



**Universidade Federal da Paraíba**

**Centro de Tecnologia**

**Departamento de Engenharia Civil e Ambiental**

**Curso de Engenharia Civil**

**Luiz Paulo Dos Reis Lago**

**ANÁLISE DE DEFEITOS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS DA CIDADE DE JOÃO  
PESSOA POR MEIO DE IMAGENS COLETADAS PELO *GOOGLE EARTH***

**João Pessoa**

**2021**

**Luiz Paulo Dos Reis Lago**

**ANÁLISE DE DEFEITOS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS DA CIDADE DE JOÃO  
PESSOA POR MEIO DE IMAGENS COLETADAS PELO *GOOGLE EARTH***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em plataforma online ao curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários à conclusão do curso de Engenharia Civil.

Orientador:

Prof. Dr. Ricardo Almeida de  
Melo

**João Pessoa**

**2021**

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Luiz Paulo dos Reis Lago**

**Análise de defeitos em pavimentos flexíveis da cidade de João Pessoa por meio de imagens coletadas pelo *Google Earth***

Trabalho de Conclusão de Curso em 16/07/2021 perante a seguinte Comissão Julgadora:



---

Ricardo Almeida de Melo - professor orientador  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Aprovado

---



---

Fábio Zanchetta - membro 1  
Universidade de Brasília - UnB



---



---

Pablo Brillhante de Sousa - membro 2  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Aprovado

---



---

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

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

L177a Lago, Luiz Paulo Dos Reis.

ANÁLISE DE DEFEITOS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS DA CIDADE  
DE JOÃO PESSOA POR MEIO DE IMAGENS COLETADAS PELO  
GOOGLE EARTH / Luiz Paulo Dos Reis Lago. - João Pessoa,  
2021.

64 f.

Orientação: Ricardo Almeida Melo.  
TCC (Graduação) - UFPB/CAEC.

1. Análise de defeitos em pavimentos em João Pessoa. I.  
Melo, Ricardo Almeida. II. Título.

UFPB/BS/CT

CDU 621(043.2)

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	6
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	7
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
1.1 Objetivos.....	12
1.1.1 Objetivos específicos.....	12
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	12
2.1 Pavimento flexível.....	12
2.2 Defeitos em pavimentos.....	13
2.2.1 Tipos de defeitos nos pavimentos.....	14
2.3 Tipos de vias de trânsito.....	23
2.4 Métodos de avaliação de pavimentos.....	23
2.5 Gerência de pavimentos.....	28
2.6 Métodos de avaliação.....	30
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	31
3.1 Área de estudo.....	31
3.2 Programa utilizado.....	32
3.3 Zonas.....	33
3.3.1 Zona Sul.....	33
3.3.2 Zona Norte.....	33
3.3.3 Zona Leste.....	34
3.3.4 Zona Oeste.....	35
3.4 Formulário.....	36
3.5 Tipos de vias de trânsito.....	36
3.6 Classificação da condição do pavimento.....	39
3.7 Análise entre os métodos de avaliação.....	40
<b>4. RESULTADOS</b> .....	40
4.1 Análise por zona.....	41
4.1.1 Zona Sul.....	41
4.1.2 Zona Norte.....	43
4.1.3 Zona Leste.....	45
4.1.4 Zona Oeste.....	46
4.2 Análise estatística de resultados.....	48
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	55
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	57
<b>ANEXOS</b> .....	60

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1: Imagem das zonas da cidade de João Pessoa/ Paraíba .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 2: imagem da zona Sul.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 3: Imagem da Zona Norte .....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 4: imagem zona Leste .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 5: imagem da zona Oeste .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 6: Via arterial da zona Sul de João Pessoa .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 7: Via local da zona Sul de João Pessoa .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 8: Via coletora da zona Norte de João Pessoa.....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 9: Condição do pavimento das vias coletoras da Zona Sul .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 10: Condição do pavimento das vias arteriais da Zona Sul .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 11: Condição do pavimento das vias locais da Zona Sul.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 12: Condição do pavimento das vias coletoras da Zona Norte. ....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 13: Condição do pavimento das vias arteriais da Zona Norte .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 14: Condição do pavimento das vias locais da Zona Norte .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 15: Condição do pavimento das vias coletoras da Zona Leste .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 16: Condição do pavimento das vias arteriais da Zona Leste. ....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 17: Condição do pavimento das vias coletoras da Zona Oeste .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 18: Condição do pavimento das vias arteriais da Zona Oeste .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 19: Condição do pavimento das vias locais da Zona Oeste.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 20: Correlação entre o ICPU e ICP. ....</b>	<b>48</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Defeitos em pavimentos flexíveis.....	13
Tabela 2: Escala de classificação do estado de conservação do pavimento para o ICP.....	39
Tabela 3: Escala de classificação do estado de conservação do pavimento para o ICPU.....	39
Tabela 4: Classificação conforme o ICP.....	40
Tabela 5: Classificação conforme o ICPU.....	40
Tabela 6: Valores do UPCI e PCI para a Zona Sul.....	49
Tabela 7: Valores do UPCI e PCI para a Zona Norte.....	50
Tabela 8: Valores do UPCI e PCI para a Zona Leste.....	52
Tabela 9: Valores do UPCI e PCI para a Zona Oeste.....	53

## ANEXOS

Anexo 1: Formulário Asphalt Institute.....	60
--	----

## **AGRADECIMENTOS**

O sentimento é de imensa gratidão a Deus por todos os momentos bons e difíceis que passei até chegar aqui. A minha família que sempre me apoiou em todas as etapas dessa vitória, em especial minha mãe Vanderly e meu pai João que sempre me motivaram a continuar, a minhas tias Irisalva e Amparo pelo carinho, a minha noiva Hosana que esteve do meu lado desde o início dessa caminhada, aos meus irmãos João Rafael e Thiago Augusto por todo apoio, a minha sogra Osvaldina e meus cunhados que sempre se disponibilizaram a ajudar, aos meus irmãos universitários que mesmo diante de tantas barreiras me proporcionaram momentos incríveis em minha vida. Não poderia deixar de agradecer a minha grande amiga Ingridy por toda paciência e ensinamentos, a todos os meus professores da UFPB que contribuíram para minha formação, em especial meu orientador Prof. Ricardo pela dedicação e orientação. Muito obrigado!



## 1. INTRODUÇÃO

As primeiras iniciativas em relação a construir pavimentos ocorreram na região do Egito, onde a necessidade de transporte de insumos para construção de templos religiosos de maneira mais fácil teve como consequência o aparecimento das primeiras pavimentações. No Brasil, tais ideias surgiram no ano de 1560 com a construção de seus primeiros pavimentos. Entretanto, apenas em 1861, com a inauguração da estrada União indústria que em seu constituinte fez uso do macadame, estrutura semelhante à utilizada nos dias de hoje, que a prática da pavimentação foi difundida por todo país (LUCENA, 2018).

A partir dos anos 1950, o sistema rodoviário teve um grande destaque na economia nacional por ser o principal meio de transportes de cargas do interior do país para os centros consumidores e para exportações. Afim de que a infraestrutura rodoviária tivesse tal importância, muitos investimentos foram feitos ao longo de 30 anos, promovendo as ligações entre as mais distantes localidades do país, servindo também como uma estratégia para impulsionar o desenvolvimento de regiões menos favorecidas como o Nordeste brasileiro (ALBUQUERQUE, 2007).

Atualmente, de acordo com o Sistema Nacional de Viação – SNV, o Brasil conta com 1.720.700 quilômetros de rodovias. Entretanto, somente 213.453 quilômetros de rodovias pavimentadas e 1.507.248 quilômetros de rodovias não pavimentadas, que correspondem, respectivamente a 12,4% e 87,6% da extensão total (CNT, 2017).

A base de transportes no Brasil é centrada no modo rodoviário. Para Lessa (2011), essa estruturação é proveniente do processo histórico gerado pela expansão do modelo fordista de produção que motivou a política de transportes brasileira a partir da década de 50, tendo como destaque a fundação do complexo automotivo no Brasil.

De acordo com a Confederação Nacional de Transportes (CNT) de Rodovias 2018, o modelo rodoviário corresponde a 61% do transporte de mercadorias e 95% da de passageiros, o que deixa evidente a importância desse modelo para a cadeia produtiva nacional além da integração regional brasileira. De acordo com a CNT (2018), o investimento em transportes da União totalizou R\$7,18 milhões sendo a divisão 71,3% rodoviário, 5,4% ferroviário, 6% aquaviário e 17,3% aéreo.

Entretanto, as rodovias federais pavimentadas crescem aproximadamente 1,5% a cada ano, o que resulta em um aumento na extensão de aproximadamente de

12,0% no acumulado dos últimos 10 anos. Todavia, de 2015 para 2016, percebe-se uma redução no crescimento das vias urbanas pavimentadas. Essa redução é consequência da transferência de cerca de 4.500 km de rodovias federais para os Estados e para o Distrito Federal por força da MP nº 082/2002. Essa diferença só foi efetivada, contudo, após a publicação da Medida Provisória MP nº 708/2015, que, por sua vez, foi posteriormente sancionada por meio da Lei nº 13.298/2016 (CNT, 2016).

A infraestrutura das vias urbanas tem um papel de grande relevância para o desenvolvimento econômico local, devido, principalmente, a sua capacidade de escoar pessoas e cargas por meio dos transportes, além de contribuir diretamente para a qualidade de vida da população e melhorar a mobilidade urbana, estando presente direta e indiretamente em todas as atividades diárias, assim, é necessário que tais vias se encontrem em condições adequadas para atender as demandas do tráfego (NETO *et al.*, 2019).

As vias mais exigidas pelo tráfego, condições climáticas e até mesmo de seu tempo de existência, têm sua capacidade de servir reduzida, sendo preciso realizar atividades de manutenção e reabilitação para suportar as cargas sem prejudicar o desempenho do tráfego. No entanto, no Brasil, os procedimentos de conservação e reparo da malha pavimentada se reduzem a operações tapa-buracos e recapeamentos, sem o levantamento prévio do custo a longo prazo dessas medidas que são feitas para reparar problemas imediatos e não devem ser realizadas quando o nível de severidade e repetição do defeito é alto (ZANCHETTA, 2017).

Nesse sentido, de acordo com o DNIT (2011), os pavimentos representam um valioso patrimônio para o país, cuja conservação e restauração oportunas são fundamentais para a sua preservação. Com isso, qualquer interrupção ou redução na intensidade ou na frequência dos serviços necessários à manutenção desse patrimônio implica aumentos substanciais nos custos de operação e manutenção também dos veículos e na necessidade de investimentos cada vez mais vultosos para sua recuperação.

Dessa maneira, mesmo com os avanços tecnológicos e ampliação das redes viárias com o crescimento das cidades, as decisões com relação à conservação e reabilitação dos pavimentos urbanos ainda têm sido feitas apenas com base na experiência de alguns profissionais e, principalmente, por razões políticas. Atualmente, as manutenções são feitas de forma aleatória, com o sentido de resolver

as necessidades mais extremas de reparo, sem nenhum planejamento prévio. Geralmente, a gerência de pavimentos começa com a coleta e análise dos dados e termina com as devidas estratégias de manutenção e reabilitação e a previsão orçamentária para o período analisado. Assim, busca o melhor retorno possível para os recursos aplicados, provendo pavimentos seguros, confortáveis e, principalmente, econômicos aos usuários, economia adquirida com redução dos custos de manutenção e reabilitação dos pavimentos e redução dos custos de operação dos veículos (LOPES *et al.*, 2004).

Para o cumprimento da função do pavimento, é necessária a execução de serviços de recuperação na malha viária com constância, solicitando a utilização de uma matriz variada de recursos físicos e/ou humanos e um fluxo contínuo de recursos financeiros, priorizando as vias mais deterioradas. Essa avaliação é feita por meio do levantamento de dados coletados pelos órgãos competentes (DNIT, 2005).

Atualmente, a malha viária é constituída como o fator principal para a disponibilidade de movimentação de veículos leves e pesados, tanto nas vias intermunicipais, como nas vias municipais. Desta maneira, essas devem ser dimensionadas a fim de atenderem aos requisitos mínimos de qualidade e segurança (BERBEL, 2016).

A Pesquisa CNT de Rodovias de 2015 reafirma que o sistema de transporte atual é viável para a integração entre produtores e consumidores, produzindo diversos benefícios socioeconômicos e ambientais. No entanto, estes podem ser reduzidos de acordo com a ineficiência da infraestrutura utilizada, trazendo uma elevação do custo operacional para o transportador e, uma maior probabilidade de ocorrência de acidentes de trânsito, já que o pavimento se deteriora com passar do tempo, pela falta de conformidade em requisitos específicos ou em condições estabelecidas nas normas competentes. Deste modo, fica evidenciada a importância de uma malha viária eficaz principalmente na área urbana, possibilitando deslocamentos internos de forma segura, rápida e eficaz (BERBEL, 2016).

De acordo com o DER/PB (2020), as malhas rodoviárias constituem o maior patrimônio físico da Paraíba, cujo valor estimado é da ordem de 6 bilhões de reais. Desde o início do ano 2020, o DER vem atuando com 15 frentes de trabalho na realização de serviços de conservação rotineira em toda a malha rodoviária estadual pavimentada, numa extensão total de 3.670 km.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar defeitos em pavimentos flexíveis por meio de imagens coletadas na plataforma *Google Earth*.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Realizar as avaliações em vias urbanas, escolhendo trechos que possibilitem aplicar as avaliações de forma coerente com a via;
- Avaliar a condição funcional do pavimento asfáltico em estudo, identificando os defeitos na superfície do pavimento e analisar os dados obtidos na avaliação;
- Calcular o ICP e verificar as possibilidades de manutenção.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

De acordo com Guia da Engenharia (2019), existem diversos tipos de pavimentos asfálticos, que se diferenciam pelo tipo de revestimento existente na sua estrutura. Todos os revestimentos asfálticos são compostos por associações de ligantes asfálticos e agregados, sendo uma mistura de hidrocarbonetos derivados do petróleo de forma natural, cujo principal componente é o betume, podendo conter ainda outros materiais, como oxigênio, nitrogênio e enxofre, em pequena proporção. Devido a suas propriedades, ele é o tipo dos tipos de ligantes mais empregados no mundo. Dentre essas propriedades podemos ressaltar o alto poder adesivo, a impermeabilidade e a baixa reatividade química.

### **2.1 Pavimento flexível**

Para Silva *et al.*, (2014), o pavimento é constituído de múltiplas camadas de espessuras delimitadas, construída sobre a superfície final da terraplanagem, destinada técnica e economicamente a resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego, resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento e a proporcionar aos usuários melhorias nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

No pavimento flexível as camadas sofrem deformação plástica e elástica devido o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas equivalentes entre as camadas. Por exemplo: pavimento formado por uma base de brita ou por uma base de solo composto de pedras, revestido por uma camada asfáltica (DNIT, 2006).

### **2.2 Defeitos em pavimentos**

Segundo Segre (2019), os danos em pavimentos flexíveis são problemas na superfície de rolamento e são causados por imperfeições na construção, por atos do meio ambiente e também por ações decorrentes do tráfego. Esses problemas comprometem a capacidade funcional e estrutural do pavimento, afetando o conforto, segurança e a viagem dos usuários. Assim, seguindo essa linha de raciocínio a Norma DNIT 005/2003-TER, mostra que os problemas na superfície do pavimento são danos ou deteriorações na superfície da rodovia que podem ser localizados a olho nu e classificados segundo a norma.

Em concordância com Segre (2019) a norma DNER-PRO 164/94 diz que as perturbações ao longo da rodovia são defeitos da superfície da rodovia que afetam o trânsito dos veículos e principalmente a qualidade do rolamento, é uma grandeza física medida, direta ou indiretamente, na superfície do pavimento, que está ligada com os custos operacionais dos veículos, a segurança, o conforto e a velocidade. Os tratamentos associados aos serviços convencionais de restauração estão ligados ao entendimento dos tipos, severidade e graus dos inúmeros problemas. Como exemplo, no objetivo de reduzir as trincas de propagação na camada de recapeamento como função do desempenho estrutural, podem ser utilizadas camadas de alívio de tensão.



Por outro lado, para Bartholomeu *et al.*, (2008), os defeitos nas rodovias não só afetam de forma negativa a economia, como gera um processo de “anti-economia”, pois a economia em serviços de manutenção da qualidade no momento adequado resulta em acréscimos, ou seja, gastos futuros com obras de reconstrução e em custos adicionais para os usuários das vias.


Dessa maneira, de acordo com Rodrigues e Colmenero (2009), a maior parte do transporte de cargas é feito por rodovias com cerca de 60% das cargas. Entretanto, seu desempenho é prejudicado pela ausência de ampliação e manutenção nas estradas de rodagem. Os problemas no processo de recuperação das rodovias impedem que o escoamento das cargas seja feito de forma mais rápida e eficaz prejudicando o desenvolvimento econômico do País. Outrossim, é a segurança dos usuários que é afetada pela falta de sinalização e conservação em vários trechos das rodovias.

### **2.2.1 Tipos de defeitos nos pavimentos**



Os defeitos na rodovia podem ter vários motivos, porém, erros de projeto e execução contribuem para o surgimento de defeitos que irão prejudicar a rodovia. No Brasil, as rodovias são feitas de pavimentos flexíveis, semirrígidos e rígidos. Estes possuem inúmeros problemas, os quais serão mostrados na tabela 1.



Tabela 1: Defeitos em pavimentos flexíveis.



Nome	Definição	Causas	Imagens
Trinca transversal	Trinca isolada que apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominada de trinca transversal curta e quando superior a 100 é denominada longa (DNIT, 2005).	Dentre outros fatores que podem provocar as trincas transversais, estão a alta variação de temperatura, envelhecimento do asfalto e a propagação de trincas presentes nas camadas inferiores, principalmente em bases cimentadas ou em juntas de revestimento rígido (DNIT, 2005).	
Trinca longitudinal	São trincas isoladas que aparecem paralelas ao eixo da rodovia. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominada de trinca longitudinal curta e quando superior a 100 é denominada longa (DNIT, 2005).	O DNIT (2005) mostra que os fatores que ocasionam esses defeitos não estão relacionados apenas com as tensões geradas pelos veículos, mas também, com a infiltração de água no revestimento.	



Trinca de bordo	<p>De acordo com DNIT (2005), é um defeito isolado caracterizado por uma trinca longitudinal ou por uma área trincada acompanhada por desintegração ou erosão no decorrer da borda da pista ou no acostamento. Na maioria dos casos, a trinca de bordo se encontra separada de no máximo 60 cm da margem do pavimento ou da região divisória em que o pavimento foi alargado.</p>	<p>As principais causas estão relacionadas diretamente com a construção defeituosa entre a união da pista com o acostamento, diferença de rigidez entre os materiais utilizados no acostamento, alargamento e pavimento existente, falta de compactação e, ainda, a falta ou insuficiência de drenagem (DNIT, 2005).</p>	
-----------------	---	--	---






<p>Trinca por reflexão</p>	<p>Segundo DNIT (2006b), as trincas por reflexão ocorrem quando existem trincas nas camadas inferiores que se alastram em direção ao revestimento e o mesmo padrão que o defeito apresenta nas camadas inferiores é mantido em sua reflexão na superfície, sendo capaz de se manifestar em formato de trinca longitudinal.</p>	<p>A ação do tráfego próximo a uma trinca existente é um fator determinante para o desenvolvimento desse defeito, dependendo das tensões aplicadas, a propagação de uma trinca por reflexão pode variar em uma velocidade entre 20 mm e 50 mm por ano, tendo assim, a redução da vida do revestimento de forma significativa (DNIT, 2005).</p>	
<p>Trinca em blocos</p>	<p>Conforme DNIT (2005), a trinca em bloco é um problema que tem forma definida de blocos compostos, composto por inúmeras trincas interligadas, e com lados retangulares, podendo apresentar erosões graves nas bordas.</p>	<p>A principal causa desses problemas é a alta variação de temperatura e a ligação entre trincas longitudinais e transversais. A presença desse defeito evidencia que o ligante asfáltico não manteve sua característica elástica (DNIT, 2005).</p>	

<p>Trinca couro de jacaré</p>	<p>É um defeito que aparece no pavimento por meio de trincas interligadas, sem apresentar direções definidas, e o formato é bastante parecido com um couro de jacaré ou crocodilo, dependendo da severidade, existirá erosão nas extremidades (DNIT, 2005).</p>	<p>Tais defeitos revelam-se no pavimento devido à fadiga do revestimento asfáltico, ocasionada por carregamentos sucessivos. Sendo um defeito que pode ser gerada em qualquer ponto do revestimento, no entanto, apresenta-se em pontos com maiores tensões (DNIT, 2006b).</p>	
<p>Afundamento de trilha de roda</p>	<p>De acordo com DNIT (2005), o afundamento de trilha de roda pode ser de dois tipos: afundamento por consolidação, que pode ser um abatimento na trilha de roda, menos perceptível do que o afundamento plástico.</p>	<p>Os principais motivos para que esse problema ocorra são a compactação insuficiente de alguma camada do pavimento, mistura asfáltica inadequada e enfraquecimento de uma ou mais camadas por causa da infiltração de água. O outro tipo, denomina-se afundamento plástico que apresenta uma depressão formada na trilha (DNIT, 2005).</p>	

<p>Corrugação</p>	<p>É uma deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento DNIT (2005).</p>	<p>Para o DNIT (2005) as principais causas desse problema são a instabilidade da mistura betuminosa, instabilidade da base, excesso de umidade nas camadas inferiores, contaminação e retenção de água na mistura asfáltica.</p>	
<p>Desgaste</p>	<p>Efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego (DNIT, 2005).</p>	<p>Dentre outras causas, o desgaste ocorre pela diminuição da ligação e perda da adesividade entre o agregado e o ligante, execução da obra em condições climáticas inadequadas, presença de água no interior do revestimento e, ainda, falhas com o manuseio do ligante asfáltico nos serviços por penetração (DNIT, 2005).</p>	

<p>Exsudação</p>	<p>É um defeito em que a película ou filme de material betuminoso amplia-se na superfície do pavimento, sendo gerada por causa do deslocamento do ligante através do revestimento, formando manchas de diferentes dimensões (DNIT, 2005).</p>	<p>Tal movimentação do ligante pode ser ocasionada pela dosagem inadequada da mistura asfáltica e temperatura do ligante asfalto acima da especificada. Não há local determinado para a ocorrência desse defeito, porém, constantemente, a exsudação se apresenta nas trilhas de rodas (DNIT, 2005).</p>	
<p>Buraco ou Panela</p>	<p>É um problema que acontece de início no revestimento do pavimento, podendo haver variações em suas dimensões e ocasiona a entrada de água nas camadas subjacentes (DNIT, 2005).</p>	<p>As causas de buracos podem ser o trincamento por fadiga na fase final e pela desintegração fixada na superfície do pavimento, ou seja, no decorrer do tempo, as trincas se interligam, formando pequenas placas sem vínculo e com bordas erodidas (DNIT, 2005).</p>	

<p>Remendo</p>	<p>Segundo DNIT (2005), é a correção do defeito no pavimento em um ponto localizado, tendo por objetivo a substituição de alguma irregularidade. Visto que, a área que apresenta o defeito deve ser substituída por material igual ou similar, apresentando-se em formato retangular.</p>	<p>Dependendo da profundidade atingida pelo remendo, este pode ser classificado em remendo superficial e profundo. O primeiro é quando houver apenas correção do revestimento e o segundo aquele que há substituição do revestimento e, eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento (DNIT, 2005).</p>	
<p>Desnível entre a pista e o acostamento</p>	<p>É um defeito fácil de ser verificada, porque apresenta um desnível entre pista e acostamento, que aumenta na medida em que se alteram as condições do acostamento (DNIT, 2005).</p>	<p>As principais causas são o recalque do acostamento, perda de finos do acostamento, erros na execução e, também, problemas na execução de recapeamentos (DNIT, 2005).</p>	

Bombeamento	Localiza-se próximo às trincas ou juntas de construção, tendo como principal característica a erupção de água e finos nas trincas quando a rodovia está exposta a ação de cargas (DNIT, 2005).	Provocado pela ocorrência de vazios abaixo do revestimento e por cargas geradas pelos veículos, tal defeito fica perceptível com a ocorrência de manchas no revestimento ou acumulação de material fino junto às trincas (DNIT, 2005).	
-------------	--	--	---

Fonte: DNIT (2005).

Quando o pavimento recebe carregamentos elevados e repetidos, pode apresentar dois tipos de deformações: plástica (permanente ou não recuperável) e elástica (resiliente ou recuperável). A plástica é uma pequena parte que compõe a deformação total, todavia, com a passagem dos veículos ocorre o acúmulo gradual destes incrementos que podem levar o pavimento a uma eventual falha. Assim, define-se por deformação plástica ou permanente a parcela da deformação total que não volta à sua posição inicial quando solicitada pelo tráfego (LOPES, 2017).

### **2.3 Tipos de vias de trânsito**

De acordo com as Normas de Trânsito Brasileiro (CTB), existem quatro definições para as vias de trânsito, via de trânsito rápido, arterial, coletora e local. A via de trânsito rápido é caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível. Via coletora é aquela destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade. As vias locais são aquelas caracterizadas por interseções em nível não semaforizadas, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas. A via arterial é aquela caracterizada por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade.

### **2.4 Métodos de avaliação de pavimentos**

Segundo Boyu *et al.*, (2019), o pavimento está em constante deterioração devido as cargas de veículos e intempéries do meio ambiente, necessitando assim de avaliação frequente para estimar a sua condição atual. A aquisição de dados sobre a condição do pavimento pode ser feita através de avaliações subjetiva e objetiva. Na avaliação subjetiva, um grupo de técnicos (ou usuários) treinados avalia a irregularidade longitudinal e o conforto do pavimento, segundo uma escala apropriada. Já a avaliação objetiva de um pavimento visa fazer o levantamento de defeitos na superfície, caracterizando-os quanto ao seu tipo, severidade e densidade.

Dessa forma, avaliação de pavimentos é uma das etapas mais importantes, por ser o ponto de partida para as futuras decisões neste sistema. Tal atividade ajuda a definir as condições funcionais, estruturais e operacionais dos pavimentos dos

segmentos constituintes de uma malha viária em um determinado momento, mediante a obtenção dos dados fundamentais que alimentam periodicamente o SGP (DNIT, 2011).

No entanto, para Bektas *et al.*, (2015), a avaliação da condição do pavimento é uma etapa bastante dispendiosa. Assim, os gestores devem selecionar o método de avaliação que mais se adequa aos objetivos e ao orçamento disponível, visto que não são necessários métodos sofisticados e complexos para avaliar corretamente o pavimento. Dessa forma, segundo Machado *et a.*, (2005), a análise de pavimentos deve ser feita para interesses sociais e para as necessidades dos usuários, com o objetivo de desenvolver índices de defeitos próprios relacionados aos defeitos identificados em cada pavimento.

Seguindo essa linha de raciocínio, para DNIT 009/2003-PRO a avaliação subjetiva do pavimento é feita por um grupo de técnicos treinados que avalia a suavidade e o conforto do pavimento, com uma escala apropriada. No Brasil, utiliza-se o valor de serventia atual (VSA) como índice para medir a capacidade de uma seção de pavimento em servir ao tráfego no estado em que se encontra, o qual é regido pela norma e muda em uma escala de 0 (péssimo) a 5 (ótimo), dependendo principalmente dos defeitos superficiais e irregularidades.

Outrossim, destaca-se o IGG, que de acordo com a norma DNIT 006/2003-PRO, é usado para atribuir valor numérico ao levantamento de defeitos de um pavimento, que descreve os procedimentos necessários para a avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos. Essa avaliação é feita por caminhamento registrando-se os tipos dos defeitos e a frequência. O Índice classifica cada trecho do pavimento em uma escala de 0 a 160, cujo menor valor representa melhores condições, o qual é calculado de acordo com a Equação 1:

$$IGG = \sum IGI \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

IGG: Índice de Gravidade Global;

IGI: Índice de Gravidade individual.



No entanto, para Zanchetta (2005), a utilização do IGG nos sistemas de gerenciamento de pavimentos rodoviários tem algumas limitações, como o fato de considerar apenas o número de ocorrência dos defeitos. Outra limitação importante é não considerar a extensão e o nível de severidade dos defeitos, exceto para as trincas que são consideradas. Essas características limitam a aplicabilidade do índice em gerência de pavimento. Além disso, esse método demanda mais tempo para avaliar o segmento do pavimento.

Em contrapartida, conforme Neto *et al.*, (2019), o PCI é utilizado com o objetivo de qualificar as condições do pavimento por meio da identificação do tipo, das severidades e densidades de 19 tipos de defeitos. De posse desses dados são obtidos os valores de dedução (VD) que serão usados para obter o valor do PCI por meio do uso de ábacos. Depois de obter todos os VD, os valores são corrigidos, obtendo um VD corrigido. As amostras para levantamento dos defeitos devem ter  $225 \pm 90 \text{ m}^2$ . Já a escala de classificação da condição do pavimento varia de 0 a 100 com conceitos de péssimo (0), muito ruim, ruim, regular, bom, muito bom e excelente (100). O valor do PCI é obtido pelas Equações 2 e 3:

$$PCI = 100 - \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{m_i} a(T_i, S_j, D_{ij}) \quad \text{equação (2)}$$

$$PCI = 100 - VDC \quad \text{equação (3)}$$

Em que:

p= o número total de tipos de defeitos, para o pavimento analisado;

m<sub>i</sub>= número de níveis de severidade para o i-ésimo tipo de defeito;

i: contador do tipo de defeitos;

j: contador dos níveis de severidade;

a: valor de dedução;

T<sub>i</sub>: tipos de defeitos;

S<sub>j</sub>: níveis de severidade;

D<sub>ij</sub>: densidade;

CDV: Valor de dedução corrigido

Outro modo de avaliação de condição de pavimento objetiva leva em conta o levantamento e combinação dos tipos, severidades e extensões dos defeitos no pavimento e obtém-se uma pontuação que indica a condição do pavimento. As informações levantadas neste método de avaliação podem ser combinadas em índices de condição de pavimento. Em muitos SGPU os índices de condição são a única fonte de informação que auxiliam os gestores na tomada de decisão (ALBUQUERQUE, 2017). Com o objetivo de incentivar a implementação de um SGPU em João Pessoa-PB, desenvolveu o Índice de Condição de Pavimentos Urbanos (ICPUJP). O método reduz de dezesseis tipos de defeitos superficiais de pavimento flexível para seis tipos de defeitos superficiais. O cálculo do ICPUJP é dado pela equação 4:

$$ICPUJP = 5 - TF * 0,0016 - RM * 0,030 - PN * 0,266 - DP * 0,049 - DE * 0,021 - AG * 0,16 \quad \text{equação (4)}$$

Onde:

TF: Trinca de Fadiga (%);

RM: Remendo (%);

PN: Panela (%);

DP: Deformação Permanente (%);

DE: Desgaste (%);

AG: Agregados Polidos (%).

Entre os índices baseados em avaliações objetivas, muitos autores consideram o *Pavement Condition Index* (PCI) como o mais completo. Através do PCI a condição do pavimento é classificada com notas entre 0 (péssima condição) e 100 pontos (excelente condição). Cada combinação do tipo, extensão e severidade dos defeitos, cujo procedimento de obtenção é descrito na ASTM D6433 (2018), equivale a um valor de dedução. Em seguida, de acordo com o método de cálculo do PCI, é

obtido o valor de dedução corrigido (CDV). O PCI do pavimento equivale à diferença entre a pontuação máxima que a condição de um pavimento pode apresentar e o valor de dedução corrigido, conforme a equação 4:

$$PCI = 100 - CDV \quad \text{equação (4)}$$

A utilização de imagens da superfície terrestre na identificação de problemas superficiais em pavimentos tem sido muito explorada. Alguns registros mostram que as pesquisas iniciaram na década de 1960, e seus métodos foram desenvolvidos com o objetivo de tentar estabelecer uma maneira de levantamento bastante precisa, confiável, universal, custo baixo, rápido e com grande repetitividade (BARELLA, 2001).

Na avaliação objetiva pelo método do Strategic Highway Research Program (SHRP) são considerados os defeitos com sua respectiva ponderação, extensão e nível de severidade. Dessa forma, são definidos os pontos dedutíveis de cada defeito, que depois de somados, são retirados de cem para que seja calculado o ICP da seção analisada. Nesse método, nota-se que os defeitos trincas transversais, agregados polidos, desnível pista-acostamento e bombeamento não possuem fatores de ponderação pois dizem respeito a rodovias e não a pavimentos urbanos (ZANCHETTA, 2005).

Além disso, quando o volume de dados for muito grande, o valor do ICP em função do tipo, severidade e extensão dos problemas poderá ser feito conforme a equação 5:

$$ICP = 100 - \sum Di * Si \quad \text{equação (5)}$$

Onde:

$D_{ij}$  é a extensão da deterioração  $i$ , com o nível de severidade  $j$ ;

$S_{ij}$  é o fator de ponderação deterioração  $i$  com nível de severidade  $j$ .

Nesse tipo de avaliação atribui-se os pontos dedutíveis dos problemas de forma que uma parte dos pontos do intervalo de variação de um defeito correspondesse ao

nível de severidade e a outra parte em função da extensão. Dessa forma, se o desgaste tem 15 pontos a serem deduzidos no máximo, sendo que 7,5 pontos devem ser atribuídos em função da severidade e 7,5 em função da extensão. Logo, combinando os valores de extensão e severidade será determinado o total de pontos a deduzir do defeito desgaste. Um defeito pode ter os mesmos pontos deduzidos em seções distintas, porém terá grandes diferenças, ou seja, o defeito pode ter 10 pontos atribuídos em uma seção que apresenta nível médio de severidade e uma grande extensão. Outra seção pode ter uma extensão pequena, no entanto com severidade alta, e ter os mesmos 10 pontos a deduzir (ZANCHETTA, 2005).

## **2.5 Gerência de pavimentos**

A malha viária urbana proporciona o desenvolvimento econômico, melhorias da qualidade de vida da população e a mobilidade urbana. No entanto, com sua importância, os pavimentos urbanos têm sofrido com a escolha de atividades de conservação inapropriadas e realizadas no tempo errado (Albuquerque, 2017). No entanto, atualmente as formas utilizadas pelos administradores de pavimentos de grande parte das cidades do país têm-se mostrado ineficientes e apresentando um custo elevado. Desse modo, a adoção de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU) apresenta-se como uma solução de grande importância para manter os pavimentos urbanos em condições aceitáveis e maximizar o uso dos recursos públicos destinados para esse fim (Zanchetta, 2017).

E a identificação de problemas do pavimento é uma etapa de grande importância no desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de pavimento robusto, pois oferece uma ampla avaliação do pavimento. Dessa maneira, gera informações necessárias para torná-lo mais econômico e com consistentes decisões associadas à preservação da via pavimentada. Geralmente, a análise de deformação do pavimento é feita usando veículos sofisticados de coleta de dados e levantamentos de solo. No processo atual de identificação de perigo é dependente de humanos, caro, ineficiente e inseguro (BOYU *et al.*, 2019).

Nesse sentido, o Sistema de Gerência de Pavimento (SGP) é um conjunto de atividades coordenadas, relacionadas com o planejamento, construção, manutenção,

avaliação e pesquisa de pavimentos. Tem como objetivo a utilização de informações confiáveis e critérios de decisão para produção de programa de construção e manutenção de pavimentos que dê o maior retorno possível para os recursos disponíveis. Esses sistemas representam a possibilidade de avançar em um esquema tradicional, baseado em grande parte na correção de problemas, para um sistema planejado de manutenção, onde a atuação sobre a malha viária abrange a solução dos problemas imediatos aumentando o tempo útil delas assegurando padrões de conservação em toda malha que está sendo gerenciada, buscando um melhor uso possível para os recursos públicos disponíveis e oferecer um transporte rodoviário seguro, compatível e econômico (OLIVEIRA, 2013; DNIT, 2011).

Geograficamente, os conceitos, estudos e aplicações do SPGU tiveram seu berço nos Estados Unidos da América (EUA). Todavia, os estudos acerca do desenvolvimento de (SGPU) foram mais bem desenvolvidos em meados da década de 1980. Seu desenvolvimento foi impulsionado pela necessidade de conservar a malha rodoviária existente (MACENA, 2019).

Essencialmente, o SGP auxilia as decisões uma vez que responde as principais questões administrativas de uma rede rodoviária, que são: qual tipo de intervenção adotar, em que locais do pavimento é necessário intervir e quando é o melhor momento de realizar a intervenção (AASHTO, 2012).

A partir da avaliação de campo é possível criar um banco de dados. “O Banco de Dados forma a parte principal para um sistema de gerência de pavimentos urbanos”. Os bancos de dados contam com informações de geometria, tráfego, características e estado do pavimento além de informações sobre custos (MACENA, 2019).

Dessa forma, atividade da avaliação de campo é primordial uma vez que possibilita o levantamento de informações iniciais por meio do inventário da rede. a avaliação da condição dos pavimentos pode ser definida como o processo de quantificação do estado do pavimento, isto é, dos defeitos por ele apresentados. Neste processo, geralmente existe uma ramificação quanto à análise. A avaliação da condição do pavimento pode ser realizada de forma estrutural ou funcional (MACENA, 2019).

Com isso, os dados do trecho da rede rodoviária a ser gerenciada é um dos requisitos primordiais para a implantação de um Sistema de Gerência de Pavimentos. Esse banco de dados contém informações necessárias à análise de todos os parâmetros condizentes com a situação dos trechos. Os principais dados armazenados referentes a cada segmento rodoviário são: Informações históricas da construção e manutenções, por exemplo, data das obras, solução adotada, materiais e espessuras das camadas do pavimento; cadastro geométrico, contendo larguras, inclinações, raios de curvatura, etc; inventário de dispositivos de drenagem, sinalização, interseções, obras-de-arte, defensas, guarda-corpos, etc; informações estruturais e funcionais de levantamentos de campo e laboratório; dados de tráfego, como o volume médio diário acumulado (VDMA) e fatores de correção sazonais; custo unitário de referência do local ou região; dados climáticos, por exemplo, distribuição e volumes de chuva, temperaturas máximas e mínimas observadas no segmento (RAMOS e TACO, 2019).

Uma das principais bases da gerência de pavimentos é a aquisição e o processamento desses dados armazenados. Tais informações são fundamentais para a definição das curvas de desempenho dos pavimentos a curto, médio e longo prazo. O inventário das rodovias tem um papel importante no controle geométrico da plataforma rodoviária existente, no controle das obras executadas e datas das intervenções para dar suporte na segmentação e dimensionamento das manutenções e reabilitações. (ALBUQUERQUE, 2007).

O grau de detalhes e a frequência das coletas e medições necessárias são dependentes do nível de gerência do modelo para definição das prioridades. O sistema de coleta de dados deve ser confiável, devendo, portanto, ser cuidadosamente planejado e precedido por um treinamento de todo o pessoal envolvido no processo (RAMOS e TACO, 2019).

## **2.6 Métodos de avaliação**

A avaliação das condições do pavimento fornece dados para tomar decisões mais econômicas considerando toda a vida útil do pavimento. As inspeções de deterioração do pavimento são feitas utilizando veículos de coleta de dados e / ou levantamentos de pé no solo. Em qualquer abordagem, o processo de detecção de

defeitos dependente principalmente do homem, podendo ser ineficiente e inseguro. Automatizado a detecção de deterioração do pavimento por meio de imagens de estradas ainda é um problema desafiador entre os pesquisadores de pavimentação e comunidade de visão computacional. Nos últimos anos, o avanço na aprendizagem profunda permitiu aos pesquisadores para desenvolver ferramentas robustas para analisar imagens de pavimentos com uma precisão sem precedentes. No entanto, profundos modelos de aprendizagem precisam de um grande conjunto de dados de verdade do terreno, que muitas vezes não é facilmente acessível (Majidifard *et al.*, 2020).

A avaliação funcional de um pavimento esta relacionada com à apreciação do estado de sua superfície e de como este estado influencia no conforto do tráfego. Para este fim, dois parâmetros da avaliação são bastante consistentes, o Valor da Serventia Atual (VSA), uma medida subjetiva baseada em notas dadas por técnicos avaliadores e o Índice de Irregularidade Internacional (IRI), parâmetro determinado por meio de medições de irregularidade longitudinal, efetuadas por meio de aparelhos especificamente projetados para este fim. Já a avaliação estrutural de um pavimento está associada ao conceito de capacidade de carga, que esta diretamente ligado ao projeto do pavimento e ao seu dimensionamento. Os defeitos estruturais são provenientes, principalmente da repetição das cargas e estão associados às deformações elásticas ou recuperáveis e plásticas ou permanentes (DNIT, 2011).

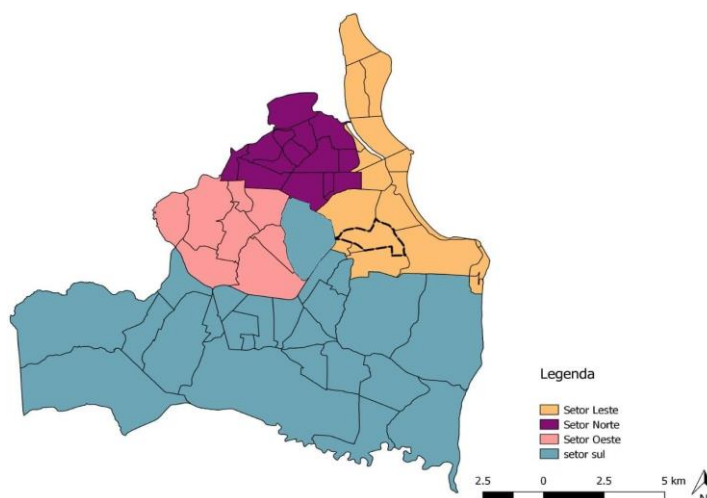
### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do trabalho foi constituído das seguintes atividades: delimitação da área de estudo, escolha dos segmentos a serem avaliados, definição dos parâmetros necessários para avaliação dos segmentos, como por exemplo a escolha da plataforma para coletar imagens com boa qualidade, cálculo do ICP e análise dos resultados. O método de avaliação objetiva por imagem foi utilizado para o levantamento dos defeitos nos pavimentos flexíveis dos trechos selecionados, por meio da plataforma Google Earth. Com isso, os levantamentos dos defeitos na área de interesse foram feitos conforme a norma DNIT 006/2003-TER - Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis.

#### 3.1 Área de estudo

Para a realização das avaliações, escolheu-se 54 amostras de seções de pavimentos flexíveis de cada zona (sul, norte, leste e oeste) da cidade de João Pessoa, onde cada amostra tinha aproximadamente 14 metros de comprimento, totalizando assim em 3.024 metros de comprimento de pavimentos flexíveis analisados. Os trechos selecionados são segmentos que ligam ruas e avenidas nessas zonas, ou seja, as seções mais solicitadas pelo tráfego. Após a escolha dos segmentos, foi feita a identificação, sinalização com cliques amarelos e captura de imagens de cada amostra com as ferramentas da plataforma *Google Earth*.

**Figura 1:** Imagem das zonas da cidade de João Pessoa/ Paraíba.



Fonte: SciElo



### **3.2 Programa utilizado**

*Google Earth* é um programa de computador desenvolvido e distribuído pela empresa estadunidense do Google que tem por função apresentar um modelo tridimensional do globo terrestre, construído a partir de mosaico de imagens de satélite obtidas de diversas fontes, imagens aéreas (fotografadas de aeronaves) e GIS 3D. O *Google Earth* permite passear virtualmente por qualquer lugar do planeta, graça às imagens capturadas por satélite. O programa traz a integração valiosa com o *Street View* (recursos que permitem andar por ruas) e o *Google Maps* e pode ser utilizado online e offline. Alguns locais têm imagens de satélite muito recentes, enquanto que a imagem de outras localidades é de cinco ou dez anos atrás (*TECH TUDO*, 2017). No entanto, as imagens analisadas nesse trabalho foram colhidas no ano de 2019.

### **3.3 Zonas**

#### **3.3.1 Zona Sul**

A zona Sul é formada por inúmeros bairros, porém os principais são Ernâni Sátiro com uma população de cerca de 8.641, Ernesto Geisel com 14.184 habitantes e Cuiá com 6.944 habitantes. Quanto à renda média domiciliar, segundo o IBGE (2011), boa parte dos bairros que formam a zona Sul possuem entre 2 e 3 salários mínimos, o que pode contribuir na escolha dos meios de transporte, influenciando, assim no estado de preservação dos pavimentos desta região. A figura 2 mostra uma imagem de cima da zona sul obtida na plataforma *Google Earth*.

**Figura 2:** imagem da zona Sul



Fonte: google Earth (2019)

### 3.3.2 Zona Norte

A zona norte da cidade de João Pessoa, possui uma área de 126.619,91 m<sup>2</sup>, sendo composto, principalmente, pelo bairro Alto do céu com uma população de 16.557 habitantes, Bairro dos Estados com 7.478 moradores e Mandacaru com 12.745 habitantes. Nessa parte da cidade foram selecionadas 54 amostras de segmentos onde, por meio do aplicativo *Google Earth* foi possível analisar as condições dos pavimentos flexíveis da zona.

A renda média domiciliar nesta área, segundo o IBGE, fica em torno de 2 salários mínimos e esse fator contribui bastante para que as pessoas utilizem principalmente o transporte público como forma de locomoção. As seções analisadas na zona norte estão identificadas na figura 3.

**Figura 3:** Imagem da Zona Norte



Fonte: Google Earth (2019)

### 3.3.3 Zona Leste

Já a zona Leste é composta principalmente pelos bairros Bessa com uma população de 13.096 habitantes, Castelo branco com 11.642 habitantes e Cabo Branco possuindo uma população de 7.906 moradores. Nesta parte da cidade, conforme o IBGE, encontram-se as maiores rendas domiciliares, com mais de 5 salários mínimos. Além disso, o leste da cidade apresenta muitos dos pontos turísticos e tais fatores juntos contribuem na conservação dos pavimentos dessa área, pois os automóveis causam menos danos e os governantes priorizam os cartões postais da cidade. As amostras analisadas da zona leste estão representadas na figura 4.

**Figura 4:** imagem zona Leste



Fonte: google Earth (2019)

### 3.3.4 Zona Oeste

Por fim, a zona Oeste, que possui como principais bairros, Varjão com 16.973 moradores, Trincheiras que apresenta 6.995 habitantes e Cruz das Armas apresentando 25.549 residentes. Nessa zona, as amostras a se verificar tiveram como ponto principal de escolha a maior frequência de uso pelos automóveis.

De acordo com o IBGE (2011), nessa parte da cidade a renda domiciliar média fica em torno de um salário mínimo, e isso favorece bastante para que os moradores usem principalmente o ônibus e utilizem o automóvel somente em ocasiões necessárias. Dessa forma, a figura 5 representa as amostras coletadas para análise da zona oeste.

**Figura 5:** imagem da zona Oeste



Fonte: google Earth (2019)

### 3.4 Formulário

O formulário utilizado nesse trabalho para calcular o ICP tem como parâmetros principais: os tipos, severidade e extensão dos defeitos identificados em cada amostra. Para tanto, utilizou-se o formulário fornecido pelo Instituto do Asfalto. Nesse sentido, a severidade pode ser alta, média e baixa. Já os defeitos, são 15 tipos mencionados no formulário, porém, 3 tipos não são deduzidos, as trincas transversais, desnível pista – acostamento e bombeamento, pois tais defeitos existem com pouca ou quase nenhuma frequência em pavimentos urbanos. Assim, os demais tipos a serem analisados para a avaliação foram os seguintes: trinca por fadiga ( $m^2$ ), trinca em bloco ( $m^2$ ), defeito nos bordos (m), trinca longitudinal (m), trinca por reflexão ( $m^2$ ), remendo ( $m^2$ ), panela ( $m^2$ ), deformação permanente (m), corrugação (m), exsudação (m), agregados polidos ( $m^2$ ), desgaste ( $m^2$ ).

Dessa forma, conforme o método utilizado por Zanchetta (2017), metade da nota correspondente a cada tipo de defeito deve-se à severidade e a outra metade pertence a extensão do defeito, como pode se observar na tabela no apêndice 01.

Dessa maneira, obtém-se os pontos dedutíveis de cada um tipo de defeito que são somados e retirados de 100 para, por fim, obter o valor final do ICP. É importante lembrar que alguns defeitos, como bombeamento, trincas transversais e desnível

pista-acostamento não possuem fatores de ponderação, visto que eles são observados com maior frequência em rodovias e não em pavimentos urbanos.

Já com o método utilizado por Albuquerque (2017) o ICPU, fez-se o cálculo levando em conta o tipo de defeito e sua percentagem na amostra analisada, como pode se observar na equação 6:

$$ICPUJP = 5 - TF * 0,0016 - RM * 0,030 - PN * 0,266 - DP * 0,049 - DE * 0,021 - AG * 0,16 \quad \text{equação (6)}$$

Onde:

TF: Trinca por Fadiga (%);

RM: Remendo (%);

PN: Panela (%);

DP: Deformação Permanente (mm);

DE: Desgaste (%);

AP: Agregado Polido (%);

### **3.5 Tipos de vias de trânsito**

A seguir estão listadas algumas imagens de vias diferentes coletas para realizar as avaliações deste trabalho. Dessa forma, a figura 6 mostra uma via do tipo arterial coletada na zona Sul. Tal atribuição deu-se, principalmente, porque a imagem coletada apresentou interseções em nível, controle por semáforos e possibilita o acesso a vias secundárias, ou seja, é uma via do tipo arterial.

**Figura 6:** Via arterial da zona Sul de João Pessoa.



Fonte: *Google Earth* (2019).

Outrossim, destaca-se a figura 7 em que analisando a imagem capturada das amostras da zona Oeste, percebeu-se que a mesma não apresentava semáforos e era destinada principalmente ao acesso de áreas restritas, assim pode-se classifica-la como via local.

**Figura 7:** Via local da zona Sul de João Pessoa.



Fonte: *Google Earth* (2019).

A figura 8, por sua vez, foi capturada na Zona Norte, e ao analisar a imagem captura, verificou-se que a mesma tinha como função coletar e distribui o transito da Zona Norte em vias arteriais, o que possibilitou classifica-la em via coatora.

**Figura 8:** Via coletora da zona Norte de João Pessoa.



Fonte: *Google Earth* (2019).

### 3.6 Classificação da condição do pavimento

Os índices escolhidos foram o ICP e o ICPU, pois foram os índices que se adequaram para a análise no período de pandemia, já que não era possível realizar avaliações de forma presencial e após calculá-los para cada amostra, classificou-se o estado de conservação da amostra conforme as escalas que serão apresentadas nas tabelas 4 e 5.

**Tabela 2:** Escala de classificação do estado de conservação do pavimento para o ICP.

ICP	Estado
0 – 10	Destruído
10 – 25	Muito ruim
25 – 40	Ruim
40 – 55	Regular
55 – 70	Bom
70 – 85	Muito bom



85 – 100	Excelente
----------	-----------

Fonte: DNIT.

**Tabela 3:** Escala de classificação do estado de conservação do pavimento para o ICPU.

UPCI	Estado
0,0 – 1,0	Muito ruim
1,1 – 2,0	Ruim
2,1 – 3,0	Regular
3,1 – 4,0	Bom
4,1 – 5,0	Ótimo

Fonte: Adaptado de Albuquerque (2017).

### 3.7 Análise entre os métodos de avaliação

Com os resultados das avaliações concluídas, foi preciso realizar uma conversão na a escala do ICP, visto que o mesmo varia de 0 a 100. Dessa maneira, dividiu-se os resultados obtidos no ICP por 20 para que o intervalo de variação ficasse entre 0 e 5, em que 0 corresponderia a péssimo e 5 a ótimo. Com isso, pode-se realizar uma análise comparativa entre as duas formas para averiguar a correlação entre o ICPU e ICP. Tal processo foi realizado por meio de um gráfico de dispersão.

#### 4. RESULTADOS

Por meio da avaliação proposta por Zanchetta (2017), obteve-se o Índice de Condição do Pavimento (ICP) das seções coletadas. Já com o método utilizado por Albuquerque (2017) determinou - se o Índice de Condição de Pavimento Urbano (ICPU). Comparando-se os dois métodos de avaliação, as tabelas 6 e 7 mostram os resultados.

**Tabela 4:** Classificação conforme o ICP.

Condição do Pavimento	Zona Norte	Zona Sul	Zona Leste	Zona Oeste	Total
Muito ruim	0	0	0	1	1
Ruim	3	5	3	7	18
Regular	13	5	21	18	57
Bom	28	16	28	27	99
Muito Bom	10	22	3	1	36
Excelente	0	5	0	0	5

Fonte: Aatoria

**Tabela 5:** Classificação conforme o ICPU.

Condição do Pavimento	Zona Norte	Zona Sul	Zona Leste	Zona Oeste	Total
Péssimo	0	0	0	2	2
Ruim	16	13	25	23	77
Regular	24	17	22	22	84
Bom	14	22	7	6	49
Ótimo	0	2	0	0	2

Fonte: Aatoria

De acordo com as tabelas 6 e 7, nota-se que tanto o ICPU, quanto o ICP apresentaram valores satisfatórios, visto que em ambas as avaliações, a percentagem de amostras que apresentaram a classificação muito ruim ou péssima foi pequena, com 1 no ICP e 2 para o ICPU, comprovando um certo equilíbrio entre as duas formas de avaliação para esses estados. Por outro lado, houve uma discrepância entre os métodos de avaliação para a condição ruim, com 77 no ICPU e 18 no ICP. Tal diferença pode ser justificada principalmente porque no método proposto por Albuquerque (2017), os pesos para os defeitos “agregados polidos e panela”

contribuem decisivamente, pois mesmo sendo com severidade baixa, a sua percentagem na amostra afeta consideravelmente na avaliação pelo ICPU.

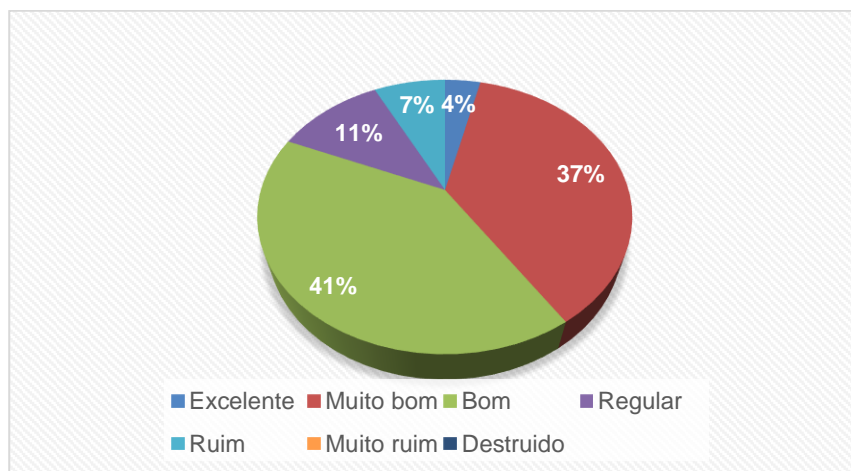
Entretanto, as avaliações apresentaram percentagens relevantes para os estados regular ou bom, com 156 no ICPU e 135 para o ICP das amostras em condições satisfatórias de uso, mostrando que a maioria dos pavimentos analisados receberam intervenções recentes para que os mesmos proporcionem boas condições de rolamento e conforto para os usuários.

#### 4.1 Análise por zona

##### 4.1.1 Zona Sul

Com relação ao sul da cidade, a figura 9 mostra os dados das vias coletoras dessa área:

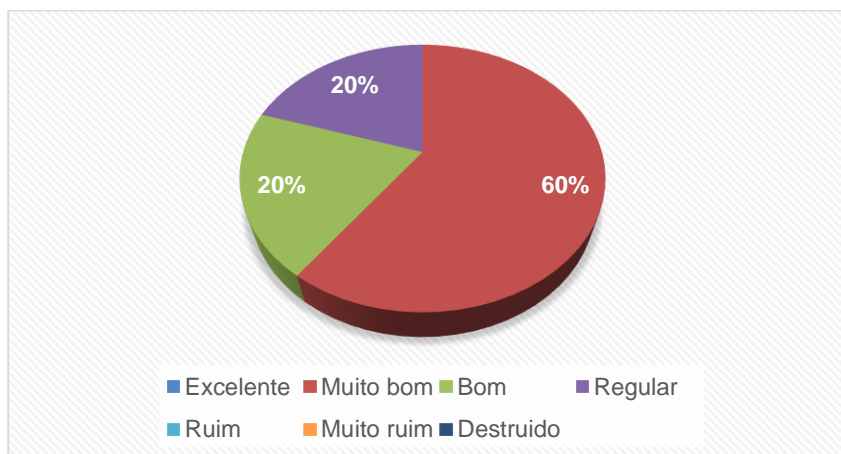
**Figura 9:** Condição do pavimento das vias coletoras das amostras da Zona Sul.



Fonte: Autoria.

Na zona Sul, as vias coletoras apresentaram uma grande concentração de amostras em estado bom, com aproximadamente 41%, 37% muito bom, 11% regular, 7% ruim e 4% em estado excelente, sendo a única região a apresentar amostras nessas condições. Assim como as vias coletoras da zona Norte, as coletoras da zona Sul apresentaram boa condição de conservação dos pavimentos.

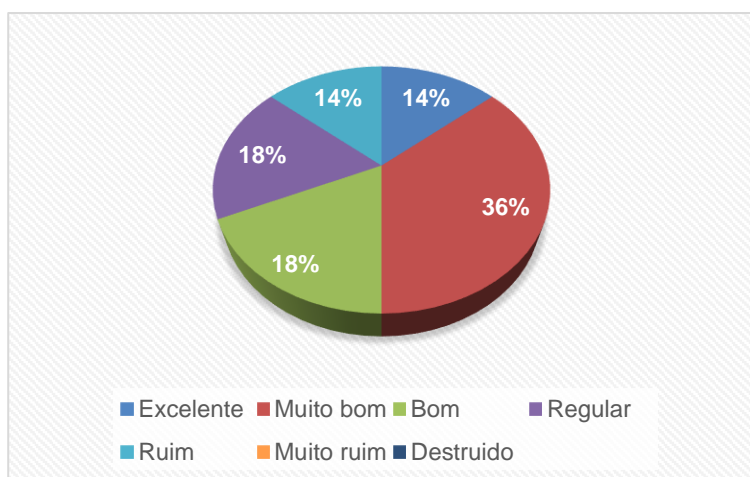
**Figura 10:** Condição do pavimento das vias arteriais das amostras da Zona Sul.



Fonte: Aatoria.

Já as vias arteriais surpreenderam por apresentar 60% das amostras em estado muito bom, visto que esse tipo de via é o mais exigido pelo trânsito e, conseqüentemente, deveria apresentar condições piores em relação às demais vias. Além disso, observou-se um equilíbrio entre os estados regular e bom, pois os dois apresentaram uma percentagem de 20%.

**Figura 11:** Condição do pavimento das vias locais das amostras da Zona Sul.



Fonte: Aatoria.

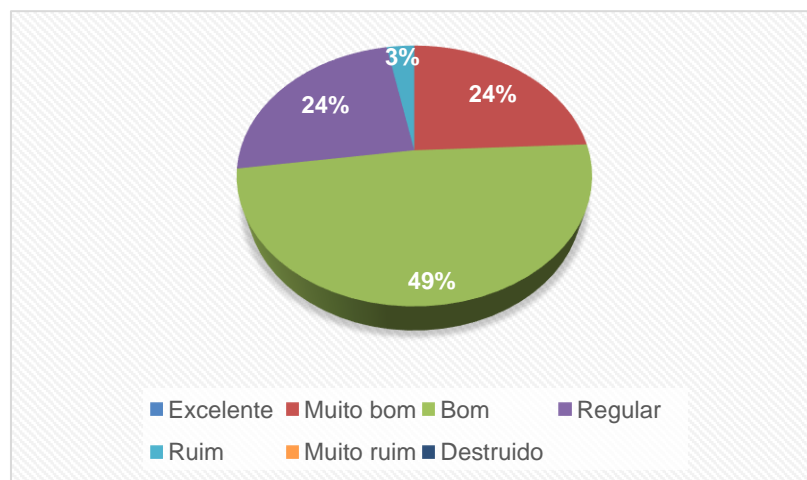
Nas locais do Sul da cidade, é notório que existe um certo equilíbrio entre os estados em que se encontram os pavimentos analisados, porém a uma sobreposição do estado muito bom em relação aos demais com 36% do total de amostras. As vias locais são o tipo menos exigido, entretanto, analisando os dados percebe-se que apresentaram condições piores que as vias arteriais, ou seja, as vias arteriais dessa

zona estão recebendo mais atenção. Assim, nota-se que o poder público tem direcionado recursos para melhoria dos pavimentos dessa parte da cidade, seja por conta de apresentar pontos comerciais, seja por possuir pontos de interesse político.

#### 4.1.2 Zona Norte

A figura 12 mostra os resultados referentes às vias arteriais da zona Norte.

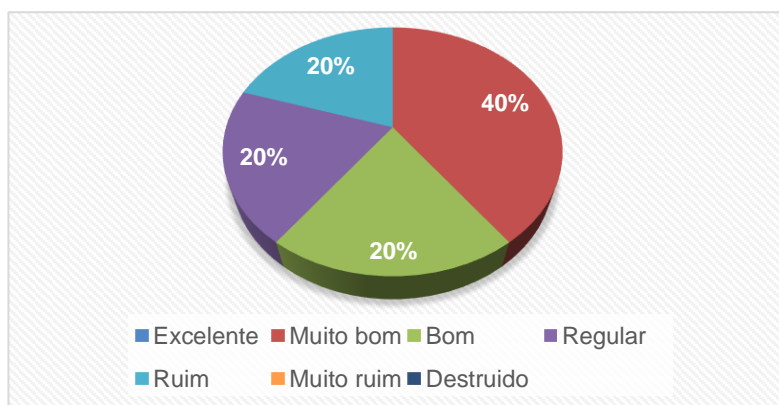
**Figura 12:** Condição do pavimento das vias coletoras das amostras da Zona Norte.



Fonte: Aatoria.

Por meio do gráfico acima, nota-se que as amostras colhidas no norte da cidade de João Pessoa, apresentaram cerca de 49% das vias coletoras em boas condições, 24% em estado muito bom, 24% em condição regular e apenas 3% em estado ruim. Com isso, é evidente que o poder público tem direcionado atenção a esta área pois mesmo sendo uma via que recebe grande fluxo de veículos, possui um resultado satisfatório.

**Figura 13:** Condição do pavimento das vias arteriais das amostras da Zona Norte.

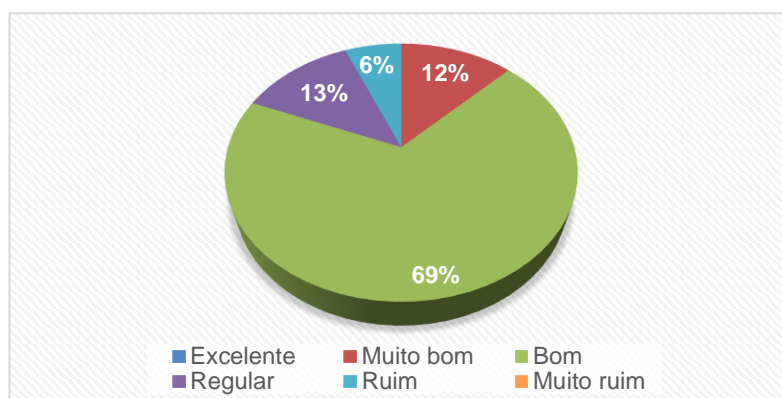


Fonte: Aatoria.

Para a figura 13, nota-se que nesse tipo de via, 40% das amostras encontram-se em estado muito bom, 20% bom, 20% regular e 20% ruim. Por ser uma via bastante exigida pelos transportes, os resultados apresentados mostraram que as autoridades governamentais e de trânsito tem dado mais atenção a esta parte da cidade, ou seja, está área possui pontos importantes para a cidade.

Nesta área fica evidente que os serviços preventivos, como rejuvenescimento e recapeamento são os tipos de serviços mais indicados para que esta zona apresente resultados melhores a um gasto menor para os governantes.

**Figura 14:** Condição do pavimento das vias locais das amostras da Zona Norte.



Fonte: Aatoria.

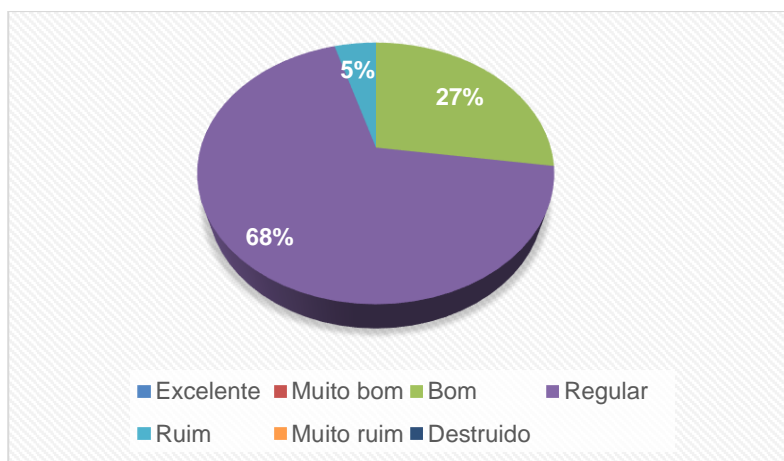
Por fim, as vias locais mostradas na figura 14 destacaram-se em relação às demais, visto que 69% das amostras possuem condição boa, 13% regular, 12% muito bom e 6% em estado ruim. Assim, como os serviços necessários para o estado bom requerem menos gastos, é importante que os pavimentos desse tipo de via sejam

corrigidos o quanto antes para que os gastos sejam menores. Dessa maneira, fazendo-se uma análise geral dos três tipos de vias, percebe-se que a grande maioria apresentou bom estado de conservação, e isso pode ser justificado pela grande presença de comércios nessa área da cidade, o que faz com que a prefeitura direcione mais investimento para a conservação dos pavimentos nesses locais.

#### 4.1.3 Zona Leste

Os dados da zona Leste seguem na figura 15 com uma diferença entre as demais zonas.

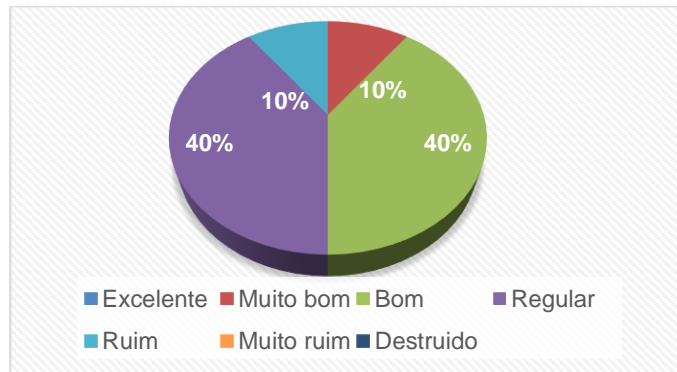
**Figura 15:** Condição do pavimento das vias coletoras das amostras da Zona Leste.



Fonte: Autoria.

A figura 15 mostra com clareza a sobreposição do estado regular com relação aos demais, visto que o mesmo compõe 68% das vias coletoras dessa área da cidade, 27% em condição boa e somente 5% em estado ruim. Com isso, é necessário que os governantes direcionem mais atenção nesta parte, pois são altas a percentagem de amostras em estado regular e os serviços como manutenção preventiva que acontece quando os pavimentos se encontram nessa condição são apenas temporários e certamente iram evoluir para problemas maiores.

**Figura 16:** Condição do pavimento das vias arteriais das amostras da Zona Leste.



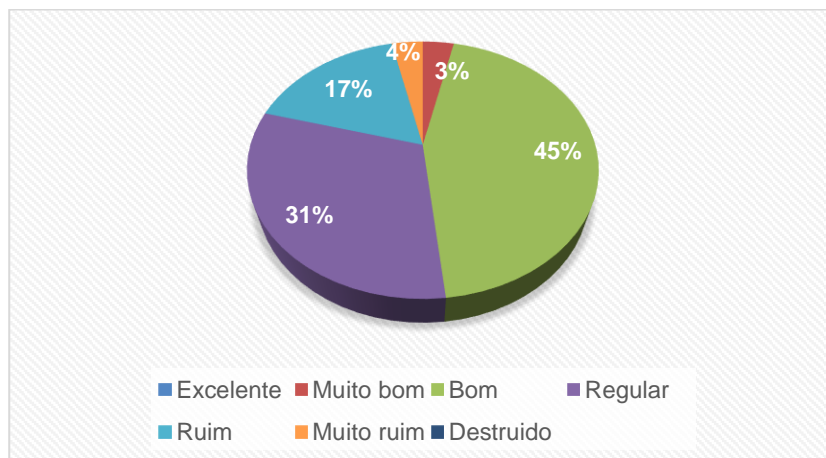
Fonte: Autoria.

Nas arteriais, nota-se uma equiparidade entre os estados bom e regular, com 40% e o mesmo equilíbrio entre muito bom e ruim, com 10%. Com isso, é evidente a necessidade de serviços preventivos e principalmente corretivos, pois são indicados para situações mais severas e podem evoluir para problemas com custo maior para o poder público. Com isso, nota-se que essa parte da cidade precisa com urgência de atenção por parte da prefeitura para evitar que os pavimentos existentes nessa zona da cidade agravem ainda mais o seu estado e necessitem de mais investimento para que os pavimentos flexíveis ofereçam o conforto adequado para os usuários.

#### 4.1.4 Zona Oeste

Os dados da zona Oeste serão expostos na figura 17, com o primeiro gráfico mostrando um resumo das vias coletoras.

**Figura 17:** Condição do pavimento das vias coletoras das amostras da Zona Oeste.

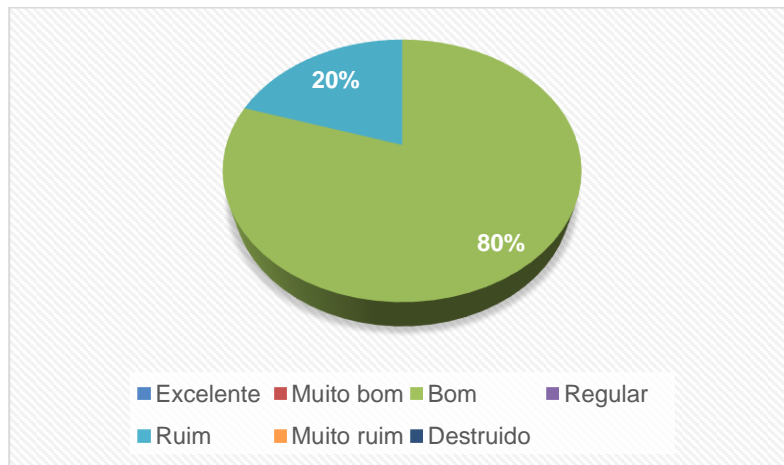


Fonte: Autoria.



As vias coletoras do Oeste da cidade apresentaram um resultado satisfatório, pois a maior parte encontra-se em estado bom, cerca de 45%, 31% regular, 17% ruim e um equilíbrio em percentagem entre os estados muito bom e muito ruim, com 3% para os dois, como pode se notas na figura mostrada.

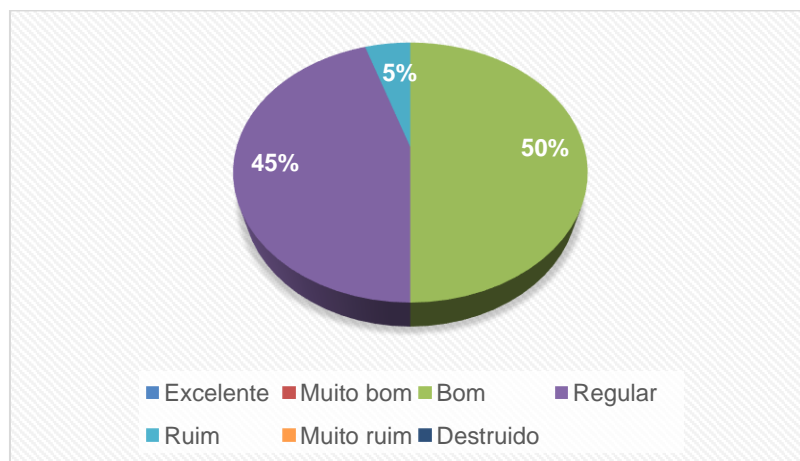
**Figura 18:** Condição do pavimento das vias arteriais das amostras da Zona Oeste.



Fonte: Aatoria.

Nas vias artérias desta zona foram encontrados apenas dois estados de classificação das amostras, com a grande maioria no estado bom, com 80% e ruim com apenas 20%. Dessa maneira, os serviços de manutenção corretiva que é indicada para pavimentos em estado bom, devem ser feitos o quanto antes para evitar que aumente os pavimentos em condição ruim, visto que requerem um gasto maior para que ofereçam conforto.

**Figura 19:** Condição do pavimento das vias locais das amostras da Zona Oeste.



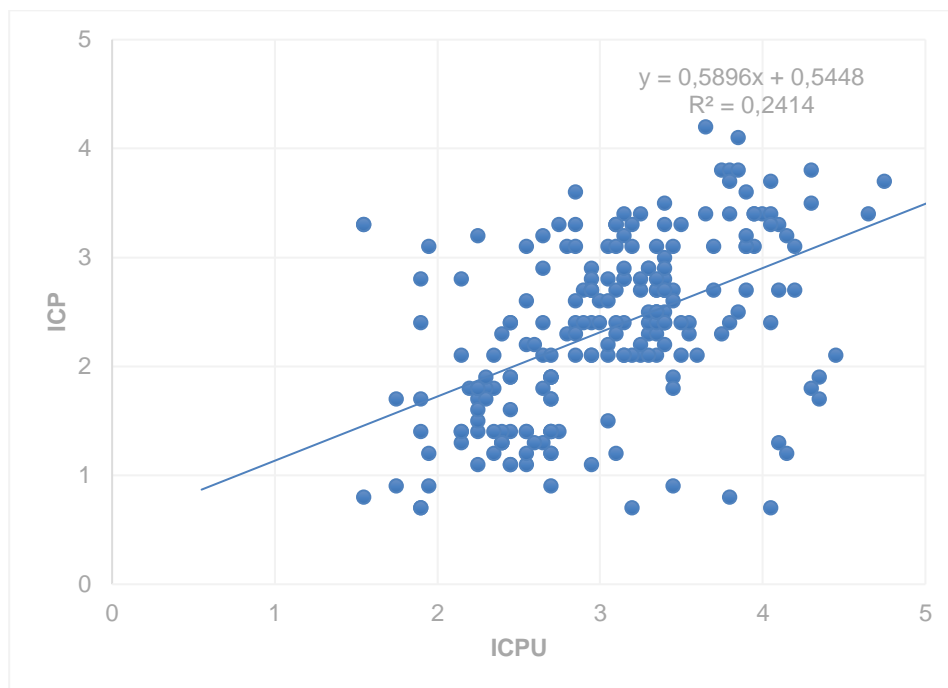
Fonte: Aatoria.

Por último, as vias locais, com 50% em estado bom, o que era realmente previsto, pois essa modalidade de via é menos desgastada que as demais por conduzir os veículos a locais restritos. Além disso, possui 45% em condição regular e apenas 5% em condição ruim, necessitando de pouco investimento para que possam oferecer conforto aos usuários. Dessa forma, conclui-se que nessa zona as vias arteriais apresentaram melhores condições de conservação, o que é bastante surpreendente, pois essas vias são bastantes exigidas pelos transportes. Entretanto, tal diferença pode ser explicada pela presença de feiras e comércios existentes nessa área, contribuindo, assim, para movimentar a economia da cidade, o que justificaria investimentos em melhorias dos pavimentos pela prefeitura.

#### **4.2 Análise estatística de resultados**

Para ter uma visão melhor com relação aos resultados, elaborou-se um gráfico que correlaciona o Índice de Condição do Pavimento Urbano proposto por Albuquerque (2017), com o Índice de Condição do Pavimento calculado com as alterações propostas por Zanchetta (2017), em que a nota correspondente a cada defeito é dividida entre severidade e extensão nas amostras coletadas da cidade de João Pessoa, como se pode observar na figura 20:

**Figura 20:** Correlação entre o ICPU e ICP.



Fonte: Autoria.

A partir da figura 20 fica evidente que a avaliação objetiva feita por meio do ICP varia de forma diferente à avaliação feita com o ICPU, visto que os pontos que representam as notas ficaram a grande maioria afastados da reta de equivalência.

Além disso, o valor do coeficiente de determinação apresentou valor de aproximadamente 0. Dessa maneira, quanto mais próximo do valor 0, menor a correlação entre os métodos. Tal divergência pode ser proveniente, principalmente, do julgamento dos avaliadores na avaliação feita pelo ICP que está diretamente relacionada à subjetividade do avaliador quanto à severidade do defeito, o que não acontece com o ICPU, que é feita de uma maneira mais precisa. Todavia, o método de Albuquerque (2017) pode contribuir também para que haja tais divergências, pois no seu cálculo são considerados apenas 6 tipos de defeitos e os demais problemas como exsudação e corrugação que foram encontrados com grande frequência nas amostras analisadas não são deduzidos no seu cálculo.

As tabelas 6 a 9 mostram os resultados obtidos no cálculo do ICP e ICPU das 216 amostras coletadas para realizar este trabalho. Assim, ao analisar as tabelas, nota-se que as mesmas amostras podem apresentar resultados completamente diferente, pois as duas formas utilizadas para classificar a condição possuem pesos diferentes para cada defeito.

**Tabela 6:** Valores do UPCI e PCI para a Zona Sul.

Seções	PCI	Estado	UPC I	Estado	Via
Seção - 01	4,3	ÓTIMO	3,8	BOM	COLETORA
Seção - 02	2,2	REGULAR	1,8	RUIM	ARTERIAL
Seção - 03	4,2	ÓTIMO	3,2	BOM	COLETORA
Seção - 04	3,4	BOM	3,1	BOM	COLETORA
Seção - 05	3,9	BOM	3	REGULAR	COLETORA
Seção - 06	4,3	ÓTIMO	3,6	BOM	COLETORA
Seção - 07	3,2	BOM	1,9	RUIM	COLETORA
Seção - 08	3,9	BOM	3,1	BOM	COLETORA
Seção - 09	4,4	ÓTIMO	3,4	BOM	LOCAL
Seção - 10	3,8	BOM	2,1	REGULAR	COLETORA
Seção - 11	3,7	BOM	2,5	REGULAR	LOCAL
Seção - 12	4,0	BOM	2,7	REGULAR	COLETORA
Seção - 13	4,3	ÓTIMO	2,4	REGULAR	COLETORA
Seção - 14	3,3	BOM	1,7	RUIM	COLETORA
Seção - 15	3,0	REGULAR	2,1	REGULAR	ARTERIAL
Seção - 16	2,9	REGULAR	1,1	RUIM	COLETORA
Seção - 17	3,0	REGULAR	2,4	REGULAR	COLETORA
Seção - 18	2,8	REGULAR	2,6	REGULAR	ARTERIAL
Seção - 19	4,6	ÓTIMO	3,2	BOM	LOCAL
Seção - 20	3,1	BOM	3,4	BOM	LOCAL
Seção - 21	3,9	BOM	3,7	BOM	LOCAL
Seção - 22	3,8	BOM	3,1	BOM	LOCAL
Seção - 23	2,0	RUIM	0,8	MUITO RUIM	LOCAL
Seção - 24	4,0	BOM	3,1	BOM	COLETORA
Seção - 25	2,2	REGULAR	1,3	RUIM	LOCAL
Seção - 26	2,6	REGULAR	1,7	RUIM	COLETORA
Seção - 27	3,4	BOM	2,1	REGULAR	COLETORA
Seção - 28	4,0	BOM	3,3	BOM	COLETORA
Seção - 29	1,9	RUIM	1,2	RUIM	LOCAL
Seção - 30	3,5	BOM	2,4	REGULAR	COLETORA
Seção - 31	4,0	BOM	3,1	BOM	COLETORA
Seção - 32	3,8	BOM	3,5	BOM	COLETORA
Seção - 33	3,9	BOM	3,4	BOM	LOCAL
Seção - 34	3,7	BOM	3,8	BOM	LOCAL
Seção - 35	3,2	BOM	2,3	REGULAR	LOCAL
Seção - 36	1,6	RUIM	0,7	MUITO RUIM	COLETORA
Seção - 37	3,9	BOM	3,3	BOM	ARTERIAL
Seção - 38	3,0	REGULAR	1,1	RUIM	ARTERIAL
Seção - 39	3,5	BOM	2,7	REGULAR	COLETORA

Seção - 40	1,5	RUIM	0,9	MUITO RUIM	LOCAL
Seção - 41	3,8	BOM	3,3	BOM	LOCAL
Seção - 42	4,1	ÓTIMO	4,1	MUITO BOM	LOCAL
Seção - 43	3,7	BOM	3,4	BOM	COLETORA
Seção - 44	4,1	ÓTIMO	4,2	ÓTIMO	LOCAL
Seção - 45	1,9	RUIM	0,7	MUITO RUIM	COLETORA
Seção - 46	2,7	REGULAR	1,2	RUIM	COLETORA
Seção - 47	2,7	REGULAR	1,4	RUIM	COLETORA
Seção - 48	3,8	BOM	3,3	BOM	LOCAL
Seção - 49	3,4	BOM	2,4	REGULAR	LOCAL
Seção - 50	3,0	BOM	2,5	REGULAR	COLETORA
Seção - 51	3,5	BOM	2,1	REGULAR	LOCAL
Seção - 52	2,8	REGULAR	2,3	REGULAR	COLETORA
Seção - 53	3,2	BOM	3,3	BOM	COLETORA
Seção - 54	2,8	REGULAR	1,4	RUIM	LOCAL

Fonte: Autoria

**Tabela 7:** Valores do UPCI e PCI para a Zona Norte.

Seções	PCI	Estado	UP CI	Estado	Via
Seção - 55	2,7	REGULAR	1,2	RUIM	COLETORA
Seção - 56	2,5	REGULAR	1,1	RUIM	ARTERIAL
Seção - 57	3,4	BOM	2,2	REGULAR	COLETORA
Seção - 58	2,5	REGULAR	1,4	RUIM	COLETORA
Seção - 59	3,3	BOM	2,3	REGULAR	COLETORA
Seção - 60	3,2	BOM	2,1	REGULAR	COLETORA
Seção - 61	2,4	REGULAR	1,4	RUIM	COLETORA
Seção - 62	3,3	BOM	2,3	REGULAR	COLETORA
Seção - 63	3,2	BOM	2,1	REGULAR	LOCAL
Seção - 64	4,1	ÓTIMO	3,4	BOM	COLETORA
Seção - 65	3,4	BOM	2,5	REGULAR	LOCAL
Seção - 66	3,3	BOM	2,4	REGULAR	COLETORA
Seção - 67	2,9	BOM	2,7	REGULAR	COLETORA
Seção - 68	2,8	BOM	2,4	REGULAR	COLETORA
Seção - 69	3,1	BOM	3,1	BOM	ARTERIAL
Seção - 70	3,0	BOM	3,3	BOM	COLETORA
Seção - 71	2,2	REGULAR	1,8	RUIM	COLETORA
Seção - 72	1,9	RUIM	0,7	MUITO RUIM	ARTERIAL
Seção - 73	2,3	REGULAR	1,2	RUIM	LOCAL
Seção - 74	3,1	BOM	2,8	REGULAR	LOCAL
Seção - 75	3,1	BOM	2,7	REGULAR	LOCAL
Seção - 76	2,9	BOM	2,1	REGULAR	LOCAL
Seção - 77	2,3	REGULAR	1,8	RUIM	LOCAL
Seção - 78	4,0	BOM	3,3	BOM	COLETORA
Seção - 79	2,2	REGULAR	1,4	RUIM	LOCAL

Seção - 80	2,6	BOM	2,9	REGULAR	COLETORA
Seção - 81	2,2	REGULAR	1,8	RUIM	COLETORA
Seção - 82	3,4	BOM	2,7	REGULAR	COLETORA
Seção - 83	3,3	BOM	2,4	REGULAR	LOCAL
Seção - 84	3,8	BOM	3,8	BOM	COLETORA
Seção - 85	2,9	BOM	2,7	REGULAR	COLETORA
Seção - 86	2,2	REGULAR	1,8	RUIM	COLETORA
Seção - 87	2,1	REGULAR	1,4	RUIM	LOCAL
Seção - 88	3,4	BOM	2,4	REGULAR	LOCAL
Seção - 89	2,2	REGULAR	2,1	REGULAR	LOCAL
Seção - 90	3,3	BOM	2,5	REGULAR	COLETORA
Seção - 91	3,9	BOM	3,1	BOM	ARTERIAL
Seção - 92	4,0	BOM	3,3	BOM	ARTERIAL
Seção - 93	3,4	BOM	2,7	REGULAR	COLETORA
Seção - 94	1,5	RUIM	0,8	MUITO RUIM	LOCAL
Seção - 95	3,8	BOM	3,8	BOM	LOCAL
Seção - 96	3,9	BOM	3,4	BOM	LOCAL
Seção - 97	2,6	REGULAR	3,4	BOM	COLETORA
Seção - 98	4,0	BOM	3,7	BOM	LOCAL
Seção - 99	1,9	RUIM	0,9	MUITO RUIM	COLETORA
Seção - 100	2,7	REGULAR	1,2	RUIM	COLETORA
Seção - 101	2,7	REGULAR	1,4	RUIM	COLETORA
Seção - 102	3,8	BOM	3,7	BOM	LOCAL
Seção - 103	3,4	BOM	2,4	REGULAR	LOCAL
Seção - 104	3,0	BOM	2,6	REGULAR	COLETORA
Seção - 105	3,5	BOM	2,4	REGULAR	LOCAL
Seção - 106	2,8	BOM	3,6	BOM	COLETORA
Seção - 107	3,1	BOM	3,4	BOM	COLETORA
Seção - 108	2,9	BOM	2,9	REGULAR	LOCAL

Fonte: Autoria

**Tabela 8:** Valores do UPCI e PCI para a Zona Leste.

Seções	PCI	Estado	UP CI	Estado	Via
Seção - 109	2,6	REGULAR	1,3	REGULAR	COLETORA
Seção - 110	3,9	BOM	3,2	BOM	ARTERIAL
Seção - 111	3,4	BOM	2,4	REGULAR	LOCAL
Seção - 112	2,8	REGULAR	2,3	REGULAR	LOCAL
Seção - 113	3,2	BOM	2,2	REGULAR	COLETORA
Seção - 114	3,2	BOM	3,3	BOM	COLETORA
Seção - 115	3,0	BOM	2,4	REGULAR	LOCAL
Seção - 116	2,5	REGULAR	1,2	RUIM	COLETORA
Seção - 117	3,3	BOM	2,5	REGULAR	LOCAL
Seção - 118	3,4	BOM	2,6	REGULAR	COLETORA

Seção - 119	3,3	BOM	3,1	BOM	LOCAL
Seção - 120	2,7	REGULAR	1,4	RUIM	COLETORA
Seção - 121	2,4	REGULAR	1,1	RUIM	COLETORA
Seção - 122	2,4	REGULAR	1,3	RUIM	COLETORA
Seção - 123	2,5	REGULAR	2,2	REGULAR	ARTERIAL
Seção - 124	3,1	BOM	2,4	REGULAR	LOCAL
Seção - 125	2,2	REGULAR	1,5	RUIM	COLETORA
Seção - 126	2,8	REGULAR	2,1	REGULAR	ARTERIAL
Seção - 127	2,3	REGULAR	1,4	RUIM	LOCAL
Seção - 128	3,1	BOM	2,1	REGULAR	LOCAL
Seção - 129	3,1	BOM	2,3	REGULAR	LOCAL
Seção - 130	2,1	REGULAR	1,3	RUIM	COLETORA
Seção - 131	3,2	BOM	3,4	BOM	LOCAL
Seção - 132	2,7	REGULAR	1,4	RUIM	COLETORA
Seção - 133	2,6	REGULAR	1,3	RUIM	LOCAL
Seção - 134	2,9	REGULAR	2,7	REGULAR	LOCAL
Seção - 135	3,1	BOM	2,8	REGULAR	LOCAL
Seção - 136	3,7	BOM	3,1	BOM	LOCAL
Seção - 137	1,9	RUIM	1,7	RUIM	COLETORA
Seção - 138	2,7	REGULAR	1,9	RUIM	COLETORA
Seção - 139	3,4	BOM	2,8	REGULAR	LOCAL
Seção - 140	2,2	REGULAR	1,1	RUIM	COLETORA
Seção - 141	2,1	REGULAR	1,4	RUIM	COLETORA
Seção - 142	2,4	REGULAR	1,9	RUIM	COLETORA
Seção - 143	1,9	RUIM	0,7	MUITO RUIM	LOCAL
Seção - 144	1,7	RUIM	0,9	MUITO RUIM	ARTERIAL
Seção - 145	3,5	BOM	2,4	REGULAR	ARTERIAL
Seção - 146	2,7	REGULAR	1,7	RUIM	COLETORA
Seção - 147	2,5	REGULAR	1,4	RUIM	COLETORA
Seção - 148	3,3	BOM	2,7	REGULAR	LOCAL
Seção - 149	2,7	REGULAR	1,9	RUIM	LOCAL
Seção - 150	2,6	REGULAR	1,8	RUIM	ARTERIAL
Seção - 151	2,4	REGULAR	1,1	RUIM	COLETORA
Seção - 152	3,3	BOM	2,7	REGULAR	COLETORA
Seção - 153	3,4	BOM	3,5	BOM	ARTERIAL
Seção - 154	3,1	BOM	3,3	BOM	ARTERIAL
Seção - 155	2,9	BOM	2,4	REGULAR	COLETORA
Seção - 156	2,3	REGULAR	1,8	RUIM	LOCAL
Seção - 157	2,4	REGULAR	1,3	RUIM	ARTERIAL
Seção - 158	3,0	BOM	2,8	REGULAR	LOCAL
Seção - 159	3,6	BOM	2,1	REGULAR	LOCAL
Seção - 160	2,4	REGULAR	1,3	RUIM	COLETORA
Seção - 161	3,0	BOM	2,2	REGULAR	LOCAL
Seção - 162	2,3	REGULAR	1,7	RUIM	ARTERIAL

Fonte: Autoria

**Tabela 9:** Valores do UPCI e PCI para a Zona Oeste.

Seções	PCI	Estado	UPC I		Via
Seção - 163	2,7	REGULAR	1,2	RUIM	COLETORA
Seção - 164	3,9	BOM	2,1	REGULAR	ARTERIAL
Seção - 165	3,4	BOM	2,2	REGULAR	COLETORA
Seção - 166	2,8	REGULAR	3,1	BOM	COLETORA
Seção - 167	3,3	BOM	1,3	RUIM	COLETORA
Seção - 168	3,2	BOM	2,4	REGULAR	COLETORA
Seção - 169	2,9	REGULAR	2,4	REGULAR	COLETORA
Seção - 170	2,5	REGULAR	3,1	BOM	COLETORA
Seção - 171	3,3	BOM	2,6	REGULAR	LOCAL
Seção - 172	3,4	BOM	1,7	RUIM	COLETORA
Seção - 173	2,3	REGULAR	1,5	RUIM	LOCAL
Seção - 174	2,7	REGULAR	1,2	RUIM	COLETORA
Seção - 175	2,4	REGULAR	2,4	REGULAR	COLETORA
Seção - 176	2,4	REGULAR	2,1	REGULAR	COLETORA
Seção - 177	2,5	REGULAR	2,1	REGULAR	ARTERIAL
Seção - 178	3,1	BOM	3,1	BOM	COLETORA
Seção - 179	3,2	BOM	2,6	REGULAR	COLETORA
Seção - 180	2,7	BOM	2,6	REGULAR	ARTERIAL
Seção - 181	2,3	BOM	2,1	REGULAR	LOCAL
Seção - 182	3,1	BOM	3,4	BOM	LOCAL
Seção - 183	3,1	REGULAR	4,2	MUITO RUIM	LOCAL
Seção - 184	2,1	REGULAR	2,1	REGULAR	LOCAL
Seção - 185	3,2	BOM	2,6	REGULAR	LOCAL
Seção - 186	1,7	RUIM	0,8	MUITO RUIM	COLETORA
Seção - 187	2,6	REGULAR	1,3	RUIM	LOCAL
Seção - 188	2,9	BOM	2,7	REGULAR	COLETORA
Seção - 189	3,1	REGULAR	1,5	RUIM	COLETORA
Seção - 190	3,7	REGULAR	1,6	RUIM	COLETORA
Seção - 191	1,9	RUIM	0,8	MUIO RUIM	LOCAL
Seção - 192	2,7	REGULAR	1,6	RUIM	COLETORA
Seção - 193	3,4	BOM	2,4	REGULAR	COLETORA
Seção - 194	2,2	REGULAR	0,7	MUITO RUIM	COLETORA
Seção - 195	2,1	REGULAR	2,8	REGULAR	LOCAL
Seção - 196	2,4	REGULAR	1,6	RUIM	LOCAL
Seção - 197	1,9	RUIM	1,4	RUIM	LOCAL
Seção - 198	1,7	RUIM	0,7	MUITO RUIM	COLETORA
Seção - 199	3,5	BOM	3,3	BOM	ARTERIAL
Seção - 200	2,7	REGULAR	0,9	MUITO RUIM	ARTERIAL
Seção - 201	2,5	REGULAR	1,4	RUIM	COLETORA
Seção - 202	3,3	REGULAR	2,5	REGULAR	LOCAL
Seção - 203	2,6	REGULAR	2,4	REGULAR	LOCAL



Seção - 204	2,7	REGULAR	1,7	RUIM	LOCAL
Seção - 205	1,4	RUIM	0,6	MUITO RUIM	COLETORA
Seção - 206	3,4	BOM	1,8	RUIM	LOCAL
Seção - 207	3,4	BOM	0,7	MUITO RUIM	COLETORA
Seção - 208	3,1	BOM	1,2	RUIM	COLETORA
Seção - 209	2,8	REGULAR	3,1	BOM	COLETORA
Seção - 210	2,3	REGULAR	1,7	RUIM	LOCAL
Seção - 211	2,4	REGULAR	2,4	REGULAR	LOCAL
Seção - 212	3,0	REGULAR	1,5	RUIM	COLETORA
Seção - 213	3,5	BOM	2,1	REGULAR	LOCAL
Seção - 214	2,8	REGULAR	2,3	REGULAR	COLETORA
Seção - 215	3,1	BOM	2,1	REGULAR	COLETORA
Seção - 216	3,9	BOM	1,6	RUIM	LOCAL

Fonte: Autoria

## 5. CONCLUSÕES

Um sistema de gerência de pavimentos tem grande importância, principalmente, quando se fala em economizar recursos públicos, visto que os mesmos são limitados e escassos. Dessa maneira, deve-se procurar uma forma eficiente, econômica e adequada para distribuir tais verbas. Com isso, deve-se aplicar os recursos municipais para melhorar a qualidade das vias para os usuários de forma racional e com ideias a longo prazo, buscando conforto, segurança e economia. Assim, ações corretivas e preventivas devem ser vistas, a longo prazo, como uma forma de evitar grandes gastos no futuro, haja vista, que a reconstrução de pavimentos envolve gastos muito maiores, quando comparado com manutenções.

É indiscutível que o passo mais importante para ter sucesso em um sistema de gerência de pavimentos seja a avaliação da condição em que se encontra o mesmo, pois só assim tem-se uma ideia do caminho que se deve seguir para conserva-lo. Existem várias maneiras de realizar avaliação em pavimentos, no entanto, devido à pandemia que se instalou, optou-se por uma forma inovadora de realizar o levantamento dos defeitos utilizando imagens do município de João Pessoa – Paraíba. Dessa maneira, foi possível obter os índices de condição de duas formas diferentes, para realizar uma análise comparativa, com o objetivo de averiguar se existia relação de variação entre os dois, o que foi mostrado em um gráfico de dispersão que não existe correlação entre os métodos. Entretanto, é indubitável que a avaliação presencial seja mais precisa nos resultados, visto que assim tem-se uma visão mais ampla e completa de tudo que envolve o pavimento a se averiguar. Entretanto, a avaliação por imagens também possui vantagens, principalmente em um momento em que não se pode ter contato de forma direta com outras pessoas, como requer os métodos presenciais.

Uma das principais vantagens observadas nessa forma de avaliação é a velocidade de obtenção de dados a um custo baixo, visto que tudo pode ser feito em casa e utilizando somente a internet para obter os dados. Tal prerrogativa não acontece nas presenciais que exigem tempo e gastos com a locomoção dos avaliadores. No entanto, ainda é preciso superar algumas deficiências nessa forma de avaliação, como as imagens fornecidas pelo aplicativo *Google Earth* serem obtidas a cada ano e não de forma simultânea, o que pode mudar a análise, pois as imagens

obtidas nesse ano, só estarão disponíveis no ano subsequente e durante esse intervalo de tempo medidas de manutenção podem mudar totalmente a análise passada.

Assim, é notório que essa medida inovadora de análise traz grandes benefícios para a melhoria das condições dos pavimentos, seja ele uma rodovia, seja urbano. Porém é necessário investir em ferramentas que possibilitem o acesso simultâneo de imagens, assim, os dados não poderão ser modificados durante as avaliações e os dados serão fornecidos de acordo com a condição em que se encontra o pavimento analisado.

## REFERÊNCIAS:

ASTM D6433. **Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys**. Annual Book of ASTM Standards. American Society for Testing and Materials. West Conshohocken, PA, Estados Unidos da América, 2018.

AASHTO, **American Association of State Highway and Transportation Officials. Guide to Pavement Management**. 2 ed. Washington D.C., 2012.

ALBUQUERQUE, T. P. **Índice de condição baseado em defeitos superficiais para gerência de pavimentos urbanos**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB, 2017.

ALBUQUERQUE, Fernando Silva. **Sistema de gerência de pavimentos para departamento de estradas no nordeste brasileiro**. Porto Alegre: PPGEC/UFRGS, 2007.

BARTHOLOMEU, D.B.; FILHO, J.V.C. **Impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras: um estudo de caso**. Piracicaba, São Paulo 2008.

BARELLA, R.M. **Inventário de defeitos superficiais de pavimentos com o auxílio de imagens digitais. 215 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes)**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2001.

BERBEL, MAUÊ FOLONI. **Aplicação do método do PCI – Pavement Conditions Index – Para determinação de serviços de restauração e manutenção em um trecho da avenida tupi de pato branco-pr**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

BEKTAS, F.; SMADI, O; NLENANYA, I. **Pavement Condition: New Approach for Iowa Department of Transportation**. Transportation Research Record 2015.

BOYU, Z.; TOMONORI N.; Kai X. **Road profile estimation, and its numerical and experimental validation, by smartphone measurement of the dynamic responses of an ordinary vehicle**. Journal of Sound, 2019.

CNT – Confederação Nacional de Transportes. **Conheça os 13 principais defeitos do pavimento das rodovias**. Confederação Nacional de Transportes. 2018a. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/conheca-principais-defeitos-pavimento>>. Acesso em 24/10/2020.

CNT - Confederação Nacional do Transporte. Pesquisa CNT de rodovias 2016: **relatório gerencial**. 405p. Confederação Nacional de Transportes. 2016. Disponível em:< Pesquisa CNT de Rodovias 2016.pdf>. Acesso em 18/05/2021.

DNIT (2003). NBR 009/2003 – **PRO Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos**. Rio de Janeiro.

DNIT 005/2003 – TER. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos**. Terminologia. 2003.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Gerência de Pavimentos**. Publicação Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR 745, 2011.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de pavimentação, Publicação IPR-720**. Rio de Janeiro 2006.

DNIT, **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**, Publicação IPR-720. Rio de Janeiro 2006.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de conservação rodoviária**. Rio de Janeiro, 2005.

DNIT (2003) NBR 006/2003 – PRO. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos -Procedimento**. Rio de Janeiro.

LOPES, LORENA SILVA. **Análise experimental do comportamento hidráulico e mecânico de um pavimento ferroviário**. Dissertação (Mestrado) em ENGENHARIA CIVIL, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro Biblioteca Depositária: 2017.

LUCENA, B.C.B. **Gestão da manutenção de pavimentos: uma análise comparativa do estado funcional do pavimento em um trecho da cidade de JOÃO PESSOA – PB**, ARARUNA-PB, 2018.

MAJIDIFARD, H.; JIN, P.; GYAMF, Y.A.; BUTTLAR, W.G. **Pavement Image Datasets: A New Benchmark Dataset to Classify and Densify Pavement Distresses**. Transportation Research Record 2020.

MACENA, L. N. **Considerações sobre avaliação subjetiva e objetiva para a implantação de um sistema de gerência de pavimentos urbanos**. Monografia de projeto final em engenharia civil. Departamento de engenharia civil e ambiental. Universidade de Brasília (UNB), 2019.

MACHADO, C.; SANTANNA, L.G.; CARVALHO, B.C.A.; OLIVEIRA, R. J. **Sistema de Gerência de Pavimentos de Estradas Florestais. VII Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal**, Viçosa 2005.

NETO, A.D.L.T; SILVA, M.B.M.F; SILVA, R.A.S; ARAUJO, V.B.O; MELO, R.A. **Avaliação das condições do pavimento em via urbana na cidade de João Pessoa/PB – Comparação entre índices**. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

OLIVEIRA, J. J. **Experiência de Implantação de Sistema de Gerência de Pavimentos em Cidade de Médio Porte – Estudo de Caso: Anápolis-GO**. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo (USP), 2013.

RODRIGUES, I.M; COLMENERO, J.C. **A importância da manutenção das rodovias para o sistema de redes logísticas**. A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão, Salvador 2009.

RAMOS, M. M.; TACO, P. W. G.; **Identificação de Métodos de Coleta de Dados para Gerência de Pavimentos**. Universidade de Brasília (UNB). Programa de Pós-Graduação em Transportes – PPGT, 2019.

SEGRE, S.P. **Pavimentos flexíveis: análise dos defeitos em função da sua origem e suas consequências na vida útil**. Unicamp, Campinas 2019.

SILVA, S. A. T., Vidal, P. J. F., Holanda, Áurea S., & Parente Júnior, E. **Análise Viscoelástica de Pavimentos Asfálticos Utilizando Elementos Finitos e Infinitos**, 2014.

ZANCHETTA, F. **Aquisição de dados sobre a condição dos pavimentos visando a implementação de sistemas de gerência de pavimentos urbanos**. Universidade de São Paulo. São Carlos, SP, 2005.

ZANCHETTA, F. **Sistema de gerência de pavimentos urbanos: avaliação de campo, modelo de desempenho e análise econômica**. Tese (Doutorado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP, 2017.

## ANEXOS

### Anexo 01

INVENTÁRIO DA REDE VIÁRIA URBANA					
ID da Seção:			ID da Seção:		
Nome da via:					
Data das imagens coletadas:					
Avaliador:					
Classe Funcional:			Sentido:		
Comprimento:		Comprimento:		Nº de Faixas: 2	
Tipo de Pavimento:			Tipo de Pavimento:		
AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO					
ICP:		Aceitável:		M & R Prevista: N/C	
SAAE:		Calçada:		Drenagem:	

QUANTIFICAÇÃO DOS DEFEITOS					
TIPO DE DEFEITO	SEVERIDADE			PONTOS DEDUTÍVEIS	
	B	M	A	Intervalo	Avaliação
1-Trinca por fadiga (m2)				0 a 15	
2-Trinca em bloco (m2)				0 a 5	
3-Defeito no bordo (m)				0 a 5	
4-Trinca longitudinal (m)				0 a 5	
5-Trinca por reflexão (m2)				0 a 5	
6-Trincas transversais (m)				N/C	
7-Remendo (m2)				0 a 15	
8-Panela (m2)				0 a 10	
9-Deformação permanente (m)				0 a 15	
10-Corrugação (m)				0 a 5	
11-Exsudação (m)				0 a 5	
12-Agregados polidos (m2)				0 a 15	
13-Desgaste (m2)				0 a 15	
14-Desnível pistaacostamento(m)				N/C	
15-Bombeamento (m2)				N/C	
OBSERVAÇÃO:					$\Sigma$ =
					IPC=

