condição destinados aos pavimentos cicloviários. Há índices na literatura que avaliam as condições e aspectos físicos da infraestrutura cicloviária, mas não focam no estado de conservação do pavimento.

Alguns trabalhos já aplicaram índices de condições de pavimentos rodoviários ou urbanos em pavimentos cicloviários. Como exemplo prático, Antunes (2015) utilizou o *Pavement Condition Index* (PCI) para avaliar as infraestruturas cicloviárias implantadas em um corredor universitário de Goiânia. O índice foi aplicado em pavimentos cicloviários de concreto.

### 2.6.1.1 *Pavement Condition Index* – PCI (SHAHIN E KOHN, 1979)

Segundo Shahin e Kohn (1979), o *Pavement Condition Index* (PCI) é um método padrão para avaliar a integridade estrutural e operacional da superfície de pavimentos, sendo inicialmente desenvolvido para pavimentos de aeródromos, é um dos índices mais utilizados internacionalmente, mas adaptado para rodovias e vias urbanas em diversos trabalhos. A determinação do índice é baseada no levantamento de defeitos no qual os tipos de defeitos, o nível de severidade e sua densidade são coletados para um determinado trecho do pavimento, como consta no *PCI Distress Identification Manual* (FHWA, 2014). A classificação do índice é feita em uma escala que varia entre 0 (péssimo) e 100 (excelente).

De acordo com a ASTM D6433 (2008), o cálculo do PCI consiste na diminuição do valor máximo (100), subtraindo deste valor o peso de todos os defeitos influentes na amostra em análise. A influência de um defeito se traduz no seu Valor Deduzido (DV), obtido por meio de ábacos, que leva em consideração o seu tipo, densidade e severidade. Com o número máximo de deduções (m) e Valor Deduzido (DV), determina-se o Valor Deduzido Corrigido (CDV) máximo por meio de um processo iterativo que relaciona estas três variáveis. O cálculo do PCI é dado pela Equação 1 e, sucintamente, pela Equação 2.

$$PCI = 100 - \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{m_i} a(T_j, S_i, D_{ij}) \times F(t, q) \quad (1)$$

$$PCI = 100 - CDV_{m\acute{a}x} \quad (2)$$

Em que:

$a()$ : função de perda de capacidade para servir ao tráfego, cujas variáveis independentes são o tipo ( $T_j$ ), nível de severidade ( $S_i$ ) e densidade ( $D_{ij}$ ) do defeito;

$T_j$ : Tipos de defeitos;

$S_i$ : Níveis de severidade;

$D_{ij}$ : Densidades de defeitos;

$i$ : Contador dos tipos de defeitos;

$j$ : Contador dos níveis de severidade;

$p$ : Número total de tipos de defeitos;

$m_i$ : Número do nível de severidade para o  $i$ -ésimo tipo de defeito;

$F(t, q)$ : Fator de ajuste para reduzir o efeito do excesso de tipos de defeitos. ( $t$ ) depende do número de funções ( $a$ ), e ( $q$ ) é o número de valores numéricos de funções ( $a$ ) maiores que 5.

$CDV_{m\acute{a}x}$ : Valor deduzido corrigido máximo.

### 2.6.1.2 Índice de Condição de Pavimento Urbano – ICPU (PÁEZ, 2015)

O Índice de Condição de Pavimento Urbano (ICPU) foi desenvolvido para o Distrito Federal, incluindo Brasília, e é dado por meio de fatores de ponderação, de severidade e de extensão dos defeitos.

O desenvolvimento consiste em três etapas: primeiramente calcula-se o peso por tipo de defeito, com o uso de questionários preenchidos por profissionais da área de infraestrutura de transportes; a segunda etapa define fatores de ponderação para os pesos, por tipo de defeito e em função da severidade; a terceira e última etapa do método consiste na análise de correlação entre segmentos representativos da malha viária urbana em análise (PÁEZ, 2015). O cálculo do ICPU é feito pela Equação 3.

$$ICPU = 100 - \sum((PD_i) \times (FS_i) \times (FE_i)) \quad (3)$$

Em que:

$PD_i$ : Peso por tipo de defeito;

$FS_i$ : Fator de ponderação em função da severidade do defeito;

$FE_i$ : Fator de ponderação em função da extensão do defeito.

### 2.6.1.3 Distress Manifestation Index Network Level – DMINL (CHAMORRO, 2009)

O *Distress Manifestation Index Network Level* (DMINL) foi desenvolvido e validado para a rede rodoviária de Ontário, Canadá. A coleta dos defeitos superficiais do pavimento foram realizadas com ferramentas automáticas e semiautomáticas, sendo estas o perfilômetro à laser e imagens digitais, respectivamente. Tais ferramentas são bastante utilizadas em nível de rede devido a rapidez da coleta (CHAMORRO, 2009). O valor do DMINL é determinado através da Equação 4.

$$DMI_{NL} = 10 - 0,117 \times FC - 0,133 \times R - 0,157 \times LWP - 0,035 \times LNWP - 0,01 \times T \quad (4)$$

Em que:

*FC*: Trinca de Fadiga (%);

*T*: Trinca Transversal (%);

*LNWP*: Trinca Longitudinal Fora da Trilha de Roda (%);

*LWP*: Trinca Longitudinal Dentro da Trilha de Roda (%);

*R*: *Rutting* ou Deformação Permanente (mm).

### 2.6.1.4 Urban Pavement Condition Index - UPCI (OSORIO, 2012)

O *Urban Pavement Condition Index* (UPCI), que faz parte do projeto de gerenciamento de pavimentos da cidade de Santiago, Chile, é utilizado no sistema de gerenciamento de pavimentos flexíveis e rígidos com a coleta de dados manual e/ou automática. A condição de pavimentos flexíveis com coleta de dados manual é dado pela Equação 5 (OSORIO, 2012).

$$UPCI = 10 - 0,038 \times FC - 0,049 \times TRC - 0,046 \times DP - 0,059 \times R - 0,237 \times P \quad (5)$$

Em que:

*FC*: Trinca de Fadiga (%);

*TRC*: Soma das Trincas Transversais e de Reflexão (%);

*DP*: (*Driveway Patch*) Deterioração do Remendo (%);

*R*: *Rutting* (Deformação Permanente), em mm, calculado como a média do afundamento nos segmentos na unidade de amostra;

*P*: Painelas (%).

### 2.6.1.5 Índice de Condição de Pavimentos Urbanos – ICPUJP (ALBUQUERQUE, 2017)

A fim de incentivar a implementação de um SGPU em João Pessoa-PB, foi desenvolvido o Índice de Condição de Pavimentos Urbanos (ICPUJP). Foi aplicado o método *stepwise* para o desenvolvimento de índices de condição de pavimento, que utiliza inferência estatística. O método *stepwise* reduziu de dezesseis tipos de defeitos superficiais de pavimento flexível para seis tipos de defeitos superficiais. O cálculo do ICPUJP é dado pela Equação 6 (ALBUQUERQUE, 2017).

$$ICPU_{JP} = 5 - TF \times 0,016 - RM \times 0,030 - PN \times 0,266 - DP \times 0,049 - DE \times 0,021 - AG \times 0,16 \quad (6)$$

Em que:

*TF*: Trinca de Fadiga (%);

*RM*: Remendo (%);

*PN*: Panela (%).

*DP*: Deformação Permanente (mm);

*DE*: Desgaste (%);

*AP*: Agregados Polidos (%).

### 2.6.1.6 Índice de Gravidade Global – IGG (DNIT, 2003b)

O Índice de Gravidade Global (IGG) é um índice de defeitos combinado, definido por um número que permite a avaliação das condições de deterioração apenas de uma seção ou através de comparação relativa entre várias seções de uma malha de pavimentos (YSHIBA, 2003).

Para os autores Yshiba (2003), Benevides (2006) e Fernandes, Oda e Zerbini (2006), as principais limitações do IGG estão em não levar em conta o nível de severidade, apenas o tipo de defeito (exceto as trincas), e considerar apenas o número de ocorrências do defeito e não as suas medidas (área ou extensão).

Mais informações a respeito do IGG estão dispostas no Anexo D deste trabalho, tais como: os defeitos considerados e codificação; a planilha de cálculo do IGG; e a classificação do estado de deterioração segundo o próprio índice.

### 3 METODOLOGIA

A fim de cumprir o objetivo deste trabalho, foram realizadas as seguintes atividades:

1. Definição da área de estudo e tamanho da amostra;
2. Definição das diretrizes e preparação de planilhas de avaliação;
3. Levantamento de dados de defeitos de pavimentos;
4. Cálculo dos índices e elaboração de tabelas;
5. Análise de resultados e discussão.

#### 3.1 Definição da área de estudo e tamanho da amostra

Como este trabalho representa uma parcela da contribuição do Laboratório de Pavimentação – LAPAV, da Universidade Federal da Paraíba, a um projeto de pesquisa mais abrangente sobre a rede cicloviária do Brasil, as amostras selecionadas deviam se encaixar em certos requisitos para que pudessem ser aplicadas em todos os trabalhos envolvidos. Portanto, o levantamento foi realizado em vias com a presença de calçadas e com uma infraestrutura cicloviária comum entre as amostras. Dessa forma, o tipo de infraestrutura escolhido foi a ciclofaixa, logo, o tipo de pavimento avaliado foi o pavimento asfáltico.

Um dos trabalhos realizados em paralelo a este levanta dados a respeito da irregularidade longitudinal do pavimento ao longo do trecho através do equipamento *MERLIN* (*Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation*). O comprimento para a amostra desse ensaio é em torno de 430 m, a depender do tipo do equipamento. Dessa forma, o tamanho da amostra definido para este estudo foi, inicialmente, de 430 m de comprimento e largura variável a ser medida *in loco*.

Para este trabalho, as amostras foram divididas em seções de 30 m. A metodologia da amostragem foi baseada em Shahin (2005), mas adaptada ao contexto em que este trabalho se encontra. Foi definida a quantidade de seções a serem avaliadas ( $n$ ), dentre o total de seções da amostra ( $N$ ). Além disso, foi definido o intervalo entre seções ( $i$ ) pela Equação 7 (SHAHIN, 2005).

$$i = N/n \tag{7}$$

### **3.2 Definição das diretrizes e preparação de planilhas de avaliação**

Para que fosse iniciado o levantamento de dados nas amostras definidas, antes se fez necessário a definição das diretrizes e preparação de materiais necessários ao levantamento. Foi elaborada uma planilha de avaliação para pavimentos asfálticos, que foi utilizada neste trabalho, e outra para pavimentos de concreto, a ser proposta como modelo para trabalhos futuros que darão continuidade ao projeto de pesquisa da rede cicloviária de João Pessoa. Ambas planilhas foram baseadas nas planilhas de avaliação da ASTM D6433 (2008).

Foram definidas as diretrizes para a coleta de dados com o intuito de uniformizá-las. Considerou-se o manual do *Strategic Highway Research Program* – SHRP (FHWA, 2014), juntamente a ASTM D6433 (2008), para definição de critérios quanto aos tipos de defeitos, severidades e os métodos de mensuração dos defeitos superficiais do pavimento.

As diretrizes de metodologia de medição de defeitos, segundo o manual SHRP (FHWA, 2014), foram passadas à equipe de coleta de defeitos e levantamento de dados. Dessa forma, realizou-se um treinamento teórico com o objetivo de definir os aspectos envolvidos e capacitar o grupo para realizar a coleta dos defeitos superficiais.

### **3.3 Levantamento de dados de defeitos de pavimentos**

Nesta fase, foram evitados dias chuvosos para não prejudicar o levantamento dos defeitos das ciclofaixas. Com intuito de preencher as planilhas de avaliação, a equipe realizou esta fase utilizando os seguintes materiais:

- Coletes refletivos para segurança;
- Spray para demarcação das seções;
- Régua de pedreiro de 1 m;
- Trens de 50 m e 3 m;
- Planilhas de avaliação.

### 3.4 Cálculo dos índices e elaboração de tabelas

Os índices escolhidos foram: PCI, ICPU, DMINL, UPCI, ICPUJP e IGG. A partir dos valores calculados para cada seção, calculou-se a média das cinco seções, determinou-se a nota da amostra e, por fim, classificou-se o estado de conservação da amostra de acordo com as escalas que serão apresentadas a seguir.

Como há uma diferença nas escalas dos índices, uma escala adaptada foi utilizada para classificar todos os índices. Além disso, o PCI também foi classificado segundo sua própria escala (0 a 100), apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 – Escala de classificação do estado de conservação do pavimento para o PCI

PCI	Estado
85-100	Bom
70-85	Satisfatório
55-70	Regular
40-55	Ruim
25-40	Muito Ruim
10-25	Péssimo
0-10	Arruinado

Fonte: Adaptado da ASTM D6433 (2008).

Esses valores foram adaptados para uma escala de 0 a 5 e uma nova classificação foi estabelecida com novas cores representativas para cada estado de conservação. Os valores obtidos são arredondados para baixo, com uma casa decimal. Dessa forma, o estado de conservação do pavimento pode ser classificado conforme ilustra o Quadro 2.

Quadro 2 – Escala adaptada do estado de conservação do pavimento

Nota	Estado
4,1 - 5	Muito Bom
3,1 - 4	Bom
2,1 - 3	Regular
1,1 - 2	Ruim
0 - 1	Muito Ruim

Fonte: Adaptado de Albuquerque (2017).

### 3.5 Análise de resultados e discussão

Realizado o cálculo dos índices, foram elaboradas tabelas para auxiliar no comparativo e classificação das seções e amostras. Por fim, foram analisados os resultados de acordo com defeitos levantados, anotações realizadas e observações feitas durante a coleta de defeitos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o tamanho das unidades de amostra e seções definidos, foi possível determinar a área de uma seção avaliada como: largura da ciclofaixa (L) x 30 m. A Figura 5 ilustra como se deu a subdivisão de uma amostra.

Figura 5 – Detalhe de uma amostra genérica

		<i>Amostra Genérica</i>												
Seção		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Largura (L)														
Comprimento		30 m	30 m	30 m	30 m	30 m	30 m	30 m	30 m	30 m	30 m	30 m	30 m	30 m

Fonte: Autoria própria.

O número mínimo de seções avaliadas deve ser  $n = 5$ , segundo Shahin (2005). Foi definido  $N = 13$  seções, totalizando 390 m, com o objetivo de permitir uma maior agilidade no levantamento. Ao aplicar os valores na Equação 7, para determinar o intervalo entre as seções avaliadas, obtém-se  $i = 2$  seções, valor arredondado para baixo conforme o método. Considerando o valor do intervalo ( $i = 2$ ), o número de seções avaliadas passaria a ser 6. Contudo, o número mínimo de seções (5) foi mantido e o intervalo foi definido como  $i = 3$  para permitir uma maior flexibilidade no levantamento caso adaptações fossem necessárias *in loco*. A partir disso, foram selecionadas as seções 1, 4, 7, 10 e 13, representando os subtrechos (seções), em metros, 0-30, 90-120, 180-210, 270-300 e 360-390, respectivamente.

Foram escolhidos três trechos na Zona Sul da cidade de João Pessoa. Com a elaboração das planilhas de avaliação de pavimentos asfálticos e de concreto, que se encontram no Apêndice A, e a aquisição dos materiais necessários aos levantamentos, foi possível realizar a coleta dos defeitos nas amostras selecionadas.

O primeiro trecho faz parte da Av. Emília Mendonça Gomes, no bairro Valentina Figueiredo. Ao longo do trecho há um batalhão da Polícia Militar e um terminal de ônibus, além de estabelecimentos comerciais. Fotografias do trecho estão ilustradas na Figura 6.

Figura 6 – Fotografias referentes à amostra 1.



Fonte: Arquivo Pessoal.

O segundo trecho faz parte da Rua Prof. Luís Alberto Moreira Coutinho, no bairro Mangabeira. Em sua extensão, encontram-se estabelecimentos comerciais, prédios residenciais e uma escola. Fotografias do trecho estão ilustradas na Figura 7.

Figura 7 – Fotografias referentes à amostra 2.



Fonte: Arquivo Pessoal.

O terceiro trecho faz parte da Rua Cel. Benevenuto Gonçalves Costa, no bairro Mangabeira. Em sua extensão, encontram-se estabelecimentos comerciais, prédios residenciais e um hospital. Fotografias do trecho estão ilustradas na Figura 8.

Figura 8 – Fotografias referentes à amostra 3.



Fonte: Arquivo Pessoal.

É recomendado que os intervalos se mantenham constantes, porém foram necessárias adaptações para algumas amostras, devido a cruzamentos, rotatórias, entre outros obstáculos e aspectos da infraestrutura. As amostras selecionadas e suas respectivas seções avaliadas, preenchidas com X, são apresentadas na Figura 9.

Figura 9 – Amostras do estudo

<i>Amostra 1 - Av. Emília Mendonça Gomes</i>													
Seção	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Largura (L)		X			X			X			X		X
Comprimento	30 m												

<i>Amostra 2 - Rua Prof. Luís Alberto Moreira Coutinho</i>													
Seção	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Largura (L)	X			X			X			X			X
Comprimento	30 m												

<i>Amostra 3 - Rua Cel. Benevenuto Gonçalves Costa</i>													
Seção	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Largura (L)	X			X			X				X		X
Comprimento	30 m												

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme ilustrado na Figura 10, a amostra 1 apresentou um acesso de veículos para um batalhão, em frente à seção 1, logo, o levantamento se iniciou na seção 2 e seguiu com os intervalos até a seção 13. Na amostra 2, não houve necessidade de adaptações. Já para a amostra 3, com a presença de uma rotatória na seção 10, foi preciso interromper a demarcação das seções ao fim da seção 9, que foi continuada logo depois como uma nova seção (11), a qual foi realizado o levantamento.

Figura 10 – Acesso de veículos na amostra 1.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Os principais defeitos encontrados foram: desgaste superficial, remendos, defeitos no bordo e trincas longitudinais fora da trilha de roda. Ainda apareceram, com baixa frequência,

ondulações, afundamentos, deformação permanente e exsudação. Majoritariamente, os defeitos encontrados eram de baixa severidade, mas houve alguns de média severidade. Mais detalhes sobre os dados dos levantamentos se encontram no Apêndice B.

Em relação ao PCI, os resultados para cada amostra se encontram nas Tabelas 1 a 3, com as duas classificações apresentadas na metodologia. Além disso, a Tabela 4 apresenta um comparativo entre as amostras calculadas.

Tabela 1 – Resultados do PCI para a amostra 1

Seção	Escala PCI	Escala Adaptada	Classificação PCI	Classificação Adaptada
1.1	72	3,6	Satisfatório	Bom
1.2	100	5,0	Bom	Muito Bom
1.3	57	2,8	Regular	Regular
1.4	74	3,7	Satisfatório	Bom
1.5	84	4,2	Satisfatório	Muito Bom
<b>Média</b>	<b>77,40</b>	<b>3,8</b>	Satisfatório	Bom

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 2 – Resultados do PCI para a amostra 2

Seção	Escala PCI	Escala Adaptada	Classificação PCI	Classificação Adaptada
2.1	72	3,6	Satisfatório	Bom
2.2	59	2,9	Regular	Regular
2.3	84	4,2	Satisfatório	Muito Bom
2.4	67	3,3	Regular	Bom
2.5	75	3,7	Satisfatório	Bom
<b>Média</b>	<b>71,40</b>	<b>3,5</b>	Satisfatório	Bom

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 3 – Resultados do PCI para a amostra 3

Seção	Escala PCI	Escala Adaptada	Classificação PCI	Classificação Adaptada
3.1	72	3,6	Satisfatório	Bom
3.2	84	4,2	Satisfatório	Muito Bom
3.3	80	4,0	Satisfatório	Bom
3.4	82	4,1	Satisfatório	Muito Bom
3.5	80	4,0	Satisfatório	Bom
<b>Média</b>	<b>79,60</b>	<b>3,9</b>	Satisfatório	Bom

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 4 – Comparativo entre as amostras (PCI)

<b>Amostra</b>	<b>Escala PCI</b>	<b>Escala Adaptada</b>	<b>Classificação PCI</b>	<b>Classificação Adaptada</b>
1	77,40	3,8	Satisfatório	Bom
2	71,40	3,5	Satisfatório	Bom
3	79,60	3,9	Satisfatório	Bom
<b>Média</b>	<b>76,13</b>	<b>3,7</b>	Satisfatório	Bom

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com as Tabelas 1 a 4, pode-se afirmar que as amostras apresentaram um estado de conservação Bom. Muitas seções inspecionadas continham acessos de veículos, tais como garagens, estacionamentos ou mesmo cruzamentos, proporcionado um agravante ao surgimento de defeitos nas ciclofaixas e conflitos de tráfego.

Os resultados do ICPU encontram-se nas Tabelas 5 a 7. Além disso, a Tabela 8 apresenta um comparativo do ICPU entre as amostras calculadas. Para o UPCI e DMINL, as notas das amostras estão apresentadas na Tabela 9. Desconsideraram-se os defeitos que não foram encontrados no levantamento de dados.

Tabela 5 – Resultados do ICPU para a amostra 1

<b>Seção</b>	<b>Escala ICPU</b>	<b>Escala Adaptada</b>	<b>Classificação Adaptada</b>
1.1	98,83	4,9	Muito Bom
1.2	100	5,0	Muito Bom
1.3	92,11	4,6	Muito Bom
1.4	93,28	4,6	Muito Bom
1.5	93,28	4,6	Muito Bom
<b>Média</b>	<b>95,50</b>	<b>4,7</b>	Muito Bom

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 6 – Resultados do ICPU para a amostra 2

<b>Seção</b>	<b>Escala ICPU</b>	<b>Escala Adaptada</b>	<b>Classificação Adaptada</b>
2.1	90,04	4,5	Muito Bom
2.2	93,28	4,6	Muito Bom
2.3	93,28	4,6	Muito Bom
2.4	81,52	4,0	Bom
2.5	91,66	4,5	Muito Bom
<b>Média</b>	<b>89,96</b>	<b>4,4</b>	Muito Bom

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 7 – Resultados do ICPU para a amostra 3

Seção	Escala ICPU	Escala Adaptada	Classificação Adaptada
3.1	93,28	4,6	Muito Bom
3.2	93,28	4,6	Muito Bom
3.3	93,28	4,6	Muito Bom
3.4	92,11	4,6	Muito Bom
3.5	92,11	4,6	Muito Bom
<b>Média</b>	<b>92,81</b>	<b>4,6</b>	<b>Muito Bom</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 8 – Comparativo entre as amostras (ICPU)

Amostra	Escala ICPU	Escala Adaptada	Classificação Adaptada
1	95,50	4,7	Muito Bom
2	89,96	4,4	Muito Bom
3	92,81	4,6	Muito Bom
<b>Média</b>	<b>92,76</b>	<b>4,5</b>	<b>Muito Bom</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 9 – Resultados para o DMINL e UPCI

Amostra	Seção	Trinca	Def. Perm.	Remendo	Panela	DMINL	UPCI	Média DMINL	Média UPCI
		LNWP	R (mm)	DP	P				
1	1.1	-	-	30,67%	-	5,0	4,2	5,0	4,7
	1.2	-	-	-	-	5,0	5,0		
	1.3	-	-	18,83%	-	5,0	4,5		
	1.4	-	-	-	-	5,0	5,0		
	1.5	-	-	-	-	5,0	5,0		
2	2.1	-	8,00	-	-	4,4	4,7	4,8	4,9
	2.2	-	-	-	-	5,0	5,0		
	2.3	-	-	-	-	5,0	5,0		
	2.4	6,73%	-	-	-	4,8	5,0		
	2.5	-	-	-	0,17%	5,0	4,9		
3	3.1	12,50%	-	-	-	4,7	5,0	4,9	4,9
	3.2	-	-	-	-	5,0	5,0		
	3.3	1,67%	-	-	-	4,9	5,0		
	3.4	-	-	2,75%	-	5,0	4,9		
	3.5	-	-	6,25%	-	5,0	4,8		
						<b>MÉDIA</b>		<b>4,9</b>	<b>4,8</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação ao ICPUJP, os resultados estão apresentados na Tabela 10. Assim como para os defeitos anteriores, no cálculo, consideraram-se apenas os defeitos que foram encontrados durante o levantamento de dados. Os demais defeitos foram suprimidos, pois não apareceram, como o agregado polido, por exemplo.

Tabela 10 – Resultados para o ICPUJP

Amostra	Seção	Remendo	Panela	Def. Perm.	Desgaste	ICPUJP	Média ICPUJP
		RM	PN	DP (mm)	DE		
1	1.1	30,67%	-	-	-	4,0	3,8
	1.2	-	-	-	-	5,0	
	1.3	18,83%	-	-	50,00%	3,3	
	1.4	-	-	-	74,00%	3,4	
	1.5	-	-	-	60,67%	3,7	
2	2.1	-	-	8,00	50,00%	3,5	3,3
	2.2	-	-	-	78,28%	3,3	
	2.3	-	-	-	82,32%	3,2	
	2.4	-	-	-	75,76%	3,4	
	2.5	-	0,17%	-	80,81%	3,2	
3	3.1	-	-	-	80,00%	3,3	3,2
	3.2	-	-	-	80,00%	3,3	
	3.3	-	-	-	80,00%	3,3	
	3.4	2,75%	-	-	80,00%	3,2	
	3.5	6,25%	-	-	70,00%	3,3	
						<b>MÉDIA</b>	<b>3,4</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

Pelas Tabelas 5 a 10, percebe-se a divergência entre os resultados. Enquanto o ICPU, DMINL e UPCI resultaram em um estado de conservação Muito Bom para as amostras, o ICPUJP classificou-as como Bom, semelhante aos resultados do PCI. A consideração do desgaste superficial nos cálculos do ICPUJP foram relevantes para essa convergência com os resultados do PCI. Visto que foi um defeito superficial presente na maioria das seções. Além disso, o ICPUJP foi desenvolvido para a cidade de João Pessoa, fazendo-o ser mais preciso que os demais quando aplicado no próprio local de estudo.

Para o cálculo do IGG, esperava-se resultados divergentes, pois, como mencionado anteriormente, as principais limitações do IGG estão em não considerar o nível de severidade dos defeitos e as suas medidas. A Tabela 11 apresenta um comparativo entre os resultados das amostras para o IGG, bem como a classificação segundo a escala do próprio índice.

Tabela 11 – Resultados para o IGG

Amostra	IGG	Classificação
1	106	Ruim
2	92	Ruim
3	96	Ruim
<b>Média</b>	<b>98</b>	Ruim

Fonte: Dados da pesquisa.

Como observado na Tabela 11 – Resultados para o IGG, todas as amostras foram classificadas como Ruim. Isso se deve à quantidade considerável de defeitos coletada nos levantamentos. No entanto, a maioria das manifestações patológicas encontradas foram de baixa severidade, enquanto apenas algumas foram de média severidade. Logo, o IGG apresentou resultados divergentes com o que foi observado em campo e no banco de dados.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta um comparativo entre todos os índices aplicados e suas respectivas notas. As cores estão de acordo com a escala adaptada, com exceção da escala do IGG, pois foi utilizada sua escala própria.

Tabela 12 – Notas dos índices das seções avaliadas

Amostra	Seção	PCI	ICPU	DMINL	UPCI	ICPUJP	IGG
1	1.1	3,6	4,9	5,0	4,2	4,0	106
	1.2	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	
	1.3	2,8	4,6	5,0	4,5	3,3	
	1.4	3,7	4,6	5,0	5,0	3,4	
	1.5	4,2	4,6	5,0	5,0	3,7	
2	2.1	3,6	4,5	4,4	4,7	3,5	92
	2.2	2,9	4,6	5,0	5,0	3,3	
	2.3	4,2	4,6	5,0	5,0	3,2	
	2.4	3,3	4,0	4,8	5,0	3,4	
	2.5	3,7	4,5	5,0	4,9	3,2	
3	3.1	3,6	4,6	4,7	5,0	3,3	96
	3.2	4,2	4,6	5,0	5,0	3,3	
	3.3	4,0	4,6	4,9	5,0	3,3	
	3.4	4,1	4,6	5,0	4,9	3,2	
	3.5	4,0	4,6	5,0	4,8	3,3	

Fonte: Dados da pesquisa.

Pelas Tabelas 1 a 12, ao realizar um comparativo, nota-se que não houve divergência de classificação entre as amostras. Todas obtiveram resultados satisfatórios (escala do PCI) ou bons e muito bons (escala adaptada), com exceção do IGG, que apresentou resultados divergentes. Já as seções variaram seus estados de conservação entre Regular e Muito Bom.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante do crescimento do tráfego viário nas cidades, estudos relacionados a formas alternativas de deslocamentos são importantes para incentivar investimentos que proporcionem melhores condições na infraestrutura urbana, incluindo calçadas, cicloviárias, passarelas, entre outros elementos.

Além da condição do pavimento, existem outros aspectos relacionados à qualidade do sistema cicloviário, como a segurança pública e o planejamento viário, pois possuem um impacto direto na aceitabilidade do modal como uma alternativa viável aos cidadãos. A qualidade da via e o conforto nos deslocamentos passa a ser mais perceptível após o indivíduo se tornar um usuário do sistema cicloviário. Porém, caso o pavimento esteja em péssimo estado de conservação, o usuário tende a evitá-lo. Além disso o investimento em implementação de novas vias e infraestrutura de qualidade atraem novos usuários, como já observado em trabalhos anteriores.

Notou-se que a maioria dos defeitos presentes em pavimentos rodoviários flexíveis não se manifestam com tanta frequência nas ciclofaixas. O que confirma a informação apresentada no início deste trabalho: nem todos os defeitos observados em pavimentos rodoviários se apresentam em pavimentos cicloviários, pois as bicicletas não são agentes de elevadas solicitações como os veículos, mesmo que estes trafeguem por ciclofaixas de forma regular ou irregular.

As divergências observadas nos resultados dos índices de pavimento são influenciadas pelo processo de cálculo de cada método. As diferenças entre os métodos dos índices são influenciadas pelas condições climáticas, o volume e o tipo de tráfego dos locais de estudo em que cada índice foi desenvolvido, pois esses fatores interferem no processo de deterioração do pavimento e, conseqüentemente, nos tipos de defeitos manifestados. Dessa forma, alguns defeitos são mais relevantes para certos índices devido ao impacto que possuem no estado de conservação do pavimento do local de estudo em que foram desenvolvidos.

O PCI e ICPUJP apresentaram resultados mais satisfatórios, especialmente o PCI, pois seu método possui um ábaco para cada defeito coletado no levantamento. No geral, ambos

abrangem mais defeitos relevantes a pavimentos cicloviários, diferentemente dos índices ICPU, DMINL e UPCI, os quais não contemplam muitos defeitos em seus cálculos. Por essa limitação, esses índices classificaram as amostras como Muito Bom, e, em alguns casos, seções com nota máxima. Além disso, o IGG classificou as amostras em um estado Ruim, mas isso se deve pelas suas limitações já citadas por outros autores, como não considerar o nível de severidade dos defeitos e suas medidas, apenas a frequência de ocorrência. Nesse estudo, houve uma frequência considerável de defeitos nas amostras, porém de severidade baixa em sua maioria.

Pelo PCI, as amostras apresentaram um estado de conservação Satisfatório (classificação do PCI) e um estado de conservação Bom (classificação adaptada). Contudo, algumas seções apresentaram uma condição Regular, devido a uma maior manifestação de patologias e/ou grau de severidade. Isso se deve a fatores como: acessos de veículos (cruzamentos, estacionamentos e garagens); proximidade a pontos de ônibus; e tráfego regular ou irregular de veículos.

Além de gerarem conflitos entre ciclistas e veículos, esses fatores, considerados como pontos críticos, também são agravantes para o estado de conservação do pavimento, devido às mudanças de velocidade e as manobras dos veículos, que são responsáveis pelas maiores solicitações nos pavimentos.

Alguns desses agravantes podem ser evitados com planejamento e infraestrutura adequada, tanto para os ciclistas (vias exclusivas e delimitadas) como para os veículos. Porém, na maioria dos casos, não é possível implementar ciclovias segregadas do tráfego de veículos. Logo, deve-se continuar realizando manutenções periódicas nas vias e nos dispositivos de drenagem para prolongar a vida útil do pavimento independentemente do tipo de infraestrutura.

A parada de veículos e o tráfego regular ou irregular nas ciclofaixas, principalmente motocicletas, eram frequentes, com destaque para as amostras 2 e 3. De acordo com o PCI, a amostra 2 apresentou a menor nota de avaliação (3,5). Muitos defeitos foram encontrados próximos a dispositivos de drenagem, como o defeito de bordo de severidade média encontrado na seção 2.4. Contudo, a amostra 3 apresentou os melhores resultados, obtendo a maior nota de avaliação (3,9), com seções classificadas no estado de conservação Muito Bom.

Mesmo a amostra 1 estando presente próximo a um terminal de ônibus e possuir um ponto de ônibus na seção 1.1, não obteve a menor das notas entre as amostras, no ICPUJP e PCI. Portanto, mesmo sendo um fator contribuinte, o uso das ciclofaixas por parte dos veículos não é o fator mais relevante para o surgimento de defeitos nos pavimentos. Logo, ressalta-se a ideia de que intempéries e drenagem são fatores que devem ser considerados no gerenciamento e manutenção do sistema cicloviário, e nas análises acerca do seu estado de conservação.

Além dos defeitos levantados, as ciclofaixas apresentaram algumas seções com uma quantidade de material acumulado considerável, principalmente areia, o que interfere na qualidade de viagem, influenciando o conforto negativamente. Como o levantamento foi realizado durante um período com uma considerável frequência de chuvas, vale salientar que a qualidade da drenagem também é um fator importante, pois uma drenagem ineficiente pode causar o acúmulo de material na via.

As amostras avaliadas foram da Zona Sul de João Pessoa. Para uma análise mais completa sobre as condições de conservação dos pavimentos cicloviários da cidade, recomenda-se um estudo mais amplo e com maior dispersão das amostras. Por fim, as sugestões para próximos trabalhos incluem:

- Levantamento em mais amostras e em diversas localidades da cidade;
- Avaliação das condições de conservação em pavimentos de concreto;
- Aplicação e comparação de outros índices de condição de pavimento, incluindo métodos de avaliação subjetiva;
- Desenvolvimento de um índice de condição de pavimentos cicloviários.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, T. P. **Índice de Condição Baseado em Defeitos Superficiais para Gerência de Pavimentos Urbanos.** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB. 2017.

ASTM - **Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys.** D 6433 – 7. American Society for Testing and Materials. 2008.

BENEVIDES, S. A. S. **Modelos de desempenho de pavimentos asfálticos para um sistema de gestão de rodovias estaduais do Ceará.** (Tese de Doutorado). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. 2006.

BRASIL. Lei n. 12.587, de 3 de jan. de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Brasília, DF, jan. 2012.

BRASIL, Secretaria Nacional do Transporte e da Mobilidade Urbana, Ministério das Cidades. Cartilha do Ciclista, mar. 2015. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/publicacoes/item/12-cartilha-do-ciclista>>. Acesso em: 11 mai. 2019.

CHAMORRO, A. G.; SOLMINIHAC, T. H.; MÁRQUEZ, W. S.; HALLES, F. A. **Pavement and Shoulder Condition Models Developed with Expert Surveys: The Chilean Application.** The Arabian Journal for Science and Engineering, Volume 34, Number 1B. Abril, 2009.

DAVIS, J. **Bicycle Safety Evaluation.** Auburn University, City of Chattanooga, and Chattanooga Hamilton County Regional Planning Commission, Chattanooga, TN, 1987.

DILL, J.; CARR, T. Bicycle Commuting and Facilities in Major U.S. Cities: If You Build Them, Commuters Will Use Them. **Transportation Research Record** 1828, p. 116-123, 2003.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura em Transportes. **NORMA DNIT 005/2003 - TER - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Terminologia.** Rio de Janeiro, RJ, 2003a, 12p.

\_\_\_\_\_. **NORMA DNIT 006/2003 - PRO – Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento.** Rio de Janeiro, RJ, 2003b, 10p.

\_\_\_\_\_. **NORMA DNIT 061/2004 - TER - Pavimento rígido - Defeitos - Terminologia.** Rio de Janeiro, RJ, 2004a, 13p.

\_\_\_\_\_. **NORMA DNIT 062/2004 - PRO - Pavimento rígido - Avaliação objetiva - Procedimento.** Rio de Janeiro, RJ, 2004b, 29p.

EPPERSON, B. (1994). Evaluating suitability of roadways for bicycle use: toward a cycling level of service standard. **Transportation Research Record** 1438, p. 9-16.

FERNANDES JR., J. L. ODA, S.; ZERBINI, L. F. **Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação em Pavimentos Asfálticos**. Apostila. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 2006.

FERREIRA, Clarisse Rocha. **Análise de Parâmetros que Afetam a Avaliação Subjetiva de Pavimentos Cicloviários: Um Estudo de Caso em Ciclovias do Distrito Federal**. (Dissertação de Mestrado). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2007.

FHWA. **Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program**. Publication N° FHWA-HRT-13-092. Federal Highway Administration, Department of Transportation. 2014.

FURTH, P. G.; MEKURIA, M.; NIXON, H. **Low-Stress Bicycling and Network Connectivity**. Mineta Transportation Institute, Report 11-19, p. 84. Mineta, 2012.

GONDIM, M. S. **Transporte não Motorizado na Legislação Urbana do Brasil**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, RJ. 2007.

HAAS, R. C. G.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI, J. P. **Modern Pavement Management**. Krieger Publishing Company. Malabar, Florida, 1994.

KNEIB, E. C. Mobilidade urbana e qualidade de vida: do panorama geral ao caso de Goiânia. **Revista UFG**, Ano 13, n.12, p.71-78, 2012.

LAMONDIA, J. J.; MOORE, N. Comparing Bicycle Level of Service Measures, Roadway Characteristics, and Perceived Bike Route Suitability. **Transportation Research Board 94<sup>th</sup> Annual Meeting Compendium of Papers**. Washington D. C., 2015.

LANDIS, B. W.; Vattikuti, V. R.; Brannick, M. T. Real-time human perceptions: toward a bicycle level of service. **Transportation Research Record** 1578, p. 119-126, 1997.

LANDIS, B. W.; Vattikuti, V. R.; Ottenberg, R. M. Intersection level of service: the bicycle through movement. **Transportation Research Record** 1828, p. 101-106, 2003.

MELO, R. A. Notas de Aula. Disciplina Pavimentação. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal da Paraíba - UFPB. João Pessoa, 2018.

MONARI, Marcelo. **Método para definição de rede de rotas cicláveis em áreas urbanas de cidades de pequeno porte: um estudo de caso para a cidade de Bariri-SP.** (Dissertação de Mestrado). Departamento de Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 2018.

MONTEIRO, Fernanda Borges; CAMPOS, Vânia Barcellos Gouvêa. Métodos de avaliação da qualidade dos espaços para ciclistas. *In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES*, 25., 2011, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2011. p. 1242-1253. Disponível em: <<http://anpet.org.br/index.php/pt/area-restrita/anais-congresso-anual-anpet>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

NITC – National Institute for Transportation and Communities. **Lessons from the green lanes: evaluating protected bike lanes in the U.S.** Final report NITC-RR-583. Portland State University, Portland, 2014.

OSORIO, A.; CHAMORRO, A.; TIGHE, S. VIDELA, C. **Calibration and Validation of a Condition Indicator for Managing Urban Pavement Networks.** TRB 2014 Annual Meeting. Santiago, 2012.

PÁEZ, Edgar. **Índice de Condição de Pavimento (ICP) para Aplicação em Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos.** Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 2015.

PROVIDELO, J. K. **Nível de Serviço para Bicicletas: um estudo de caso nas cidades de São Carlos e Rio Claro.** 2011. 168p. Tese (Doutorado em Engenharia Urbana). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

RUBIM, Barbara; LEITÃO, Sérgio. O plano de mobilidade urbana e o futuro das cidades. **Estud. av.**, São Paulo, v. 27, n. 79, p. 55-66, 2013.

Prefeitura Municipal de João Pessoa – PMJP. **Infraestrutura.** Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/category/noticias/seinfra-noticias/>>. Acesso em: 18 abr. 2019.

SHAHIN, M.Y. **Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots.** 2. ed. New York: Springer Science+Bussines Media. 2005.

SHAHIN, M.Y; KOHN S. D. **Development of a Pavement Condition Rating Procedure for Roads, Streets and Parking Lots.** Vol. 2 – Distress Identification Manual. U.S. Army Corps of Engineers, Technical Report M-268, July, 1979.

SORTON, A. Bicycle Stress Level as a Tool to Evaluate Urban and Suburban Bicycle Compatibility. In **Transportation Research Record** 1438, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1994, pp. 17-24.

SOUSA JÚNIOR, J. N. C.; PRATA, B. A.; NOBRE JÚNIOR, E. F. O Desafio da gestão de infra-estruturas urbanas para o desenvolvimento sustentável das cidades. *In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO À PESQUISA DA UNIFOR*, 11., 2005. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: UNIFOR, 2005. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/12786>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

Superintendência Executiva de Mobilidade Urbana de João Pessoa – SEMOB. **PAC Mobilidade Urbana**. 2013. Disponível em: <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/semob/pac-mobilidade-urbana/>. Acesso em: 18 abr. 2019.

TISCHER, Vinicius. Validação de sistema de parâmetros técnicos de mobilidade urbana aplicados para sistema cicloviário. *urbe, Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 9, n. 3, p. 587-604, set, 2017.

YSHIBA, J. K. **Modelos de previsão de desempenho: estudos de rodovias do Estado do Paraná**. (Tese de Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. [S.l.]. 2003.

ZANUZO, D. R. **Análise das Condições Cicloviárias no Município de Joinville**. (Dissertação de Mestrado). Universidade do Estado de Santa Catarina. Joinville, SC. 2017.

ZMITROWICZ, W.; ANGELIS NETO, G. D. **Infra-estrutura urbana**. Texto Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo: EPUSP. 41f. 1997.

**APÊNDICE A**  
**PLANILHAS DE AVALIAÇÃO PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS E DE**  
**CONCRETO**



PLANILHA DE AVALIAÇÃO DE PAVIMENTO DE CONCRETO				1. Alçamento de Placas	Área da Amostra (placas):	
Rua/Avenida/Referência				2. Fissura de Canto	Dimensões da Placa:	
Unidade da Amostra				3. Placa Dividida	Esboço:	
Data				4. Escalonamento/Degrau	-	-
Avaliador				5. Falha na Selagem das Juntas	-	20
Localização (GPS)				6. Fissuras Lineares	-	-
Defeito/Severidade	N. de Placas	Densidade %	Valor Deduzido	7. Grandes Reparos	-	19
				8. Pequenos Reparos	-	-
				9. Desnível do Pavimento	-	18
				10. Desgaste Superficial	-	-
				11. Bombeamento	-	17
				12. Quebras Localizadas	-	-
				13. Fissuras Superficiais e Escamação	-	16
				14. Fissuras de Retração Plástica	-	-
				15. Esborcinamento/Quebra de Canto	-	15
				16. Esborcinamento de Juntas	-	-
				17. Placa "Bailarina"	-	14
					-	13
					-	12
					-	11
					-	10
					-	9
					-	8
					-	7
					-	6
					-	5
					-	4
					-	3
					-	2
					-	1

**APÊNDICE B**  
**BANCO DE DADOS**

PLANILHA DE AVALIAÇÃO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO				Área da Seção (m²):		58,80					
				L (m)	Esboço		Seções				
Rua/Avenida/Referência	Av. Emília Mendonça Gomes			1,96	← Sentido A		Seção 13				
Unidade da Amostra	1				Sentido B →		Seção 11				
Data	4	Abril	2019	Comprimento (m)		30	Seção 8				
Avaliador	Lucas Quintino			Batalhão	Terminal		Seção 5				
Localização (GPS)				5 Seções de 30m distribuídas em 415m							
1. Trinca por Fadiga		6. Depressão		11. Remendo		16. Escorregamento					
2. Exsudação		7. Defeito nos Bordos		12. Agregado Polido		17. Desgaste Superficial					
3. Trinca em Bloco		8. Trinca por Reflexão		13. Painela (Buraco)							
4. Afundamento		9. Desnível do Pavimento		14. Deformação Permanente							
5. Corrugação		10. Trinca Longitudinal e Transversal		15. Ondulação							
Observações	Seção (m)	Defeito/Severidade		Quantidade/Medidas					Total	Densidade %	Valor Deduzido
Ponto de ônibus	30-60	2	M	1,36					1,36	2,31%	4
Pouca quantidade de areia		11	B	18,03					18,03	30,67%	27
Pouca quantidade de areia	120-150	-	-	-							
Pouca quantidade de areia	210-240	11	B	11,07					11,07	18,83%	21
15 m de acesso		4	B	15,00					15,00	25,51%	34
		17	B	29,40					29,40	50,00%	12
Média quantidade de areia	300-330	17	B	43,51					43,51	74,00%	15
7,8 m de acesso		4	B	7,80					7,80	13,27%	20
Pouca quantidade de areia	360-390	17	B	35,67					35,67	60,67%	13
Defeito 6: 1' (polegada) - Sev. M		6	M	0,40					0,40	0,68%	8

PLANILHA DE AVALIAÇÃO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO				Área da Seção (m²):		59,40					
				L (m)	Esboço		Seções				
Rua/Avenida/Referência	Pref. Luis Alberto Moreira Coutinho			1,98	Calçada		Seção 13				
Unidade da Amostra	2				← Sentido A		Seção 10				
Data	13	Abril	2019	Comprimento (m)		30	Seção 7				
Avaliador	Lucas Quintino			Seção 4							
Localização (GPS)				5 Seções de 30m distribuídas em 415m							
1. Trinca por Fadiga		6. Depressão		11. Remendo		16. Escorregamento					
2. Exsudação		7. Defeito nos Bordos		12. Agregado Polido		17. Desgaste Superficial					
3. Trinca em Bloco		8. Trinca por Reflexão		13. Painela (Buraco)							
4. Afundamento		9. Desnível do Pavimento		14. Deformação Permanente							
5. Corrugação		10. Trinca Longitudinal e Transversal		15. Ondulação							
Observações	Seção (m)	Defeito/Severidade		Quantidade/Medidas					Total	Densidade %	Valor Deduzido
Defeito 14: 8 mm - Sev. B	0-30	14	B	4,50					4,50	7,58%	25
Ponto de ônibus próximo		17	B	29,70					29,70	50,00%	12
	90-120	17	B	46,50					46,50	78,28%	15
Defeito: 1,25 cm		15	M	2,97					2,97	5,00%	40
	180-210	17	B	48,90					48,90	82,32%	16
Metros lineares (m)	270-300	10	B	4,00					4,00	6,73%	7
		17	B	31,50					31,50	53,03%	12
Acesso		17	M	13,50					13,50	22,73%	26
	360-390	7	B	0,60					0,60	1,01%	3
Boca de lobo		7	M	0,90					0,90	1,52%	10
Metros lineares (m)	360-390	7	M	2,50					2,50	4,21%	16
		17	B	48,00					48,00	80,81%	16
		13	B	0,10					0,10	0,17%	4

PLANILHA DE AVALIAÇÃO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO				Área da Seção (m²):		60,00						
				L (m)	Esboço		Seções					
Rua/Avenida/Referência		Cel. Benevenuto Gonçalves da Costa		2,00	Calçada		Seção 13					
Unidade da Amostra		3			← Sentido A		Seção 11					
Data		13	Abril	2019	Comprimento (m)		30					
Avaliador		Lucas Quintino			Trauminha		Seção 4					
Localização (GPS)					5 Seções de 30m distribuídas em 415m							
1. Trinca por Fadiga		6. Depressão		11. Remendo		16. Escorregamento						
2. Exsudação		7. Defeito nos Bordos		12. Agregado Polido		17. Desgaste Superficial						
3. Trinca em Bloco		8. Trinca por Reflexão		13. Panela (Buraco)								
4. Afundamento		9. Desnível do Pavimento		14. Deformação Permanente								
5. Corrução		10. Trinca Longitudinal e Transversal		15. Ondulação								
Observações	Seção (m)	Defeito/Severidade		Quantidade/Medidas						Total	Densidade %	Valor Deduzido
	0-30	3	B	7,50						7,50	12,50%	9
Metros lineares (m)		10	B	6,00	1,50					7,50	12,50%	8
Metros lineares (m)		7	M	1,50	1,50					3,00	5,00%	18
		17	B	48,00						48,00	80,00%	16
Metros lineares (m)	90-120	4	B	0,12						0,12	0,20%	0
		17	B	48,00						48,00	80,00%	16
Metros lineares (m)	180-210	7	B	1,10	1,20	1,10				3,40	5,67%	7
		17	B	48,00						48,00	80,00%	16
Metros lineares (m)		10	B	1,00						1,00	1,67%	3
Seção 270-300 não tinha ciclofaixa devido a uma rotatória	300-330	11	B	1,65						1,65	2,75%	6
		17	B	48,00						48,00	80,00%	16
	360-390	11	B	3,20	0,55					3,75	6,25%	12
		17	B	42,00						42,00	70,00%	14
Metros lineares (m)		7	B	0,11	0,12					0,23	0,38%	3

**APÊNDICE C**  
**CÁLCULO DO PCI DE ALGUMAS SEÇÕES DAS AMOSTRAS**

Seção	1.3	Area m2	58,8		Largura			1,96
Anomalia	Grav	Medida	Dens	DV	m	Total DV	q (>2)	
11	B	11,07	18,83	21	7,1	67	3	
4	B	15,00	25,51	34				
17	B	29,40	50,00	12				
			0,00					
			0,00					
q		TDV		CDV	CDV	PCI		
3		67		43	43	57		
2		57		43				
1		38		39				

Seção	2.4	Area m2	59,4		Largura			1,98
Anomalia	Grav	Medida	Dens	DV	m	Total DV	q (>2)	
10	B	4,00	6,73	7	7,8	58	5	
17	B	31,50	53,03	12				
17	M	13,50	22,73	26				
7	B	0,60	1,01	3				
7	M	0,90	1,52	10				
q		TDV		CDV	CDV	PCI		
5		58		28	33	67		
4		57		31				
3		52		32				
2		44		32				
1		34		33				

Seção	3.1	Area m2	60		Largura			2,00
Anomalia	Grav	Medida	Dens	DV	m	Total DV	q (>2)	
3	B	7,50	12,50	9	8,5	51	4	
10	B	7,50	12,50	8				
7	M	3,00	5,00	18				
17	B	42,00	70,00	16				
			0,00					
q		TDV		CDV	CDV	PCI		
4		51		27	28	72		
3		45		28				
2		38		28				
1		24		24				

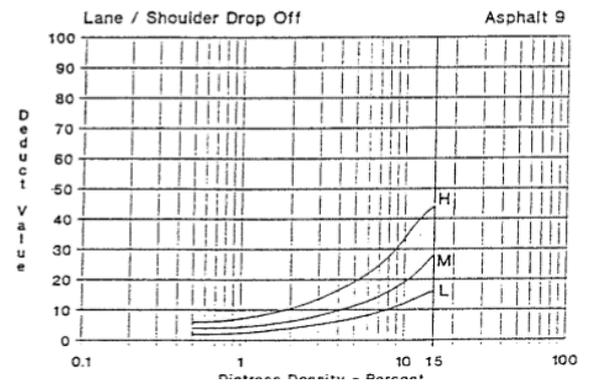
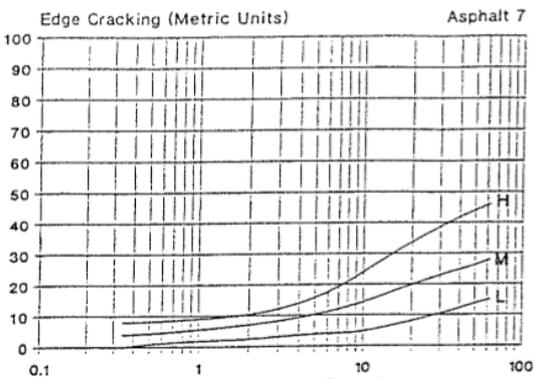
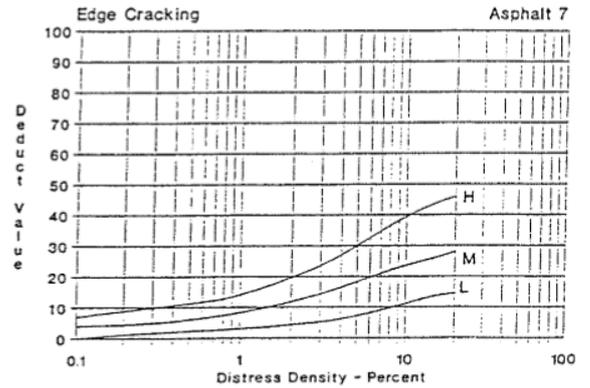
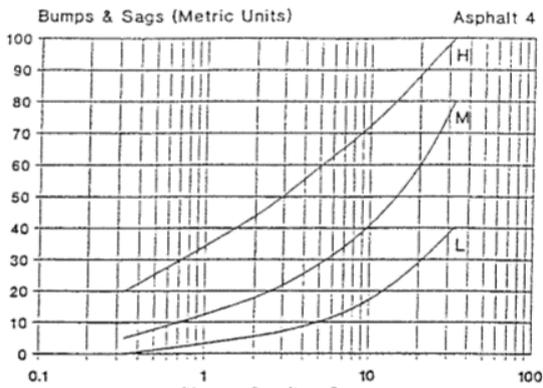
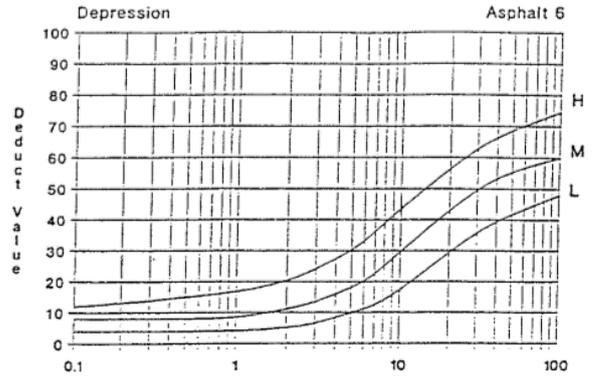
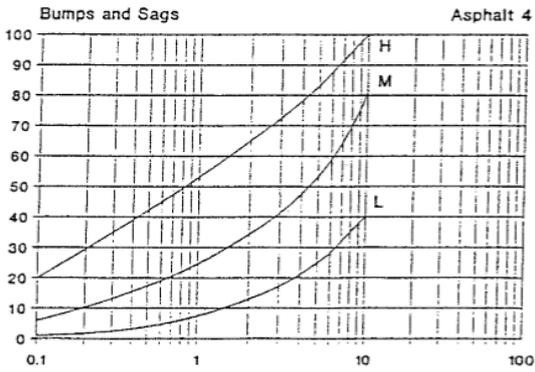
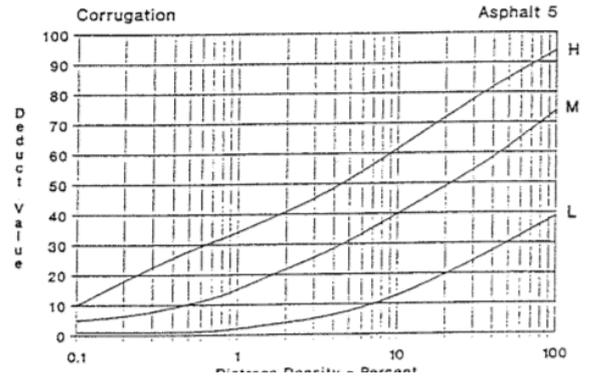
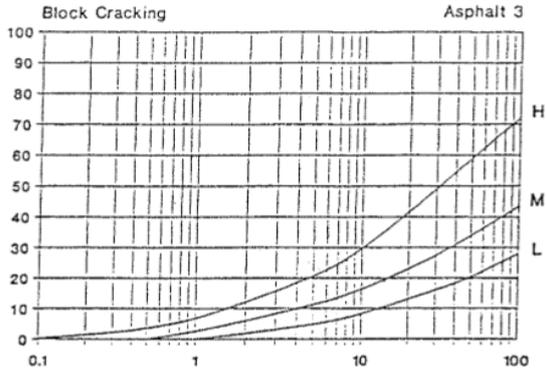
**APÊNDICE D**  
**CÁLCULO DO ICPU DE ALGUMAS SEÇÕES DAS AMOSTRAS**

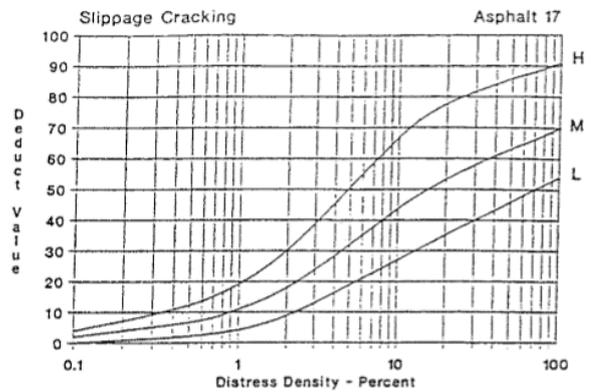
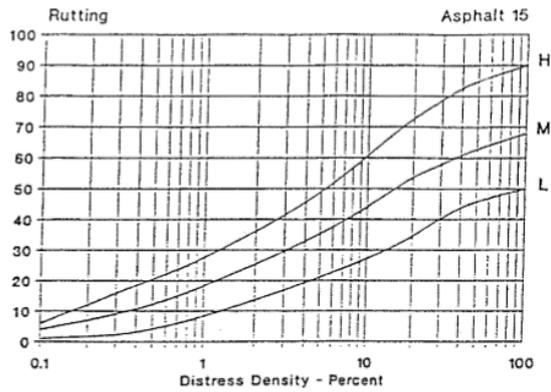
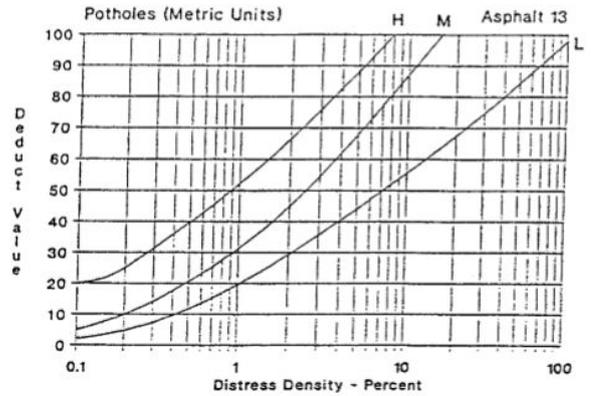
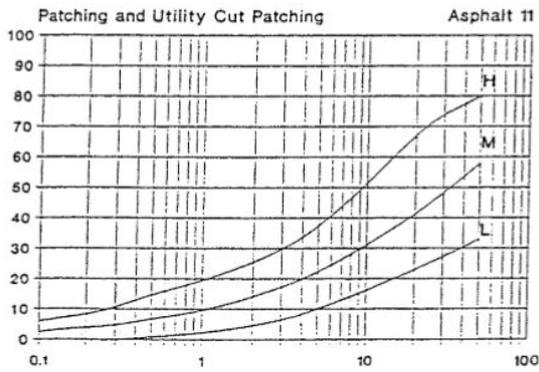
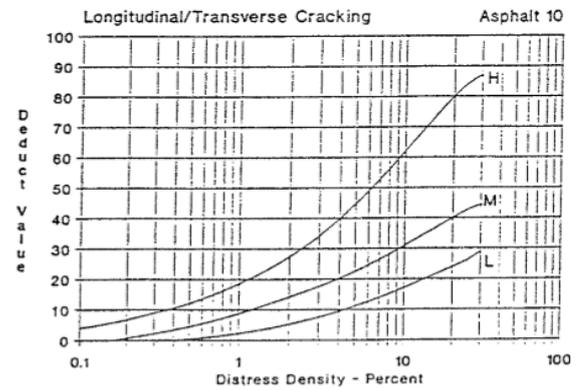
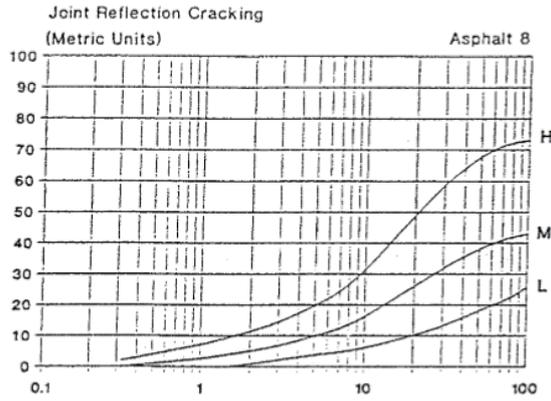
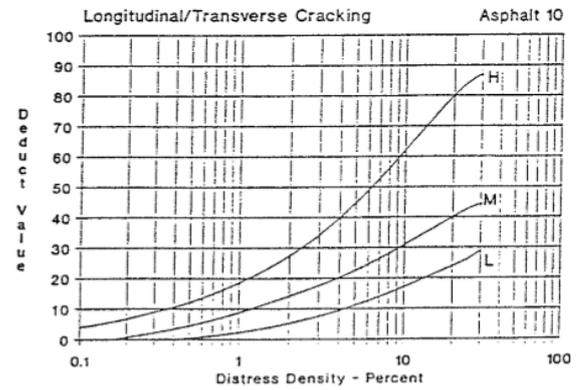
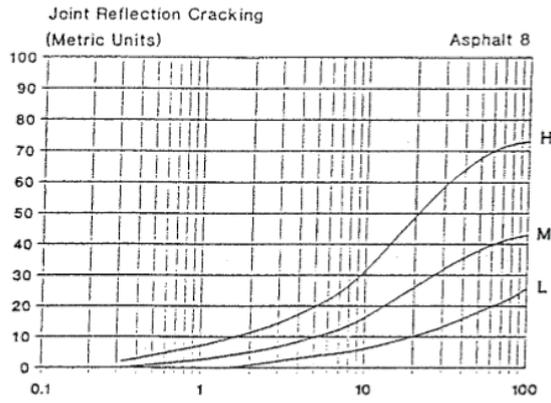
Seção 1.3							
TIPO DE DEFEITO	PESO	SEVERIDADE	FATOR	EXTENSÃO	FATOR	TOTAL	ICPU
Remendos	13	BAIXA	0,3	MÉDIA	0,3	1,17	92,11
	13	MÉDIA	0,6		0	0	4,61
	13	ALTA	1		0	0	
Buraco	27	BAIXA	0,6		0	0	
	27	MÉDIA	0,8		0	0	
	27	ALTA	1		0	0	
Deformação Permanente	27	BAIXA	0,4		0	0	
	27	MÉDIA	0,7		0	0	
	27	ALTA	1		0	0	
Desgaste	12	BAIXA	0,4	ALTA	1,4	6,72	
	12	MÉDIA	0,7		0	0	
	12	ALTA	1		0	0	

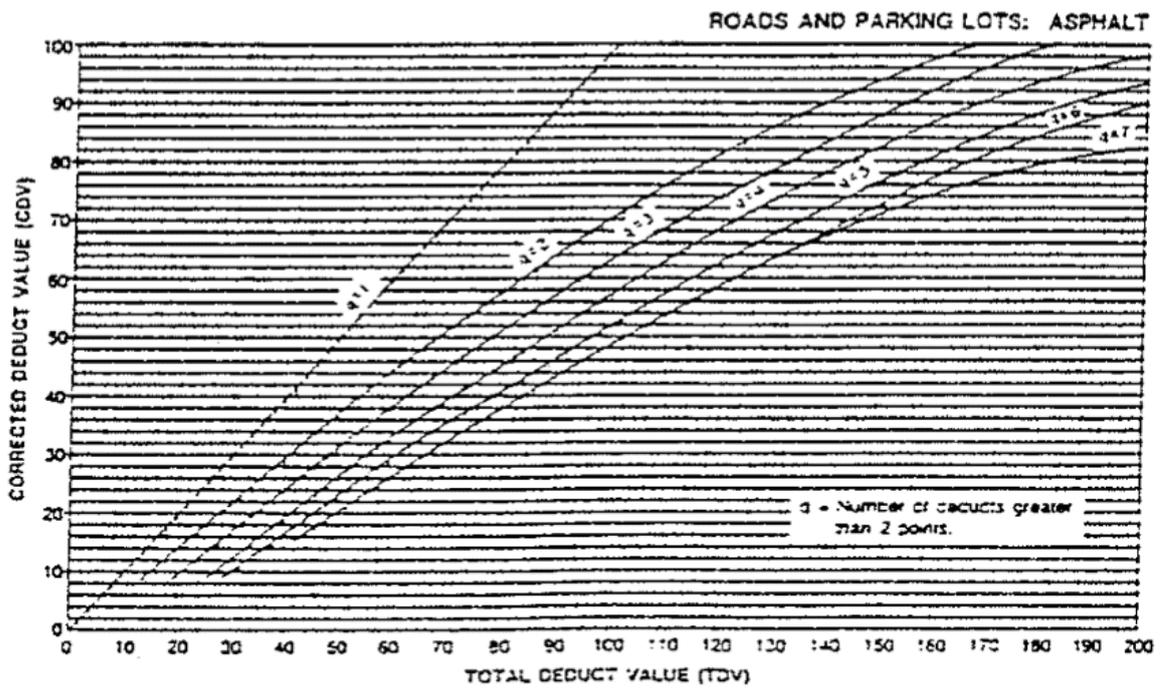
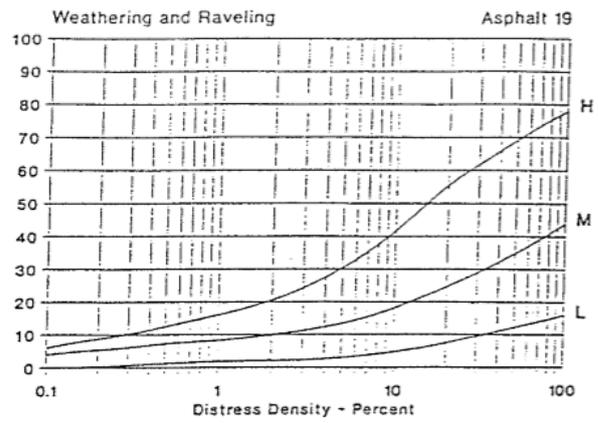
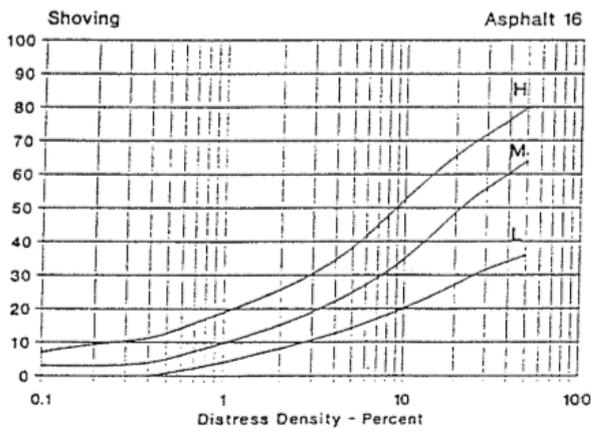
Seção 2.4							
TIPO DE DEFEITO	PESO	SEVERIDADE	FATOR	EXTENSÃO	FATOR	TOTAL	ICPU
Remendos	13	BAIXA	0,3		0	0	81,52
	13	MÉDIA	0,6		0	0	4,08
	13	ALTA	1		0	0	
Buraco	27	BAIXA	0,6		0	0	
	27	MÉDIA	0,8		0	0	
	27	ALTA	1		0	0	
Deformação Permanente	27	BAIXA	0,4		0	0	
	27	MÉDIA	0,7		0	0	
	27	ALTA	1		0	0	
Desgaste	12	BAIXA	0,4	ALTA	1,4	6,72	
	12	MÉDIA	0,7	MÉDIA	1,4	11,76	
	12	ALTA	1		0	0	

Seção 3.5							
TIPO DE DEFEITO	PESO	SEVERIDADE	FATOR	EXTENSÃO	FATOR	TOTAL	ICPU
Remendos	13	BAIXA	0,3	BAIXA	0,3	1,17	92,11
	13	MÉDIA	0,6		0	0	4,61
	13	ALTA	1		0	0	
Buraco	27	BAIXA	0,6		0	0	
	27	MÉDIA	0,8		0	0	
	27	ALTA	1		0	0	
Deformação Permanente	27	BAIXA	0,4		0	0	
	27	MÉDIA	0,7		0	0	
	27	ALTA	1		0	0	
Desgaste	12	BAIXA	0,4	ALTA	1,4	6,72	
	12	MÉDIA	0,7		0	0	
	12	ALTA	1		0	0	

**ANEXO A**  
**ALGUNS ÁBACOS PARA O CÁLCULO DO PCI EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**  
**(ASTM D6433, 2008)**







**ANEXO B**  
**EXEMPLO DE CÁLCULO DO PCI (ASTM D6433, 2008)**

$m = 1 + (9/98)(100 - 25.1) - 7.9 < 8$   
 Use highest 7 deducts and 0.9 of eighth deduct.  
 $0.9 \times 5.3 = 4.8$

#	Deduct Values								Total	q	CDV
1	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	7.5	6.9	4.8	104.7	8	51.0
2	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	7.5	6.9	2	101.9	7	50.0
3	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	7.5	2	2	96.0	6	46.0
4	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	2	2	2	90.5	5	47.0
5	25.1	23.4	17.9	11.2	2	2	2	2	84.6	4	48.0
6	25.1	23.4	17.9	2	2	2	2	2	75.4	3	48.0
7	25.1	23.4	2	2	2	2	2	2	59.5	2	44.0
8	25.1	2	2	2	2	2	2	2	38.1	1	38.0
9											
10											

Max CDV = 51  
 PCI = 100 - Max CDV = 49  
 Rating = FAIR

FIG. 6 Calculation of Corrected PCI Value—Flexible Pavement

**ANEXO C**  
**EXEMPLO DE CÁLCULO DO ICPU (PAÉZ, 2015)**

Tabela 51 - ICPU com 5 tipos de defeito (Exemplo de aplicação)

	TIPO DE DEFEITO	Peso (defeito)	Severidade			Extensão		
			Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta
1	Trincas por Fadiga do Revestimento	21	0,5	0,8	1,0	0,2	0,2	2,3
2	Remendos	13	0,3	0,6	1,0	0,3	0,3	2,5
3	Panelas	27	0,6	0,8	1,0	0,1	2,7	2,7
4	Deformação Permanente	27	0,4	0,7	1,0	0,3	2,8	2,8
5	Desgaste	12	0,1	0,5	1,0	0,6	1,4	1,4

TIPO DEFEITO	PESO	SEVERIDADE	FATOR	EXTENSÃO	FATOR	TOTAL
Trincas por Fadiga do Revestimento	21	Baixa	0,5	Baixa	0,2	2,1
Trincas por Fadiga do Revestimento	21	Média	0,8	Baixa	0,2	3,4
Trincas por Fadiga do Revestimento	21	Alta	1,0	Baixa	0,2	4,2
Trincas em Blocos	0	Média	0,0	Baixa	0,0	0,0
Remendos	13	Baixa	0,3	Baixa	0,3	1,2
Remendos	13	Média	0,6	Baixa	0,3	2,3
Desgaste	12	Baixa	0,1	Alta	1,4	1,7
Desgaste	12	Média	0,5	Média	1,4	8,4
<b>ÍNDICE DE CONDIÇÃO DE PAVIMENTO URBANO= (100 - Σ TOTAL)</b>					<b>ICPU=</b>	<b>76,8</b>

**ANEXO D**  
**INFORMAÇÕES DO IGG (DNIT, 2003b)**

## Planilha de Cálculo do IGG

RODOVIA: PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)									
TRECHO:									
SUB-TRECHO:									
REVESTIMENTO TIPO:									
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Data:		
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR				0,2		Estaca ou Quilômetro	Folha:	
2	(FC - 2) J, TB				0,5		Estaca ou Quilômetro	Observações	
3	(FC - 3) JE, TBE				0,8				
4	ALP, ATP, ALC, ATC				0,9				
5	O, P, E				1,0				
6	EX				0,5				
7	D				0,3				
8	R				0,6				
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1A ( ) 1B ( )				
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	TRIV =	FV =	2A ( ) 2B ( )				
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n =	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG						
1A) $IGI = \bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$		2A) $IGI = \bar{FV}$ quando $\bar{FV} \leq 50$							
1B) $IGI = 40$ quando $\bar{F} > 30$		2B) $IGI = 50$ quando $\bar{FV} > 50$							
							Operador		
							Cálculo		
							Visto		
							Conceito		

Quadro resumo dos defeitos – Codificação e Classificação

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3

OUTROS DEFEITOS				CODIFICAÇÃO
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base				O
Escorregamento (do revestimento betuminoso)				E
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento				EX
Desgaste acentuado na superfície do revestimento				D
"Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P
Remendos		Remendo Superficial		RS
		Remendo Profundo		RP

Tabela 2 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < \text{IGG} \leq 20$
Bom	$20 < \text{IGG} \leq 40$
Regular	$40 < \text{IGG} \leq 80$
Ruim	$80 < \text{IGG} \leq 160$
Péssimo	$\text{IGG} > 160$