



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

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

JOSÉ ÂNGELO RENNER DE AVELAR SILVA

**ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE
CICLOFAIXAS COM O USO DO EQUIPAMENTO MERLIN NA CIDADE DE JOÃO
PESSOA - PB**

JOÃO PESSOA - PB

2019

JOSÉ ÂNGELO RENNER DE AVELAR SILVA

**ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE
CICLOFAIXAS COM O USO DO EQUIPAMENTO MERLIN NA CIDADE DE JOÃO
PESSOA - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Brilhante de Sousa

JOÃO PESSOA - PB

2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586a Silva, Jose Angelo Renner de Avelar.

Análise dos parâmetros de irregularidade longitudinal
de ciclofaixas com o uso do equipamento MERLIN / Jose
Angelo Renner de Avelar Silva. - João Pessoa, 2019.
97 f. : il.

Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Irregularidade. 2. Longitudinal. 3. Infraestrutura.
4. Ciclofaixa. 5. MERLIN. I. Título

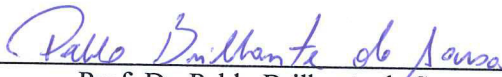
UFPB/BC

FOLHA DE APROVAÇÃO

JOSÉ ÂNGELO RENNER DE AVELAR SILVA

**ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE
CICLOFAIXAS COM O USO DO EQUIPAMENTO MERLIN NA CIDADE DE
JOÃO PESSOA - PB**

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



Prof. Dr. Pablo Brillhante de Sousa

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Aprovado



Prof. Dr. Ricardo Almeida de Melo

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



Profa. Dra Andrea Brasiliano Silva

Matrícula Siape: 1549557

Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus pela oportunidade e por nunca desistir de mim, a minha Mãezinha Virgem Maria por sempre estar comigo, aos meus pais Antônio e Ednalva pelos valores ensinados, e a Roberta Brandão, meu grande amor...

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus Uno, Trino e Santo, onde embora eu não seja digno de seu amor, nunca desistiu de mim e carregou a cruz que eu merecia carregar...

Agradeço à Santíssima Virgem Maria, a qual sou o seu indigno escravo de amor, que ouviu as preces da minha mãe e me ajudou a ser aprovado no vestibular. Obrigado, Mãezinha!

Agradeço ao meu Pai, Antônio Francisco, que sempre batalhou para nunca faltar o alimento em nossa casa, que me ensinou a ser, desde pequeno, um homem de caráter e respeito. Obrigado pelas noites em claro na Ceasa, carregando peso nas costas para que eu pudesse ter a minha passagem e o meu lanche na Escola e na Universidade, pai! Você é o meu herói!

A minha Mãe, Ednalva Márcia, pelo seu amor, cuidado e por sempre fazer de tudo para que eu tivesse uma educação de qualidade. Obrigado mãe, esse diploma é seu e de painho!

As minhas irmãs, Allyny e Sabrina Avelar, por todo incentivo, amizade e por sempre torcerem por mim. Essa vitória também é de vocês!

Agradeço a minha namorada, amiga, companheira, que desde o fim do primeiro período vem me ajudando nesta luta. Obrigado, Roberta Brandão, por sempre me incentivar e ser capaz de enxergar o melhor de mim. Seu amor vale ouro!

Agradeço a minha futura sogra, Vera Lúcia e a meu futuro sogro, José Roberto, por todo carinho e por sempre me receberem tão bem em sua casa.

Agradeço ao meu avô, Sabino Geraldo (*in memoriam*). Embora você tenha partido precocemente, sei que estais aí no céu torcendo por mim.

Agradeço a você, Tio Rodrigues (*in memoriam*), por sempre me incentivar nos estudos. Onde quer que estejas saiba que você faz parte dessa vitória!

Aos meus familiares de Araruna e Macaparana por sempre torcerem pela minha vitória, em especial a minha avó Maria, minhas tias e tios, aos meus primos, em especial Kelvin Santos, Betinho, Cleodon, Clodoaldo, Cássio, Jordão, Jardel e Samuel.

Agradeço a todos da Paróquia Santa Clara e Santa Júlia, Comunidade Católica Salve Maria e em especial a todos os meus irmãos da Fraternidade Discípulos da Mãe de Deus, ao meu coordenador Alexandre, Silvanete e José Augusto, Alix e Giancarlo, Ana Cristina e Bonaldo, Clisonaldo e Caline, Hellen e Ricardo, Dona Gerlane e Marivaldo, Dona Lia e Dona Ellen, a minha “parêia” Sandrine Eufrásio, Bruno Mariano, aos fundadores César Mariano e Mara Maria e a toda Nação DMD, obrigado pelas orações. Que a Virgem Santíssima retribua a vocês!

A Família Sangue Azul, Hulk'Santos, em especial Carine e Victor, aos meus filhos lindos da família Sal & Bluez, amo vocês!

Aos meus amigos Michel, Felipe Sousa, Gilmar, Bel, Suely, Suelen, Ceíça, Alcilene, Leoni, Maria Aparecida, Giusep Magno, Netinho, Jobson, Vanusa, Sr. Luís, Cleide, Fá, Binho, Sr. Genival, Maria, Hugo, Amanda e Gabriel pelo carinho e por sempre torcerem pela minha vitória. Aos amigos que fiz no Senai, Renã, Carlos, Kelvin, a amizade de vocês vale ouro!

Aos amigos e irmãos que formei na trajetória do curso de Eng. Civil, em especial os magos Aslan, Eduardo, Fabão, Miguel, João Hélio, Danilo, Heitor, Grigório, Marcos Vinícius, Lucas Sousa, Leandro Guedes, Cleiton, Dayanna, Mariana. A luta sem vocês teria sido mais difícil!

Agradeço a todos os professores e funcionários da Escola Municipal João XXIII e Lyceu Paraibano, em especial Muna, prof^a Gisélia, Vileide Maria, Everaldo, Auxiliadora, Socorro Félix, Rejane, Geralda, Inajá, Conrado, Fátima, Elizabeth Judite. Obrigado por contribuírem para a minha formação!

Agradeço a todos da Coordenação de Obras de Engenharia do IFPB, local do meu estágio obrigatório, pela amizade, pelo incentivo e pela paciência em passar os seus conhecimentos.

Agradeço ao professor e amigo Givanildo Alves de Azeredo, por todos os conselhos, oportunidades oferecidas e por sempre acreditar em meu potencial!

Agradeço a todos os professores do departamento de engenharia civil e ambiental, que contribuíram e contribuem de maneira muito significativa para a formação e crescimento profissional de todos os alunos.

Agradeço a todos aqueles que contribuíram para que esse trabalho fosse feito, Késsia Natasha, Terceiro Neto, Gabriel, aos técnicos do LAPAV. Obrigado pela colaboração! Deus pague a vocês!

Agradeço ao meu orientador, professor Pablo Sousa, pela paciência e empenho durante as orientações e por transmitir os seus conhecimentos com destreza.

Agradeço aos professores da banca, Nilton Pereira e Ricardo de Melo, por contribuírem para a evolução deste trabalho.

RESUMO

O Brasil, assim como muitos países mundo afora, tem enfrentado nos últimos tempos grandes problemas relacionados à questão da mobilidade urbana. É comum encontrar ruas congestionadas, transportes públicos e seus respectivos pontos de subida e descida de passageiros lotados, preços de passagem e de combustíveis muito altos, e muitos usuários insatisfeitos. Nesse difícil cenário de mobilidade, o transporte ciclovitário tem sido utilizado e difundido como alternativa para melhorar as questões de locomoção das pessoas dentro de uma cidade. Para que essa melhoria ocorra, é necessário que a infraestrutura ciclovitária forneça boas condições de segurança, trânsito e conforto para o usuário. Dentre as diversas patologias nos pavimentos, a irregularidade longitudinal é uma das que mais influenciam no que diz respeito ao conforto de tráfego do usuário. Para atestar a qualidade destas vias, existem alguns parâmetros que indicam o quão regular se encontra o pavimento da infraestrutura. O presente trabalho fez uma análise da qualidade do pavimento de alguns trechos de ciclofaixas na cidade de João Pessoa. Estes parâmetros foram calculados por meio de um método que utiliza a máquina MERLIN de medição de irregularidade de vias. Para cada trecho foi calculado o Índice de Irregularidade Internacional (IRI) e o Quociente de Irregularidade (QI), como também foi feita uma análise dos trechos estudados, visando identificar as possíveis causas das irregularidades longitudinais das ciclofaixas. Constatou-se que a drenagem pode influenciar na resistência do pavimento às solicitações, como também a presença de elementos de interferência entre veículos e a ciclofaixa (garagens, pontos de ônibus, estacionamentos, entradas de rua) influenciam no surgimento de irregularidades no pavimento de uma ciclofaixa.

Palavras-chave: Mobilidade, infraestrutura, ciclofaixa, parâmetros, irregularidade, MERLIN.

ABSTRACT

Brazil, as well as many countries around the world, has recently faced major problems related to the issue of urban mobility. It is common to find crowded streets, public transport and their respective points of ascent and descent crowded passengers, ticket prices and fuels very high, and many users dissatisfied. In this difficult mobility scenario, bicycle transport has been used and diffused as an alternative to improve the locomotion of people within a city. For this improvement to occur, it is necessary that the bicycle infrastructure provides good conditions of safety, traffic and comfort for the user. Among the various pathologies in the pavements, longitudinal irregularity is one of the most influential in terms of the traffic comfort of the user. To attest the quality of these roads, there are some parameters that indicate how regular the infrastructure floor is. The present work made an analysis of the pavement quality of some segment of bike way in the city of João Pessoa. These parameters were calculated by a method using the MERLIN machine for measuring track irregularity. For each section, the International Irregularity Index (IRI) and Roughness Quotient (IQ) were calculated, as well as an analysis of the stretches studied, in order to identify the possible causes of the longitudinal irregularities of the cycle ranges. It was verified that the drainage can influence the resistance of the pavement to the requests, as well as the presence of elements of interference between vehicles and the cycle path (garages, bus stops, parking lots, street entrances) influence the appearance of roughness in the pavement of a cycle track

Keywords: Mobility, infrastructure, cycle-band, parameters, roughness, MERLIN.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo do Celerífico.	12
Figura 2 - Modelo da Draisienne (1818).	13
Figura 3 - Evolução da bicicleta ao longo dos anos.	13
Figura 4 - Percentual de viagens por modo de transporte.	14
Figura 5 - Comparação de custos entre os modais.	15
Figura 6 - Ciclista se movimentando em uma via em desnível.....	16
Figura 7 - Distribuição das viagens com base no porte dos municípios brasileiros.....	17
Figura 8- Relação entre velocidade e fluxo de veículos.....	20
Figura 9 - Exemplo de uma via congestionada na cidade de São Paulo	20
Figura 10 - Exemplo de uma ciclovia.....	21
Figura 11 - Exemplo de uma via compartilhada.....	21
Figura 12 - Exemplo de uma ciclofaixa.....	22
Figura 13: Esquema de uma ciclovia unidirecional e bidirecional segregadas por meios de blocos.....	23
Figura 14 - Exemplo de ciclovia segregada por meio de desnível.	23
Figura 15 - Seção transversal de uma ciclovia unidirecional típica da França e Holanda.	24
Figura 16 - Vista panorâmica uma ciclovia unidirecional brasileira.	24
Figura 17 - Seção transversal de uma ciclovia bidirecional.	25
Figura 18 - Relação entre rampa normal e máxima e o desnível a ser vencido	25
Figura 19 - Detalhe de como é feito o escalonamento de uma rampa de ciclovia.	26
Figura 20 - Exemplo de uma ciclovia adjacente à via de trânsito automotor.....	26
Figura 21 - Posições de implantação da ciclofaixa.	27
Figura 22 - Pavimentação de ciclovia com concreto pigmentado.	29
Figura 23 - Exemplo de um pavimento cicloviário flexível.....	30
Figura 24 - Pavimento de ciclovia à base de concreto moldado in loco.	30
Figura 25 - Pavimento de ciclovia em placas de concreto pré-fabricado.....	31
Figura 26 - Pavimento de ciclovia em blocos de concreto pré-fabricados.....	31
Figura 27 - Relação entre o IRI e o estado de manutenção do pavimento.	34
Figura 28 – Desenho esquemático da máquina MERLIN	37
Figura 29: Localização das escalas 1:10 e 1:5 da máquina MERLIN.....	38
Figura 30 - Quadro de leituras da máquina MERLIN	39
Figura 31 - Exemplo de um histograma de pontos obtidos com o Merlin.	40

Figura 32 - Ilustração do gráfico de correlação da equação de IRI.	41
Figura 33 - Desenho esquemático do processo de alinhamento vertical.	42
Figura 34 - Desenho esquemático do alinhamento horizontal.	43
Figura 35 - Escala de medições da máquina Merlin.	47
Figura 36- Disposição da máquina MERLIN após sua montagem.	53
Figura 37 - Bloco de calibração da máquina MERLIN.	54
Figura 38 - Paquímetro digital utilizado.	54
Figura 39 - Vista da seção escolhida para a realização de testes.	56
Figura 40 – Traçado do trecho nº 1	58
Figura 41 - Ponto de início e fim do trecho nº 1.	58
Figura 42 – Detalhe do acesso de entrada e saída dos ônibus ao ponto final	59
Figura 43 – Rua de acesso a entrada e saída dos ônibus ao ponto final	59
Figura 44 – Traçado do trecho nº 2	61
Figura 45 – Ponto inicial e final do trecho nº 2	61
Figura 46 – Detalhamento do trecho nº 2	62
Figura 47 – Detalhamento do trecho nº 2	62
Figura 48 – Traçado do trecho nº 3	64
Figura 49 – Localização da rotatória	65
Figura 50 – Detalhe da rotatória	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação entre largura efetiva e volume de bicicletas	25
Tabela 2 - Classificação do pavimento com base no QI.	33
Tabela 3 - Classificação do pavimento com base no IRI e QI	35
Tabela 4 - Tabela de anotação das medidas durante as medições	48
Tabela 5 – Tabela de divisão dos sub-trechos	49
Tabela 6: Planilha de cálculo dos parâmetros de irregularidade	50
Tabela 7 - Tabela de verificação de espessura do bloco de calibração.	55
Tabela 8 - Resultado das leituras do trecho 1.	67
Tabela 9 - Planilha de cálculo dos parâmetros de irregularidade do trecho 1.	69
Tabela 10 - Resultado das leituras do trecho 2.	70
Tabela 11 - Planilha de cálculo dos parâmetros de irregularidade do trecho 2.	72
Tabela 12 - Resultado das leituras do trecho 2.1.	73
Tabela 13 - Planilha de cálculo dos parâmetros de irregularidade do trecho 2.1	75
Tabela 14 - Resultado das leituras do trecho 3.	76
Tabela 15- Planilha de cálculo dos parâmetros de irregularidade do trecho 3	78

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
1.1. Objetivo geral	11
1.2. Objetivo específico	11
1.3. Justificativa.....	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. Transporte Ciclovitário.....	12
2.1.1. Breve histórico.....	12
2.1.2. Vantagens e desvantagens do uso da bicicleta.....	14
2.1.3. Evolução do Planejamento ciclovitário no Brasil.....	18
2.1.4. Infraestrutura para a circulação de bicicletas.....	19
2.1.5. Pavimentação de ciclovias e ciclofaixas.....	27
2.2. Irregularidade longitudinal de pavimentos	31
2.2.1. Parâmetros de Irregularidade longitudinal.....	32
2.2.1.1. Quociente de Irregularidade (QI).....	33
2.2.1.2. Índice de Irregularidade Internacional (IRI)	34
2.3. Equipamentos de medição de irregularidades longitudinais	35
2.3.1. Máquina MERLIN para medição de irregularidade de vias	36
2.3.1.1. Resumo do princípio de operação	36
2.3.1.2. Aspectos construtivos.....	37
2.3.1.3. Método de uso	39
2.3.1.4. Equações de Irregularidade	41
2.3.1.5. Verificações e cuidados prévios.....	42
3. MÉTODO.....	45
3.1. Levantamento da infraestrutura ciclovitária da cidade de João Pessoa.....	46
3.2. Etapas construtivas e de regulagem da máquina MERLIN	46
3.3. Escolha das amostras a serem estudadas	46
3.4. Processamento e análise dos resultados.....	47

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	52
4.1. Levantamento da infraestrutura cicloviária da cidade de João Pessoa	52
4.2. Etapas construtivas e de regulagem da Máquina MERLIN.....	52
4.2.1. Montagem.....	52
4.2.2. Alinhamento da máquina.....	53
4.2.3. Calibração da máquina.....	53
4.2.4. Seção para a realização de teste do equipamento	55
4.3. Escolha das amostras a serem estudadas	57
4.3.1. Trecho nº 1.....	57
4.3.2. Trecho nº 2.....	61
4.3.3. Trecho nº 3.....	64
4.4. Processamento e análise dos resultados.....	67
4.4.1. Trecho nº 1.....	67
4.4.2. Trecho nº 2.....	70
4.4.3. Trecho nº 2.1.....	73
4.4.4. Trecho nº 3.....	76
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
6. REFERÊNCIAS.....	81
ANEXO A.....	86
ANEXO B.....	87
APÊNDICE A	88
APÊNDICE B	89
APÊNDICE C	90
APÊNDICE D.....	91
APÊNDICE E	92

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a rotina da população que reside nas grandes cidades brasileiras (capitais, áreas metropolitanas, municípios desenvolvidos) tem se tornado cada vez mais difícil, estressante e complicada. Isto porque as dificuldades de mobilidade que os usuários estão enfrentando diariamente nas vias urbanas estão cada vez maiores.

É comum encontrar os transportes públicos (ônibus, metrô, trem) e seus respectivos pontos de parada superlotados, vias congestionadas nos horários de pico, e muitos usuários insatisfeitos com os preços cobrados e com o nível de serviço oferecido pelas empresas de transporte público. São vários aspectos e variáveis relacionados aos problemas de mobilidade urbana nas cidades, como por exemplo o rápido crescimento populacional das cidades e grandes centros comerciais, como também o crescimento rápido da frota de veículos automotores circulantes nas cidades.

O crescimento populacional das cidades foi bem significativo durante o período da Revolução Industrial que, por meio do fenômeno do êxodo rural, trouxe muitas pessoas do campo para morarem nas cidades com o objetivo de fornecer mão de obra para as indústrias (BUENO, 2014).

No Brasil, há pouco mais de quarenta anos, a população brasileira vivia, em sua maior parte, nas áreas rurais, sem que houvesse muitas demandas por transporte de massa nos poucos aglomerados urbanos existentes. Diferentemente da realidade presente, onde cerca de 85% da população vive em centros urbanos, sendo que existem 36 cidades com mais de 500 mil habitantes na rede urbana brasileira, além de quarenta regiões metropolitanas estabelecidas, nas quais vivem mais de 80 milhões de brasileiros (cerca de 45% da população) (CARVALHO, 2016).

Segundo Martins (2012), o advento das indústrias e centros comerciais nas cidades trouxe uma grande valorização das áreas habitacionais. Com isso, a população buscou alternativas mais acessíveis à compra e aluguel de imóveis. Geralmente, os lugares mais baratos ficavam bem mais distantes dos centros industriais. Como consequência, houve um grande inchaço populacional nas áreas periféricas das cidades.

A medida que as cidades iam crescendo e se evoluindo, os moradores começavam a encontrar dificuldades com relação à locomoção, pois as distâncias percorridas tornavam-se cada vez maiores. Outro fato importante é que as indústrias e comércios locais necessitavam cada vez mais que suas mercadorias e insumos fossem entregues e recebidos de maneira mais

rápida e eficiente. Com isso, a sociedade começava a implantar os veículos motorizados no seu cotidiano, buscando uma maior eficiência e rapidez no que diz respeito à mobilidade.

Com o avanço da tecnologia, os veículos tornavam-se cada vez mais potentes, confortáveis, seguros e baratos. O preço dos combustíveis tornava-se cada vez mais acessível, e desse modo, a frota de veículos automotores começava a crescer de maneira muito rápida. Porém, ao longo do tempo, esse crescimento desenfreado de veículos trouxe consequências danosas no que diz respeito à mobilidade urbana.

Segundo Bueno (2014), as cidades foram criadas, estruturadas e projetadas com base em um volume de tráfego que não considerava um crescimento populacional tão rápido, como também o aumento do uso de veículos motorizados. Logo, percebe-se que a maioria das cidades sofre justamente por não terem uma infraestrutura adequada para comportar uma quantidade tão grande de veículos.

No Brasil, ao longo dos anos, os governantes tentavam melhorar a questão da infraestrutura do país com relação aos transportes. Muitos foram os investimentos e avanços, porém, os transportes automotores individuais eram priorizados em comparação aos transportes públicos. Por outro lado, o número de automóveis continuava a crescer progressivamente, gerando muitos transtornos para a população no âmbito da mobilidade urbana (VIANNA, 2013).

No ano de 2008, a tendência pelo uso do carro no Brasil tornou-se cada vez maior devido as decisões dos governantes de reduzir, de maneira significativa, o valor do IPI na compra de automóveis, como também impedir o aumento dos preços dos combustíveis. Essas iniciativas culminaram numa maior facilidade de aquisição de automóveis a prazo. Com isso, houve um grande aumento na frota de veículos particulares, e conseqüentemente, uma redução na procura de transportes públicos, agravando cada vez mais o problema de mobilidade urbana no Brasil, (VIANNA, 2013).

O resultado disso tudo foi um grande caos de mobilidade: vias cada vez mais intransitáveis (principalmente nos horários de pico) devido ao grande número de veículos circulantes, ineficiência dos transportes públicos (superlotação, más condições de conservação, frota ineficiente, alto preço das passagens, aumento do tempo de viagem, entre outros), aumento no número de acidentes, grandes emissões de gases poluentes, poluição sonora, brigas de trânsito, infraestrutura ineficiente.

Segundo Sousa (2017), não existe uma fórmula única que venha solucionar todos os problemas de mobilidade urbana, mas um conjunto de ideias que se associam de acordo com as características encontradas em cada região. No Brasil, assim como nos outros países, foram e são

realizados vários estudos visando a busca por alternativas eficientes, econômicas e sustentáveis para amenizar o caos da mobilidade. Dentre algumas soluções encontradas estão: intervenções físicas (criação de faixas exclusivas para o tráfego de ônibus coletivo, construções de viadutos, binários), rodízio de veículos, incentivo ao uso de transporte público, carona solidária, e o uso de meios alternativos de locomoção, tendo como destaque o uso da bicicleta.

Lage (2017) afirma que em meio a todos os problemas de mobilidade, as bicicletas estão ganhando espaço e se impondo cada vez mais. Os ciclistas estão ocupando as ruas em nome da melhoria do meio ambiente, da qualidade de vida, como também na busca do prazer de explorar a cidade onde vivem.

A bicicleta é um meio de transporte de baixo custo, possui capacidade de ampliar o acesso da população às oportunidades de trabalho, lazer, equipamentos públicos e serviços existentes nas cidades. Outro fator importante é que ela traz benefícios à saúde, diminui a incidência de doenças relacionadas ao sedentarismo e ajudando a melhorar as condições gerais de vida da população. Sua inserção na matriz de transportes colabora com a qualidade ambiental, reduzindo emissões de gases de efeito estufa e poluentes locais. Além disso, ajuda a promover laços de solidariedade e cidadania ao facilitar o contato dos cidadãos com o território e com os demais habitantes (ITDP,2014).

Foram vários os avanços com relação ao transporte cicloviário no Brasil, como por exemplo o aumento da relevância da bicicleta nas leis de trânsito, conseguida através da aprovação do novo código de trânsito brasileiro no ano de 1997, que garantia (na teoria) um maior respeito e segurança aos ciclistas (LAGE,2017). No ano de 2007, a Secretaria Nacional de Transportes e da Mobilidade Urbana (SEMOB) elaborou o *Caderno de Referência para a elaboração de Mobilidade de bicicletas nas cidades*, que tinha o objetivo de fornecer subsídios para os municípios que tivessem a intenção de implantar um plano cicloviário, integrado aos demais modos existentes, formando uma rede de transporte (BRASIL, 2007, p. 7 *apud* LAGE, 2017).

Segundo Brasil (2007), a elaboração de um plano cicloviário contempla um amplo planejamento e estudo para determinar as variáveis relacionados à mobilidade, como por exemplo:

- Quantidade de bicicletas e veículos circulantes: verificação do volume de tráfego ao longo do dia, realizado através da contagem de tráfego;
- Estudo do mapa da cidade: verificação de áreas comerciais, escolas, pontos turísticos e de lazer, de modo a verificar as zonas de saturação de veículos;
- Estudo da topografia: verificação do relevo e declividades das vias;
- Entrevistas com ciclistas: verificação e análise das informações e características relevantes aos usuários;

- Verificação de áreas com potencial de integração entre bicicleta e outros meios de transporte;

Após a realização de todo este estudo, verifica-se a necessidade da implantação e criação de espaços nas vias (ou adjacências) para o tráfego de bicicletas, como por exemplo as ciclovias, ciclofaixas, faixas preferenciais. Estes espaços devem oferecer condições de segurança (sinalização, espaçamentos adequados, condições de frenagem) e conforto (paisagismo, declividade da via, regularidade do revestimento, drenagem), de modo a estimular os usuários, tornando assim o uso da bicicleta nas cidades mais atrativo.

1.1. Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral a verificação, análise e classificação da qualidade do revestimento do pavimento de algumas ciclofaixas da cidade de João Pessoa, realizada através da verificação dos parâmetros de irregularidade longitudinal.

1.2. Objetivo específico

Os objetivos específicos deste trabalho consistem na determinação do Índice de Irregularidade Internacional (IRI) e do Quociente de Irregularidade (QI) de algumas ciclofaixas pré-estabelecidas, utilizando a máquina MERLIN de medição de irregularidades de vias. Estes índices foram comparados com os valores estabelecidos por Norma, de modo a classificar o estado de qualidade da ciclofaixa em estudo.

1.3. Justificativa

Conforme os problemas de mobilidade urbana abordados anteriormente, este trabalho tem justificativa no que diz respeito a verificação da qualidade do pavimento cicloviário. O Índice de Irregularidade Internacional (IRI) e o Quociente de Irregularidade (QI) são parâmetros que determinam o quão irregular se encontra o pavimento, logo, indicar a necessidade da realização de alguma intervenção e melhoria da infraestrutura, como também na verificação da qualidade da execução do pavimento da ciclofaixa, melhorando a qualidade e o conforto, e conseqüentemente, tornando o transporte por bicicleta mais atrativo que o transporte motorizado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Transporte Cicloviário

2.1.1. Breve histórico

De modo cronológico, a invenção da bicicleta aconteceu bem antes da invenção dos motores a vapor e a explosão. A bicicleta pode ser considerada com um dos primeiros veículos mecânicos para transporte individual. A invenção da bicicleta aconteceu por volta do ano 1790, onde o conde francês Mede de Sivrac concebeu o celerífico, que era formado por um quadro de madeira com duas rodas, cujo deslocamento se dava com o auxílio dos pés. O nome “celerífico” é formado pela junção de duas palavras latinas “celer” (rápido) e “fero” (transporte) (BRASIL, 2007). O modelo de um celerífico está ilustrado na **Figura 1** a seguir.

Figura 1 - Modelo do Celerífico.



Fonte: BRAVO (2013).

Alguns anos mais tarde, precisamente em 1818, o Barão Karl Friederich von Drais construiu um protótipo o qual ele batizou de “Draisienne”. Era semelhante ao celerífico, porém, a roda dianteira servia de diretriz, conferindo mobilidade por meio das mãos. Em 1938, o ferreiro escocês Kirkpatrick MacMillan desenvolveu um veículo de duas rodas dotadas de biela de acoplamento, montadas no miolo da roda traseira e acionadas por duas alavancas presas na estrutura principal, que posteriormente ficou conhecido como velocípede (FERREIRA, 2007). O modelo de uma Draisienne está ilustrado na Figura 2 a seguir.

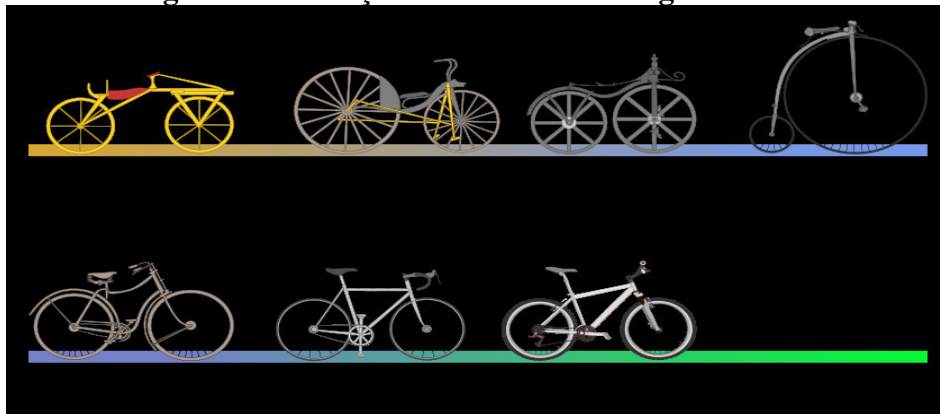
Figura 2 - Modelo da Draisienne (1818).



Fonte: BRAVO (2013)

Por volta de 1865, o francês Pierre Michaux incorporou dois pedais à roda dianteira do velocípede. No ano de 1880, o inglês Lawson fez a colocação da tração dos pedais sobre um disco que, através de uma corrente, transmitia o esforço para a roda traseira. Alguns anos depois, surgia o câmbio de marchas, inventado pelo alemão Johann Walch. Em 1891, o inglês Humber inventava o quadro trapezoidal, e posteriormente na França, Michelin acrescentava pneus tubulares e desmontáveis, de modo que essas últimas mudanças delinearão a forma aproximada da bicicleta dos dias atuais (BRASIL, 2007). A Figura 3, a seguir, mostra a evolução da bicicleta ao longo dos anos.

Figura 3 - Evolução da bicicleta ao longo dos anos.



Fonte: bicycle Evolution (2012) *apud* LAGE (2017).

No Brasil, ainda não existem fontes que afirmem com exatidão o ano em que chegaram os primeiros modelos de bicicleta. Porém, entre os anos de 1859 e 1870, o Rio de Janeiro, que naquela época era a capital do Império, era um local que concentrava pessoas de poder aquisitivo alto e que tinham contato com a Europa, que por sua vez, era o continente onde estavam surgindo as primeiras fábricas de bicicleta. Outro fator relevante à chegada da bicicleta

no Brasil foi a vinda dos imigrantes europeus no final do século 19. Nesse mesmo tempo, instalava-se no Brasil a casa Luiz Caloi, que ofertava consertos e importações de bicicletas, e que mais tarde viria a se tornar a primeira fábrica de bicicletas no Brasil (GEIPOT, 2001a).

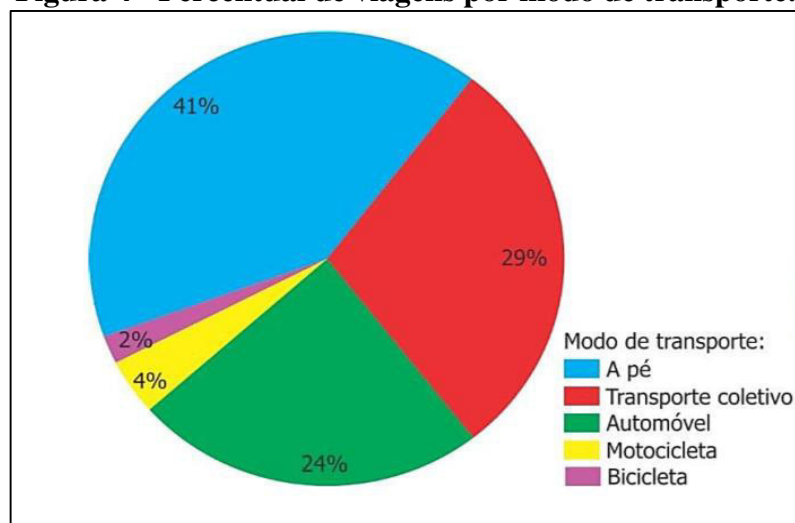
A bicicleta, desde a sua chegada ao Brasil, foi bem aceita entre os trabalhadores, principalmente aqueles das indústrias, pequenos estabelecimentos comerciais e de serviços das áreas urbanas. Porém, no período final da década de 50, o uso da bicicleta sofreu uma queda devido o surgimento das indústrias automobilísticas, que por sua vez, permitiram a produção de veículos motorizados de passeio, como também de ônibus (GEIPOT, 2001a).

No início dos anos 70, houve alguns problemas gerados devido ao acréscimo nos preços dos combustíveis, como também de seus derivados juntos aos consumidores. Esse fato ficou conhecido como 1º choque do petróleo. Nesse mesmo período, vários jornais no mundo noticiavam as fotos dos reis da Holanda e Dinamarca andando de bicicleta com as seguintes manchetes “Nós temos uma boa alternativa de transporte” (BRASIL, 2007).

2.1.2. Vantagens e desvantagens do uso da bicicleta

No ano de 2018, o Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Públicos (SIMOB/ANTP) publicou um relatório sobre um estudo feito sobre a questão da mobilidade urbana no Brasil. Segundo este estudo, o percentual de uso de bicicletas ainda é pouco, cerca de 2%, quando comparado aos demais modais, conforme a Figura 4 a seguir.

Figura 4 - Percentual de viagens por modo de transporte.

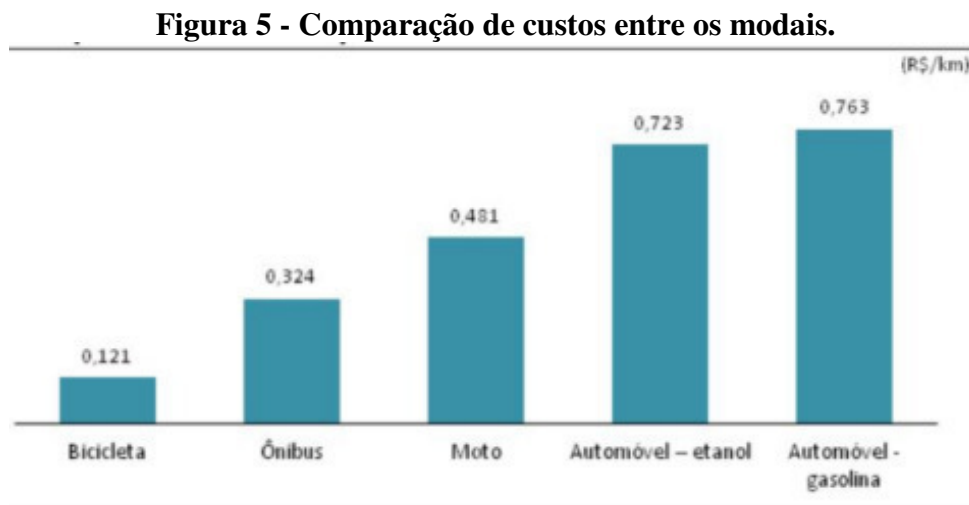


Fonte: SIMOB/ANTP (2018)

Este resultado está associado, direta ou indiretamente, a vários fatores e condições favoráveis e desfavoráveis ao uso da bicicleta. Segundo Brasil (2007), o uso da bicicleta possui vantagens e desvantagens em seu uso em relação aos outros tipos de modais. Tais características devem ser estudadas e analisadas para um melhor entendimento das medidas necessárias à implantação deste meio de transporte, aumentando sua eficácia com relação aos demais modos de locomoção.

Vantagens:

- **Baixo custo de aquisição e manutenção:** A bicicleta é o veículo mais barato dentre aqueles do transporte urbano. Suas peças são baratas, tornando o seu custo, quando comparado aos demais tipos de veículos, menor. A Figura 5 a seguir mostra o custo por quilômetro para cada modal. Percebe-se que o custo da bicicleta (0,121 R\$/Km) é o menor de todos.



Fonte: CARDOSO (2017)

- **Eficiência energética:** A utilização da bicicleta necessita de um baixo consumo de energia. Só há necessidade da movimentação dos membros inferiores e superiores.
- **Baixa perturbação ambiental:** Emissão baixa de ruídos, tendo em vista que é um transporte não motorizado. A única perturbação associada à bicicleta é a que ocorre durante a sua fabricação.
- **Contribuição para a saúde do usuário:** Por se tratar de um transporte que utiliza a movimentação dos membros como propulsão, a bicicleta interfere de maneira

muito positiva para a saúde do usuário, mantendo o bem-estar físico e mental do usuário.

- **Flexibilidade:** A bicicleta não está presa a rotas e horários preestabelecidos para o seu uso. Pode circular em locais inacessíveis, não fica presa à congestionamentos.
- **Rapidez e agilidade:** Com relação à rapidez, a bicicleta é bem eficaz para distâncias de até 5 Km. Em vias com boas condições, a velocidade média alcançada é de aproximadamente 19 Km. Quando a via possui interferência com cruzamentos e outros elementos de tráfego, a velocidade média alcançada por ser entre 12 Km/h e 15 Km/h.
- **Menor necessidade de espaço público:** O espaço ocupado pelas bicicletas no sistema viário é bem menor quando comparado aos outros modos de transporte. Segundo GEIPOT (2001b), em uma hora passa até 1500 bicicletas por metro de largura de via. Logo, para uma faixa de 3 metros, passariam cerca de 4500 bicicletas. Nessa mesma faixa, passariam aproximadamente 450 automóveis.

Desvantagens:

- **Sensibilidade às rampas:** Por se tratar de um transporte que necessita de propulsão humana, o desempenho da bicicleta dependerá do condicionamento físico do usuário com relação às variações topográficas do terreno. Regiões muito acidentadas podem causar desestímulo ao uso da bicicleta, assim como mostra a Figura 6 a seguir.

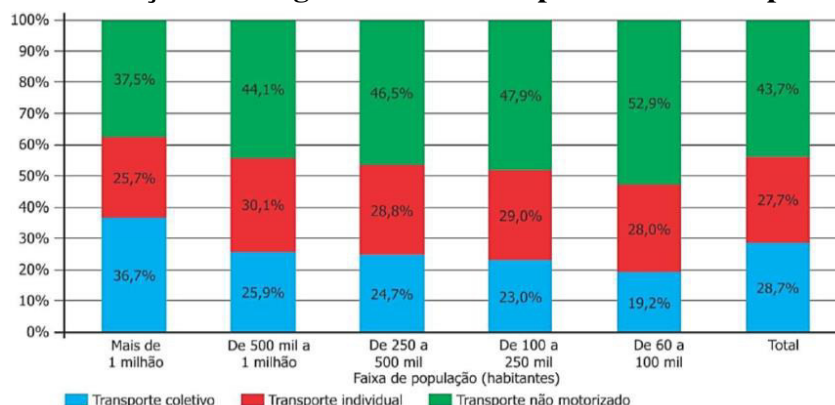
Figura 6 - Ciclista se movimentando em uma via em desnível



Fonte: BRASIL (2007).

- **Exposição às intempéries:** A exposição dos ciclistas de maneira direta aos efeitos climáticos, como por exemplo o calor, frio, vento, chuva, é um fator que desestimula o uso da bicicleta, tendo em vista a fragilidade humana da saúde humana devido aos fatores climáticos, principalmente nos últimos anos, onde a temperatura tem aumentado devido ao efeito estufa.
- **Vulnerabilidade física do ciclista:** Um dos fatores que desestimula o uso da bicicleta é a segurança dos usuários com relação ao tráfego. Para Garder (1994) *apud* Ferreira (2007), a segurança é um dos maiores empecilhos ao uso da bicicleta, tanto a parte relacionada a possibilidade de ocorrência de acidentes envolvendo outros modais, quanto a fragilidade associadas a assaltos e agressões.
- **Raio de ação limitado:** A bicicleta é um transporte movido ao esforço humano, logo, depende do condicionamento físico do usuário, como também das características topográficas e ambientais da região onde se encontra a infraestrutura ciclável. A combinação desses fatores pode interferir nas distâncias percorridas pelo ciclista, onde estima-se que distância ideal seja de até 5 Km, porém, pode variar de acordo com os fatores anteriormente citados. Segundo a Simob/ANTP (2018). O tamanho e o porte populacional das cidades também influenciam na escolha do uso da bicicleta como meio de transporte. Municípios maior porte tendem a utilizar com mais frequência os transportes motorizados (carro, moto, ônibus). Por outro lado, os municípios de menor porte tendem a utilizar mais os transportes não motorizados (a pé, bicicletas). Isto pode ser explicado pelo comprimento das distâncias percorridas, que é menor nas cidades pequenas. A Figura 7 a seguir mostra essa relação da escolha da bicicleta com base no porte da cidade.

Figura 7 - Distribuição das viagens com base no porte dos municípios brasileiros.



Fonte: SIMOB/ANTP (2018)

2.1.3. Evolução do Planejamento cicloviário no Brasil

No Brasil, no ponto de vista do planejamento, os primeiros passos foram dados na década de 70. Estimuladas pela vinda do Sr. Cooper ao Brasil, que divulgou o seu método de melhoria do condicionamento físico e saúde através de exercícios físicos leves, as prefeituras das grandes cidades decidiram estimular os passeios ciclísticos (GEIPOT, 2001).

No ano de 1976, a Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT) deu início a um estudo sobre a importância do transporte por bicicleta e fez a publicação do seguinte documento "Uma Política para bicicletas". Posteriormente, entre os anos de 1980 e 1984, foram publicadas novas edições desse documento. Em 2001, a GEIPOT retomou o estudo sobre a questão do uso da bicicleta como transporte, e publicou um relatório chamado "Planejamento Cicloviário: diagnóstico nacional", que trazia resultados de um amplo estudo sobre a utilização da bicicleta no país, realizado em 60 municípios brasileiros (GEIPOT, 2001 e FERREIRA 2007).

No ano de 2004, segundo Lima (2008), o Brasil passa a ter, pela primeira vez, um programa específico para bicicletas, que era intitulado "Programa Bicicleta Brasil". Seus principais objetivos eram:

- Inserção e ampliação do transporte de bicicleta na matriz de deslocamentos urbanos;
- Promover sua integração aos sistemas de transportes públicos, com o objetivo de reduzir os custos de deslocamento da população com renda baixa;
- Estimular os municípios a implantar sistemas cicloviários, como também fornecer ações que venham garantir a segurança e integridade dos mesmos;
- Expandir o conceito de mobilidade urbana sustentável através do estímulo ao uso de veículos não motorizados;

No ano de 2007, O Ministério das cidades, por meio da Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana (SEMOB), publicou um amplo estudo intitulado "Caderno de referência para a elaboração de: Plano de Mobilidade por bicicletas nas cidades". Esse estudo, por sua vez, mostrava o contexto histórico do uso da bicicleta no Brasil, como também fornecia subsídios técnicos para os municípios que queriam implementar um plano de mobilidade urbana com o uso da bicicleta, integrando aos outros tipos de transporte. Segundo Brasil (2007), dentre as exigências para o planejamento cicloviário, podemos citar:

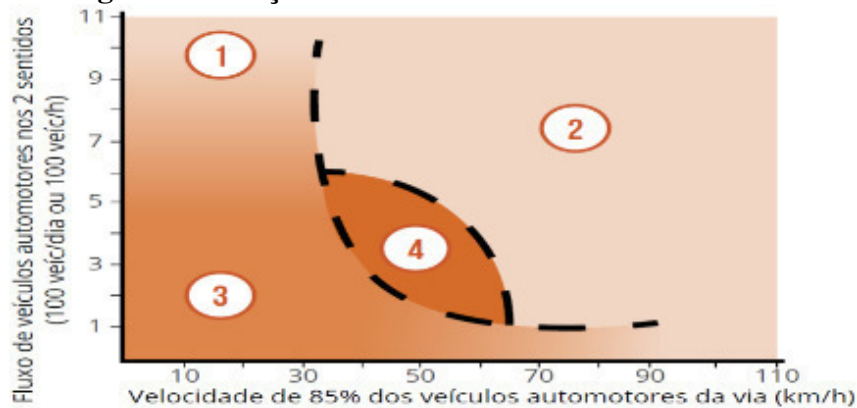
- **Segurança viária:** Deve garantir a segurança dos ciclistas, como também a segurança dos outros usuários das vias, promovendo visibilidade e presibilidade e sendo planejada em função do volume de tráfego e velocidade. Os níveis atendidos são redes, seções, cruzamentos e pisos. Medidas como sinalização, fiscalização, proteção física para pedestres e ciclistas contribuem, quando bem planejadas, para a segurança viária.
- **Rotas diretas:** A estrutura cicloviária deve oferecer aos seus usuários rotas diretas e claras, com o mínimo de desvio e/ou interferências. Desse modo, tanto o tempo de viagem quanto o esforço despendido são reduzidos.
- **Coerência:** A infraestrutura deve ter perfil uniforme e coerente por meio de traçados facilmente reconhecíveis, larguras constantes, sistema de informação e sinalização que possibilite ao ciclista mudanças de rotas com base em caminhos alternativos, trânsito, topografia.
- **Conforto:** Deve proporcionar ao usuário suavidade no pedalar. Para isto, o piso da infraestrutura deve propiciar uma superfície regular, impermeável, antideslizante e com aspecto agradável. As larguras devem ser adequadas, e se possível as rotas devem ser protegidas de sol, chuva e ventos.
- **Atratividade:** A infraestrutura deve fornecer uma rota agradável e prazerosa, integrada ao meio ambiente. Para isto, o caminho deve coincidir com ambientes atrativos e variados, e ter o mínimo de interferência com as vias arteriais de trânsito.

2.1.4. Infraestrutura para a circulação de bicicletas

De maneira geral, a infraestrutura para a circulação de bicicletas nas cidades é formada por ciclovias, ciclofaixas, vias compartilhadas, como também as vias congestionadas, onde os ciclistas se arriscam em meios aos outros veículos. Com relação à ciclovia e à ciclofaixa, além da faixa de circulação, a infraestrutura é composta por elementos que tem o objetivo de facilitar o uso e a acomodação da bicicleta no espaço urbano, como por exemplo os estacionamentos e bicicletários (Ghel, 2010 *apud* LAGE, 2017).

Para Brasil (2017), a escolha da infraestrutura cicloviária dependerá da velocidade e do fluxo de veículos, conforme Figura 8 abaixo.

Figura 8- Relação entre velocidade e fluxo de veículos



Fonte: BRASIL (2017)

A Figura 8, mostrada anteriormente, faz uma análise das condições de uma via para uma futura implantação de uma infraestrutura cicloviária. Essa análise é feita com base na velocidade de 85 % dos veículos (eixo das abcissas) que trafegam na via, e o fluxo de veículos nos 2 sentidos da via (eixo das ordenadas). A classificação da via está localizada na área do gráfico por meio de 4 regiões, enumeradas de 1 a 4, conforme é explicado a seguir.

Região nº 1: Via congestionada

São inapropriadas para a circulação e tráfego de ciclistas, pois as condições de fluxo e velocidade dos veículos na via não são adequadas para o trânsito de ciclistas. A Figura 9, a seguir, ilustra um exemplo de via congestionada.

Figura 9 - Exemplo de uma via congestionada na cidade de São Paulo



Fonte: BRASIL (2017)

Região nº 2: Ciclovias

As condições de velocidade e fluxo da via indicam a possibilidade de implantação de uma ciclovia, recomendada para vias onde a velocidade e o fluxo veicular são elevados. Torna-se mais segura ao ciclista pelo fato de ser segregada à via. A Figura 10 abaixo ilustra um exemplo de uma ciclovia.

Figura 10 - Exemplo de uma ciclovia



Fonte: BRASIL (2017)

Região nº 3: Vias compartilhadas

As condições da via permitem um compartilhamento seguro de tráfego entre as bicicletas e os demais veículos motorizados, como por exemplo motos, automóveis, caminhões, ônibus, conforme ilustra a Figura 11 a seguir.

Figura 11 - Exemplo de uma via compartilhada



Fonte: BRASIL (2017)

Região nº 4: Ciclofaixas

As condições da via indicam a possibilidade da implantação de uma infraestrutura com baixa segregação, assim como a ciclofaixa, que é uma estrutura marcada com pintura ou pequenos elementos de baixa segregação, assim como ilustra a Figura 12 a seguir.

Figura 12 - Exemplo de uma ciclofaixa



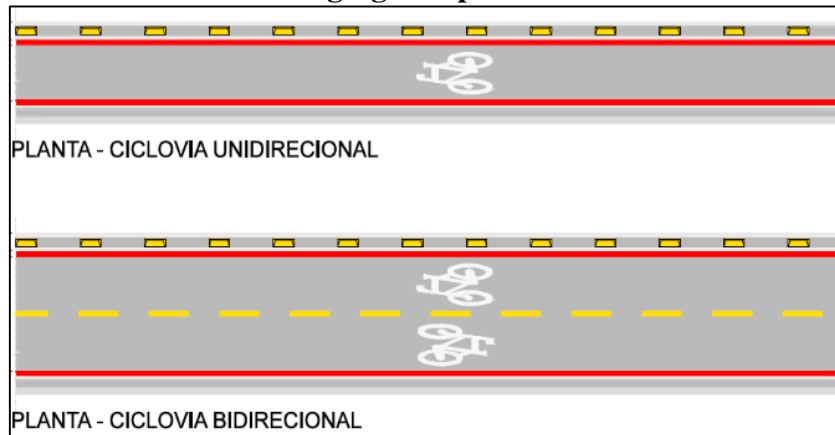
Fonte: BRASIL (2017)

A seguir, será feito um breve detalhamento sobre as características das infraestruturas particulares ao tráfego de bicicletas, que são as ciclovias e ciclofaixas.

Ciclovias

Brasil (2007) define a ciclovia como sendo o espaço reservado para o tráfego exclusivo de bicicletas. Este espaço é separado da faixa de rolamento dos outros modais de transporte por meio de um desnível cuja altura é 0,20 m, onde normalmente é mais elevada do que a via de circulação dos demais veículos motorizados. A ciclovia também possui sua instalação nas margens das vias, sendo segregada não por meio de desnível, mas por meio do uso de separadores, tais como os tachões e os blocos de concreto. Podem ser unidirecionais ou bidirecionais e sua posição no sistema viário pode ser no canteiro central, ou nas laterais das vias, assim como mostra a Figura 13 e a Figura 14 a seguir.

Figura 13: Esquema de uma ciclovia unidirecional e bidirecional segregadas por meios de blocos



Fonte: GEIPOT (2001b)

Figura 14 - Exemplo de ciclovia segregada por meio de desnível.



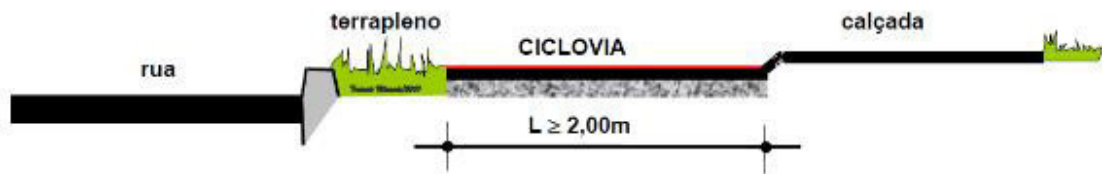
Fonte: GEIPOT (2001b)

A ciclovia pode assumir um traçado independente da malha viária, contudo, é necessário que se tenha um controle da acessibilidade dos ciclistas, que tem que ser feita maneira segura e eficiente em todos os cruzamentos com as demais estruturas viárias (BRASIL, 2007).

Com relação à largura das ciclovias, Brasil (2007) afirma que as dimensões encontradas nos projetos brasileiro ainda são muitas, ou seja, falta uma padronização. Isto é explicado pelo fato que o primeiro manual cicloviário, publicado pela a Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT) no ano de 1976, não teve tanto acesso pelos técnicos. A largura da ciclovia dependerá se ela é unidirecional ou bidirecional.

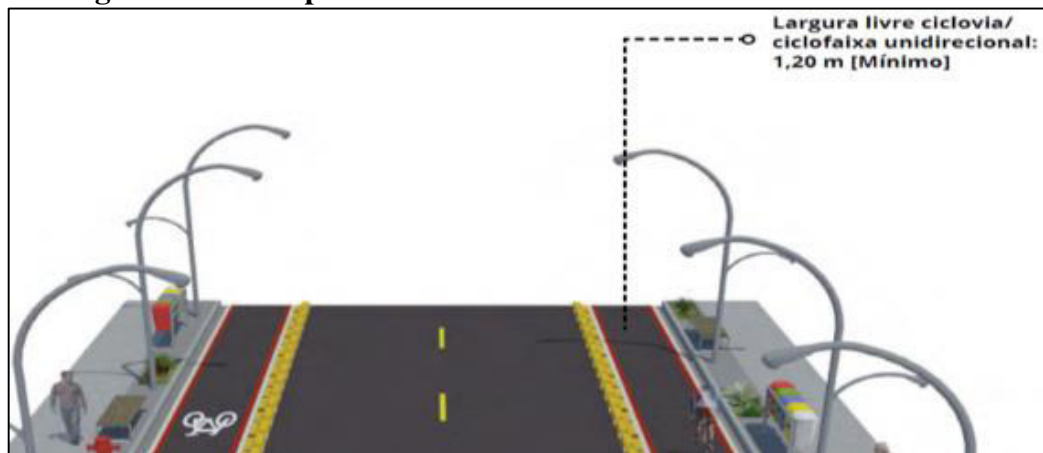
- **Ciclovia unidirecional:** Muito utilizadas nos países onde o uso da bicicleta é tradicional, como por exemplo Holanda, Alemanha, Dinamarca. Na França e na Holanda, conforme indica a Figura 15 abaixo, a largura mínima adotada é 2,00 metros (GEIPOT, 2001). No Brasil, a largura mínima adotada é de 1,20 m, assim como ilustra a Figura 16 abaixo. Essa largura considera somente a faixa de movimentação dos ciclistas, não considerando os elementos de segregação física, tais como tachões, pintura e sarjetas. As ciclovias unidirecionais são ideais, pois o ciclista circula no mesmo sentido do fluxo de veículos, logo, os movimentos são mais previsíveis por parte dos demais usuários, diminuindo, portanto, o risco de colisões e atropelamentos em interseções.

Figura 15 - Seção transversal de uma ciclovia unidirecional típica da França e Holanda.



Fonte: GEIPOT (2001b)

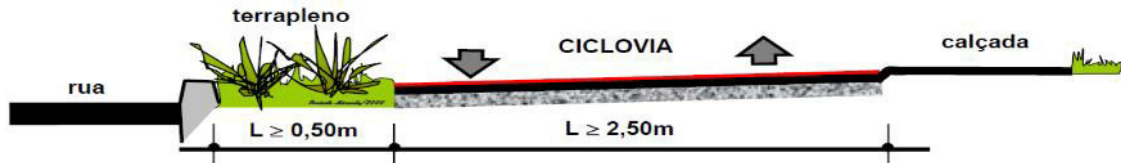
Figura 16 - Vista panorâmica uma ciclovia unidirecional brasileira.



Fonte: BRASIL (2017)

- **Ciclovia bidirecional:** O uso das ciclovias bidirecionais é frequente no Brasil. Sua adoção dependerá do porte da cidade, geralmente é mais usada nos grandes centros urbanos (GEIPOT, 2001b). Possui largura ideal de 3 metros, porém, é aceitável que o dimensionamento seja feito com 2,50 metros, conforme a Figura 17 a seguir. Para desníveis laterais superiores a 0,10 m, deve-se adotar uma sobre largura maior ou igual a 0,50 m.

Figura 17 - Seção transversal de uma ciclovia bidirecional.



Fonte: GEIPOT (2001b)

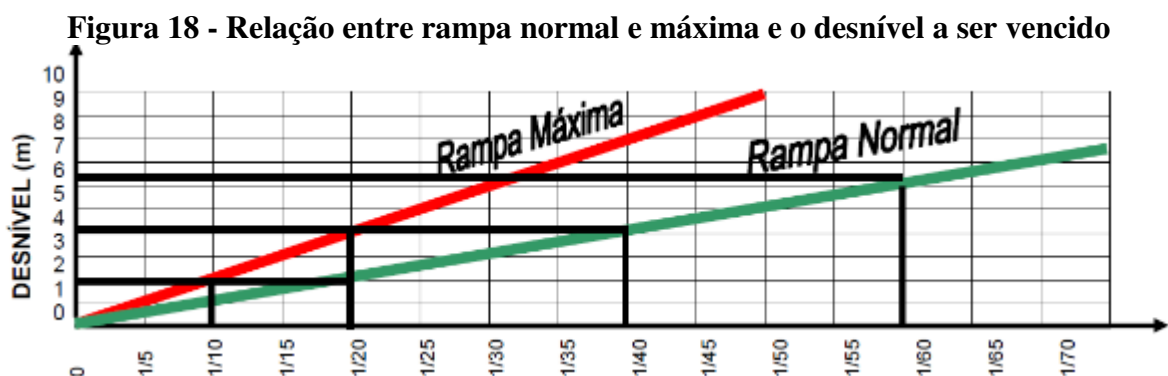
Segundo GEIPOT (2001B), a largura das pistas unidirecionais e bidirecionais varia conforme o volume de bicicletas circulantes em um determinado trecho ou rota. A Tabela 1 abaixo demonstra essa correspondência.

Tabela 1 - Relação entre largura efetiva e volume de bicicletas

Tráfego horário (bicicletas por hora)	Largura efetiva "L" (m)
Até 1000	Entre 2,50 e 3,00 metros
De 1000 a 2500	Entre 3,00 e 4,00 metros
De 2500 a 5000	Entre 4,00 e 6,00 metros
Acima de 5000	Acima de 6,00 metros

Fonte: Adaptado de GEIPOT (2001b)

Com relação às rampas, Brasil (2007) afirma que estas devem ser concebidas com muito cuidado, tendo em vista o fato que o ciclista é sensível a este tipo de característica, pois é responsável pela tração e propulsão do veículo. A Figura 18 **Figura** 1a seguir mostra um gráfico que indica as declividades para rampas máxima e normal de acordo com o desnível a ser vencido.



Fonte: BRASIL (2007)

Para Brasil (2007), os ciclistas preferem aclives acentuados em pequenos trechos a aclives suaves em grandes distâncias. Logo, a solução para isto é fazer o escalonamento da

rampa, fazendo uma alternância entre rampas de pequenas distâncias e patamares nivelados, conforme indica Figura 19 a seguir.

Figura 19 - Detalhe de como é feito o escalonamento de uma rampa de ciclovia.

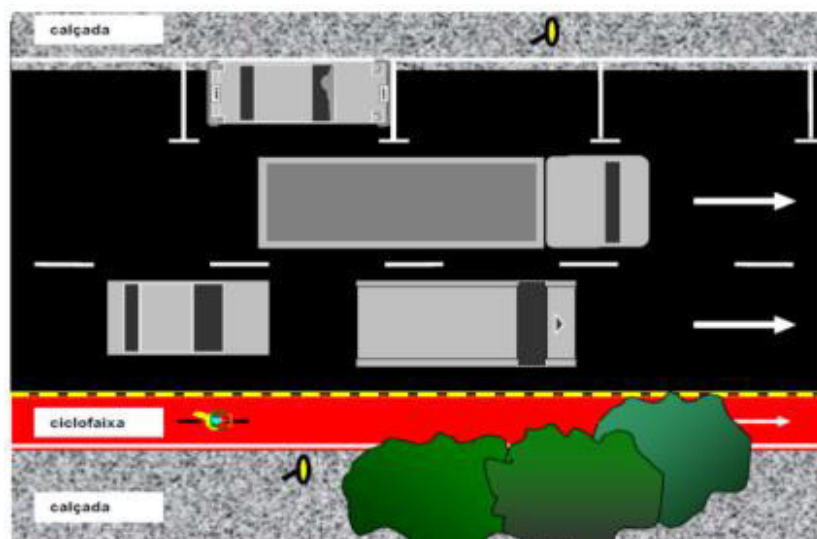


Fonte: BRASIL (2007)

Ciclofaixas

Brasil (2007) conceitua a ciclofaixa como sendo um espaço adjacente à pista de rolamento dos veículos automotores que é destinado ao tráfego de bicicletas. A separação da via é feita por meio de pinturas e/ou por meio de acessórios delimitadores, tais como tachas e blocos de concreto, conforme a Figura 20 abaixo.

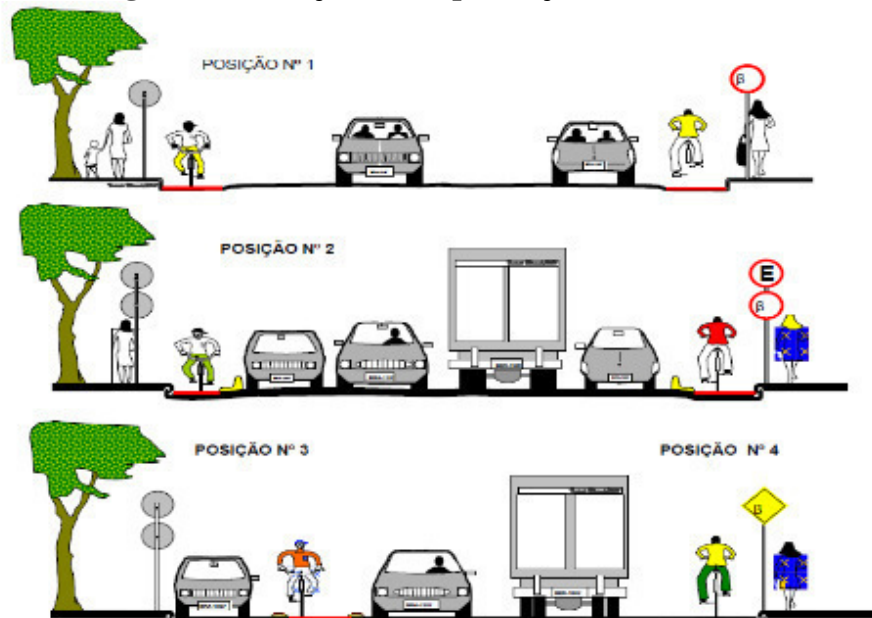
Figura 20 - Exemplo de uma ciclovia adjacente à via de trânsito automotor



Fonte: GEIPOT(2001b)

Com relação à posição de implantação nas vias, as ciclofaixas podem ser dispostas, segundo Brasil (2007), de quatro maneiras:

Figura 21 - Posições de implantação da ciclofaixa.



Fonte: BRASIL(2007)

Posição 1: Inserida junto ao bordo direito da via, próximo ao meio-fio, nas vias onde não é permitido o estacionamento de automotores nas laterais da faixa;

Posição 2: Inserida entre a área de estacionamento e o bordo do meio-fio, próximo à calçada de pedestres;

Posição 3: Inserida após à linha de estacionamento. Nesse caso é considerado o estacionamento de automóveis ao longo do meio-fio.

Posição 4: Ocorre quando a faixa de veículos motorizados do bordo direito possui uma sobre largura (maior que 3,50 m e menor que 5 m), de modo que esse espaço excedente permite a acomodação da bicicleta.

Brasil (2016) indica que as ciclofaixas podem ser tanto unidirecionais quanto bidirecionais, assim como as ciclovias. Com relação à largura, as dimensões também são semelhantes às ciclovias, sendo 1,20 m para ciclofaixas unidirecionais e 2,50 m para ciclofaixas bidirecionais, assim como visto anteriormente.

2.1.5. Pavimentação de ciclovias e ciclofaixas

O pavimento pode ser definido como sendo uma estrutura formada por várias camadas resistentes para receber e distribuir as cargas aplicadas em sua superfície, de modo que as tensões resultantes sejam menores que as admissíveis (Pinto & Preussler, 2001 *apud* Ferreira, 2007).

De maneira clara e objetiva, a NBR 7207/82 define o pavimento como sendo uma estrutura construída após a terraplenagem e destinada economicamente e simultaneamente em seu conjunto a:

- resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;
- melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança;
- resistir aos esforços horizontais que nele atuam tornando mais durável a superfície de rolamento.

Este conceito é aplicado para pavimentos rodoviários, porém, também pode ser aplicado para infraestrutura cicloviária, mesmo que os esforços sejam menores.

Segundo GEIPOT (2001b), o pavimento de ciclovia necessita de algumas características básicas, como por exemplo ser regular, impermeável, antiderrapante e de aspecto agradável. Os materiais constituintes das camadas que formam o pavimento devem ser escolhidos com base na função e na intensidade a qual serão submetidos, tipo de terreno, clima, manutenção, orçamento disponível.

De maneira resumida, os pavimentos cicloviários podem ser:

- **Flexíveis:** Constituído por camadas granulares ou solo estabilizado granulometricamente e revestimento asfáltico;
- **Rígidos:** Formado por placas de concreto de elevada rigidez assentadas sobre o terreno de fundação ou sob uma sub-base intermediária. Possuem grande resistência;

Cada tipo de pavimento possui vantagens e desvantagens, que devem ser levadas em conta na decisão de qual tipo usar. Os pavimentos flexíveis são formados por materiais de aspecto mais deformável, flexível, absorvem muita energia calorífica devido a cor escura, precisam de manutenção periódica, porém, possuem custo inicial baixo e são construídos em menos tempo. Já os pavimentos rígidos são mais caros, porém, distribuem melhor as cargas, são mais resistentes, absorvem pouca energia calorífica (RAU, 2012).

Segundo Ferreira (2007), o esforço submetido às ciclovias e ciclofaixas é pequeno, porém, em alguns casos, o traçado da infraestrutura cicloviária corta vias de acesso à garagens, ônibus, estacionamentos. Desse modo, é necessário que a base da infraestrutura cicloviária também tenha capacidade de suportar estes esforços adicionais, necessitando, portanto, de uma base mais reforçada.

Outra recomendação é que o revestimento da infraestrutura cicloviária possua cor diferente da(s) via(s) adjacente(s) visando uma maior destaque e segurança aos ciclistas. A coloração pode ser feita mediante pintura a frio, pintura a quente com o uso de adesivos termoplásticos, pigmentação do concreto através da adição de oxalato de ferro. A Figura 22, a seguir, ilustra uma situação onde ocorre a concretagem de uma ciclovia com concreto pigmentado na cor vermelha.

Figura 22 - Pavimentação de ciclovia com concreto pigmentado.



Fonte: BRASIL(2007)

No Brasil, os pavimentos mais comuns usados na infraestrutura cicloviária são à base de asfalto ou betume e concreto (FERREIRA, 2007).

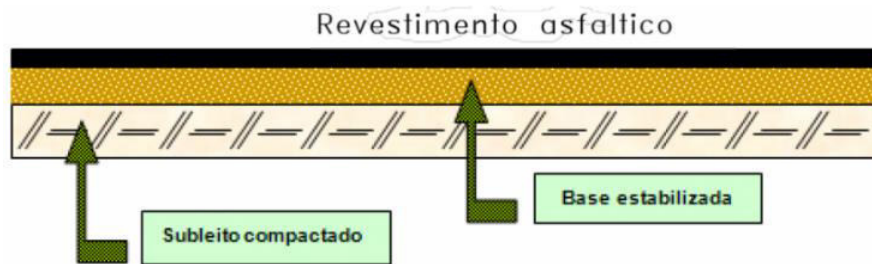
Pavimentos à base de Betumes ou asfalto

Os pavimentos betuminosos podem ser de dois tipos: Tratamento superficial simples duplo e triplo, pré-misturado a frio e pré-misturados a quente.

O tratamento superficial simples consiste na aplicação de ligante asfáltico sobre a base previamente imprimida (aplicação de uma fina película de material betuminoso). Em seguida, espalha-se uma camada de agregado sobre o ligante, que posteriormente é comprimida. Com isso, o ligante é penetrado pelo agregado de baixo para cima, caracterizando uma penetração invertida (Santana, 1993 *apud* Ferreira, 2007).

As misturas feitas a frio são feitas utilizando asfalto diluído ou emulsão asfáltica, podendo ser misturadas à temperatura ambiente. As misturas feitas a quente realizam um leve aquecimento cuja temperatura é na ordem dos 60°C. Em seguida, é feito o espalhamento sobre a base imprimada, após isso, é feita a compactação. A Figura 23 a seguir ilustra uma seção transversal de um pavimento flexível para uma ciclovia.

Figura 23 - Exemplo de um pavimento cicloviário flexível



Fonte: GEIPOT(2001b)

Pavimentos à base de concreto

Segundo Ferreira (2007), os pavimentos cicloviários à base de concreto podem ser divididos em: Moldado in loco, placas de concreto pré-moldado, blocos de concreto pré-moldado.

O Concreto moldado in loco é executado sobre o terreno compactado ou sobre a sub-base da ciclovia. É feito o espalhamento, a moldagem da seção, acabamento, corte e selagem de juntas. Possui execução rápida, custo relativamente baixo, porém, possui aspecto estético um pouco desagradável. A Figura 24, a seguir, ilustra um pavimento cicloviário moldado in loco.

Figura 24 - Pavimento de ciclovia à base de concreto moldado in loco.

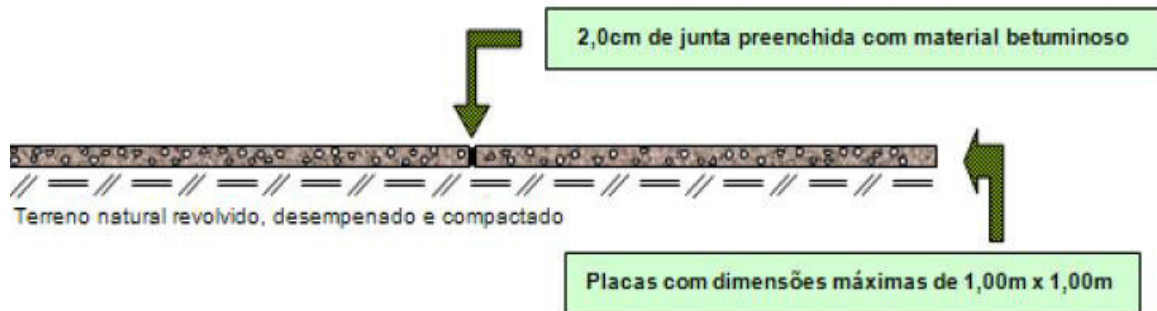


Fonte: GEIPOT (2001b)

As placas de concreto pré-fabricado são assentadas sobre o terreno previamente compactado. Também possuem facilidade de execução, podendo ser dispostas diretamente

no terreno natural compactado e regularizado. Porém, a execução pode não ser uniforme, fazendo aparecer ressaltos e desnivelamento entre as placas. A Figura 25, a seguir, ilustra um pavimento de uma ciclovia cujo revestimento é feito em placas de concreto pré-fabricado.

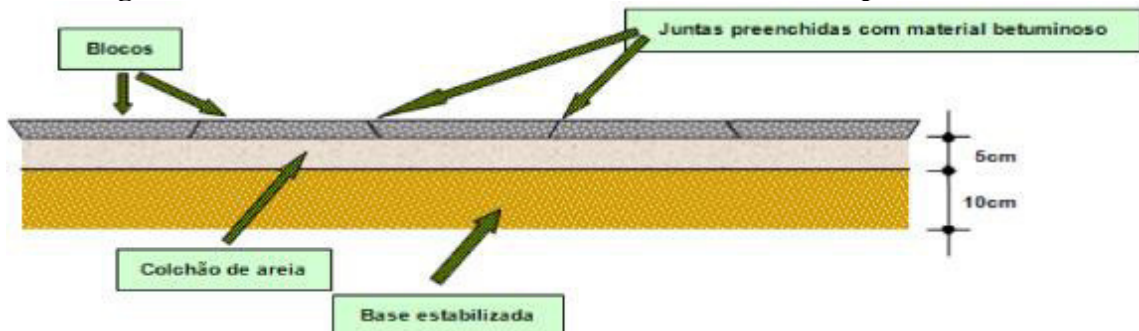
Figura 25 - Pavimento de ciclovia em placas de concreto pré-fabricado.



Fonte: GEIPOT (2001b)

Os blocos de concreto pré-moldado são assentados sobre uma camada de areia disposta em uma camada de base previamente compactada. Possui fácil execução e rapidez no caso da necessidade de posteriores reparos. Porém, a camada de rolamento é irregular, podendo causar um certo desconforto ao ciclista. A Figura 26, a seguir, ilustra um pavimento de uma ciclovia cujo revestimento é feito de blocos de concreto pré-fabricado.

Figura 26 - Pavimento de ciclovia em blocos de concreto pré-fabricados



Fonte: GEIPOT (2001b)

2.2. Irregularidade longitudinal de pavimentos

A irregularidade longitudinal pode ser definida como sendo o somatório dos desvios de um pavimento em relação a um plano de referência ideal projetado, que afeta a dinâmica do veículo, a dinâmica das cargas, a qualidade ao rolamento e a drenagem superficial da via (BERNUCCI, 2006 *apud* VOGEL, 2015).

O procedimento DNER PRO 164/94 define a irregularidade longitudinal de um pavimento como sendo “o desvio da superfície da rodovia, em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos”.

A irregularidade longitudinal é caracterizada por meio de ondulações de diferentes comprimentos que são causadas pela deformação das camadas do pavimento quando submetidos aos esforços oriundos do tráfego.

A origem das deformações pode estar ligada à várias circunstâncias que agem de forma isolada ou em conjunto. Estas, por sua vez, estão atreladas às falhas em projetos de pavimentação, falhas nos processos construtivos, falhas ou negligência no que diz respeito ao controle de qualidade dos materiais e de seus respectivos parâmetros, ausência de manutenção, excesso de carga, fatores climáticos (sol, chuva), falta de drenagem. Esses fatores implicam na diminuição da função e utilidade dos pavimentos, que é proporcionar uma locomoção confortável e segura dos usuários, como também num maior consumo de combustível e aumento de manutenção dos veículos (JUNIOR, 2008).

Ferreira (2007) afirma que os comprimentos de onda capazes de causar desconforto aos usuários podem variar de 0,5 a 50 m, sendo que podem ser divididos em três classes distintas, a saber: comprimentos grandes (15 a 50 m), comprimentos médios (5 a 15 m), comprimentos curtos (0,5 a 5 m). A presença dessas irregularidades pode causar a perda da estabilidade do veículo quando o tráfego for em alta velocidade (ondas grandes), como também a perda do contato do pneu e a pista quando a amplitude da onda for alta.

2.2.1. Parâmetros de Irregularidade longitudinal

Ao longo dos anos, vários estudos foram realizados visando a determinação de medidas físicas que mensurem a irregularidade das vias. Segundo Soncim (2011) *apud* Vogel (2015), o Banco Mundial financiou, nos anos 70, vários estudos e pesquisas nos países em desenvolvimento com o intuito de investigar detalhadamente os custos relacionados ao transporte rodoviário, construção, utilização e manutenção das vias. Com isso, foi concluído que a irregularidade é um parâmetro muito influente na qualidade e nos custos de operação.

A irregularidade é um dos fatores mais influentes no que diz respeito à gerência de pavimentos dos mais diversos modais de transporte, tais como rodovias e aeroportos. Diversos órgãos pelo mundo estão adotando valores limites para estes índices para estabelecer a necessidade de manutenção (VIEIRA; SOARES, 2012).

Segundo DNIT (2006b), a irregularidade longitudinal possui as seguintes características:

- Assume valores crescentes a partir de um valor inicial de partida em decorrência das características de tráfego, do clima, qualidade na execução do pavimento;
- Aumenta a ação das cargas dinâmicas dos automotores sobre a superfície do pavimento, acelerando, portanto, a deterioração do pavimento;
- Influência na drenagem superficial, tendo em vista que a formação de poças d'água no pavimento;

No Brasil, o índice padrão de medição irregularidades longitudinais é o Quociente de Irregularidade (QI), cuja unidade é definida em contagens/Km. O Banco Mundial recomenda como parâmetro o Índice de Irregularidade Longitudinal (IRI), expresso em m/km e que possui correlação com o QI (FERREIRA, 2007).

2.2.1.1. Quociente de Irregularidade (QI)

Representa o somatório dos deslocamentos verticais relativos do eixo traseiro de um veículo medidor de irregularidade dividido pela distância percorrida. É expresso em contagens/Km (DNER PRO 176/83, *apud* FERREIRA 2007).

O levantamento das irregularidades é feito através da análise do conjunto de desvios sofridos pela superfície durante um determinado tempo de uso ou serviço. Desse modo, pode-se concluir que o quociente de irregularidades evolui a medida em que a superfície de rolamento é utilizada (deformações, remendos, buracos, trincas, afundamento).

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, classifica o Quociente de Irregularidade dos pavimentos conforme a tabela abaixo:

Tabela 2 - Classificação do pavimento com base no QI.

Conceito	QI (contagens / Km)
Excelente	13 – 25
Bom	25 – 35
Regular	35 – 45
Ruim	45 – 60
Péssimo	Acima de 60

Fonte: Adaptada de DNIT (2006b)

2.2.1.2. Índice de Irregularidade Internacional (IRI)

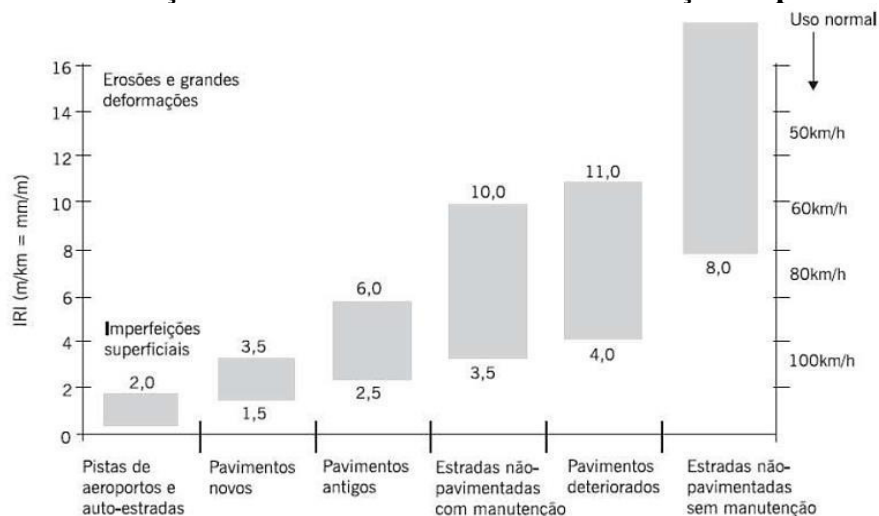
Nos anos 80, o Brasil foi sede de mais uma pesquisa do Banco Mundial de Desenvolvimento. Intitulado “International Road Roughness Experiment (IRRE)”, o estudo teve o objetivo de correlacionar e padronizar medidas de irregularidades de pavimentos, cujo índice resultante desse estudo foi chamado *Índice de Irregularidade Internacional (IRI)*. (SAYERS;QUEIROZ, 1984 *apud* VOGEL, 2015).

Segundo Balbo (1996) *apud* Junior (2008), o Índice de Irregularidade Internacional (IRI) oferece um padrão de medidas semelhante àqueles fornecidos por sistemas medidores de irregularidades do tipo resposta.

O IRI é definido como sendo o somatório dos deslocamentos ocorridos na suspensão de um veículo dividido pela distância percorrida por este veículo durante a realização do teste. Pode ser expresso em metros por quilômetro (m/Km), ou milímetros por metro (mm/m).

A figura abaixo mostra uma correlação entre o IRI e o estado físico do pavimento:

Figura 27 - Relação entre o IRI e o estado de manutenção do pavimento.



Fonte: SAYERS E KARAMIHAS (1998) *apud* VOGEL (2015).

Percebe-se claramente o quanto o valor da irregularidade longitudinal de um pavimento está relacionado às condições de conforto de tráfego, de modo que quanto menor o IRI, maior é o conforto e velocidade desenvolvida na pista; quanto maior o IRI, menor é o conforto e a velocidade desempenhada.

Na tabela abaixo, o DNIT faz a classificação conceitual do pavimento com base no Índice de Irregularidade Longitudinal (IRI):

Tabela 3 - Classificação do pavimento com base no IRI e QI

Conceito	QI (contagens / Km)	IRI (m / Km)
Excelente	13 – 25	1 – 1,9
Bom	25 – 35	1,9 – 2,7
Regular	35 – 45	2,7 – 3,5
Ruim	45 – 60	3,5 – 4,6
Péssimo	Acima de 60	Acima de 4,6

Fonte: Adaptada de DNIT (2006b)

De maneira geral, o Quociente de irregularidade (QI) e o Índice de Irregularidade Longitudinal (IRI) são bem semelhantes em termos de definição. Na prática, esses dois índices são bem correlacionados, de modo que:

$$QI = 13 * IRI \text{ (equação 1)}$$

2.3. Equipamentos de medição de irregularidades longitudinais

Com relação à mensuração das irregularidades dos pavimentos, segundo DNIT (2006b), vários estudos foram feitos de modo a criar processos e equipamentos capazes de atribuir valores capazes de classificar o estado do pavimento. Estes equipamentos e processos são divididos em quatro tipos de grupo:

1. **Sistemas de medida direta:** Utilizam o emprego de equipamentos topográficos (ou semelhantes) para a realização de medidas diretas e/ou manuais da geometria vertical do pavimento. Exemplo: Método de Nível e Mira
2. **Sistemas de medida indiretas:** Realizam medidas de forma mecanizada do perfil geométrico da via. Exemplo: Perfilômetro AASHTO, Merlin.
3. **Sistemas baseados na reação (resposta) do veículo:** Conhecidos como medidores do tipo resposta, determinam de maneira acumulativa os movimentos relativos entre o eixo traseiro do veículo e sua carroceria. Exemplo: Rugosímetro BPR, Maysmeter.
4. **Sistemas de medida com sonda sem contato:** Princípio de funcionamento básico consiste na reflexão de uma sonora ou raio laser emitido por um dispositivo instalado sob um veículo. Exemplo: Perfilômetro a laser do TRRL.

Para este trabalho, a máquina MERLIN será utilizada nas medições de irregularidade, desse modo, será dado um enfoque exclusivo em seu estudo.

2.3.1. Máquina MERLIN para medição de irregularidade de vias

A máquina MERLIN foi concebida pelo Laboratório de Investigação em Transportes (TRL). Este laboratório é o maior centro de pesquisa na área de transportes do Reino Unido com sede na Inglaterra e na Escócia (TRL, 1996).

A máquina MERLIN é caracterizada por fazer a medição do Índice de Irregularidade Longitudinal (IRI) da via. Possui uma estrutura simples, de fácil montagem e manipulação das peças. Seu custo é baixo e seu princípio de funcionamento e operação é relativamente simples. O equipamento oferece uma boa exatidão para medidas de IRI na faixa entre 2,4 e 15,9 m/Km e não é recomendável para trechos muito extensos, sendo 400 metros o comprimento ideal para a realização das medições.

2.3.1.1. Resumo do princípio de operação

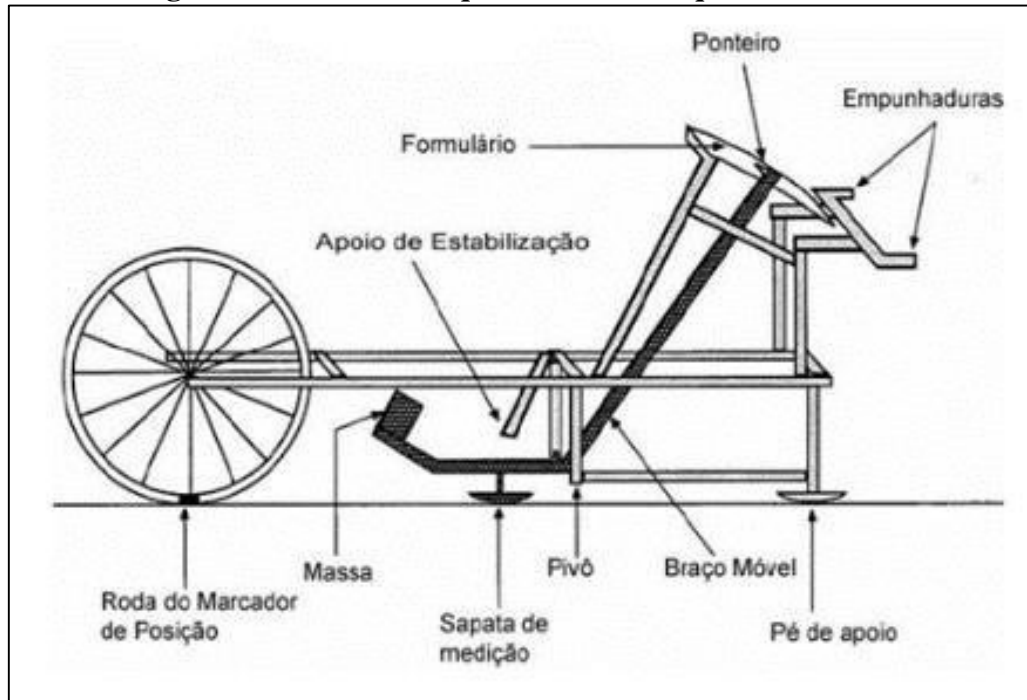
A máquina MERLIN possui um comprimento de 1,80 m e se apoia na superfície com o auxílio de três apoios: o patim traseiro, o patim central, pneu dianteiro. O patim central mede a distância vertical “y”, entre a superfície da via e uma linha imaginária que une a parte inferior dos dois apoios rígidos sendo transferida através de um braço móvel, e o resultado é registrado em um gráfico fixado sobre o equipamento (Cundill, 1996).

Cundill (1996) indica que para o cálculo do IRI, é necessária a realização de 200 medidas sucessivas e de igual espaçamento, sendo indicado uma distância entre medidas de aproximadamente 2 metros, que é o resultado de uma volta completa da roda do equipamento. Estas medidas são indicadas no quadro de medição do equipamento, onde deve ser fixada uma tabela ou quadro de leitura. As 200 medidas são marcadas em um histograma de frequências, onde posteriormente é feito o tratamento estatístico através do descarte de 10% das medidas em cada uma das extremidades do equipamento. Após isso, é feito o cálculo do comprimento “D” do histograma, que posteriormente será utilizado para o cálculo do valor de IRI através de fórmulas de correlação do equipamento.

2.3.1.2. Aspectos construtivos

De maneira geral, a máquina Merlin está configurada conforme a figura a seguir:

Figura 28 – Desenho esquemático da máquina MERLIN



Fonte: VOGUEL(2015) adaptado de Cundill (1996)

A máquina MERLIN é composta por uma estrutura metálica formada pela união de barras parafusadas e soldadas, além de uma roda dianteira, possuindo comprimento de aproximadamente 2 metros (Cundill, 1996).

Os empunhadores (ou guidão), auxiliam o operador a mover o equipamento para os pontos desejáveis. No centro do equipamento encontra-se a sonda de medição, que é fixa ao Braço móvel que gira em torno de um eixo. A sonda de medição faz a captura da medida de variação vertical do ponto da via o qual ela está apoiada, em seguida, transfere o resultado para o quadro de medições, onde previamente é fixado uma tabela com uma escala.

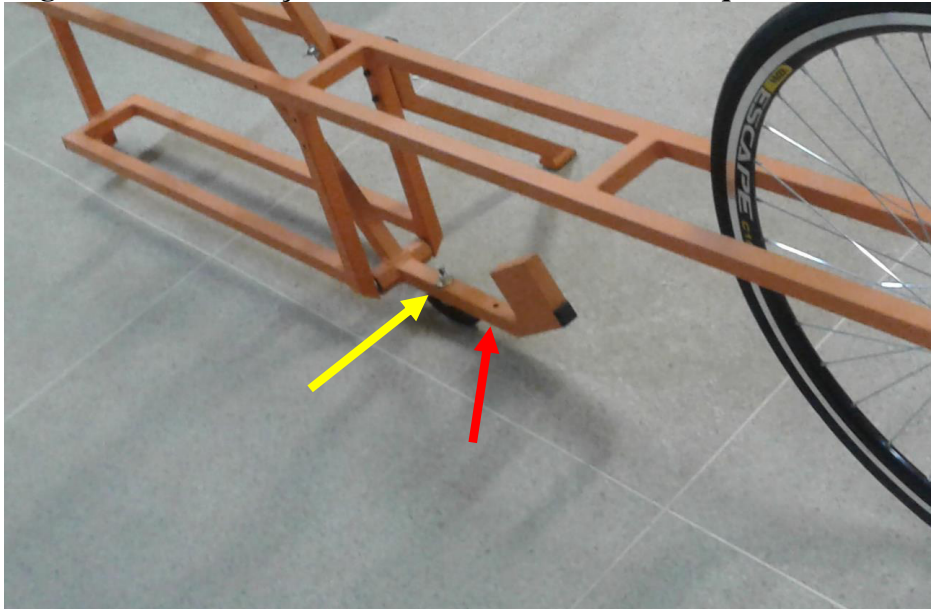
A máquina MERLIN pode ser usada por meio de duas escalas de medições, a saber:

- **Escala 1:10:** A variação de 1 mm na superfície do pavimento corresponde a 10 mm do ponteiro do equipamento.

- **Escala 1:5:** A variação de 1 mm na superfície do pavimento corresponde a 5 mm do ponteiro do equipamento;

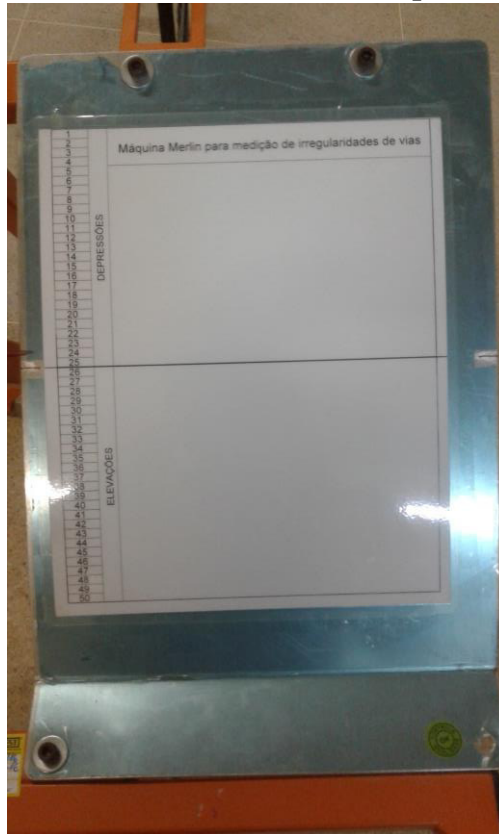
A escala 1:10 é ideal para superfícies pouco irregulares. Já a escala 1:5 é utilizada em pavimentos bem deteriorados, com muita variação de altura. A mudança de escala é feita no braço móvel através da mudança de posição da sonda de medição, conforme a Figura 29 a seguir. Essa posição é indicada por meio de furos, onde um furo corresponde à escala 1:10 (indicado na Figura 29 pela seta amarela) e o outro corresponde à escala 1:5 (indicado na Figura 29 pela seta vermelha).

Figura 29: Localização das escalas 1:10 e 1:5 da máquina MERLIN



Fonte: O autor

O quadro de leituras está localizado na parte superior do equipamento, conforme a Figura 30 a seguir. Neste quadro, é feita a marcação central que corresponde a irregularidade zero. Uma escala, constituída por 50 divisões de 5 mm cada, é fixada neste quadro, visando uma melhor precisão nas leituras do equipamento. A divisão central (Indicada na Figura 30 por uma linha de maior espessura) desta escala marca a variação zero, coincidente com a superfície horizontal ideal, definida pela linha imaginária entre os apoios do equipamento (Cundill, 1996).

Figura 30 - Quadro de leituras da máquina MERLIN

Fonte: O autor

2.3.1.3. Método de uso

Segundo Cundill (1996), a determinação do IRI de um pavimento com a utilização da máquina MERLIN é feita através de uma série de medições sucessivas, 200 no total. A distância entre as medições deve ser igualmente espaçada, sendo 2 m o ideal, pois a sensibilidade da escala IRI varia com o comprimento de onda, sendo maior para ondas de cerca de 2 metros de comprimento. Para isto, toma-se como base a roda do equipamento, cuja revolução corresponde a aproximadamente 2 m. As leituras são feitas com o equipamento devidamente apoiado e alinhado verticalmente na superfície.

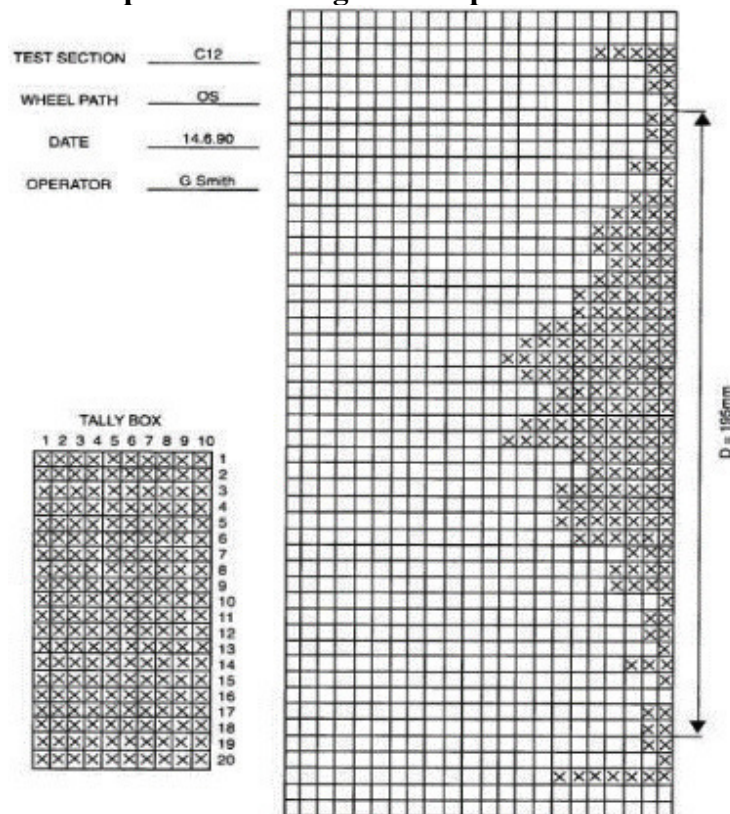
De modo geral, o procedimento para a realização de leituras ocorre da seguinte maneira:

- Escolhe-se o ponto de partida do trecho;
- Com o auxílio do guidão, ergue-se o equipamento e faz o avanço tomando como base a revolução da roda;
- Após uma revolução completa (2 metros), apoia-se o equipamento verticalmente na superfície. Os três apoios da máquina devem estar em contato com a via.

- Verifica-se a leitura realizada pelo ponteiro do braço móvel na escala fixada no quadro de medição. Em seguida, repete-se o processo a partir do 2º passo, até que sejam feitas as 200 leituras.

Após as 200 leituras, os dados são distribuídos através de um histograma de frequência. Em seguida, é feito o tratamento estatístico dos dados obtidos através do descarte de 10 % dos valores extremos marcados. Nesse caso, serão 20 leituras descartadas, de modo que 10 leituras sejam descartadas do extremo superior do histograma e as outras 10 leituras sejam descartadas do extremo inferior. O descarte é feito do extremo para o centro do histograma. Após isso, é calculada a largura característica do histograma “D”, em milímetros, encontrada pela soma dos quadrados marcados de 5 mm de altura que permaneceram no histograma após o descarte, conforme a figura a seguir (Cundill, 1996).

Figura 31 - Exemplo de um histograma de pontos obtidos com o Merlin.



Fonte: CUNDILL (1996)

Uma observação importante feita por Cundill (1996) é que, durante as medições da irregularidade longitudinal utilizando a máquina MERLIN, é necessário levar em conta imprecisões no cálculo do IRI. Estas imprecisões estão associadas ao tamanho e qualidade da

amostra, como também a experiência do operador no manuseio do equipamento. Portanto, é necessário um estudo prévio acerca da amostra, como também a necessidade de oferecer um treinamento prévio ao operador da máquina.

2.3.1.4. Equações de Irregularidade

Segundo Cundill (1996), após feito todo tratamento estatístico das leituras de campo e determinada a largura característica do histograma “D”, o valor de IRI para a escala 1:10 é dado pela seguinte expressão:

$$IRI = 0,593 + 0,0471 * D \text{ (equação 2)}$$

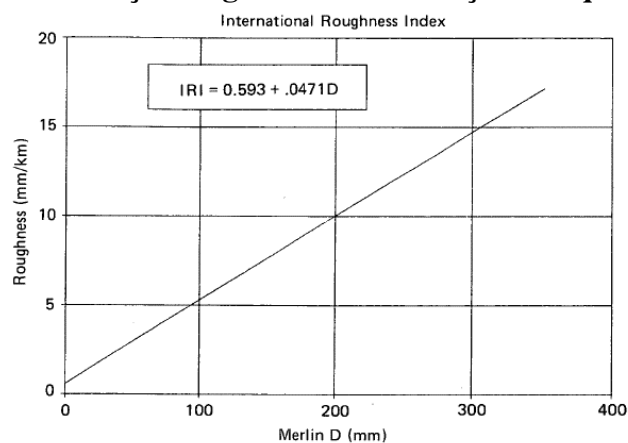
Onde:

IRI: Índice de Irregularidade Internacional (m/Km);

D: Largura característica do histograma (mm);

Segundo Junior (2008), a fórmula do cálculo do IRI foi elaborada pelo TRL com o auxílio de programas computacionais. As equações de irregularidade também são concebidas mediante comparação com os outros tipos de sistemas de medidas, sendo o mais usual o método nível e mira.

Figura 32 - Ilustração do gráfico de correlação da equação de IRI.



Fonte: CUNDILL (1996)

Após o cálculo do Índice de Irregularidade Internacional, pode-se encontrar o Quociente de Irregularidade da via através da equação de correlação entre o IRI e o QI fornecida pelo DNIT (2006b), encontrada no item 2.2.1.2. deste trabalho.

2.3.1.5. Verificações e cuidados prévios

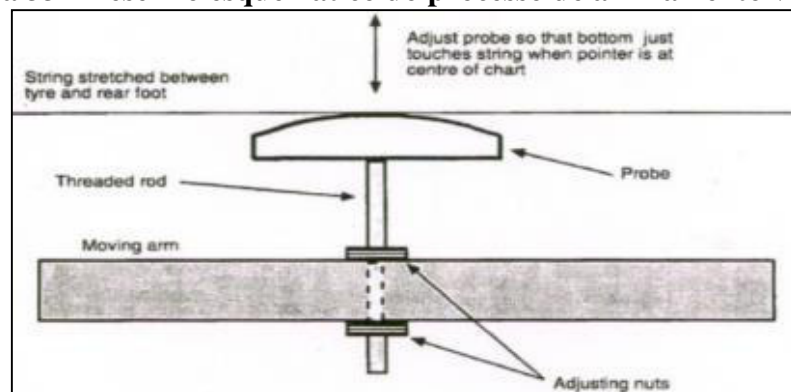
Para se obter uma melhor precisão nas leituras e conseqüentemente no cálculo dos índices de irregularidades utilizando o equipamento MERLIN, é necessário realizar algumas verificações acerca da funcionalidade e manuseio do equipamento.

Alinhamento

O processo de alinhamento vertical é feito, Segundo Cundill (1996), utilizando uma régua com pelo menos 1,80 m ou cordão. O procedimento é feito da seguinte maneira:

- a) Coloca-se o equipamento de cabeça para baixo apoiado no chão;
- b) Apoia-se a régua nos apoios dianteiro (roda) e traseiro (patim de apoio). No caso do cordão, este deve estar fixado nos dois apoios de modo a formar uma reta;
- c) A sonda de medição é movimentada de modo a tocar a régua (ou cordão) que está apoiada aos outros dois apoios, conforme a Figura 33 a seguir;
- d) O equipamento estará alinhado quando a sonda de medição encostar na régua (ou cordão) e o ponteiro de leitura estiverem na marcação central do quadro de medição. Caso isso não ocorra, a sonda de medição é constituída por uma regulagem parafusada, permitindo o ajuste até que ocorra o alinhamento

Figura 33 - Desenho esquemático do processo de alinhamento vertical.

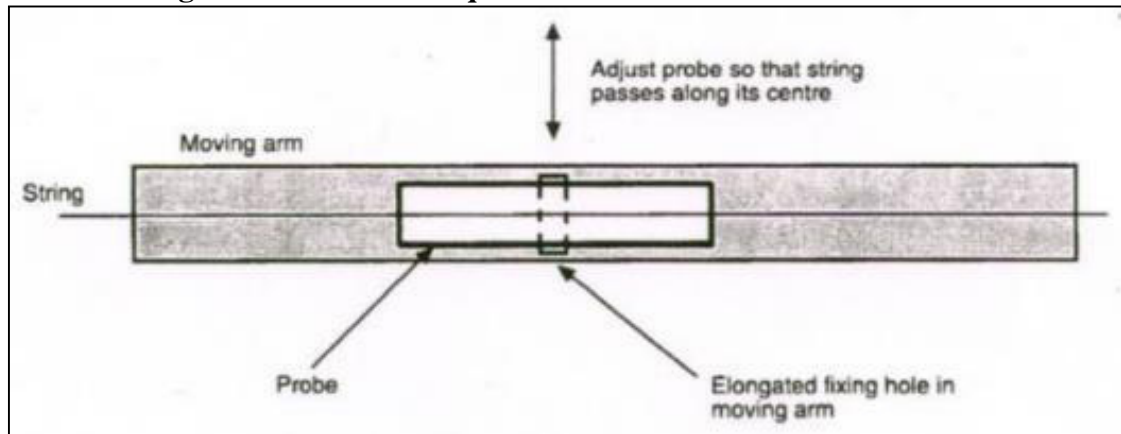


Fonte: TRL (1996)

O alinhamento horizontal é feito de modo semelhante ao alinhamento vertical. A régua é apoiada sobre os apoios traseiro e dianteiro de modo a ficar alinhada horizontalmente. Após isso, faz-se o alinhamento horizontal da sonda de medição tomando como base o alinhamento

da régua. O ajuste pode ser feito com o auxílio de uma regulagem parafusada. A Figura 34 abaixo ilustra o ponto onde a sonda de medição está alinhada horizontalmente.

Figura 34 - Desenho esquemático do alinhamento horizontal.



Fonte: TRL (1996)

Calibração

No item 2.3.1.4 (equações de irregularidade), foi visto que a equação para o cálculo do IRI é indicada para a escala 1:10. Na prática isso não é verdade, pois durante o processo de fabricação da máquina ocorrem pequenas falhas. Portanto, é necessário que antes do uso do equipamento seja feita a calibração.

Segundo Cundill (1996), o processo de calibração é feito da seguinte maneira:

- a) A máquina é apoiada com a sonda de medição em contato com uma superfície lisa;
- b) Faz-se, cuidadosamente, a marcação da leitura no quadro com uma linha;
- c) A sonda de medição é levantada e coloca-se o bloco de calibração abaixo da sonda de medição. Este bloco é feito de metal usinado e possui aproximadamente 50 mm de comprimento, 25 mm de largura e 6 mm de altura.
- d) A sonda de medição é baixada até tocar o bloco de calibração;
- e) É feita a marcação da nova leitura com uma linha. A distância entre a nova marcação e marcação feita no item b, descrito anteriormente, é a distância “S” da equação 3;
- f) O processo deve ser repetido várias vezes de modo a verificar a consistência dos valores;

Desse modo, o fator de calibração da máquina MERLIN é calculado através da seguinte expressão:

$$FC = \frac{10 \cdot T}{S} \text{ (equação 3)}$$

Onde:

FC: Fator de calibração das leituras;

S: Distância entre as linhas de marcação com e sem o bloco de calibração em milímetros;

T: Espessura do bloco de calibração em milímetros

Todas as leituras devem ser multiplicadas pelo fator de calibração da máquina, de modo a corresponder uma maior realidade das medições feitas.

Com relação ao bloco de calibração descrito no item “c”, têm-se que ele é um acessório que vem junto com equipamento, assim como o manual. É feito de metal usinado e possui medidas padrão, conforme o TRL, sendo a largura igual à 25 mm, espessura igual a 6 mm e comprimento igual a 50 mm (CUNDILL, 1996).

Extensão do braço móvel

Geralmente, a extensão do braço móvel está associada à relação 1:10. Assim, a medida em que a irregularidade da superfície aumenta, a distribuição dos pontos no quadro também aumenta. Caso a leitura seja feita fora da escala indicada no quadro, a marcação da leitura é feita nas linhas limites do histograma. O ideal é que essas medidas que extrapolaram o limite da escala não sejam superiores ao fator de escala correspondente, ou seja, na escala 1:10, o máximo de leituras feitas fora dos limites de escala é igual a 10. Caso isso não aconteça, o fator de escala deve ser mudado (CUNDILL, 1996).

Escolha da seção teste e número de operadores

Segundo TRL (1996), para atestar as propriedades de medição da máquina MERLIN é necessário a realização de um procedimento de leituras numa seção de teste. Devem ser feitas 200 leituras igualmente espaçadas em 2 metros, totalizando 400 metros. Após isso, é realizado os cálculos de IRI e QI da seção de teste. Os parâmetros encontrados devem ser coerentes com o da seção de modo que qualquer resultado estranho pode indicar falhas relativas à calibração, alinhamento, etc.

Com relação ao número de operadores, o ideal é que o trabalho relativo às medições seja compartilhado por pelo menos duas pessoas, de modo que uma pessoa faz a movimentação da máquina e a outra faz a anotação das leituras, além de auxiliar o operador da máquina com relação ao alinhamento do percurso (TRL, 1996). Outro fator importante é a segurança, de modo que é necessário a utilização de elementos sinalizadores para indicar aos motoristas que ali está ocorrendo um teste; os operadores devem estar usando coletes ou roupas fluorescentes; em locais muito movimentados, deve-se utilizar cones de trânsito.

3. MÉTODO

A concepção desta pesquisa foi fazer uma análise da qualidade do pavimento de algumas ciclofaixas, que compõem o sistema cicloviário da cidade de João Pessoa. Os parâmetros físicos utilizados para esta análise são o Índice de Irregularidade Internacional (IRI) e o Quociente de Irregularidades (QI), obtidos através do método que utiliza a máquina MERLIN de medição de irregularidades de vias.

Foi realizado um levantamento das áreas próximas ao percurso da ciclofaixa, identificando elementos que pudessem interferir, de maneira direta ou indireta, na qualidade do pavimento da infraestrutura cicloviária. Em seguida, foram realizadas todas as etapas necessárias à utilização da máquina MERLIN, como também os procedimentos de medição e de cálculo dos parâmetros de irregularidade do pavimento da ciclofaixa.

O presente estudo foi composto de quatro etapas, a saber:

- **Levantamento da infraestrutura cicloviária da cidade de João Pessoa**
 - ❖ Pesquisa acerca da quantidade de ciclovias, ciclofaixas, vias compartilhadas, tipo de revestimento, ano de implantação e localização;
- **Etapas construtivas e de regulagem da máquina MERLIN;**
 - ❖ Montagem, alinhamento, calibração, funcionamento através de uma seção de testes;
- **Escolha das amostras a serem estudadas**
 - ❖ Seleção e levantamento dos trechos;
- **Processamento e análise dos resultados**
 - ❖ Utilização do equipamento, organização dos resultados, procedimento de cálculo, obtenção e análise dos parâmetros;

3.1. Levantamento da infraestrutura cicloviária da cidade de João Pessoa

A princípio, foi necessário a obtenção de um panorama geral acerca de toda rede cicloviária existente na capital Paraibana. Para isto, era necessário a obtenção de algumas informações, como por exemplo: tipos de infraestrutura existentes (ciclovias, ciclofaixas, vias compartilhadas, faixas preferenciais), localização, extensão total, largura, tipo de revestimento e ano de implantação. Tais informações eram de extrema importância para o planejamento e escolha dos trechos a serem estudados.

3.2. Etapas construtivas e de regulagem da máquina MERLIN

De acordo com o manual de utilização da máquina, que estava conforme aos procedimentos indicados por Cundill (1996), foram realizadas as etapas de montagem, alinhamento, calibração, como também a realização de testes da máquina em uma seção pré-estabelecida. Todos estes procedimentos foram explicados no item **2.3.1. “Máquina MERLIN para medição de irregularidades de vias”**, deste trabalho.

3.3. Escolha das amostras a serem estudadas

Como já foi visto anteriormente, a ciclofaixa é uma infraestrutura cicloviária que não é totalmente segregada da faixa de rolamento dos automotores, sofrendo, portanto, algumas interferências com relação à invasão de veículos em alguns trechos específicos.

Desse modo, optou-se por escolher trechos que estivessem incluídos em áreas bem movimentadas e com presença de elementos que pudessem gerar um número grande de interferências entre automotores e a ciclofaixa, como por exemplo, pontos de parada de ônibus, estabelecimentos comerciais com estacionamento, entradas e saídas de ruas perpendiculares à ciclofaixa, entre outros.

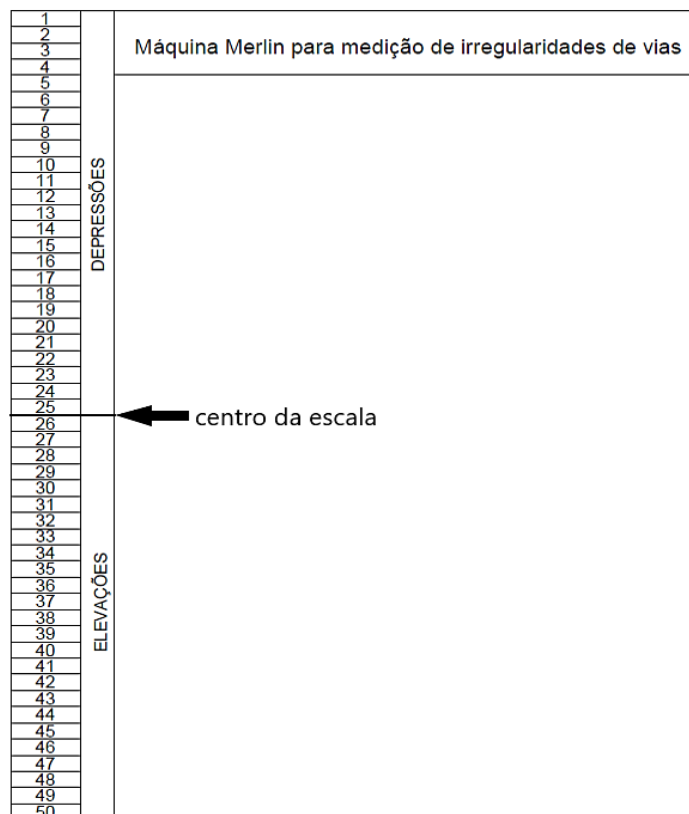
Foi feito também um estudo comparativo de irregularidade entre as faixas de ciclofaixas bidirecionais. Para isso, dois procedimentos de medições de irregularidades foram realizados em um mesmo trecho de ciclofaixa, sendo que um foi feito na faixa mais próxima à pista de rolamento dos veículos automotores, enquanto o outro foi realizado na faixa mais próxima ao meio fio da calçada.

Para auxiliar o estudo, cada trecho de ciclofaixa escolhido foi dividido em sub-trechos de 30 m de comprimento. Para cada seção, foi feita uma descrição geral dos elementos (garagens, ruas, comércio) que estavam presentes no sub-trechos que poderiam causar, de maneira direta ou indireta, a interferência entre automotores e a ciclofaixa.

3.4. Processamento e análise dos resultados

Primeiramente, foi necessária a confecção da escala do quadro de leituras da máquina que mensurasse as medidas realizadas, conforme indica Cundill (1996). Esta escala deve ser feita em papel A4 e com divisões de 5 mm de altura. A escala de leituras utilizada para este trabalho foi confeccionada no programa Autocad, e está ilustrada conforme a figura a seguir.

Figura 35 - Escala de medições da máquina Merlin.



Fonte: O autor.

Nota-se que o centro da escala deve coincidir com o centro do quadro de medição da máquina, que corresponde à irregularidade de valor zero. Medidas menores que 25 indicam depressões no solo. Quanto menor a medida, maior é a depressão. Por outro lado, medidas acima de 25 indicam elevações no solo. Quanto maior a medida, maior é a elevação.

Para a realização dos ensaios, o equipamento foi transportado para cada um dos trechos escolhidos. Conforme indica Cundill (1996), uma equipe de trabalho deveria ser formada para a coleta das medidas. Essa equipe deveria ser composta por no mínimo dois componentes, onde um era responsável por manipular o equipamento enquanto o outro era responsável por anotar as medidas.

O procedimento de levantamento de dados de irregularidade foi realizado conforme o método de uso indicado por Cundill (1996), descrito no item 2.3.1.3. deste trabalho. Os dados são anotados em uma tabela ilustrada conforme abaixo.

Tabela 4 - Tabela de anotação das medidas durante as medições

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

Fonte: O autor.

A Tabela 4 possui 10 colunas identificadas, cada uma, por letras do alfabeto, e 20 linhas enumeradas de 1 a 20. Essa identificação foi feita para facilitar a posição de alguma leitura por meio de um processo de coordenadas como, por exemplo, uma medida que esteja localizada na posição A7, corresponde a coluna A e linha 7.

As leituras serão anotadas de forma sequencial, ou seja, a primeira leitura será anotada na posição A1, a segunda leitura na posição B1, a terceira na posição C1 e, assim sucessivamente até a posição J1. Após o preenchimento de toda linha 1, agora preenche-se a linha 2 da mesma maneira: décima primeira leitura na posição A2, décima segunda leitura na posição B2, décima terceira leitura na linha C2 e, assim sucessivamente até a posição J2. Todo

procedimento é repetido para as demais linhas, até que a ducentésima leitura seja anotada na posição J20.

Como foi explicado anteriormente, cada trecho escolhido foi subdividido em sub-trechos de 30 m de extensão. A roda do MERLIN utilizado neste trabalho possui 27 polegadas, portanto, possui perímetro aproximadamente igual à 2,15 m. Dividindo a extensão do sub-trecho (30 m) pelo perímetro da roda do MERLIN (2,15 m), então serão realizadas aproximadamente 14 medidas em cada sub-trecho.

Visando uma melhor organização, foi elaborada uma tabela que associa o sub-trecho ao seu respectivo intervalo de medidas, conforme abaixo.

Tabela 5 – Tabela de divisão dos sub-trechos

DIVISÃO DOS SUB TRECHOS								
(m)	0 - 30	30 - 60	60 - 90	90 - 120	120 - 150	150 - 180	180 - 210	210 - 240
FAIXA	A1 - D2	E2 - H3	I3 - B5	C5- F6	G6 - J7	A8 - D9	E9 - H10	I10 - B12
(m)	240 - 270	270 - 300	300 - 330	330 - 360	360 - 390	390 - 420	420 - 430	
FAIXA	C12 - F13	G13 - J14	A15 - D16	E16 - H17	I17 - B19	C19 - F20	G20 - J20	

Fonte: O autor.

Para facilitar o entendimento, será tomado como exemplo o primeiro sub-trecho, que vai de 0 a 30 metros. O intervalo (ou faixa) indica que essas leituras estão contidas da posição A1 até a posição D2. Como as leituras são anotadas de forma sequencial, então as 14 medidas da “FAIXA A1 – D2” são A1, B1, C1, D1, E1, F1, G1, H1, I1, J1, A2, B2, C2 e D2. As leituras do próximo sub-trecho, que vai de 30 a 60 metros, iniciam-se na posição seguinte à última leitura do trecho anterior (D2), ou seja, na posição E2.

Após a realização das medições de irregularidades nas ciclofaixas, é necessário, conforme o item **2.3.1.3.**, a distribuição dos resultados em um histograma de frequências. O histograma utilizado neste trabalho é um modelo adaptado de Cundill (1996) e Vogel (2017), e encontra-se no Apêndice A deste trabalho.

Feita a distribuição dos dados de medição de irregularidade das ciclofaixas, é necessário, conforme Cundill (1996), realizar um descarte de 10% das leituras. Esse descarte é feito da seguinte maneira: 5% é descartado do ramo superior e 5% é descartado do ramo inferior. O descarte é realizado sempre da extremidade da coluna vertical (superior ou inferior) para o centro do histograma, como também, da extremidade direita para a esquerda com relação às

linhas. As leituras descartadas são marcadas no histograma com um círculo, enquanto as leituras consideradas são marcadas com um “x”.

Após o descarte das medidas, é feito todo o procedimento de cálculo para a determinação da largura característica do histograma “D”, e em seguida, o valor do Índice de Irregularidade Internacional (IRI) e o Quociente de Irregularidade (QI).

A marcha de cálculo realizada para a determinação destes parâmetros foi realizada com o auxílio e adaptação de uma planilha de cálculo produzida por Vogel (2015), que nada mais é que uma sintetização do processo indicado por Cundill (1996). Segue abaixo a planilha com a marcha de cálculo utilizada para a determinação dos índices de irregularidade de pavimentos.

Tabela 6: Planilha de cálculo dos parâmetros de irregularidade

Nº	Dados	Ramo superior (RS)	Centro (CE)	Ramo inferior (RI)
1	Total de colunas extremas			
2	Leituras consideradas			
3	Fração correspondente			
4	Soma das frações: RS+CE+RI			
5	D			
6	Fator de calibração			
7	D corrigido			
8	R			
9	IRI (m/Km)			
10	QI (contagens/Km)			

Fonte: Adaptado de Vogel (2015).

Tomando o exemplo do histograma do Apêndice A, a coluna “Ramo superior (RS)” indica as leituras do valor de irregularidade que não possuiu todas as leituras descartadas da extremidade superior, ou seja, acima da linha que indica o centro da escala, conforme indica a Figura 35. O mesmo ocorre para a coluna “Ramo Inferior”, sendo que esta está associada à extremidade inferior.

A linha nº 1 “Total de colunas extremas”, é preenchida com a quantidade de pontos marcados na linha do histograma, tanto para o ramo superior quanto para o ramo inferior, nas linhas onde parte das medidas foram descartadas.

Na linha nº 2 “Leituras consideradas”, as células devem ser preenchidas de acordo com a quantidade de pontos de uma determinada linha do histograma que não foram descartadas

totalmente, ou seja, os pontos da linha que não foram eliminados após o procedimento de descarte. Caso nenhum ponto da linha tenha sido descartado, este valor é nulo (VOGEL, 2015).

A linha nº 3 “Fração correspondente” é o resultado da divisão entre os valores da linha nº 2 “leituras consideradas” e nº 1 “Total de colunas extremas”.

A coluna “Centro” só possui valor na linha nº 3 “Fração correspondente”. O seu valor é determinado pela contagem das linhas do histograma que estão compreendidas entre as linhas extremas do Ramo superior e inferior que permaneceram sem nenhuma fração após o descarte de 10% das medidas, conforme indica o método de utilização da máquina (VOGEL, 2015).

A linha nº 4 “Soma das frações” é o resultado da soma dos valores da linha 3 “Frações correspondentes”. Em seguida, a linha nº 5 “D”, é o valor da largura característica do histograma, resultado da multiplicação da linha nº 4 “Soma das frações” por 5. Onde 5 é o valor da altura (5 mm) de cada quadrado que compõe a escala, conforme indicado pelo método de utilização do equipamento.

A linha nº 6 “Fator de calibração”, é o fator utilizado para a correção do valor de D. Este fator foi calculado conforme o item **3.2.3.** deste trabalho. O valor da largura característica do histograma “D” é corrigido através do produto entre o fator de calibração (linha 6) e o valor “D” (linha 5).

Com o valor “D” corrigido (linha 7), utiliza-se, por fim, a equação para o cálculo do Índice de Irregularidade Internacional (IRI), indicado na linha 8 da tabela utilizando a equação 2 “ $IRI = 0,593 + 0,0471 * D$ ”. Após o cálculo do IRI, através da equação 1 “ $QI = 13 * IRI$ ”, é determinado o valor do Quociente de Irregularidades.

Por fim, para cada trecho, todas as informações, tais como tabela de medição, histograma e marcha de cálculo, necessárias ao cálculo dos parâmetros de irregularidade serão dispostas de forma organizada em planilhas contidas na seção de Apêndices deste trabalho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, serão apresentados os resultados referentes ao método utilizado para a realização do objetivo deste trabalho, que é a determinação dos parâmetros de irregularidade de ciclofaixas utilizando o equipamento MERLIN.

4.1. Levantamento da infraestrutura cicloviária da cidade de João Pessoa

As informações relativas a infraestruturas cicloviária da cidade de João Pessoa foram obtidas por meio de requerimento junto ao Departamento de projetos (DPP) da Superintendência Executiva de Mobilidade Urbana da cidade de João Pessoa (SEMOB-JP). Este requerimento foi realizado através de visita pessoal à sede da SEMOB-JP, localizada às margens da BR 230, Km 25 – Cristo Redentor – João Pessoa PB, onde foi necessário o preenchimento de um formulário, onde necessário os dados pessoais do requerente, como também as informações desejadas e o motivo da obtenção.

Feito o requerimento, por volta de 5 dias úteis após a entrada do pedido, foram enviadas, via e-mail, o mapa do plano cicloviário da cidade de João Pessoa, como também uma planilha de quantitativos das infraestruturas cicloviárias, contendo as infraestruturas existentes, sua localização, extensão, ano de implantação. Estas informações se encontram na seção de Anexos deste trabalho.

Nota-se que algumas informações, tais como tipo de revestimento, largura, declividade de rampa não foram enviadas. Logo, foi necessário a realização de uma visita de campo, de modo a obter as informações que faltavam, como por exemplo o tipo de revestimento de cada infraestrutura. As informações relativas ao tipo de revestimento de cada tipo de infraestrutura cicloviária foram organizadas em uma planilha, localizada na seção de Anexos deste trabalho.

4.2. Etapas construtivas e de regulagem da Máquina MERLIN

4.2.1. Montagem

A máquina MERLIN utilizada neste trabalho como instrumento de medição de irregularidade de vias é da marca SOLOTEST, pertencente ao Laboratório de Geotecnia e Pavimentação da Universidade Federal da Paraíba (LAPAV – UFPB).

A montagem do equipamento foi realizada pelos técnicos do LAPAV – UFPB, respeitando todos os passos descritos no manual. Este processo foi bem simples e rápido, tendo em vista a sua estrutura formada por peças simples e de fácil manuseio, assim como afirma Cundill (1996).

Após a montagem, a máquina MERLIN ficou disposta conforme a figura a seguir:

Figura 36- Disposição da máquina MERLIN após sua montagem.



Fonte: O autor.

4.2.2. Alinhamento da máquina

Após a montagem da máquina MERLIN, foi realizado o procedimento de alinhamento vertical e horizontal da sonda de medição. Este processo foi realizado com o auxílio do manual de uso do equipamento, como também com a ajuda do corpo técnico do LAPAV-UFPB. Os passos para a realização do alinhamento lateral e horizontal foram realizados conforme às etapas descritas no item **2.3.1.5. “Alinhamento”**, presente no capítulo 2 deste trabalho.

4.2.3. Calibração da máquina

A calibração da máquina MERLIN foi realizada logo após ao alinhamento vertical e horizontal. Os passos para o procedimento de calibração foram seguidos conforme o item **2.3.1.5. “Calibração”**, presente no capítulo 2 deste trabalho.

O bloco de calibração utilizado neste trabalho possuía formato circular, conforme mostra a figura a seguir.

Figura 37 - Bloco de calibração da máquina MERLIN



Fonte: O autor.

Visando uma melhor precisão, foi feita a verificação da espessura do bloco de calibração. Para esta verificação, utilizou-se um paquímetro digital da marca “DIGIMESS”. Este instrumento pertence ao LAPAV-UFPB e estava perfeitamente calibrado e conservado.

Figura 38 - Paquímetro digital utilizado.



Fonte: O autor.

Foram realizadas três medidas de espessura em posições diferentes do bloco. Após isso, foi calculada a média das três espessuras obtidas. O resultado das medições está organizado na tabela abaixo:

Tabela 7 - Tabela de verificação de espessura do bloco de calibração.

Verificação	Espessura (mm)
1ª posição	6,05
2ª posição	6,12
3ª posição	6,07
Média	6,08

Fonte: O autor.

A calibração foi realizada utilizando a superfície do piso do LAPAV-PB, escolhido com base em sua planicidade. A máquina MERLIN foi posicionada e em seguida, a posição do ponteiro foi marcada no quadro com uma linha. Após isso, na mesma posição, a sonda foi levantada e foi colocado o bloco de calibração, e depois a sonda foi abaixada até tocar a superfície do bloco de calibração. Em seguida, foi marcada uma linha na nova posição do ponteiro de leituras no quadro de medição. A distância “S” entre as linhas marcadas no quadro foi medida em milímetros. Logo, o fator de calibração da máquina MERLIN é calculado conforme a **equação 3** do item **2.3.1.5** deste trabalho, Assim:

$$FC = \frac{10 * T}{S} = \frac{10 * 6,08}{65} = \mathbf{0,9353}$$

Onde:

FC = Fator de calibração;

T = Espessura do bloco de calibração. Obtido através da média das leituras de espessura, conforme a Tabela 7;

S = Distância em milímetros entre as duas linhas marcadas no quadro de leituras;

4.2.4. Seção para a realização de teste do equipamento

Após realizadas as etapas de montagem, alinhamento e calibração, foi necessária a escolha de uma seção para verificar o funcionamento da máquina MERLIN, assim como indica

Cundill (1996). É importante ressaltar que esta seria a primeira vez que o equipamento seria usado, logo, esperava-se que o mesmo tivesse um perfeito funcionamento.

A seção de testes escolhida foi a via de acesso entre o Centro de Ciências Jurídicas (CCJ) e o Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN), ambos pertencentes ao campus I da UFPB, localizado no Bairro do Castelo Branco, João Pessoa – PB. Possuía revestimento asfáltico.

Figura 39 - Vista da seção escolhida para a realização de testes.



Fonte: O autor.

O procedimento de leituras foi feito conforme indica Cundill (1996). O mesmo indica que seja realizado no mínimo 200 medições. Porém, devido a limitação do comprimento do trecho, foram realizadas aproximadamente 107 medições. Um número de medições inferior a 200 medições resulta numa imprecisão com relação aos cálculos do parâmetro. Porém, os resultados obtidos foram coerentes com a situação atual do estado de conservação do revestimento da via. Desse modo, concluiu-se que as etapas preliminares ao uso do Merlin foram bem realizadas, assim como o seu funcionamento estava correto.

4.3. Escolha das amostras a serem estudadas

Os dados obtidos junto à SEMOB-JP foram de extrema importância para o andamento da pesquisa, porém, não foram suficientes para uma avaliação mais abrangente acerca da rede cicloviária da cidade de João Pessoa. Informações como tipo de pavimento, largura da infraestrutura e declividade de rampa não foram fornecidas. Para contornar a situação, foi realizada uma visita de campo com o intuito de se obter estes dados.

A visita de campo também serviu para verificar as ciclofaixas contidas em vias bem movimentadas, com presença de áreas comerciais, escolas, igreja ou a qualquer outro estabelecimento ou local que pudesse influenciar de maneira direta ou indireta no aumento da movimentação de pessoas, e conseqüentemente na movimentação de veículos automotores e bicicletas.

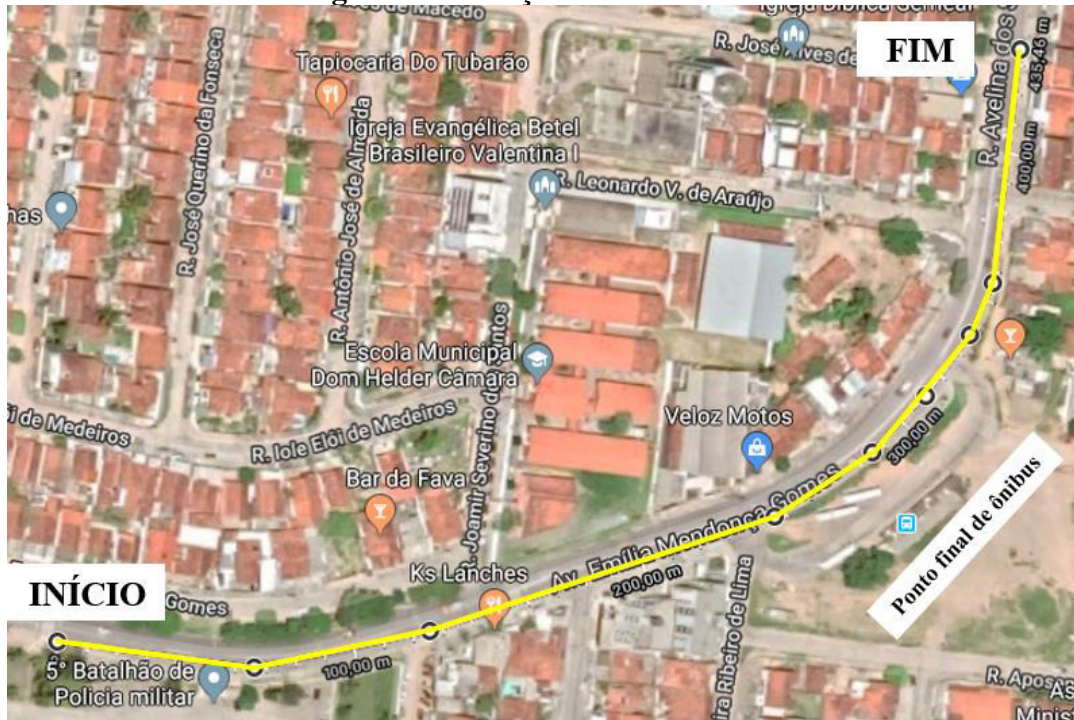
O método de uso da máquina MERLIN, conforme o item **2.3.1.3.** deste trabalho, pede que sejam realizadas 200 medições com espaçamento regular de aproximadamente 2 metros entre cada medida, tomando como referência a revolução da roda da máquina. O diâmetro da roda da máquina utilizada neste trabalho possui 27 polegadas, aproximadamente 0,6858 m. Logo, a revolução completa da roda equivale à um perímetro percorrido de aproximadamente 2,15 m. Desse modo, para que fossem realizadas 200 medições, era necessário um comprimento de trecho de no mínimo 430 m.

Com base nos critérios e premissas acima abordados, foram escolhidas três amostras de ciclofaixas. Para cada uma delas, a seguir, é feita uma breve descrição de suas características, tais como localização e tipo de pavimento, como também o mapeamento de cada um dos seus sub-trechos.

4.3.1. Trecho nº 1

Início localizado em frente ao “5º Batalhão de Polícia Militar da Paraíba”, situado na rua Emília Mendonça Gomes, no bairro Valentina de Figueiredo. O ponto final do trecho foi em frente à loja “*Renovação móveis*”, situada na rua Avelina dos Santos, nº 302, Valentina de Figueiredo. Foi implantada em 2011, possui revestimento asfáltico e sentido bidirecional. A escala utilizada no Merlin foi a 1:10. O percurso do trecho seguiu conforme o traçado (em amarelo) no mapa abaixo.

Figura 40 – Traçado do trecho nº 1



Fonte: Adaptado do Google Maps.

Os pontos de início e fim do trecho nº 1, ilustrados na Figura 40, são mostrados de forma mais detalhada na imagem a seguir, onde o ponto inicial é a foto à esquerda e o ponto final é a foto à direita da Figura 41 abaixo.

Figura 41 - Ponto de início e fim do trecho nº 1.



Fonte: O autor.

Na Figura 43, mostrada anteriormente, a foto localizada à esquerda mostra a rua de acesso à entrada do ponto final e a foto à direita mostra a rua de saída do ponto final.

Neste trecho, embora a ciclofaixa seja bidirecional, após uma análise de campo ficou constatado que o desgaste maior era na faixa mais próxima ao meio fio da calçada. Logo, as medidas de irregularidades foram tiradas na faixa mais próxima ao meio fio.

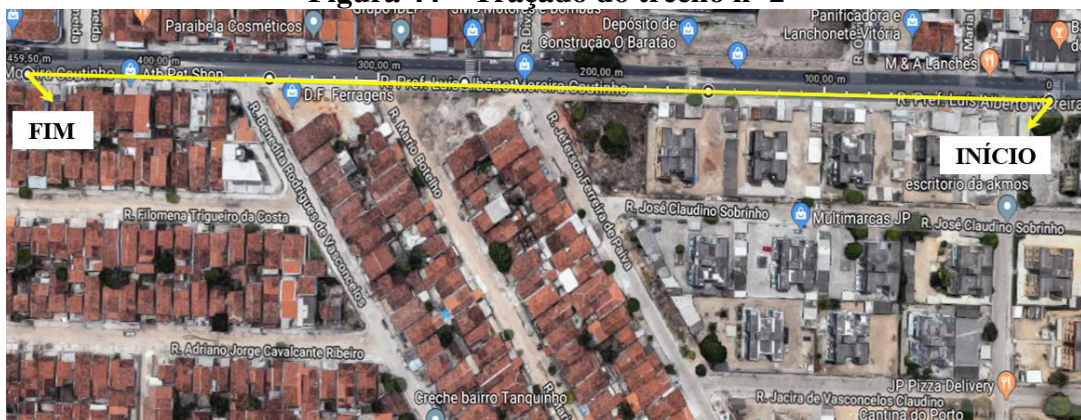
Descrição dos sub-trechos

- ❖ **0 – 30 m (A1 – D2):** Acesso ao portão de entrada do 5º Batalhão de polícia militar no fim do sub-trecho;
- ❖ **30 – 60 m (E2 – H3):** Presença de ponto de parada de ônibus (meio do sub-trecho) e de remendos no (10 m finais);
- ❖ **60 – 90 m (I3 – B5):** Presença de remendos (10 m iniciais);
- ❖ **90 – 120 m (C5 – F6):** Entrada de rua (início do sub-trecho);
- ❖ **120 – 150 m (G6 – J7):** Ponto comercial (início do sub-trecho), diversas entradas de garagens de casas ao longo do sub-trecho;
- ❖ **150 – 180 m (A8 – D9):** Entrada de rua (início do sub-trecho), entrada de garagem de edifício e lombada (fim do sub-trecho);
- ❖ **180 – 210 m (E9 – H10):** Entrada de garagem de edifício (início do sub-trecho);
- ❖ **210 – 240 m (I10 – B12):** Rua de acesso ao ponto final de ônibus (início do sub-trecho);
- ❖ **240 – 270 m (C12 – F13):** Nenhum elemento;
- ❖ **270 – 300 m (G13 – J14):** Nenhum elemento;
- ❖ **300 – 330 m (A15 – D16):** Rua de saída dos ônibus do ponto final (início do sub-trecho);
- ❖ **330 – 360 m (E17 – H17):** Nenhum elemento;
- ❖ **360 – 390 m (I17 – B19):** Entrada de rua (início do sub-trecho) e entradas de garagens de casas ao longo do sub-trecho;
- ❖ **390 – 420 m (C19 – F20):** Entradas de garagens de casas ao longo do sub-trecho;
- ❖ **420 – 430 m (G20 – J20):** Entradas de garagens de casas ao longo do sub-trecho;

4.3.2. Trecho nº 2

O ponto inicial e final do trecho estavam localizados na rua Prefeito Luís Alberto Moreira Coutinho, no bairro Mangabeira VI. O início do trecho estava localizado em frente a “Atitude óptica e a Em Natural – Empório de produtos naturais”, nº 234. O ponto final estava localizado em frente à “Padaria e Mini box do irmão”, nº 213. A ciclofaixa foi implantada em 2011, possui revestimento asfáltico e sentido bidirecional. A escala utilizada no Merlin foi a 1:10. O percurso do trecho seguiu conforme o traçado no mapa abaixo.

Figura 44 – Traçado do trecho nº 2



Fonte: Adaptado do Google Maps.

Os pontos de início e fim do trecho nº 2, ilustrados na Figura 44, são mostrados de forma mais detalhada na imagem a seguir, onde o ponto inicial é a foto à esquerda e o ponto final é a foto à direita da Figura 45 abaixo.

Figura 45 – Ponto inicial e final do trecho nº 2



Fonte: O autor

O trecho era bastante movimentado e possuía alguns estabelecimentos comerciais, como por exemplo depósito de materiais de construção, quitandas, borracharia, Pet shop, restaurantes e lanchonetes, padaria e farmácia, ginásio poliesportivo, além de várias entradas de ruas e de garagens de edificações, além de um ponto de parada e ônibus, conforme mostra as figuras a seguir.

Figura 46 – Detalhamento do trecho n° 2



Fonte: O autor

Figura 47 – Detalhamento do trecho n° 2



Fonte: O autor

Neste trecho, optou-se por tirar medidas das duas faixas de circulação. Primeiramente, as medidas foram tiradas da faixa mais próxima à pista de circulação de veículos. Todo o percurso da máquina MERLIN foi feito sobre uma trilha de roda identificada no pavimento.

Em seguida, quando as 200 medidas foram tiradas da faixa mais próxima à via de veículos, o sentido da máquina foi invertido e foram tiradas as medidas da faixa mais próxima ao meio fio da calçada, que por sinal possuía muitas falhas. Nota-se que o percurso foi realizado de forma inversa, sendo o ponto inicial a “*padaria e Mini Box do Irmão*” e o ponto final sendo como em frente à “*Atitude óptica e a Em Natural – Empório de produtos naturais*”.

Descrição dos sub-trechos

- ❖ **0 – 30 m (A1 – D2):** Entrada de rua e quitanda (meio do sub-trecho);
- ❖ **30 – 60 m (E2 – H3):** Entrada de garagem de residência (início do sub-trecho), ponto de parada de ônibus (meio do sub-trecho);
- ❖ **60 – 90 m (I3 – B5):** Entrada de garagens de condomínio (meio do sub-trecho), entrada de garagem de casa (fim do sub-trecho);
- ❖ **90 – 120 m (C5 – F6):** Borracharia (meio do sub-trecho), entrada de garagem de casa (fim do sub-trecho);
- ❖ **120 – 150 m (G6 – J7):** Entrada de garagens de condomínio (fim do sub-trecho);
- ❖ **150 – 180 m (A8 – D9):** Lombada (meio do sub-trecho);
- ❖ **180 – 210 m (E9 – H10):** Nenhum elemento;
- ❖ **210 – 240 m (I10 – B12):** Entrada de rua e depósito de materiais de construção praticamente em toda a extensão do sub-trecho;
- ❖ **240 – 270 m (C12 – F13):** Nenhum elemento;
- ❖ **270 – 300 m (G13 – J14):** Entrada de rua (fim do sub-trecho);
- ❖ **300 – 330 m (A15 – D16):** Nenhum elemento;
- ❖ **330 – 360 m (E16 – H17):** Entrada de garagens de casas e entrada de rua (15 m finais);
- ❖ **360 – 390 m (I17 – B19):** Borracharia (fim do trecho);
- ❖ **390 – 420 m (C19 – F20):** Estacionamento de pet shop e entrada de garagens de casas (fim do sub-trecho)
- ❖ **420 – 430 m (G20 – J20):** Presença de alguns remendos no pavimento;

Após uma análise de campo foi constatado que a faixa mais próxima ao meio fio era a que apresentava um maior desgaste. Desse modo, as medidas de irregularidade foram tiradas apenas da faixa mais próxima ao meio fio.

Descrição dos sub-trechos

- ❖ **0 – 30 m (A1 – D2):** Falhas no pavimento (início do sub-trecho), algumas barracas de lanche (ao longo do sub-trecho);
- ❖ **30 – 60 m (E2 – H3):** Presença de um remendo no pavimento (meio do sub-trecho);
- ❖ **60 – 90 m (I3 – B5):** Nenhum elemento
- ❖ **90 – 120 m (C5 – F6):** Entrada de rua (fim do sub-trecho);
- ❖ **120 – 150 m (G6 – J7):** Entrada de garagens de casa (10 m iniciais), depósito de materiais de construção (fim do sub-trecho);
- ❖ **150 – 180 m (A8 – D9):** Entrada de rua (meio do sub-trecho), entrada de garagem de casa (fim do sub-trecho);
- ❖ **180 – 210 m (E9 – H10):** Sucata/oficina mecânica ao longo do trecho;
- ❖ **210 – 240 m (I10 – B12):** Entrada de rua (começo do sub-trecho)
- ❖ **240 – 270 m (C12 – F13):** Garagens de edificações (15 m finais);
- ❖ **270 – 300 m (G13 – J14):** Entrada de estacionamento de academia, igreja, casa de materiais de construção, loja de acessórios de carros ao longo do trecho, rotatória no fim do trecho;
- ❖ **Rotatória: Não foi feita nenhuma medição na rotatória devido ao tráfego intenso de veículos. As medições continuaram após a rotatória, na rua Francisco Porfírio Ribeiro.**
- ❖ **300 – 330 m (A15 – D16):** Presença de remendo (início do sub-trecho), entrada de garagens ao longo do trecho;
- ❖ **330 – 360 m (E16 – H17):** Entrada de garagens de casas ao longo do trecho, presença de remendo (fim do sub-trecho);
- ❖ **360 – 390 m (I17 – B19):** Presença de remendos (início do sub-trecho), entradas de garagens de casas ao longo do sub-trecho;
- ❖ **390 – 420 m (C19 – F20):** Entradas de garagens ao longo do trecho, entrada da equipadora (fim do sub-trecho);
- ❖ **420 – 430 m (G20 – J20):** Presença de bueiro e entrada de garagem no fim do trecho;

4.4. Processamento e análise dos resultados

Seguem abaixo as tabelas com as medições de irregularidade, como também o resultado do cálculo dos parâmetros de irregularidade longitudinal dos trechos de ciclofaixas que foram escolhidos conforme o método. A Tabela 3 do DNIT servirá como base para a classificação da ciclofaixa.

Na seção de Apêndices, foi colocado, para cada trecho, uma planilha contendo todas as informações necessárias ao cálculo dos parâmetros de irregularidade, tais como a tabela de medição, o histograma de frequências e toda o procedimento de cálculo.

4.4.1. Trecho nº 1

Após o ensaio, segue abaixo o resultado das medidas de irregularidade do pavimento da ciclofaixa do trecho nº 1.

Tabela 8 - Resultado das leituras do trecho 1.

TABELA DE LEITURAS DE CAMPO										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	25	34	19	38	34	35	36	33	33	34
2	34	34	32	38	32	32	32	40	32	30
3	35	34	32	50	50	41	32	50	35	31
4	48	22	35	32	34	32	32	34	36	34
5	36	30	34	35	35	48	27	34	32	37
6	34	32	35	34	35	35	34	32	35	32
7	42	34	41	30	34	35	34	38	29	34
8	36	31	34	32	35	32	33	31	33	30
9	35	35	38	50	22	34	33	32	32	34
10	31	34	29	33	32	32	40	31	40	22
11	29	33	48	48	21	16	20	40	34	35
12	33	34	33	36	32	33	32	32	36	33
13	30	33	31	32	38	37	32	32	34	36
14	32	32	35	37	34	36	31	32	33	33
15	50	27	28	50	40	24	34	38	33	25
16	38	36	40	34	27	37	37	29	39	31
17	29	29	30	41	37	31	33	25	34	33
18	50	26	34	40	37	37	9	28	34	25
19	34	39	29	36	27	30	33	43	25	37
20	40	34	18	41	25	25	31	34	27	36

Fonte: O autor.

Para uma melhor visualização dos dados da Tabela 8, as leituras que indicavam elevações acima de 5 mm (maior ou igual a 35) foram marcadas de amarelo. As leituras cuja a irregularidade foi nula (igual a 25) foram marcadas de azul. As leituras que indicavam afundamentos superiores a 5 mm (menor ou igual a 15) foram marcadas de vermelho. Vale lembrar que cada unidade da escala equivale a 0,5 mm de variação real no solo, pois a escala utilizada é a 1:10.

Pela Tabela 8, percebe-se que o pavimento possui muitas elevações acima de 5 mm, poucas medidas com irregularidade nula e somente uma medida com afundamento acima de 5 mm. Esse comportamento, de muitas medidas de elevação acima de 5 mm, indicam uma forte tendência de o pavimento ter um grande valor de irregularidade longitudinal.

Observando as leituras da Tabela 8 de maneira sequencial, pode-se fazer a seguinte análise:

- **0 - 100 m (A1 - F5):** Na faixa onde está o portão de entrada do 5º Batalhão de Polícia (B2 – E2) ocorre afundamento (C2) seguido por elevação (D3), causado, possivelmente, pelo fluxo de veículos que adentram ao batalhão. Variação de medidas devido a presença de vários pontos do pavimento da ciclofaixa com remendo (D3 – H3, A4 – B4), inclusive próximo à parada de ônibus (D3 – H3). Alguns pontos, situados em faixas sem elementos de interferência, possuem grandes variações de medidas (A1 – E1, H2) indicando afundamento (C1) e elevações (D1, H2), que podem ter sido causadas por alguma falha durante a pavimentação, ou pelo tráfego ou estacionamento de veículos automotores. A elevação em (F5) pode ter ocorrido devido a entrada de rua.
- **100 - 200 m (G5 - B10):** Algumas faixas (G5 – J5 e A8 – D8) possuem variação de medidas causada, possivelmente, pela presença de entrada de rua em ambos os intervalos. Existe uma faixa (A7 – J7) onde ocorrem variações abruptas entre as medidas que refletem elevações (A7, C7, H7) e afundamentos (B7, D7, I7) do pavimento, causados, possivelmente pela presença de algumas entradas de garagens de edificações. A faixa (C9 – E9) possui grande variação devido a presença de uma lombada.
- **200 - 300 m (C10 - 14H):** As primeiras medidas (C10 – H10) possuem alguns pontos de grande variação (C10 e G10), causados, possivelmente pela presença de uma garagem de edifício. O intervalo que compreende a rua de acesso ao ponto final de ônibus (I10 – H11) possui uma variação grande nas medidas, indicando os

afundamentos (**J10, E11, F11, G11**) e elevações (**I10, C11, D11, H11**) causados, possivelmente, pela deformação do pavimento devido ao acréscimo de tensões devido ao tráfego de ônibus ao ponto final;

- **300 - 430 m (14I – J20):** A faixa inicial deste trecho (**A15 – F15**) possui uma grande oscilação nas medidas, indicando afundamentos (**B15, C15, F15**) e elevações (**A15, D15, E15**), causados, possivelmente, pela deformação do pavimento devido ao acréscimo de tensões causado pelo tráfego de ônibus quando saem do ponto final. A faixa (**A18 – D18**) possui grande variação, indicando afundamento (**B18**) e elevações (**A18 e D18**), causados, possivelmente, pela deformação do pavimento devido ao cruzamento dos carros com a ciclofaixa quando entram e saem da rua. Nesta faixa, conforme a descrição, existe uma grande quantidade de casas com garagens ao longo de sua extensão. Desse modo, ocorre oscilação nas medidas, havendo afundamentos (**G18, C20**) e elevações (**H19, A20, D20**), causadas pela deformação do pavimento por meio do tráfego de veículos automotores.

Após a descrição acima, segue abaixo a planilha de cálculo dos parâmetros de irregularidade do pavimento da ciclofaixa do trecho 1.

Tabela 9 - Planilha de cálculo dos parâmetros de irregularidade do trecho 1.

Nº	Dados	Ramo sup. (RS)	Centro (CE)	Ramo inf. (RI)
1	Total de colunas extremas	-	-	4
2	Leituras consideradas	-	-	1
3	Fração correspondente	0	23	0,25
4	Soma das frações: RS+CE+RI	23,25		
5	D	116,25		
6	Fator de calibração	0,935		
7	D _{corrigido}	108,69375		
8	R	5,71		
9	IRI (m/Km)	5,71		
10	QI (contagens/Km)	74,26		

Fonte: O autor.

Conforme a Tabela 3, o pavimento da ciclofaixa possui classificação com o conceito “PÉSSIMO”.

De modo geral, vários fatores podem ter contribuído para o alto valor do IRI neste trecho, como por exemplo a presença de vários remendos e afundamentos na ciclofaixa, principalmente nos pontos de entrada de rua, acesso de entrada e saída ao ponto final dos ônibus, como também em alguns pontos onde haviam garagens, conforme toda descrição e análise feita anteriormente.

Outro fator que pode ser levado em conta é o aumento das solicitações no pavimento da ciclofaixa causado pelo estacionamento e circulação automotores. Inclusive, no dia das medições foram presenciadas várias situações onde este tipo de comportamento ocorreu.

4.4.2. Trecho nº 2

Após o ensaio, segue abaixo o resultado das medidas de irregularidade do pavimento da ciclofaixa do trecho nº 2

Tabela 10 - Resultado das leituras do trecho 2.

TABELA DE LEITURAS DE CAMPO										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	29	33	33	30	35	47	28	27	31	34
2	30	27	33	32	31	30	31	29	29	29
3	32	30	34	28	31	29	33	32	34	30
4	31	30	29	27	32	33	32	30	22	38
5	31	27	31	29	27	30	29	11	26	32
6	33	31	28	28	28	30	32	26	32	32
7	33	30	26	33	34	34	29	31	29	28
8	30	28	30	33	31	22	32	28	33	30
9	26	29	31	32	31	31	32	30	28	27
10	33	27	28	32	28	27	33	26	28	26
11	33	25	31	30	37	32	27	25	33	33
12	30	25	32	34	32	21	32	33	32	33
13	30	33	31	28	28	31	30	32	35	32
14	38	23	37	30	32	27	29	35	27	34
15	30	29	29	28	34	32	31	33	30	35
16	30	30	34	35	27	31	32	29	29	35
17	41	32	29	36	31	28	24	31	32	33
18	30	26	27	38	32	40	36	33	35	30
19	29	34	33	30	32	25	28	28	30	30
20	21	27	37	50	30	31	31	8	15	33

Fonte: O autor.

Assim como na Tabela 8, a variação dos dados da Tabela 10 também foram marcados para elevações acima de 5 mm (amarelo), irregularidade nula (azul), afundamentos acima de 5 mm (vermelho).

Comparado às leituras referentes ao trecho nº 1 (Tabela 8), houve poucas medidas de elevação e afundamento acima de 5 mm. Isto significa que este pavimento é mais regular.

Observando as leituras da Tabela 10 de maneira sequencial, pode-se fazer a seguinte análise:

- **0 - 100 m (A1 - F5):** A faixa inicial de medidas (**E1 – B2**) existe variação considerável, indicando irregularidade do pavimento da ciclofaixa por meio de afundamentos (**G1, H1, B2**) e elevações (**F1**), causados, possivelmente, pelo cruzamento dos automotores com a ciclofaixa quando entram na rua. As demais medidas, apesar da presença de entradas de garagens e de um ponto de parada de ônibus coletivo, possuem baixa oscilação, salvo algumas (D4, I4, B5 e E5) que podem ter sido causadas por algum erro ou falha de execução do pavimento, ou pelo tráfego de veículos na ciclofaixa;
- **100 - 200 m (G5 - B10):** Na faixa inicial existe algumas medidas baixas (**H5 e I5**), que caracterizam afundamento do pavimento, causado, possivelmente, pela presença de uma borracharia. Inclusive no momento da medição havia a presença de um carro estacionado na ciclofaixa em frente a este estabelecimento. No restante do trecho existe variação baixa, onde em certas faixas as medidas permanecem constantes (**C6 – E6, I6 – A7, D7 – F7, C9 – H9**), apesar da presença de uma entrada de acesso às garagens de algumas edificações;
- **200 - 300 m (C10 - 14H):** Nos primeiros 50 m (C10 – E12) existe a presença de uma rua que dá acesso a um depósito de materiais de construção. As medidas referentes a esse trecho conferem uma variação significativa, justificada pela deformação do pavimento causada, possivelmente, pela entrada e saída de carros e caminhões carregados de materiais. As últimas medidas (**B14 – H14**) possuem variação significativa, causada, possivelmente, pela deformação do pavimento devido o cruzamento de carros com a ciclofaixa por causa de uma entrada de rua. As demais variações podem ter sido causadas pelo tráfego indevido de automotores na ciclofaixa.

- **300 - 430 m (14I - J10):** Os 50 metros iniciais (**I14 – A17**) são caracterizados pela presença de algumas entradas de garagens de edificações e uma rua. As demais medidas possuem variação significativa, que pode ser justificada pela presença de entrada de garagens de edificações (**E16 – J16, A20 – F20**), pontos comerciais com estacionamento (**C19 – F19**), borracharia (**H18 – B19**), como também alguns pontos com remendos (**H20 – I20**);

Após a descrição abaixo, segue abaixo a planilha de cálculo dos parâmetros de irregularidade do pavimento da ciclofaixa do trecho 2.

Tabela 11 - Planilha de cálculo dos parâmetros de irregularidade do trecho 2.

Nº	Dados	Ramo sup. (RS)	Centro (CE)	Ramo inf. (RI)
1	Total de colunas extremas	4	-	-
2	Leituras consideradas	3	-	-
3	Fração correspondente	0,75	11	0
4	Soma das frações: RS+CE+RI	11,75		
5	D	58,75		
6	Fator de calibração	0,935		
7	D _{corrigido}	54,93125		
8	R	3,18		
9	IRI (m/Km)	3,18		
10	QI (contagens/Km)	41,34		

Fonte: O autor.

Conforme a Tabela 3, o trecho nº 2, relacionado a faixa mais próxima à pista de rolamento dos carros possui classificação “REGULAR”.

Assim como no trecho 1, durante a realização das medições, pode-se observar a circulação de motocicletas, automóveis e ônibus (próximo ao ponto de parada) na ciclofaixa. Outro fato observado é que em alguns pontos da ciclofaixa, principalmente onde estavam as borracharias, haviam alguns veículos estacionados realizando manutenção. Estes fatores

podem, também, ter influenciado na variação das medidas de irregularidades, pois aumentam a solicitação do pavimento, causando deformações e afundamentos.

4.4.3. Trecho nº 2.1

O trecho 2.1 equivale ao mesmo percurso feito no trecho 2, sendo que de forma inversa, como explicado no item 3.3. 2.. O que difere esta medição da realizada no trecho 2 é que ela foi realizada na faixa mais próxima ao meio fio da calçada.

Segue abaixo o resultado das medidas de irregularidade do pavimento da ciclofaixa do trecho 2.1.

Tabela 12 - Resultado das leituras do trecho 2.1.

TABELA DE LEITURAS DE CAMPO										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	42	25	17	26	31	35	7	26	33	12
2	27	27	37	38	36	34	26	31	28	14
3	24	34	41	27	30	31	27	19	21	30
4	25	42	12	29	27	27	34	10	37	13
5	43	33	41	35	23	36	34	28	27	27
6	32	34	22	28	37	32	32	31	32	27
7	36	18	29	27	18	31	33	27	44	41
8	26	37	26	30	29	29	30	31	38	31
9	35	34	31	31	20	33	32	23	21	25
10	26	28	30	15	15	18	26	34	35	34
11	29	37	27	40	37	31	26	26	31	30
12	26	30	27	32	29	29	29	29	27	31
13	29	30	30	32	26	32	30	26	31	35
14	12	32	31	31	27	31	27	31	30	29
15	30	29	29	33	29	28	28	32	27	30
16	24	28	3	13	26	29	30	48	24	20
17	19	31	25	27	24	30	26	31	30	35
18	32	30	29	29	34	34	25	29	34	29
19	38	31	26	31	30	35	30	26	30	29
20	30	30	28	24	20	19	31	33	28	30

Fonte: O autor.

Comparando a Tabela 12 (trecho 2.1) com a Tabela 10 (trecho 2), percebe-se que o trecho 2.1 possuem um número maior de medidas de elevação e afundamento do pavimento superior ou igual a 5 mm. Esse fato indica uma tendência para o trecho 2.1 ter um número maior de irregularidade longitudinal.

O percurso do ensaio foi feito no sentido inverso ao realizado no trecho 2. Desse modo, os elementos de interferência permanecem os mesmos, só que estarão dispostos no percurso de forma inversa.

- **0 - 130 m (A1 - J6):** O início do trecho (**A1 – C4**) possui pontos de grande variação nos valores de medidas, indicando afundamentos (**C1, G1, J1, J2, H3, I3 e C4**) e elevações (**A1, D2, E2, C3, B4**) resultantes da presença de remendos (**C17**) e de pontos comerciais com estacionamento (**I2 – C3**) e a borracharia (**H3 – C4**). A faixa onde aproximadamente se localiza a entrada de uma rua (**G4 – C5**) possui alguns pontos de afundamento (**H4, J4**) e elevação (**I4, A5, C5**), causados, possivelmente, pela deformação do pavimento devido ao tráfego de automotores. As demais leituras (**D5 – J6**) são medias em pontos onde existe a presença de algumas entradas de garagens, sendo esta uma das possíveis justificativas que causou a variação das medidas. Nota-se que a oscilação de medidas ao longo do trecho é maior, indicando um maior efeito de deformação no pavimento devido as solicitações;
- **130 - 230 m (A7 - F11):** Nas leituras referentes aos 50 m iniciais (**A7 – C9**) nota-se que a oscilação é grande, principalmente nas primeiras leituras, onde localiza-se uma entrada de rua. Nas medidas relativas aos 50 m finais (**D9 – F11**), trecho onde localiza-se o depósito de materiais de construção, existe grande oscilação no perfil do pavimento, indicando afundamentos (**D10, E10, F10**) e elevações (**I10, J10, B11, D11, E11**), causados pelo aumento de solicitações devido ao tráfego de caminhões carregados com materiais de construção;
- **230 - 330 m (G11 - B16):** Inicialmente existe grande oscilação nas medidas (**I11 – D12**), que pode ser justificada pela presença de garagens de entradas de carro. Nas medidas que correspondem os 50 m finais (**J13 – B16**), faixa onde existe a entrada de acesso a um condomínio e garagens de várias casas, existe uma variação significativa nos valores, sendo que há um valor medido muito baixo (**A14**), caracterizando um afundamento que possivelmente foi causado pela passagem de carros. As últimas medidas (**H15 – B16**), realizadas na faixa onde localiza-se o início da borracharia, a variação foi pequena, porém considerável, justificada pela frequência de estacionamentos de veículos que vão realizar manutenção;
- **330 - 430 m (C16 - J20):** As primeiras medidas (**C16 e D16**) são baixas, caracterizando afundamento que possivelmente foi causado pela influência da

borracharia. Após a borracharia existe uma entrada de garagem, que pode ter influenciado numa mudança abrupta de medida de elevação (**H16**) e afundamento (**J16, A17**). O intervalo que contém o ponto de ônibus (**C18 - C19**), possui variação significativa, causada pela deformação do pavimento devido ao tráfego de ônibus na ciclofaixa quando há o embarque e desembarque de passageiros. As últimas medidas (**C20 – J20**) caracterizam o intervalo onde existe uma entrada de rua (**E20 – H20**). Neste intervalo ocorrem alguns pontos de afundamento (**E20, F20**), causados, possivelmente, pelo tráfego de veículos quando cruzam a ciclofaixa para entrarem na rua.

Após a descrição acima, segue abaixo a planilha de cálculo dos parâmetros de irregularidade do pavimento da faixa mais próxima ao meio fio.

Tabela 13 - Planilha de cálculo dos parâmetros de irregularidade do trecho 2.1

Nº	Dados	Ramo sup. (RS)	Centro (CE)	Ramo inf. (RI)
1	Total de colunas extremas	2	-	3
2	Leituras consideradas	1	-	2
3	Fração correspondente	0,5	22	0,67
4	Soma das frações: RS+CE+RI	23,17		
5	D	115,83		
6	Fator de calibração	0,935		
7	D _{corrigido}	108,3041667		
8	R	5,69		
9	IRI (m/Km)	5,69		
10	QI (contagens/Km)	73,97		

Fonte: O autor.

Conforme a Tabela 3, a faixa mais próxima ao meio fio da calçada da ciclofaixa do trecho nº 2 possui classificação “PÉSSIMA”.

Apesar de estarem submetidas aos mesmos elementos de interferência com os automotores, percebe-se que existe uma grande diferença de parâmetros entre a faixa mais próxima da pista de circulação de automóveis e a faixa mais próxima ao meio fio da calçada.

Durante os ensaios, percebeu-se que a incidência e a gravidade dos defeitos no pavimento eram maiores na faixa mais próxima ao meio fio, principalmente nos pontos onde haviam entradas de ruas, ponto de ônibus, entradas de garagens. Esse fato é constatado na tabela de irregularidades deste ensaio, onde, através de uma comparação com os valores obtidos na tabela da faixa mais próxima à pista de circulação, percebe-se uma diferença significativa.

A fraqueza do pavimento da faixa mais próxima ao meio fio pode estar associada à presença constante de água, tendo em visto que esta faixa também está mais próxima da sarjeta da rua. Os afundamentos no pavimento causados pelas solicitações de tráfego dos automotores acabam armazenando a água por meio de poças. A água empoçada acaba penetrando nas fissuras do pavimento. Quando ocorrem as solicitações, o pneu dos automotores acaba comprimindo a água armazenada, aumentando assim a pressão de confinamento, causando, portanto, o enfraquecimento da camada de revestimento do pavimento.

4.4.4. Trecho nº 3

Tabela 14 - Resultado das leituras do trecho 3.

TABELA DE LEITURAS DE CAMPO										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	41	28	32	35	38	21	43	23	20	23
2	33	33	48	32	24	33	27	32	24	31
3	33	25	30	33	30	37	29	20	32	26
4	29	33	21	32	35	36	32	31	21	32
5	22	33	31	32	30	33	37	30	33	6
6	15	17	30	5	24	30	30	21	33	28
7	36	28	27	29	31	30	33	29	27	28
8	25	33	31	30	31	33	21	25	29	31
9	32	25	21	27	34	26	30	25	32	37
10	32	37	28	27	24	35	25	29	25	29
11	34	32	34	17	39	29	27	30	23	49
12	15	18	31	22	26	3	33	31	34	25
13	38	32	35	29	36	31	35	28	30	34
14	33	22	40	29	33	40	40	36	34	29
15	30	34	27	35	20	33	32	28	28	34
16	26	33	33	31	30	39	40	23	35	31
17	36	32	24	34	27	50	7	30	20	25
18	32	27	33	28	42	27	29	31	28	50
19	30	24	32	31	33	28	28	36	32	29
20	33	28	32	28	33	28	50	13	22	27

Fonte: O autor.

Percebe-se que o trecho nº 3 possui muitas medidas de afundamento e elevação acima de 5 mm. Este fato indica uma tendência de um grande valor de irregularidade

Observando as leituras da Tabela 14 - Resultado das leituras do trecho 3. de maneira sequencial, pode-se fazer a seguinte análise:

- **0 - 100 m (A1 - F5):** As medidas relativas aos primeiros 50 m (**A1 – C3**) possuem oscilação significativa, causada pela presença de remendos e pequenas panelas (buracos) (**A1, F1, G1, C2**) no pavimento. Os 50 metros finais (**D3 – F5**) possuem variação significativa, causada pelo estacionamento indevido de automóveis, tendo em vista que este trecho possui muitas barracas de lanches. Durante a medição foram feitos vários flagras de carros que utilizavam esse trecho da ciclofaixa como acostamento;
- **100 - 200 m (G5 - B10):** As medidas iniciais (**J5 – D6**) deste trecho possuem valores muito baixos, causados, possivelmente, pela presença de uma entrada de rua, que pelo fato de ser bastante movimentada, acaba causando a deformação do pavimento, através de afundamentos, devido ao tráfego intenso de veículos motorizados. Existe um depósito de materiais de construção (**H7 – C8**), e nos 50 m finais (**J7 – B10**) existe a entrada de uma rua, como também a existência de várias casas com garagens. Isto pode explicar a oscilação das medidas ao longo do trecho, causada pelo tráfego de veículos na ciclofaixa;
- **200 - 300 m (C10 - 14H):** No início desta faixa (**I10 – J14**), conforme a descrição, existe uma entrada de rua, que pode ser a justificativa de algumas mudanças abruptas de medidas (**C11 – F11**), causadas, possivelmente, pela deformação do pavimento pelo cruzamento dos veículos com a ciclofaixa. A variação das medidas do intervalo (**H11 – B12**) pode ter sido causada pela influência da entrada da rua, ou por alguma falha na execução do pavimento, ou até mesmo pelo tráfego e estacionamento indevido de automotores na ciclofaixa. A variação de medidas no intervalo (**C13 – C13**) pode ter sido causada pela influência de entradas de garagens, ou por alguma falha de execução ou trafego indevido de veículos automotores, principalmente pelo fato de ter uma medida de afundamento muito significativa (**F12**). As medidas finais (**E13 – H14**) possuem variação significativa devido a presença de vários pontos comerciais, tais como academia, loja de materiais de construção, que possuem estacionamento para automóveis e caminhões;

- **300 - 430 m (I14 – J20):** As medidas que correspondem aos 30 m iniciais (**I14 – B16**) possuem variação significativa devido a presença de remendos no pavimento da ciclofaixa, como também a presença de algumas entradas de garagens. Os 30 m subsequentes (**C16 – G17**) possuem variação significativa devido a presença de algumas entradas de garagens, e no fim, possui remendos (**F17 e G17**) no pavimento da ciclofaixa, caracterizando uma grande variação nas medidas. Os 30 m seguintes (**I17 – B19**) também possuem remendos no pavimento (**I17**), como também a presença de várias entradas de garagens, caracterizando uma oscilação significativa das medidas de irregularidade. As medidas correspondentes aos 40 m finais (**C19 – J20**) possuem oscilação que possivelmente foi causada devido a presença de um bueiro (**G20 e H20**) como também pela existência de entradas de garagens e de uma equipadora de automóveis;

Após a descrição acima, segue abaixo a planilha de cálculo dos parâmetros de irregularidade do pavimento da ciclofaixa.

Tabela 15- Planilha de cálculo dos parâmetros de irregularidade do trecho 3

Nº	Dados	Ramo sup. (RS)	Centro (CE)	Ramo inf. (RI)
1	Total de colunas extremas	-	-	4
2	Leituras consideradas	-	-	2
3	Fração correspondente	0	20	0,5
4	Soma das frações: RS+CE+RI	20,5		
5	D	102,5		
6	Fator de calibração	0,935		
7	D _{corrigido}	95,8375		
8	R	5,11		
9	IRI (m/Km)	5,11		
10	QI (contagens/Km)	66,39		

Fonte: O autor.

Conforme a Tabela 3, conclui-se que a faixa mais próxima ao meio fio da calçada da ciclofaixa do trecho nº 3 possui classificação “PÉSSIMA”.

De maneira geral, o alto de valor de IRI e de QI pode estar associado à um grande número de remendos, conforme a descrição do trecho. Além dos remendos, era perceptível a intensidade dos afundamentos de pavimento em pontos característicos, como entradas de rua, entradas de comércio, entradas de garagens.

Dentre os 3 trechos estudados, este é o que possuía maior movimentação de veículos automotores. Como consequência disto, o número de interferência entre veículos motorizados e a ciclofaixa ocorrem com mais frequência. Este fato foi comprovado no dia das medições, pois o espaço destinado à circulação dos ciclistas estava obstruído pela presença de automóveis estacionados, dificultando a medição em alguns pontos. Nota-se que este estacionamento era feito próximo a pontos comerciais, e que durante a realização das medições, foi presenciado o constante tráfego de motocicletas na ciclofaixas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após todo o estudo relacionado ao cálculo dos parâmetros de irregularidade longitudinal de alguns trechos de ciclofaixas no município de João Pessoa, algumas considerações devem ser levadas em conta, a saber:

- A Classificação do IRI e do QI por meio da Tabela 3 é feita para a circulação de automotores em pavimentos de rodovias. Conforme o capítulo 2, os efeitos causados pela irregularidade longitudinal são diretamente proporcionais à velocidade de tráfego do veículo. É notório que um automotor desempenha uma velocidade muito superior a que é atingida por uma bicicleta. Logo, os péssimos valores de IRI e QI calculados nos três trechos escolhidos podem causar pouco impacto durante a circulação das bicicletas na ciclofaixa, pois a velocidade alcançada, principalmente dentro de vias urbanas, é baixa;
- Por outro lado, os altos valores de IRI e QI refletem a presença de patologias no pavimento da ciclofaixa, tais como afundamentos, panelas e buracos, como também a presença de remendos e areia, conforme ocorreu nos trechos estudados. Estas patologias, dependendo do seu grau de intensidade, podem causar desconforto e danificação da estrutura física da bicicleta mesmo sendo baixa a velocidade desempenhada, principalmente pelo fato de que a maioria dos usuários das ciclofaixas possuem bicicletas simples, sem sistema de

amortecimento, e desse modo acabam sofrendo com os impactos causados pelas irregularidades;

- Outro fato a ser considerado é a questão do conforto. Os automotores possuem sistemas de amortecimento, onde o usuário pouco sente os efeitos de irregularidade. Já os ciclistas que não possuem bicicletas sofisticadas, com sistema de amortecimento e assento confortável, sofrem os desconfortos gerados pelos impactos oriundos das irregularidades do pavimento;
- A presença de afundamentos no revestimento do pavimento, atrelados à insuficiência a drenagem de águas pluviais podem causar a formação de poças d'água, que dependendo das grau de intensidade do afundamento, podem ter grandes tamanhos. A água empoçada na ciclofaixa causa um desconforto durante a circulação do ciclista. Este fato foi constatado durante às visitas pessoais às ciclofaixas presentes em João Pessoa, onde foi presenciada a circulação de ciclistas nas faixas destinadas a locomoção de veículos automotores, pois a ciclofaixa estava inundada;
- No trecho 2, onde foram realizados dois ensaios de medição, sendo um na faixa mais próxima à pista de rolamento dos veículos e o outro na faixa mais próxima ao meio fio, ficou constatado que os efeitos de irregularidades são maiores na faixa mais próxima ao meio fio e à sarjeta. Apesar de que nos outros trechos não foram realizados os dois ensaios, um em cada faixa, apenas uma análise visual foi suficiente para atestar essa característica, pois era notória a diferença entre os defeitos de ambas as faixas.
- Ficou bastante claro que nos pontos onde há entradas de ruas, garagens de casas e condomínios, acessos a estacionamentos de estabelecimentos comerciais próximos à ciclofaixas, pontos de ônibus, existe uma grande variação do perfil longitudinal do pavimento, causado, possivelmente, pelo tráfego e estacionamento indevido de automotores na ciclofaixa;
- Os altos valores de IRI e QI da ciclofaixa podem indicar que os valores de IRI e QI da pista de rolamento dos automotores também são altos, pois as solicitações de veículos nas faixas de rolamento de veículos são maiores que nas ciclofaixas;
- Durante a realização das medições foram presenciadas várias situações onde a ciclofaixa era utilizada de maneira indevida por parte dos usuários de veículos motorizados. Muitos usuários usavam a ciclofaixa para realizar ultrapassagens, fugir de congestionamentos, estacionamentos, mesmo havendo a presença de sinalização proibindo estas manobras;
- No caso de estabelecimento comerciais do tipo borracharia, a ciclofaixa era utilizada como local de parada e manutenção dos carros, havendo a presença de resíduos, tais como graxas

e óleos no pavimento da ciclofaixa. Logo, percebe-se que apesar da existência de uma infraestrutura destinada à circulação de bicicletas, objetivando a melhoria da questão da mobilidade urbana da cidade, é necessário uma conscientização e educação maior por parte dos usuários de automotores e de estabelecimentos comerciais, que devem respeitar devidamente as sinalizações e o espaço destinado à infraestrutura cicloviária;

Por fim, de maneira geral, apesar de ser um método de medição manual e passível de erros, a utilização da máquina MERLIN como instrumento para a medição de irregularidades longitudinal de ciclofaixas se mostrou eficaz e fácil de ser utilizado, conforme indica Cundill (1996). Os cuidados iniciais, tais como montagem, alinhamentos e calibração são fundamentais para que os resultados obtidos sejam coerentes com a realidade apresentada.

Por outro lado, o que deixa um pouco a desejar é o fato de que não existe ainda uma norma específica que indique os parâmetros de irregularidades ideais para o transporte cicloviário (ciclovias, ciclofaixas). Desse modo, como sugestão para trabalhos futuros, pode-se pesquisar e verificar quais os valores de IRI e QI seriam indicados para o pavimento de infraestruturas cicloviárias.

6. REFERÊNCIAS

BIOSOM. **10 benefícios incríveis de andar de bicicleta para sua saúde.** Disponível em: < <https://biosom.com.br/blog/atividade-fisica/10-beneficios-incriveis-de-andar-de-bicicleta-para-a-saude/> >. Acesso em 03 de abril de 2019.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Transportes e da Mobilidade Urbana. Programa Bicicleta Brasil. **Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade por Bicicletas nas Cidades.** Brasília, 2007.

_____. Secretaria Nacional de Mobilidade Urbana – SEMOB. **Caderno técnico para projetos de mobilidade urbana: Transporte ativo.** Brasília, 2016. Disponível em: < <https://www.mobilize.org.br/midias/pesquisas/transporte-ativo---projetos-de-mobilidade-urbana.pdf> >. Acesso em 06 de abril de 2019.

BRAVO, Diego. **Bicicletas antigas: fotos legais para quem gosta de bikes retrô.** 2013. Disponível em: < <http://somentecoisaslegais.com.br/produtos/bicicletas-antigas-fotos-legais-para-quem-gosta-de-bikes-retro> >. Acesso em 02 de abril de 2019.

BUENO, Maria Helena Berardo. **Uma mobilidade urbana ou uma pseudomobilidade urbana está sendo construída nas cidades?.** Artigo científico, Universidade Estadual de Goiás, Goiás, 2014. Disponível em: <https://www.usp.br/nutau/anais_nutau2014/trabalhos/Nova%20pasta/bueno_mariahelena.pdf >. Acesso em 24 de março de 2019.

CARDOSO, Mariana. **Análise de alternativas de infraestrutura cicloviária em um trecho com base no plano diretor cicloviário integrado de Porto Alegre – RS.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

CARVALHO, C. H. R. **Desafios da Mobilidade urbana no Brasil.** Brasília: Ipea, 2016. (Texto para Discussão, n. 2198). Disponível em: < http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6664/1/td_2198.pdf >. Acesso em 25 de Março de 2019;

CRUZ, Willian. **Como são pavimentadas (ou pintadas) as ciclovias – na Holanda e no Brasil**. 2016. Disponível em: < <http://vadebike.org/2013/08/pintura-ciclovias-holanda-e-brasil/> >. Acesso em 05 de abril de 2019.

CUNDILL, M. A. **The MERLIN road roughness machine: user guide**. TRL Report 229. London. 1996. 18p.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de pavimentação** – 3ª ed. – Rio de Janeiro: IPR, 2006. 274p.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos** – 2ª ed. – Rio de Janeiro: IPR, 2006b. 310p. Disponível em: < http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/..%5Carquivos_internet%5Cipr%5Cipr_new%5Cmanuais%5CManual_de_Restauracao.pdf >. Acesso em 08 de abril de 2019.

DNER – Departamento Nacional de Estradas e Rodagens .**Calibração e controle de sistemas medidores de irregularidade de superfície dopavimento (Sistemas Integradores IPR/USP e Maysmeter)**. DNER-PRO 164/94. Rio de Janeiro, 1994. 18p.

_____. Departamento Nacional de Estradas e Rodagens .**Projeto de restauração de pavimentos flexíveis e semi-rígidos**. DNER-PRO 159/85. Rio de Janeiro, 1985. 31p

FERREIRA, Clarisse Rocha. **Análise de parâmetros que afetam a avaliação subjetiva de pavimentos cicloviários: Um estudo de caso em ciclovias do Distrito Federal**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

GEIPOT – Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. **Planejamento cicloviário: Diagnóstico nacional**. Distrito Federal, 2001a. Disponível em: < <http://www.geipot.gov.br/IndexG.htm> >. Acesso em 01 de abril de 2019.

_____. **Manual de planejamento cicloviário**. Distrito Federal, 2001b. Disponível em: < <http://projects.mcrit.com/tiete/attachments/article/291/Manual%20de%20planejamento%20ciclov%C3%A1rio%20-%20GEIPOT%20-%202001.pdf> >. Acesso em 06 de abril de 2019.

ITDP – Instituto de Políticas de Transporte & Desenvolvimento. **Política de Mobilidade por Bicicletas e Rede Ciclovária da Cidade de São Paulo: Análise e Recomendações**. Novembro, 2015. Disponível em: < <http://itdpbrasil.org.br/wp-content/uploads/2016/03/Relatorio-Ciclovias-SP.pdf> >. Acesso em 20 de Março de 2019;

JUNIOR, Jorge Antonio de Oliveira Oleques. **Análise do parâmetro da irregularidade longitudinal do pavimento da RS/734 com o uso do equipamento Merlin no município de Rio Grande–RS**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, 2008.

LAGE, Luciana de Assis. **Novos desafios para a mobilidade urbana sustentável: o estudo de caso do uso da bicicleta em Belo Horizonte**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e urbanismo) - UFMG, Belo Horizonte, 2017.

LIMA, Luiz Carlo Bueno de. **Programa Bicicleta Brasil - Programa brasileiro de mobilidade por bicicletas**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/painelsetorial/palestras/programaBicicletaBrasil.pdf> >. Acesso em 03 de abril de 2019.

MARTINS, Karla Gonçalves. **Expansão urbana desordenada e aumento dos riscos ambientais à saúde humana: O caso brasileiro**. Trabalho de conclusão de curso, UNB, Planaltina, 2012.

RAU, Sabrina Leal. **Sistema Ciclovário e suas potencialidades de desenvolvimento: o caso de Pelotas / RS**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2012.

ROSSI, Anna Carolina. **Etapas de uma obra de pavimentação e dimensionamento para uma via na Ilha do Fundão**. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2016.

SIMOB/ANTP – Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Públicos. **Relatório geral 2014**. 2018. Disponível em: < <http://files.antp.org.br/simob/simob-2014-v10.pdf> >. Acesso em 05 de abril de 2019.

SOUSA, Vítor Felipe Guedes de. **Mobilidade Urbana no Centro da Cidade de João Pessoa: Uma Proposta Sob Um Novo Paradigma**. Trabalho de conclusão de curso, UFPB, João Pessoa, 2017.

TRANSPORTE ATIVO. **A bicicleta: Passado, presente e futuro**. 2009. Disponível em: <<http://www.ta.org.br/site3/IMG/eparq.pdf>>. Acesso em 02 de abril de 2019.

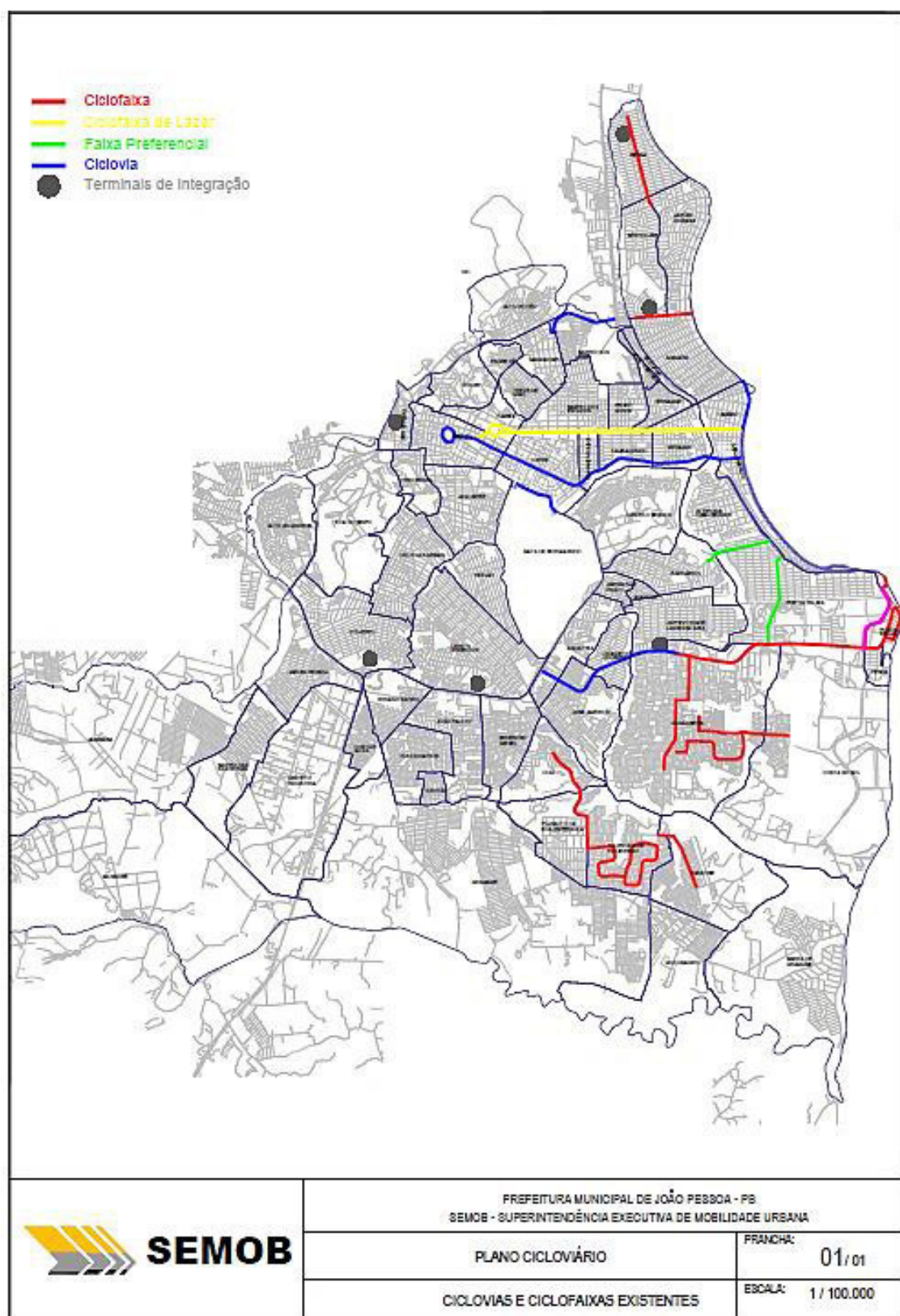
TRL - Transport Research Laboratory. **The MERLIN Road Roughness Machine: User Guide (TRL Report 229)**. Londres, 1996.

VIANNA, Guilherme Szczerbacki Besserman. **Mobilidade urbana no brasil: uma estimativa do produto perdido em trânsito**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, 2013.

VIEIRA, Rubens; SOARES, Elaine Maria. **Avaliando Pavimentos**. Revista Notícia das construções. 2012. p.42-44 . Disponível em: <https://www.ipt.br/download.php?filename=803-Noticias_da_construcao_sinduscon_dezembro_de_2012.pdf>. Acesso em 09 de Abril de 2019.

VOGEL, Cristovão Ricardo. **Acompanhamento da irregularidade longitudinal pós-restauração de pavimento em concreto asfáltico de rodovia estadual do Noroeste do estado do Rio Grande do Sul**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI. Santa Maria, 2015.

ANEXO A – Plano cicloviário da cidade de João Pessoa fornecido pela SEMOB-JP



ANEXO B – Quantitativos da infraestrutura cicloviária de João Pessoa

QUANTITATIVO DE CICLOVIAS, CICLOFAIXAS E FAIXAS ESPECIAIS							
BAIRRO	RUA	CICLOVIA (Km)	CICLOFAIXA (Km)	FAIXA PREFERENCIAL (Km)	CICLOFAIXA DE TREINAMENTO (Km)	CICLOFAIXA DE LAZER (Km)	Ano de implantação
Centro	Parque da Lagoa	0,892					2016
Centro	Av. Epirácio Pessoa					11,600	2013
Geisel e Cuiá	Rua Adalgisa Carneiro Cavalcanti		2,458				2010
Valentina	Rua Mariangela L. Peixoto		1,948				2011
	Rua Inspectora Emilia de Mendonça e Rua Avelina dos Santos		2,726				
Paratibe	Nova Mangabeira		1,529				2011
Mangabeira	Rua Cel. Benvenuto Gonçalves da Costa; Rua Severino Mascena Dantas; Rua Prefeito Luiz Alberto Moreira Coutinho		2,749				2011
Mangabeira / Cidade Verde	Rua Ten. Amônio Lima Pessoa e Rua sem nome		4,677				2011
José Américo / Mangabeira	Av. Híron Souto Maior (viaduto - rotatória de Mangabeira)	3,276					2009
	Av. Híron Souto Maior (rotatória de Mangabeira - PB 008)		4,068				
Costa do Sol	Av. Panorâmica (Poso na PB 008/ Farol do Cabo Branco)		1,820				2012
	Av. Panorâmica (Poso na PB 008/ Estação Ciência)				3,340		
Cabo Branco	Oria do Cabo Branco e Tambáú	5,230					2010
Aktiplano	Av. João Ciríjio	3,709					SEINFRA
Quadrantes	Av. Antônio Maria			3,946			2012
Timbó	Av. João Crisóstomo			2,887			2012
Manaira	Av. Flávio Ribeiro Coutinho		1,207				2000
Bessa	Av. Paulo Roberto Accioly		1,972				2013
Torre	Av. Pedro II	1,120					2009
Bairro dos Ipês	Tancredo Neves -REVITAZAR	1,663					Dec. De 80
Torre/ Expedicionários/ Tambauzinho/ Miramar/ Cabo Branco	Av. Min José Américo de Almeida	6,465					2018
Ponta do Seixas	Rua Com. José Gomes dos Santos; Rua do Maceio; Rua dos Pescadores; Rua das Falésias		2,175				2017
Km	Total de Ciclovias Existentes	22,355	27,329	6,833	3,340	11,600	
	Total da Malha Cicloviária			59,857		11,600	
	Total Geral:			71,457			

APÊNDICE E – Planilha de dados do Trecho nº 3

LOCALIZAÇÃO DA CICLO FAIXA			
LOCAL: R. Coronel Benevenuto Gonçalves da Costa	BAIRRO: Mangabeira	CIDADE: João Pessoa	ESTADO: PARAÍBA
CARACTERÍSTICAS DA CICLO FAIXA			
ANO DE IMPLANTAÇÃO: 2011	PAVIMENTO: Flexível	REVESTIMENTO: Asfáltico	SENTIDO DE CIRCULAÇÃO: Bidirecional
DADOS DO ENSAIO			
DATA: 13/04/2019	FAIXA : Próxima à pista de circulação dos automotores	INÍCIO: CENDOR - C. de reabilitação e tratamento da dor	FIM: EQUIPCAR BOM JESUS (R. Porfírio Ribeiro)
Nº DE LEITURAS: 200	DISTÂNCIA PERCORRIDA : 430 metros	FATOR DE CALIBRAÇÃO: 0,935	COMPRIMENTO DO SUB TRECHO: 30 metros

TABELA DE LEITURAS DE CAMPO										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	41	28	32	35	38	21	43	23	20	23
2	33	33	48	32	24	33	27	32	24	31
3	33	25	30	33	30	37	29	20	32	26
4	29	33	21	32	35	36	32	31	21	32
5	22	33	31	32	30	33	37	30	33	6
6	15	17	30	5	24	30	30	21	33	28
7	36	28	27	29	31	30	33	29	27	28
8	25	33	31	30	31	33	21	25	29	31
9	32	25	21	27	34	26	30	25	32	37
10	32	37	28	27	24	35	25	29	25	29
11	34	32	34	17	39	29	27	30	23	49
12	15	18	31	22	26	3	33	31	34	25
13	38	32	35	29	36	31	35	28	30	34
14	33	22	40	29	33	40	40	36	34	29
15	30	34	27	35	20	33	32	28	28	34
16	26	33	33	31	30	39	40	23	35	31
17	36	32	24	34	27	50	7	30	20	25
18	32	27	33	28	42	27	29	31	28	50
19	30	24	32	31	33	28	28	36	32	29
20	33	28	32	28	33	28	50	13	22	27

Máquina MERLIN para medições de irregularidades de vias																																								
Histograma de frequências																																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36					
-	1																																							
-	2																																							
1	3	o																																						
-	4																																							
1	5	o																																						
1	6	o																																						
1	7	o																																						
-	8																																							
-	9																																							
-	10																																							
-	11																																							
-	12																																							
1	13	o																																						
-	14																																							
2	15	o	o																																					
-	16																																							
2	17	o	o																																					
1	18	o																																						
-	19																																							
4	20	x	x	x	x																																			
6	21	x	x	x	x	x	x																																	
4	22	x	x	x	x																																			
4	23	x	x	x	x																																			
6	24	x	x	x	x	x	x																																	
9	25	x	x	x	x	x	x	x																																
4	26	x	x	x	x																																			
11	27	x	x	x	x	x	x	x	x																															
15	28	x	x	x	x	x	x	x	x	x																														
13	29	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																													
16	30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																												
14	31	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																											
19	32	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																										
23	33	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																									
9	34	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																									
7	35	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																									
6	36	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																									
4	37	x	x	x	x																																			
2	38	x	x																																					
2	39	x	x																																					
4	40	x	x	o	o																																			
1	41	o																																						
1	42	o																																						
1	43	o																																						
-	44																																							
-	45																																							
-	46																																							
-	47																																							
1	48	o																																						
1	49	o																																						
3	50	o	o	o																																				

DIVISÃO DOS SUB TRECHOS										
(m)	0 - 30	30 - 60	60 - 90	90 - 120	120 - 150	150 - 180	180 - 210	210 - 240	240 - 270	270 - 300
FAIXA	A1 - 2D	E2 - H3	I3 - B5	C5 - F6	G6 - J7	A8 - D9	E9 - 10H	I10 - B12	C12 - F13	G13 - J14
(m)	300 - 330	330 - 360	360 - 390	390 - 420	420 - 430					
FAIXA	A15 - D16	E16 - H17	I17 - B19	C19 - F20	G20 - J20					

Cálculo do "D"

$$D = (RS + CE + RI) * 5$$

RS: RAMO SUPERIOR	CE: CENTRO	RI: RAMO INFERIOR
-------------------	------------	-------------------

Cálculo do valor de R

$$R = 0,593 + 0,0471 * D_{corrigido}$$

Nº	Dados	Ramo sup. (RS)	Centro (CE)	Ramo inf. (RI)
1	Total de colunas extremas	-	-	4
2	Leituras consideradas	-	-	2
3	Fração correspondente	0	20	0,5
4	Soma das frações: RS+CE+RI		20,5	
5				