



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**



**CARLOS HENRICK DOS REIS AVELAR**  
**JOAS CARVALHO FARIAS**

**Avaliação objetiva dos defeitos superficiais de pavimentos flexíveis e semi-rígidos.**  
**Estudo de caso: Campus do Guamá da UFPA**

**BELÉM/PA**  
**2024**

CARLOS HENRICK DOS REIS AVELAR  
JOAS CARVALHO FARIAS

**Avaliação objetiva dos defeitos superficiais de pavimentos flexíveis e semi-rígidos.  
Estudo de caso: Campus do Guamá da UFPA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar

BELÉM/PA  
2024


CARLOS HENRICK DOS REIS AVELAR  
JOAS CARVALHO FARIAS

**Avaliação objetiva dos defeitos superficiais de pavimentos flexíveis e semi-rígidos.  
Estudo de caso: Campus do Guamá da UFPA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Belém, 04 de novembro de 2024


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 MARCELO FIGUEIREDO MASSULO AGUIAR  
Data: 05/11/2024 11:32:28-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

ORIENTADOR


Prof<sup>o</sup>. Dr. Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar  
Universidade Federal do Pará –UFPA

Documento assinado digitalmente  
 CHRISTIANE LIMA BARBOSA  
Data: 06/11/2024 11:06:29-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

EXAMINADOR

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Christiane Lima Barbosa  
Universidade Federal do Pará –UFPA

Documento assinado digitalmente  
 MARCUS VINICIUS GUERRA SERAPHICO DE ASSI  
Data: 06/11/2024 11:26:14-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

EXAMINADOR

Prof. Dr. Marcus Vinicius Guerra Seraphico de Assis Carvalho  
Universidade Federal do Pará –UFPA

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus, que nos deu saúde e força para superar os desafios ao longo dessa jornada. A caminhada durante o curso de Engenharia Civil foi repleta de momentos desafiadores, mas também de muitas alegrias e aprendizados. Cada obstáculo enfrentado nos ajudou a crescer, tanto profissionalmente quanto pessoalmente, e não estaríamos aqui hoje sem a fé e a determinação que nos moveram a cada dia.

Gostaríamos de expressar nossa sincera gratidão às nossas famílias, que foram nossa base ao longo de toda essa trajetória. Aos nossos pais, pelo amor incondicional e por nos apoiarem em cada decisão, acreditando em nosso potencial e nos encorajando a perseguir nossos sonhos. Aos nossos amigos e colegas de curso, por compartilharem conosco momentos inesquecíveis, nos ajudarem a superar as dificuldades e contribuírem para um ambiente de cooperação e crescimento mútuo.

Ao nosso orientador, agradecemos pela paciência, pelos conselhos e pela orientação técnica que foi fundamental para a realização deste trabalho. As sugestões e o conhecimento compartilhado não só enriqueceram o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso, mas também nos inspiraram a buscar sempre mais, questionando e aprofundando nosso entendimento sobre os temas abordados. Seu papel como mentor foi essencial, e seremos eternamente gratos pela oportunidade de aprender contigo.

Por fim, agradecemos à Universidade Federal do Pará, especialmente ao corpo docente do curso de Engenharia Civil, pelo conhecimento transmitido e pela dedicação ao longo dos anos. A UFPA foi muito mais do que um espaço de ensino, foi um local onde crescemos e desenvolvemos habilidades que levaremos para toda a vida. Este trabalho representa não apenas uma etapa

AVELAR. Carlos Henrick dos Reis; FARIAS. Joas Carvalho; AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS PELO MÉTODO ICP: Estudo de caso na cidade universitária professor José da Silveira Netto, campus do Guamá em Belém do Pará. Trabalho de conclusão de curso. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará – UFPA, p. 61, Belém, 2024.

## RESUMO

A análise dos defeitos superficiais nos pavimentos do Campus do Guamá da UFPA utilizou o método do Índice de Condição de Pavimento (ICP), baseado no SHRP (Strategic Highway Research Program), para avaliar o estado de conservação das vias e identificar as principais patologias que comprometem a qualidade e segurança. O objetivo foi classificar os trechos entre excelente e péssimo estado, fornecendo uma base quantitativa confiável para guiar ações de manutenção e reabilitação. A justificativa do estudo reside na importância de uma gestão eficiente dos recursos públicos, com intervenções planejadas para prolongar a vida útil dos pavimentos e assegurar a segurança dos usuários. O método incluiu o levantamento em campo dos defeitos visíveis, mapeamento detalhado e cálculo do ICP para cada trecho, conforme os critérios do SHRP, que considera tipos e severidade dos defeitos. A análise mostrou um ICP variando de 68,33 a 90,83 entre os 14 trechos avaliados, com média de 76,13, indicando a necessidade de reparos preventivos e corretivos para manter as condições adequadas. As intervenções recomendadas variam desde selagem de trincas e pequenos reparos nos trechos em bom estado até reabilitações mais amplas nas vias com deterioração acentuada. Conclui-se que a implementação de um Sistema de Gerenciamento de Pavimentos (SGP) é essencial para uma manutenção proativa no campus universitário. Sugestões para futuros estudos incluem a aplicação de tecnologias emergentes para monitoramento contínuo e automatizado das condições viárias, permitindo um planejamento mais preciso e sustentável para a infraestrutura universitária.

**Palavras-Chave:** Defeitos em pavimentos flexíveis; índice de condição de pavimento; Universidade Federal do Pará; sistema de gerência de pavimentos urbanos

AVELAR. Carlos Henrick dos Reis; FARIAS. Joas Carvalho; EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF FLEXIBLE FLOORS USING THE ICP METHOD: Case study in the university city of Professor José da Silveira Netto, Guamá campus in Belém do Pará. Course completion work. Faculty of Civil Engineering, Federal University of Pará – UFPA, p. 61, Belém, 2024.

### **ABSTRACT**

The analysis of surface defects in the pavements of the Guamá Campus at UFPA used the Pavement Condition Index (PCI) method based on the SHRP (Strategic Highway Research Program) to evaluate pavement conditions and identify key pathologies affecting quality and safety. The objective was to classify sections as ranging from excellent to poor condition, providing a reliable quantitative basis for guiding maintenance and rehabilitation actions. The study is justified by the importance of efficient public resource management, with planned interventions to extend pavement lifespan and ensure user safety. The method included field surveys of visible defects, detailed mapping, and PCI calculations for each section, following SHRP criteria, which consider defect types and severity. The analysis revealed PCI values ranging from 68.33 to 90.83 across the 14 evaluated sections, with an average of 76.13, indicating the need for preventive and corrective repairs to maintain adequate conditions. Recommended interventions range from crack sealing and minor repairs on sections in good condition to more extensive rehabilitations on significantly deteriorated roads. It is concluded that implementing a Pavement Management System (PMS) is essential for proactive maintenance on the university campus. Suggestions for future studies include applying emerging technologies for continuous and automated monitoring of road conditions, allowing for more precise and sustainable planning for university infrastructure.

**Keywords:** Flexible pavement defects; pavement condition index; Federal University of Pará; urban pavement management system.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>FIGURA 1:</b> Elementos de cada nível componente de um SGP  | 15 |
| <b>FIGURA 2:</b> Relação das estratégias de manutenção e reabilitação com outras etapas de um sistema de gerenciamento de pavimentos | 15 |
| <b>FIGURA 3:</b> Afundamento com defeito do tipo panela  | 23 |
| <b>FIGURA 4:</b> Estratégia de manutenção e reabilitação com base no valor do ICP  | 24 |
| <b>FIGURA 5:</b> Dados quantitativos do ICP, com as ponderações de notas para cada defeito existente com base no SHRP                | 25 |
| <b>FIGURA 6:</b> Campus I e II – setor básico e profissional, áreas das vias avaliadas no estudo                                     | 29 |
| <b>FIGURA 7:</b> fluxograma do método  | 29 |
| <b>FIGURA 8:</b> Mapa dos trechos selecionados   | 30 |
| <b>FIGURA 9:</b> Formulário de campo   | 32 |
| <b>FIGURA 10:</b> Planilha do excel para cálculo do ICP dos trechos  | 37 |
| <b>FIGURA 11:</b> Mapa dos trechos da UFPA com categorização do estado do pavimento, segundo dados do ICP de cada trecho             | 45 |
| <b>FIGURA 12:</b> defeito trinca por fadiga localizado no trecho 1   | 50 |
| <b>FIGURA 13:</b> defeito remendo localizado no trecho 1   | 51 |
| <b>FIGURA 14:</b> defeito panela localizado no trecho 5  | 52 |
| <b>FIGURA 15:</b> defeito trilha de roda localizado no trecho 6  | 52 |

## **LISTA DE GRÁFICOS**

|   |    |
|---|----|
| <b>GRÁFICO 1:</b> histograma de frequência dos ICPs nos trechos           | 42 |
| <b>GRÁFICO 2:</b> histógrafa de frequência dos ICPs ajustados nos trechos | 45 |
| <b>GRÁFICO 3:</b> Defeitos de Pavimentos - Frequência de ocorrência       | 51 |

## **LISTA DE TABELAS**

|   |    |
|---|----|
| <b>TABELA 1:</b> Identificação dos defeitos do pavimento  | 18 |
| <b>TABELA 2:</b> Definição do estado do pavimento, segundo método ICP                           | 25 |
| <b>TABELA 3:</b> inventário da rede com informações dos trechos                                 | 31 |
| <b>TABELA 4:</b> Pesos atribuídos aos defeitos como referência para o cálculo de ICP            | 34 |
| <b>TABELA 5:</b> Resultado primário dos ICPs dos trechos avaliados                              | 38 |
| <b>TABELA 6:</b> Resultado ajustado dos ICPs dos trechos avaliados                              | 42 |
| <b>TABELA 7:</b> Resultado das notas entre o cálculo do ICP primário versus ICP ajustado        | 46 |
| <b>TABELA 8:</b> percentual e números de trechos afetados pelos defeitos                        | 48 |
| <b>TABELA 9:</b> Atividade de manutenção e reabilitação proposta por trecho com base em seu ICP | 54 |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO</b>   | <b>9</b>  |
| 1.1. Dos objetivos   | 10        |
| 1.2. Justificativa   | 10        |
| 1.3. Estrutura do trabalho   | 11        |
| <b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>  | <b>12</b> |
| 2.1 Sistemas De Gerenciamento De Pavimentos (SGP)  | 12        |
| 2.2. Sistema de Gerenciamento de Pavimentos no Brasil  | 13        |
| 2.3. Estrutura do Sistema de Gerenciamento de Pavimentos (SGP)   | 14        |
| 2.4. Gerenciamento de pavimentos urbanos   | 16        |
| 2.5. Métodos SHRP ( <i>Strategic Highway Research Program</i> ) e defeitos singulares dos pavimentos urbanos | 18        |
| 2.5.1. PRINCIPAIS PATOLOGIAS QUE ATINGEM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS  | 21        |
| 2.6. Cálculo do índice de Condição de Pavimento (ICP)  | 24        |
| 2.7. Abordagem do método ICP em estudos semelhantes  | 26        |
| <b>3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E MÉTODO</b>  | <b>28</b> |
| 3.1 Caracterização da área de estudo   | 28        |
| 3.2. Descrição do método   | 29        |
| 3.2.1 CODIFICAÇÃO DOS TRECHOS  | 30        |
| 3.2.2. INVENTÁRIO DA REDE  | 30        |
| 3.2.3. FORMULÁRIO DE CAMPO E COLETA DE DADOS   | 31        |
| 3.2.4. MÉTODO DE CÁLCULO DO ICP  | 32        |
| 3.2.5. ANÁLISE DOS DADOS   | 34        |
| 3.2.6. SUGESTÕES DE ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DOS TRECHOS                                      | 35        |
| <b>4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>  | <b>36</b> |
| 4.1. Avaliação do ICP nos trechos selecionados: descrição e cálculos do ICP                                  | 36        |
| 4.1.1. CALCULO PRIMÁRIO DO ICP NOS TRECHOS   | 36        |
| 4.1.2. CALCULO AJUSTADO DO ICP NOS TRECHOS CONSIDERANDO OS DEFEITOS RECORRENTES                              | 41        |
| 4.1.3. ANÁLISE DAS DIFERENÇAS ENTRE O CÁLCULO DO ICP PRIMARIO E OS DADOS DO ICP AJUSTADO                     | 46        |
| 4.1.4. ANÁLISE DA OCORRÊNCIA DOS DEFEITOS POR TRECHO   | 47        |
| 4.1.5. ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO   | 53        |
| 4.2. Considerações finais  | 55        |
| <b>5. CONCLUSÃO</b>  | <b>56</b> |
| 5.1. Principais Resultados   | 56        |
| 5.2. Sugestões   | 58        |
| <b>6. REFERÊNCIAS</b>  | <b>59</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

A cidade de Belém possui diversas singularidades quando se trata de clima, visto que é um dos municípios com maior índice de pluviosidade anual do Brasil, sendo em média 2.858,7 mm/ano, na qual o maior volume está entre dezembro e maio, período chuvoso conhecido como inverno amazônico (ALMEIDA, et al., 2024), fator este que em conjunto com o a incidência direta do sol e altas temperaturas, geram uma umidade elevada.

O solo alagado típico da região também representa um obstáculo significativo, já que a elevada presença de água reduz a capacidade de suporte do solo, resultando em recalques e desníveis nos pavimentos. A saturação do solo dificulta a utilização de técnicas convencionais de pavimentação, exigindo soluções específicas e adaptadas às condições locais.

Ainda em Belém, precisamente as margens da Baía do Guajará está a Universidade Federal do Pará (UFPA), que se tornou a maior universidade do país em relação ao número de alunos da graduação, contando com “mais de 51 mil estudantes em 12 campi e dezenas de polos universitários que se estendem por mais de 60 municípios paraenses (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, 2024, s/n). Nesse cenário e levando em consideração a crescente demanda da instituição, tanto de alunos quanto de servidores, foi necessário realizar um estudo acerca das condições dos pavimentos da cidade universitária, visando o conforto e bem-estar dos que transitam no local.

Portanto, a análise sistemática do desempenho dos pavimentos do campus do Guamá, mediante o cálculo do Índice de Condição do Pavimento (ICP) é uma oportunidade de fornecer subsídios para a gestão de infraestrutura da universidade. A partir de uma avaliação criteriosa, este trabalho buscou gerar dados confiáveis sobre o estado atual dos pavimentos, identificar os principais problemas encontrados e sugerir intervenções que levem em consideração não apenas o fator técnico, mas também a viabilidade econômica. Um conceito importante para entender o objeto do trabalho, é o de pavimento, sendo definido como: “estruturas de múltiplas camadas, sendo o revestimento a camada que se destina a receber a carga dos veículos e mais diretamente a ação climática” (BERNUCCI, et al., apud, JUNIOR, 2021, p. 19).

Em decorrência de diversos fatores tais como o clima, o trânsito intenso, estes e outros geram o desgaste do pavimento, que por sua vez pode apresentar algumas patologias a depender de suas características. As principais patologias encontradas neste tipo de pavimento são trincas, remendos, panelas, e o próprio desgaste, nesse contexto, para que se prolongue a vida útil dos pavimentos, seja com prevenção ou correção de danos, deve-se haver um Sistema de Gerenciamento, denominado de SGPU (quando se tratar de pavimentos urbanos).

Neste contexto, é fundamental ressaltar a eficiência no uso dos recursos públicos, especialmente considerando que esses recursos são limitados e devem atender a múltiplas demandas. No caso da manutenção dos pavimentos do campus universitário da UFPA, o uso eficiente dos recursos implica em realizar intervenções planejadas que priorizem a prevenção e o reparo de falhas antes que se agravem. Uma gestão viária eficiente é capaz de garantir a qualidade das vias com menor custo ao longo do tempo, evitando reparos emergenciais que tendem a ser mais caros e menos duradouros. Assim, o investimento em uma manutenção preventiva e na correção dos defeitos mais críticos, conforme destacado nas análises de ICP e nos dados de falhas dos pavimentos, não só melhora a qualidade do tráfego e a segurança dos usuários, como também representa uma aplicação mais racional e econômica dos recursos públicos, em conformidade com os preceitos constitucionais e a legislação vigente.

### **1.1. Dos objetivos**

O objetivo deste estudo é avaliar a qualidade dos pavimentos do Campus do Guamá da UFPA, utilizando o Índice de Condição de Pavimento (ICP) baseado no método SHRP. A pesquisa busca fornecer dados confiáveis sobre o estado dos pavimentos, identificar os defeitos mais frequentes; identificar os melhores e os piores trechos e propor atividades de manutenção e reabilitação (M&R) dos pavimentos, além de estabelecer uma base para o monitoramento contínuo do desempenho dos pavimentos.

### **1.2. Justificativa**

A presente pesquisa justifica-se, pois, o desempenho dos pavimentos é um fator essencial para garantir a durabilidade e a segurança das vias de circulação, especialmente em áreas de grande fluxo, como a cidade universitária Professor José da Silveira Netto, no campus do Guamá em Belém do Pará. A avaliação de pavimentos flexíveis torna-se fundamental para identificar as condições de deterioração e determinar as ações de manutenção necessárias, visando o aumento de sua vida útil e a otimização dos recursos públicos.

Neste contexto, o Índice de Condição do Pavimento (ICP) surge como um método consolidado e eficiente para a avaliação do estado de conservação de pavimentos. Através da utilização do ICP, é possível quantificar os danos presentes e classificá-los de forma objetiva, facilitando o planejamento de intervenções preventivas ou corretivas. Considerando as peculiaridades climáticas da região amazônica, como o alto índice pluviométrico e o solo alagadiço, a aplicação do método ICP em Belém do Pará apresenta desafios específicos que precisam ser investigados e adaptados à realidade local. A relevância deste estudo está na busca

por soluções adequadas às características do solo e do clima de Belém, contribuindo para a melhoria da infraestrutura viária e para o desenvolvimento sustentável da cidade.

### **1.3. Estrutura do trabalho**

O texto a seguir está estruturado em 5 capítulos, contando com Introdução; Revisão bibliográfica; Método; Resultados e Conclusão. A Revisão Bibliográfica, inicia o estudo aprofundado dos conceitos importantes para o conhecimento do tema, tais como: o Sistema de Gerenciamento de Pavimentos (SGP), Método SHRP, Índice de Condição de Pavimento (ICP), abrangendo a apresentação das patologias existentes nos pavimentos flexíveis e apresentação do local objeto do estudo.

O capítulo do Método apresenta os procedimentos de pesquisa utilizados para a elaboração do trabalho, sendo utilizada a pesquisa bibliográfica, estudo do SGP no Brasil e finalizando na aplicação prática do cálculo do ICP na cidade Universitária Professor José da Silveira Netto.

Por fim, o presente encerra apresentando os resultados obtidos, seguido da conclusão, com base nos conhecimentos e observações dos autores, tendo como ideia central que a condição geral dos pavimentos do campus demanda uma abordagem mais proativa, com investimentos em manutenção preventiva e corretiva, priorizando os trechos mais críticos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão estudados os principais conceitos referentes aos pavimentos e sistemas de gerenciamentos, abordando os principais tipos de defeitos a eles inerentes. Dentre as temáticas mais importantes para o desenvolvimento do trabalho estão o método denominado de Índice de Condição de Pavimento (ICP), utilizado para quantificar e avaliar os defeitos encontrados nos trechos selecionados.

### 2.1 Sistemas De Gerenciamento De Pavimentos (SGP)

O Sistema de Gerenciamento de Pavimentos (SGP) é um programa público de serviços com a finalidade de auxiliar na tomada de decisões e na criação de estratégias para manter os pavimentos em condições minimamente adequadas de utilização. “A gerência de pavimentos é um conjunto de atividades de planejamento, projeto, construção, manutenção e reabilitação do pavimento em um programa público de serviços” (ZANCHETA, 2017, p.23).

Vale ressaltar que, apesar do SGP ter sido desenvolvido com enfoque nos pavimentos rodoviários, a sua aplicação é plenamente válida para pavimentos urbanos. Em meados das décadas de 1950 e 1960, ocorreu a realização da “*American Association of State Highway Officials*” (AASHO), sendo o maior programa voltado para estudos rodoviários, partindo da análise do desempenho de pavimentos dos mais diversos tipos e estruturas, utilizando como base pistas experimentais. O AASHO *Road test* já havia sido planejado desde meados de 1951-1954, tendo então o início do trabalho topográfico entre 1955-1956 e a pista experimental construída no ano de 1956-1960, oportunidade na qual se iniciaram os efetivos testes (ZANCHETA, 2017).

Esse estudo voltado para a qualidade de manutenção dos pavimentos iniciou na década de 1970, sendo o estado da Califórnia, nos Estados Unidos, um dos primeiros a adotarem um SGP em seus pavimentos. “Os primeiros SGPs foram baseados em um computador que mantinha a estrutura principal e continha disposições para um extenso banco de dados” (TALMO, 2021, p. 17).

Para compreender melhor a aplicabilidade deste sistema voltado à manutenção, é preciso ter em mente a diferença entre a manutenção e a reabilitação das vias, podendo a primeira ser entendida como uma:

Atividade desenvolvida em determinados períodos da vida de serviço da rodovia, objetivando dotá-la permanentemente de condições adequadas de serventia e segurança. Especificamente quanto ao pavimento, constituiu-se de atividades de restauração, que visam melhorar periodicamente as condições estruturais e funcionais do mesmo (BRASIL, 2011, p. 45).

Outro fator importante é seu objetivo, que trata da prevenção da deterioração prematura das vias. Assim, pode-se notar que a manutenção é uma medida preventiva, visando melhorar ou manter as qualidades do pavimento, com objetivo principal de prolongar sua vida útil e proporcionar um tráfego mais fluido. Por outro lado, a reabilitação tem como principal objetivo aumentar a vida útil do pavimento, criando condições favoráveis a um novo ciclo de deterioração, elevando assim seu nível de serventia.

O objetivo principal deste sistema é manter a qualidade, tanto estrutural quanto funcional das superfícies de rolamento, tendo em vista todas as circunstâncias que influenciam na durabilidade do pavimento, tais como a quantidade de fluxo veicular, velocidade média dos veículos, clima da região, dentre outros fatores. Apesar de parecer trabalhoso e oneroso à primeira vista, se torna bem mais vantajoso, principalmente sob a ótica financeira, por se tratar de uma medida preventiva, se relacionado com as medidas de correção.

## **2.2. Sistema de Gerenciamento de Pavimentos no Brasil**

No Brasil há somente uma tentativa isolada de alguns institutos para a implementação deste sistema, o que acaba por se tornar infrutífero, ante a necessidade de conexão dos centros de pesquisa (Poder público, Universidades etc.), um exemplo positivo, foi a parceria entre a Prefeitura Municipal de Anápolis, no estado do Goiás, e a EESC/USP, na qual foi desenvolvido e implementado um Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Urbanos (SGPU). (OLIVEIRA, 2013, *apud* ZANCHETA, 2017).

Um fator preponderante à necessidade da utilização do SGP é o aumento do volume de transporte de cargas em veículos extremamente pesados, principalmente a partir da década de 1950. Entretanto, apesar do aumento dessa demanda específica, o Brasil não acompanhou de forma eficiente a manutenção das vias, devido aos baixos investimentos para o setor. Este fator gerou um gasto ainda maior com o reparo das vias afetadas.

Conforme levantamento realizado, houve uma necessidade de investimentos em torno de R\$ 12 bilhões de reais no ano de 2019 e 2020, porém até o ano de 2022 o máximo investido foi o valor de R\$ 8 bilhões de reais, segundo a Secretaria de Comunicação Social do Governo Federal, que utilizou dados diretamente do DNIT (BRASIL, 2024). Tendo em vista que o orçamento previsto para a manutenção das vias é prestado na metade do valor real que seria necessário, fica prejudicada a implantação de um SGP ou SGPU, visto que demandariam um investimento inicial adequado para que seja realizado levantamento de dados, e previsão de desempenho.

Há grande dificuldade de encontrar inventários acerca de ano de construção, materiais utilizados, geometria da via, dentre outros. Quando se faz necessária a obtenção de alguma informação de dados sobre os pavimentos o recurso mais usual é recorrer à memória de funcionários antigos, conforme assevera Zancheta (2017).

Diante desta problemática financeira e da falta de interesse do Poder Público em se voltar para a adoção de um modelo de gerenciamento visando a manutenção das vias, evidente o motivo que ensejou a situação atual das malhas viárias brasileiras, sejam elas rodoviárias ou urbanas.

### **2.3. Estrutura do Sistema de Gerenciamento de Pavimentos (SGP)**

O Sistema de Gerenciamento de Pavimentos (SGP) passa por um procedimento fundamentando uma tomada de decisão, que deve ser baseada em fatores prévios culminando na efetiva implantação do sistema. Esses procedimentos de decisão são divididos em nível de rede e nível de projeto. “No nível de rede são realizadas avaliações e definidos os seguimentos prioritários que receberão alguma manutenção. No nível de projeto são definidos, por exemplo, o tipo de camada e espessura de um reforço estrutural (ZANCHETA, 2017, p. 29) ”.

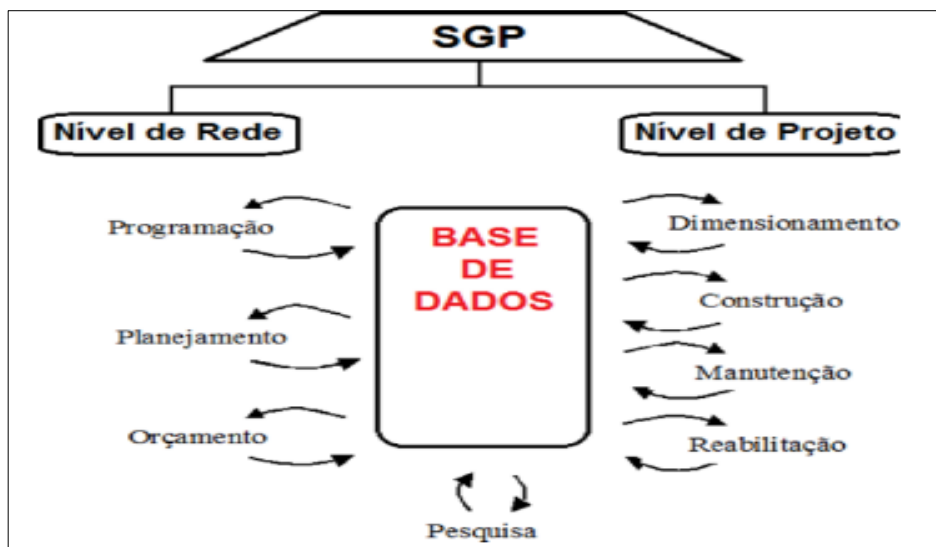
A gerência do nível de rede tem como principal função indicar “os trechos prioritários que devem ser objetos de investimentos em manutenção, de forma que os recursos alocados para um determinado período tenham melhor retorno econômico (DNIT, 2011, p. 53) ”.

Essas recomendações de prioridade têm como principal objetivo fundamentar a elaboração de um Plano Plurianual de Investimentos, definindo quais obras serão contempladas com esse investimento, em um médio a curto prazo. A gerência do nível de projeto está relacionada a “atividades detalhadas do próprio projeto e da execução de obras em um trecho específico da malha, atividades essas que deverão subsidiar orçamentos e programas de curto prazo (DNIT, 2011, p.53) ”.

Com isso, para que haja uma real otimização dos gastos públicos com investimentos para manutenção de pavimentos, esses níveis de decisão precisam estar em harmonia. Deste modo, o nível de rede seria a parte precedente, envolvendo pesquisas e estudos, enquanto que o nível de projeto já seria o início da etapa prática.

Para uma melhor visualização das etapas, a FIGURA 1 mostra os níveis de rede e de projeto de um SGP.

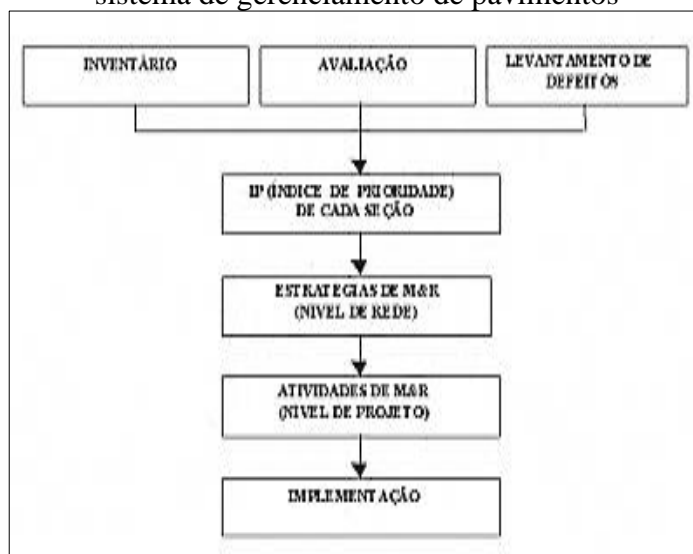
**FIGURA 1:** Elementos de cada nível componente de um SGP



Fonte: AIHUKI, 2022.

Os responsáveis pelas etapas do nível de rede serão prioritariamente os órgãos ou institutos administradores, visto que esta etapa tem função exclusivamente gerencial, organizando cronogramas, delimitando critérios de avaliação, definindo as prioridades. A execução do nível de projeto ficará a cargo de quem possui a competência para executar o cronograma criado e realizar a implementação do que fora decidido. Para compreensão de como funcionaria o SGP, a FIGURA 2 ilustra a ordem das etapas que envolvem um sistema de gerenciamento, abrangendo desde o inventário até a devida implementação.

**FIGURA 2:** Relação das estratégias de manutenção e reabilitação com outras etapas de um sistema de gerenciamento de pavimentos



Fonte: MAPC, 1986.

Cada etapa desse sistema é de suma importância para o sucesso de sua implantação, sendo, portanto, o inventário a primeira etapa, consistindo na colheita dos dados e características físicas das vias selecionadas, bem como de toda e qualquer informação relevante.

Nota-se que uma das primeiras atividades é a avaliação da malha viária, logo após a obtenção dos dados do inventário. As etapas de avaliação e levantamento de defeitos tem como função primordial determinar o real estado da via, seu estado de conservação e os defeitos encontrados, culminando no Índice de Prioridade (IP), no qual determina as vias que possuem urgência imediata de manutenção e as vias com manutenção futura.

Por fim, são elaboradas as estratégias de Manutenção e Reabilitação (Nível de rede) baseadas nos dados colhidos e colocadas em prática, definidas como Atividades de Manutenção e Reabilitação (Nível de projeto), dando assim efetivo cumprimento da implantação.

Um método de seleção de um tratamento para um segmento de pavimento é através de um método cíclico de aplicação de um tratamento a determinadas seções do pavimento. Muitas agências selecionam estratégias de manutenção com base na idade do pavimento.

Outro método de seleção de tratamento é a utilização de regras de tratamento que são desenvolvidos numa matriz ou numa árvore de decisão. Para desenvolver regras de tratamento, uma agência precisa de definir a sua estratégia de tratamento. Ou seja, selecionar tratamentos que serão aplicados a níveis de condição específicos para pavimentos com inventários específicos. (JHONSON, 1983, *apud* AIHUKI, 2022, p.19).

Diante ao exposto, são evidentes os benefícios de se utilizar um SGP, visto que, se utilizado corretamente por todos os envolvidos, é a forma mais eficaz de conservação da malha viária.

#### **2.4. Gerenciamento de pavimentos urbanos**

O Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Urbanos (SGPU) é, em geral, gerenciado pelos órgãos municipais responsáveis pela infraestrutura e manutenção das vias urbanas. O SGPU é uma ferramenta adotada por prefeituras para planejar e executar atividades de manutenção e conservação dos pavimentos, visando otimizar o uso dos recursos públicos disponíveis e garantir melhores condições de tráfego. Os municípios são os principais responsáveis pela infraestrutura viária local, de acordo com a divisão de competências estabelecida pela Constituição Federal do Brasil de 1988. No artigo 30, inciso V, está definido que é competência dos municípios "organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial (BITENCOURT, ALVES, ALMEIDA, 2020, p.37) ". Dessa forma, a gestão das vias urbanas, incluindo a manutenção dos pavimentos, é de responsabilidade municipal.

A gerência de pavimentos, nas rodovias e vias brasileiras, desde anos atrás tem como principal característica a simplicidade, conforme assevera José Pantingoso (1998), não se utilizando na maioria das vezes procedimentos formais.

Um fator preponderante acerca desta temática, é o fato de que há algumas diferenças quando se trata de pavimentos urbanos em relação aos pavimentos rodoviários, isso porque há defeitos específicos em cada um desses tipos de pavimento. “As seções a serem avaliadas em pavimentos rodoviários são definidas a partir de trechos considerados homogêneos. Já nos pavimentos urbanos, praticamente não há trechos homogêneos, sendo cada seção definida como uma quadra (ZANCHETA, 2005, p. 24) ”.

As diferenças acima descritas por José Pantingoso (1998), podem ser evidenciadas pelo fato de que em vias urbanas ocorre muito o cruzamento de vias, que geram problemas como “escavação do pavimento para a manutenção; compactação inadequada do aterro; remendos com superfície irregular (BERTOLLO e FERNANDES, 1997, p. 28) ”, dentre outros.

Segundo Zancheta, “como a velocidade dos veículos é maior nas rodovias, a irregularidade longitudinal tem grande importância, o que não ocorre em vias urbanas, onde a velocidade é menor (ZANCHETTA, 2005, p.24) ”.

Outra peculiaridade dos SGPU, estão na seleção dos projetos, visto que optam pela priorização, ou seja, pelos trechos em que há maior circulação de veículos e pessoas, deixando em segundo plano os trechos “menos visitados”, devido à grande variedade de pavimentos no meio urbano, conforme assevera Eunice Shoji (2000).

Entretanto, apesar das diferenças existentes, para o SGPU pode-se utilizar das mesmas técnicas gerais acerca da manutenção dos pavimentos, devendo sempre se atentar às singularidades desta modalidade. Algumas das especificidades que devem ser consideradas ao se pensar em elaborar um SGPU são:

A interferência direta e massiva do trânsito de pedestres e veículos, árvores presentes nos bordos do pavimento, os sistemas de tubulações que passam por baixo do pavimento, acúmulo de água se a drenagem não for efetiva, sinalizações horizontais, acelerações e frenagens constantes dos veículos que transitam, dentre diversos fatores que podem causar a deterioração do pavimento.

Considerando todas as situações acima, dentre outras que podem surgir conforme a necessidade e singularidade de cada região, pode-se realizar um gerenciamento plenamente eficaz.

## 2.5. Métodos SHRP (*Strategic Highway Research Program*) e defeitos singulares dos pavimentos urbanos

Um dos métodos utilizados para análise dos problemas atinentes aos pavimentos urbanos é o *Strategic Highway Research Program* (SHRP), que pode ser definidos como “um esforço de pesquisa específica no tempo, concentrado, de curto prazo e orientado pelos resultados, destinado a fechar lacunas tecnológicas específicas que impediram o avanço efetivo do programa de rodovias (AIHUKI, 2022, p. 23) “.

O defeito do pavimento pode ser definido como a deterioração do pavimento causado pelo carregamento do tráfego, fatores ambientais, construção deficiente, dimensionamento das camadas do pavimento ineficiente ou a combinação dos mesmos (ASTM, 2008, *apud*, ALBUQUERQUE, 2017, p.11).

O método SHRP é um manual elaborado, essa sigla, que traduzida para o português pode ser entendida como Programa Estratégico de Pesquisas de Rodovias, é um manual que foi desenvolvido pelo Conselho Nacional de Pesquisas dos Estados Unidos.

Esse manual foi elaborado tendo como base o Desempenho de Pavimentos de Longo Prazo (LTPP), no qual durante 20 anos foram colhidos dados em mais de 15 países (incluindo o Brasil) acerca do clima, condição do pavimento, volume de tráfego, quantidade de carga suportada. Um grande esforço da pesquisa do SHRP foi abordar os problemas que ocorrem nos pavimentos asfálticos.

Os pavimentos asfálticos estão sujeitos a deformações permanentes, trincas térmicas, trincas por fadiga do tráfego e outros problemas relacionados à má adesão do ligante asfáltico aos agregados das misturas asfálticas (AIHUKI, 2022, p.24).

O manual SHRP prevê a existência de 15 tipos de defeitos relacionados ao pavimento flexível, que podem ser verificados e identificados através da TABELA 1:

**TABELA 1:** Identificação dos defeitos do pavimento

| DEFEITO                                   | CARACTERÍSTICA   | NÍVEL DE SEVERIDADE   | COMO MEDIR  |
|---|--|---|---|
| <b>TRINCAS POR FADIGA DO REVESTIMENTO</b> | Áreas submetidas a cargas repetidas de tráfego Forma: “couro de crocodilo” ou “tela de galinheiro”Espaçamento inferior a 30 cm | <b>BAIXA:</b> poucas trincas conectadas, sem erosão nos bordos e sem evidência de bombeamento.<br><b>MÉDIA:</b> trincas conectadas e bordos levemente erodidos, mas sem evidência de bombeamento. <b>ALTA:</b> trincas erodidas nos bordos, movimentação dos blocos quando submetidos ao tráfego e com evidência de bombeamento | Registrar a área afetada (m <sup>2</sup> ) para cada nível de severidade. |

| DEFEITO                      | CARACTERÍSTICA  | NÍVEL DE SEVERIDADE   | COMO MEDIR   |
|------------------------------|---|---|--|
| <b>TRINCAS EM BLOCOS</b>     | Trincas que dividem o pavimento em pedaços aproximadamente retangulares Tamanho dos blocos: 0,1 a 10 m2                     | <b>BAIXA:</b> trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições <b>MÉDIA:</b> trincas com abertura média entre 6 e 19 mm ou com trincas <b>ALTA:</b> trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas aleatórias adjacentes com severidade média a altaaleatórias adjacentes com severidade média e alta   | Registrar a área afetada (m2) para cada nível de severidade.   |
| <b>TRINCAS NOS BORDOS</b>    | Apenas para pavimentos com acostamentos não pavimentados. Dentro de uma faixa de 60 cm a partir da extremidade do pavimento | <b>BAIXA:</b> sem perda de material ou despedaçamento. <b>MÉDIA:</b> perda de material e despedaçamento em até 10% da extensão afetada. <b>ALTA:</b> perda de material e despedaçamento em mais de 10% da extensão afetada  | Registrar a extensão afetada (m) para cada nível de severidade.  |
| <b>TRINCAS LONGITUDINAIS</b> | Trincas predominantemente paralelas ao eixo, podendo se localizar dentro ou fora das trilhas de roda                        | <b>BAIXA:</b> trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições. <b>MÉDIA:</b> trincas com abertura média entre 6 e 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa. <b>ALTA:</b> trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas com abertura média inferior a 19 mm mas com trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta | Registrar a extensão (m) das trincas longitudinais e os níveis de severidade correspondentes (nas trilhas de roda ou fora delas).Registrar a extensão com selante em boas condições.                     |
| <b>TRINCAS POR REFLEXÃO</b>  | Reflexão de trincas ou juntas das camadas inferiores. Recapeamento ou pavimentos novos (contração da base)                  | <b>BAIXA:</b> trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições. <b>MÉDIA:</b> trincas com abertura média entre 6 e 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa. <b>ALTA:</b> trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas com abertura média inferior a 19 mm mas com trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta | Registrar, em separado, as trincas transversais e longitudinais. Registrar o nº de trincas transversais, a extensão delas e os níveis de severidade. Registrar a extensão com selante em boas condições. |

| DEFEITO                      | CARACTERÍSTICA   | NÍVEL DE SEVERIDADE  | COMO MEDIR   |
|------------------------------|--|--|--|
| <b>TRINCAS TRANSVERSAIS</b>  | Trincas predominantemente perpendiculares ao eixo. Severidade de uma trinca: adotar a mais elevada, desde que represente pelo menos 10% da extensão  | <b>BAIXA:</b> trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições.<br><b>MÉDIA:</b> trincas com abertura média entre 6 e 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa. <b>ALTA:</b> trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas com abertura média inferior a 19 mm mas com trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta | Registrar o nº de trincas, a extensão e os níveis de severidade correspondentes. Registrar a extensão com selante em boas condições. |
| <b>REMENDOS</b>              | Porção da superfície do pavimento, maior que 0,1 m <sup>2</sup> , removida e substituída ou material aplicado ao pavimento após a construção inicial   | Função da severidade dos defeitos apresentados pelo remendo  | Registrar o nº de remendos e a área afetada (m <sup>2</sup> ) para cada nível de severidade.   |
| <b>PANELAS</b>               | Buracos resultantes de desintegração localizada, sob a ação do tráfego e em presença de água. Fragmentação, causada por trincas por fadiga ou desgaste, e remoção localizada de partes do revestimento | <b>BAIXA:</b> profundidade menor que 25 mm. <b>MÉDIA:</b> profundidade entre 25 e 50 mm. <b>ALTA:</b> profundidade maior que 50 mm   | Registrar o nº de remendos e a área afetada para cada nível de severidade.   |
| <b>DEFORMAÇÃO PERMANENTE</b> | Depressão longitudinal nas trilhas de roda, em razão de densificação dos materiais ou ruptura por cisalhamento   | Substituídos pelas medições da deformação permanente a cada 15 m   | Registrar a máxima deformação permanente nas trilhas de roda.  |
| <b>CORRUGAÇÃO</b>            | Deformação plástica caracterizada pela formação de ondulações transversais na superfície do pavimento  | Associados aos efeitos sobre a qualidade do rolamento  | Registrar o nº de ocorrências e a área afetada (m <sup>2</sup> ).  |
| <b>EXSUDAÇÃO</b>             | Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento   | <b>BAIXA:</b> mudança de cor em relação ao pavimento todo devido ao excesso de asfalto. <b>MÉDIA:</b> perda de textura superficial. <b>ALTA:</b> brilhante; marcas de pneus evidentes em tempo quente; agregados cobertos pelo asfalto   | Registrar a área afetada (m <sup>2</sup> ) para cada nível de severidade.  |

| DEFEITO  | CARACTERÍSTICA  | NÍVEL DE SEVERIDADE  | COMO MEDIR   |
|--|---|--|--|
| <b>AGREGADOS POLIDOS</b>                           | Polimento (desgaste) dos agregados e do ligante betuminoso e exposição dos agregados graúdos  | Níveis de polimento podem ser associados à redução no coeficiente de atrito pneu-pavimento   | Registrar a área afetada (m <sup>2</sup> ).                                    |
| <b>DESGASTE</b>                                    | Perda de adesividade do ligante betuminoso e desalojamento dos agregados. Envelhecimento, endurecimento   | <b>BAIXA:</b> início do desgaste, com perda de agregados miúdos. <b>MÉDIA:</b> textura superficial torna-se áspera, com perda de agregados miúdos e de alguns graúdos. <b>ALTA:</b> textura superficial muito áspera, com perda de agregados graúdos | Registrar a área afetada (m <sup>2</sup> ) para cada nível de severidade.      |
| <b>DESNÍVEL (DEGRAU) ENTRE PISTA E ACOSTAMENTO</b> | Diferença de elevação entre a faixa de tráfego e o acostamento: camadas sucessivas de revestimento asfáltico; erosão de acostamento não pavimentado; consolidação diferencial | Substituídos pelas medições do desnível  | Registrar o desnível (mm) a cada 15 m, ao longo da interface pistaacostamento. |
| <b>BOMBEAMENTO</b>                                 | Saída de água pelas trincas do pavimento sob a ação das cargas do tráfego. Identificado pela deposição à superfície, de material carregado das camadas inferiores             | Não aplicáveis porque o bombeamento depende do teor de umidade das camadas inferiores do pavimento   | Registrar o nº de ocorrências e a extensão afetada (m <sup>2</sup> ).          |

A Tabela 1 visa fornecer a todos os órgãos “uma base uniforme para coletar dados sobre os defeitos em pavimentos e padronizar a linguagem para descrever as diversas tipologias de defeitos (SOUSA, 2021, p. 22) ”.

### 2.5.1. PRINCIPAIS PATOLOGIAS QUE ATINGEM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

A origem do termo Patologia originou-se do grego *Pathos* (doença) e *Logos* (estudo), com isso, têm-se que é a ciência que “estuda as alterações estruturais e funcionais das doenças, identificando suas causas e efeitos (SOCIEDADE BRASILEIRA DE PATOLOGIA, 2016) ”.

Na área da construção civil, “a patologia pode ser entendida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema (OLIVEIRA, 2013, p. 23) ”.

Conforme disposto, esse tipo de pavimento, devido sua maleabilidade, está sujeito às diversas patologias que irão interferir diretamente na sua durabilidade. A primeira patologia é

o afundamento, que consiste na depressão do revestimento asfáltico sendo divididos em locais quando tiverem até 6 metros e de trilhos de rodas quando forem superiores aos 6 metros. Esta é uma patologia que ocorre exclusivamente nos pavimentos flexíveis, tendo em vista que o rígido ou semirrígido não tem essa maleabilidade.

Outra patologia comum são as fissuras e trincas, que possuem características semelhantes, sendo ocasionadas pela fadiga do revestimento, ou seja, pelo fluxo intenso e repetitivo de veículos no local. Enquanto as fissuras não geram nenhum dano estrutural, as trincas podem gerar desconforto nos usuários ou até mesmo o risco de acidentes. Entretanto, diferentemente do que ocorre com os afundamentos, as trincas e fissuras são patologias que atingem todas as modalidades de pavimentos, sejam eles flexíveis ou rígidos, alterando somente o motivo causador.

Segundo Silva (2005), ocorrem diversas patologias no pavimento de concreto, podendo ser divididas em patologias estruturais e funcionais. Quando as cargas advindas do fluxo causam trincas que se espalham pelo revestimento chamamos de patologia estrutural. A patologia funcional é quando a segurança das pessoas é afetada, a rugosidade do revestimento advinda da retração plástica prejudicam a dirigibilidade (GONÇALVES, 1999, p. 32).

Além das trincas e fissuras, outras patologias comuns em pavimentos, tanto flexíveis quanto rígidos, é o desgaste superficial, que ocorre quando a camada superior do revestimento é gradualmente removida pela ação abrasiva do tráfego e dos agentes climáticos, como chuva e sol. Esse desgaste compromete a textura da superfície, o que pode resultar em perda de aderência e, conseqüentemente, em aumento do risco de derrapagem, afetando a segurança dos usuários.

Outro problema relevante é a deformação permanente, conhecida como "afundamento da trilha de roda" ou "trilho" nas áreas de maior solicitação de carga, principalmente em pavimentos flexíveis. Essa patologia é causada pelo acúmulo de deformações plásticas na camada de revestimento ou na estrutura inferior do pavimento, gerando uma depressão na pista que prejudica tanto o conforto quanto a segurança na condução dos veículos, especialmente em dias de chuva, quando a água pode se acumular nessas áreas, aumentando o risco de aquaplanagem. Um exemplo prático desta patologia está apresentado na FIGURA 3.

**FIGURA 3:** Afundamento com defeito do tipo panela



Fonte: Autores, 2024

A infiltração de água é amplamente reconhecida como um fator crítico que afeta significativamente a durabilidade e o desempenho dos pavimentos. No caso dos pavimentos flexíveis, a água que penetra através de fissuras ou trincas pode comprometer as camadas inferiores, como a base e a sub-base, resultando em uma perda de capacidade estrutural e acelerando o processo de degradação conforme afirma Huang (2004).

Conforme já especificado em tópicos anteriores, a pavimentação urbana possui características bem singulares se comparadas com a malha rodoviária. Dentre suas especificidades, há a existência de um sistema voltado à drenagem e escoamento de água da chuva, tubulação de esgoto, dentre outros sistemas subterrâneos que podem interferir na vida útil do pavimento. “As redes de infraestrutura urbanas são classificadas em 4 (quatro) diferentes grupos: o sistema viário (pavimentação e drenagem); sistema sanitário (água potável e esgoto); sistema energético (energia e gás encanado), e o sistema de comunicação (TV, internet, etc) (DINIZ, et al., 2016, p. 4) ”.

O sistema de drenagem, é um dos responsáveis pela manutenção direta dos pavimentos, visto que sua função é escoar a água da chuva por meio de “bocas-de-lobo”, sarjetas e condutos de ligação. O escoamento é necessário pois sem ele haveria acúmulo de água na via, fator esse que geraria danos estruturais ao pavimento. É importante atentar-se para a construção de um sistema de drenagem e escoamento realmente eficaz, visto que a chuva, a depender de sua intensidade, pode ser penetrante e causar danos em partes ou até completamente nos pavimentos.

Os principais tipos de defeitos que podem ser encontrados no pavimento devido à má execução desses sistemas são trincas longitudinais, trincas jacaré, panelas, ondulações, remendos mal feitos, dentre outros. Ainda, “a má execução de serviços de manutenção provoca a redução da conservação do pavimento e resulta no reaparecimento dos mesmos defeitos em um curto prazo de tempo (CARDOSO e NEVES, 2023, p. 28) ”.

Entretanto, apesar desses diversos problemas, deve haver harmonia entre esses sistemas, sendo articulados entre si, caso contrário estará configurada uma perfeita “desordem do subsolo urbano”, conforme asseveram Cardoso e Neves (2023).

## 2.6. Cálculo do índice de Condição de Pavimento (ICP)

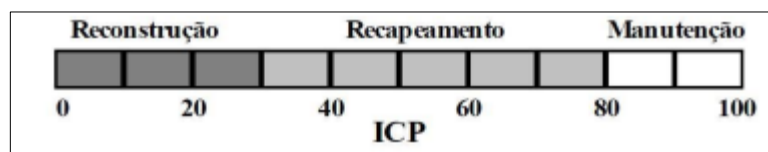
Um dos métodos utilizados com mais frequência para medir a qualidade do pavimento é o Índice de Condição de Pavimento (ICP), que tem por objetivo avaliar a “integridade estrutural do pavimento e da condição operacional da superfície, sendo muito útil para a comparação de seções dentro de uma rede pavimentada urbana (AIHUKI, 2022, p. 23) ”. Para avaliar o pavimento, atribuímos uma nota que pode variar entre 0 e 100, sendo a nota 100 a condição excelente do pavimento, partindo do tipo do defeito e sua magnitude. O cálculo desse índice é baseado na fórmula a seguir:

$$ICP = 100 - \sum_i \sum_j D_{ij} \times F_{ij}$$

Na equação acima lê-se “ $D_{ij}$ ” é a extensão do defeito (i) com nível de severidade (j) e “ $F_{ij}$ ” é o fator de ponderação do defeito (i) com nível de severidade (j).

Tendo como base esse “parâmetro é possível estabelecer uma primeira priorização das atividades que devem ser aplicadas para obter os níveis operacionais, estruturais o de segurança, seja por reconstrução, recapeamento ou manutenção” (SOUSA, 2021, p. 25). Conforme citado anteriormente, a depender da nota do pavimento, deverá ser realizado um tipo de serviço diferente, podendo variar entre reconstrução, recapeamento e manutenção. As possibilidades de serviços estão descritas e relacionadas com a respectiva nota, conforme demonstrado na FIGURA 4.

**FIGURA 4:** Estratégia de manutenção e reabilitação com base no valor do ICP



Fonte: Instituto do asfalto, 1989

Para que se possa chegar às notas citadas na FIGURA 4, e utilizando o cálculo indicado na fórmula, faz-se necessário que haja um parâmetro de notas para cada um dos defeitos existentes. Com isso, têm-se a FIGURA 5 a seguir, listando a variância de cada nota com base na severidade do dano existente no pavimento.

**FIGURA 5:** Dados quantitativos do ICP, com as ponderações de notas para cada defeito existente com base no SHRP

| PLANILHA PARA AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS  |  |
|--|--|
| Rodovia ou Rua: _____  | Município ou Cidade: _____             |
| Código da Seção: _____   |  |
| Extensão: _____  | Largura: _____                         |
| Tipo de Pavimento: _____   | Data: _____                            |
| <b>DEFEITOS</b>  | <b>AValiação</b>                       |
| 1. Trincas por Fadiga  | 0-15 _____                             |
| 2. Trincas em Blocos   | 0-5 _____                              |
| 3. Trincas nos Bordos  | 0-5 _____                              |
| 4. Trincas Longitudinais   | 0-5 _____                              |
| 5. Trincas por Reflexão  | 0-5 _____                              |
| 6. Trincas Transversais  | 0-5 _____                              |
| 7. Remendos  | 0-5 _____                              |
| 8. Panelas   | 0-10 _____                             |
| 9. Deformação Permanente nas Trilhas de Roda                                   | 0-15 _____                             |
| 10. Corrugação   | 0-5 _____                              |
| 11. Exsudação  | 0-5 _____                              |
| 12. Agregados Polidos  | 0-5 _____                              |
| 13. Desgaste   | 0-5 _____                              |
| 14. Desnivel Pista - Acostamento   | 0-5 _____                              |
| 15. Bombeamento  | 0-5 _____                              |
|  | <b>Soma dos Defeitos:</b> _____        |
| <b>Índice de Condição do Pavimento:</b> $ICP = 100 - \text{Soma dos Defeitos}$ |  |
|  | $ICP = 100 - \underline{\hspace{2cm}}$ |
|  | $ICP = \underline{\hspace{2cm}}$       |

Fonte: Instituto do asfalto, 1989.

Tendo o conhecimento então dos dados, bem como dos dados colhidos acerca da situação do pavimento, pode-se utilizar o cálculo do ICP para poder atribuir, além de nota, a condição na qual o pavimento se encontra. Para definir a condição, utiliza-se os seguintes parâmetros elencados na TABELA 2.

**TABELA 2:** Definição do estado do pavimento, segundo método ICP

| Índice de Condição do Pavimento | Categoria do Pavimento |
|---------------------------------|------------------------|
| ICP de 100 a 80                 | Excelente (ótimo)      |
| ICP de 80 a 60                  | Bom                    |
| ICP de 60 a 40                  | Regular                |
| ICP de 40 a 20                  | Ruim                   |
| ICP de 20 a 0                   | Péssimo                |

Fonte: Instituto do asfalto, 1989

Metade da pontuação é determinada pelo maior grau de severidade do defeito encontrado no trecho avaliado, sendo 1/3 para severidade baixa, 2/3 para severidade média e pontuação integral para severidade alta; a outra metade da pontuação é determinada pela extensão do grau mais severo do defeito encontrado, a extensão deve ser avaliada em pequena, média ou grande, seguindo os mesmos critérios de ponderação da pontuação adotados pela severidade (ZANCHETTA, 2005, p. 27).

Portanto, um dos principais fatores influentes no resultado do cálculo é o nível de severidade do defeito, sendo um fator preponderante para as decisões de reconstrução, recapeamento ou manutenção.

## **2.7. Abordagem do método ICP em estudos semelhantes**

A utilização do método ICP para aferir a qualidade dos pavimentos está sendo amplamente disseminada na atualidade, em especial atenção para estudos realizados na cidade de Belém. Com isso, este tópico visa apresentar as principais disposições de trabalhos com enfoque semelhante a esta temática.

Nesse sentido sendo um dos percussores no bairro da Batista Campos em Belém, Talmo Sousa (2021), utilizou do método ICP para analisar as condições dos pavimentos de todas as vias desta região, abrangendo uma área de 1,43km<sup>2</sup>. Este trabalho teve como objetivo identificar o ICP das vias do bairro da Batista Campos, utilizando o método SHRP.

Com isso, foi possível constatar que “as vias arteriais analisadas apresentaram os ICPs mais elevados enquanto que as vias coletoras e locais tiveram ICP médio mais baixo quase que equiparadas (SOUSA, 2021, p.71) ”, definindo então que as vias coletoras deveriam ser priorizadas em possíveis intervenções de M&R.

Nesse mesmo sentido, Aihuki (2022), no mês de junho do ano de 2022, realizou um trabalho de campo, tendo como objetivo analisar a variação dos ICPs entre os anos de 2021 (tendo como base o trabalho de Talmo Sousa) até o ano de 2022, quando realizou uma nova coleta e análise de dados.

O trabalho concluiu que as superfícies de rolamento das vias do bairro Batista Campos continuam em excelente estado, baseado no método ICP/SHRP, especificamente chegando à seguinte conclusão: “a via local deteriora pouco, em função do baixo movimento. A via arterial deteriora menos, pois normalmente tem uma estrutura de pavimento mais robusta e recebe mais atenção nas atividades de M&R. Já as coletoras deterioram mais pois tem um tráfego grande (AIHUKI, 2022, p. 64) ”.

Outro trabalho abordando esta temática foi o trabalho dos autores Gabriel Maués e Lucas Soares (2022), no qual tinha como principal objetivo a realização do cálculo do ICP tendo

como base cinco métodos diferentes, também utilizando como referência o bairro da Batista Campos.

“As categorizações implementadas por cada índice foram: CPUOso = Excelente; ICPUPáez = Excelente; ICPUALb = Excelente; ICPUAihuki = Excelente e ICPUSouza = Bom (MAUÉS e SOARES, 2022, p. 91) ”.

Ao final da pesquisa de Maués e Soares concluiu-se que, em relação aos métodos utilizados, de forma majoritária foi atribuída condição excelente, apontando apenas um método, o resultado bom. Pôde-se então concluir que há grande semelhança entre os métodos utilizados, elegendo o método de Sousa (2021) como o mais adequado devido sua maior distinção de qualidade. Outro viés a se destacar como um dos mais recentes trabalhos acerca desta temática é a produção de Abel Pereira, no ano de 2023, que correlacionou a qualidade do pavimento e os indicadores demográficos do bairro da Batista Campos. Para o desenvolvimento do trabalho se utilizou do censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para auferir dados como “médias de moradores, valor do rendimento nominal mensal, imóveis alugados ou próprios, dentre outros”. Concluiu-se que as regiões de área nobre, tais como a Batista Campos, tem um ICP maior que o de áreas mais “pobres”, tendo como um dos fatores preponderantes para essa causa a maior atenção da prefeitura para a manutenção e reabilitação desses pavimentos. Concluiu ainda que, apesar de ser uma área de moradores das classes econômicas A e B, há heterogeneidade na qualidade dos pavimentos.

Outra importante análise é o método ICP sendo utilizado por Victor Santos (2022), para avaliação de pavimentos urbanos por meio do índice de gravidade global e do índice de condição de pavimento para o município de Caucaia/CE. Após análise, obteve-se o resultado bem semelhante, principalmente devido ao fato de a maioria dos defeitos estarem concentrados em apenas 30% (trinta por cento) da via. Para chegar nesse resultado, utilizou-se o cálculo pelo método IGG e também pelo método ICP dos mesmos trechos, colocando os resultados em tabelas gráficas e os comparando.

Outro estudo a ser citado foi o realizado por Monique Cavalcanti e Carlos Sobrinho (2019), que teve como temática o estudo das patologias em pavimentos de concreto - método ICP de avaliação. No trabalho foi realizado um levantamento de todos os defeitos encontrados nos pavimentos de concreto e seus graus de severidade segundo o método ICP. Passando à definição geral concluiu-se que os trechos analisados se encontram em estado excelente. Por fim, pôde-se chegar à conclusão de que os pavimentos rígidos devem ter um acompanhamento rigoroso em relação ao surgimento de defeitos, em contrapartida, sua durabilidade é superior ao dos pavimentos flexíveis.

### **3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E MÉTODO**

#### **3.1 Caracterização da área de estudo**

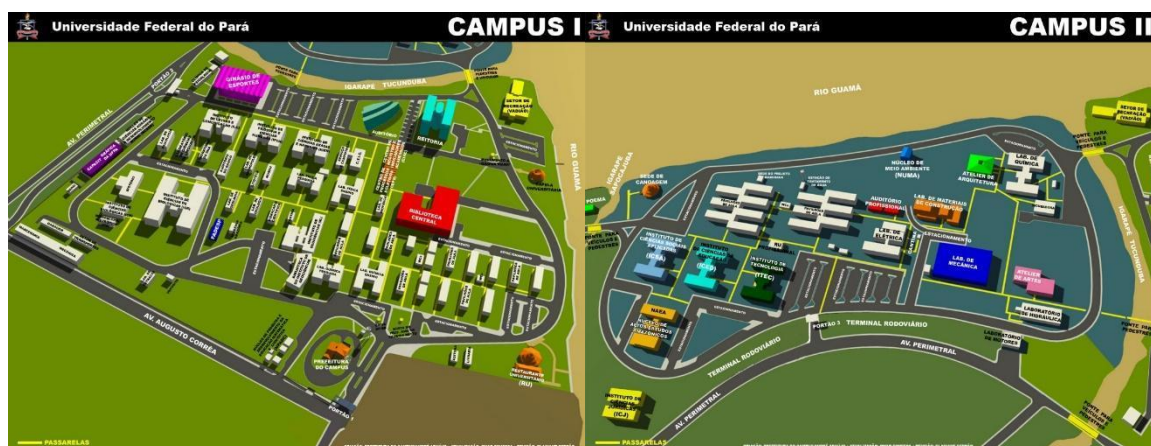
A cidade de Belém, apresenta um clima tropical úmido, caracterizado por altas taxas de umidade e chuvas intensas ao longo do ano. A média anual de precipitação na cidade é de aproximadamente 2.600 mm, com o período chuvoso concentrado entre dezembro e maio. Durante esses meses, especialmente em março e abril, os volumes de chuva podem ultrapassar 400 mm, indicando a severidade das chuvas nessa época. A distribuição mensal da precipitação em Belém revela que dezembro, janeiro, fevereiro e março são os meses mais chuvosos, com médias que variam de 380 mm a 450 mm. Por outro lado, os meses de junho a novembro são significativamente mais secos, com agosto sendo o mês com menor precipitação, apresentando cerca de 135 mm (ALMEIDA, 2024)

O local objeto de estudo, o campus da Universidade Federal do Pará (UFPA), localizado na cidade de Belém do Pará, possui área territorial de 1.065m<sup>2</sup> (PREFEITURA MULTICAMPI UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, 2021, s/n), fazendo divisa ao oeste com o Rio Guajará, ao sul com o Rio Guamá, ao norte com a baía de Santo Antônio e ao leste com a cidade de Ananindeua. A Universidade Federal do Pará (UFPA) é a maior instituição de ensino superior da região Norte do Brasil, com uma área total de 4.329.474 m<sup>2</sup> no campus principal, conhecido como Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto, localizado no bairro do Guamá, em Belém. A UFPA atende cerca de 50 mil alunos em seus programas de graduação e pós-graduação, que são oferecidos em mais de 300 cursos de diversas áreas do conhecimento, são dados descritos no portal da instituição, Universidade Federal do Pará (2023, s/n), além disso, a UFPA conta com aproximadamente 3.000 servidores entre docentes e técnicos-administrativo. Entre os serviços destacados estão o Hospital Universitário João de Barros Barreto, que oferece atendimento médico especializado, agências bancárias, restaurantes universitários, correios, e até uma seção eleitoral, que funciona durante o período de eleições e se configura como um importante ponto de votação para os cidadãos de Belém (UFPA, 2024, s/n).

A Cidade Universitária é organizada em três setores principais: o Setor Básico (Campus I), o Setor Profissional (Campus II), o Setor Saúde (Campus III). Esses setores são interligados por mais de 50 ruas e vias internas, que facilitam a circulação de pessoas e veículos entre os diferentes blocos e prédios, essenciais para a rotina acadêmica e administrativa. O campus possui uma rede de vias bem organizada, que serve tanto ao tráfego de pedestres e ciclistas quanto ao de veículos motorizados, garantindo o acesso aos principais pontos de interesse.

A UFPA disponibiliza mapas detalhados do campus para orientar a comunidade acadêmica e os visitantes. Esses mapas são especialmente úteis para localizar prédios administrativos, centros de pesquisa, bibliotecas, e áreas de convivência. As vias principais são utilizadas, e os mapas permitem melhor visualização e navegação no ambiente universitário, tornando mais fácil o deslocamento dentro do espaço da Cidade Universitária. A estrutura geral do campus pode ser visualizada na FIGURA 6.

**FIGURA 6:** Campus I e II – setor básico e profissional, áreas das vias avaliadas no estudo



Fonte: Portal Prefeitura Multicampi, 2023

### 3.2. Descrição do método

Os métodos da pesquisa seguem etapas estabelecidas conforme demonstrado na FIGURA 7, cujas etapas serão detalhadas nos itens 3.2.1 a 3.2.6.

**FIGURA 7:** fluxograma do método

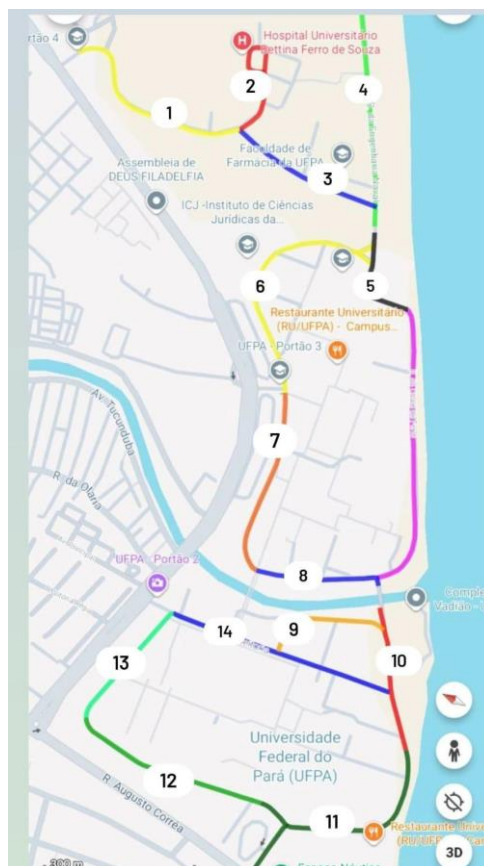


Fonte: Autores, 2024

### 3.2.1 CODIFICAÇÃO DOS TRECHOS

Neste estudo, foram selecionados e analisados 14 trechos, exclusivamente os principais corredores de tráfego do Campus do Guamá, ou seja, as vias que conectam diferentes setores do campus, conforme demonstra FIGURA 8.

**FIGURA 8:** Mapa dos trechos selecionados



Fonte: Google Earth [grifo dos autores], 2024

As vias menores, utilizadas exclusivamente para acessar os bolsões de estacionamento, foram excluídas da análise. Além disso, as vias interditadas ou em obras não foram incluídas no estudo. Para facilitar a organização dos dados, os trechos examinados foram codificados: no Setor Saúde, foram designados como trecho 1 (amarelo), trecho 2 (vermelho) e trecho 3 (azul), conforme mostrado na FIGURA 8. No Setor da Faculdade de Engenharia Naval, o trecho 4 foi marcado em verde. No Setor Profissional, os trechos foram identificados como trecho 5 (preto), trecho 6 (amarelo), trecho 7 (laranja) e trecho 8 (azul). No Setor Básico, foram codificados o trecho 9, próximo ao Centro de Eventos (Hangarzinho), seguido pelo trecho 10 (vermelho) e pelos trechos 11, 12 e 13 (verde), além do trecho 14, em azul.

### 3.2.2. INVENTÁRIO DA REDE

De posse dos 14 trechos definidos no item anterior, foi realizado o inventário das características de cada um, conforme descrito na TABELA 3.

**TABELA 3:** inventário da rede com informações dos trechos

| TRECHO    | EXTENSÃO | LARGURA | LINHA DE ÔNIBUS | ACOSTAMENTO | ELEMENTO VISIVEL DE DRENAGEM SUPERFICIAL | FAIXA DE ESTACIONAMENTO |
|-----------|----------|---------|-----------------|-------------|--|-------------------------|
| TRECHO 1  | 406,00   | 11,00   | SIM             | NÃO         | SIM                                      | NÃO                     |
| TRECHO 2  | 281,00   | 8,30    | SIM             | NÃO         | SIM                                      | NÃO                     |
| TRECHO 3  | 305,00   | 7,50    | SIM             | NÃO         | NÃO                                      | NÃO                     |
| TRECHO 4  | 436,00   | 7,60    | NÃO             | NÃO         | SIM                                      | NÃO                     |
| TRECHO 5  | 85,60    | 14,00   | NÃO             | NÃO         | SIM                                      | SIM                     |
| TRECHO 6  | 369,00   | 9,00    | SIM             | NÃO         | SIM                                      | NÃO                     |
| TRECHO 7  | 369,00   | 9,00    | SIM             | NÃO         | SIM                                      | SIM                     |
| TRECHO 8  | 228,00   | 9,00    | SIM             | NÃO         | SIM                                      | NÃO                     |
| TRECHO 9  | 70,40    | 6,90    | NÃO             | NÃO         | SIM                                      | NÃO                     |
| TRECHO 10 | 163,00   | 7,00    | SIM             | NÃO         | SIM                                      | SIM                     |
| TRECHO 11 | 528,00   | 8,90    | SIM             | NÃO         | SIM                                      | NÃO                     |
| TRECHO 12 | 391,00   | 7,70    | SIM             | SIM         | SIM                                      | SIM                     |
| TRECHO 13 | 270,00   | 8,80    | SIM             | SIM         | SIM                                      | SIM                     |
| TRECHO 14 | 450,00   | 9,00    | SIM             | SIM         | SIM                                      | SIM                     |

Fonte: Autores, 2024

Este inventário possibilita o detalhamento das características principais dos trechos analisados, favorecendo a gestão e manutenção da infraestrutura viária do Campus do Guamá.

### 3.2.3. FORMULÁRIO DE CAMPO E COLETA DE DADOS

Para a identificação dos defeitos e coleta de dados nos pavimentos selecionado foi utilizado a planilha elaborado por Sousa (2021). Nesse contexto, o método americano implantado pelo SHRP foi aplicado para o levantamento da condição da superfície do pavimento, Sousa (2021 apud CARDOSO e NEVES, 2023 p. 42). Com base neste, a pesquisa de campo se deu nos dias: 28/03/2024, 17/04/2024, 26/04/2024, 27/07/2024, 03/08/2024, 13/08/2024 com os seguintes materiais: formulário de campo em branco conforme exemplo na FIGURA 9, trena como uma estrutura de referência para medições e levantamentos, trena métrica para medições lineares em menor escala, trena analógica com roda para medir distâncias mais longas de forma prática e rápida, prancheta e caneta para suporte aos formulários.



redistribuindo os pesos dos defeitos. Nesse cenário, foram considerados apenas os defeitos mais comuns, redistribuindo os pesos dos defeitos menos frequentes, de forma que a soma dos pesos continuasse totalizando 100 pontos.

A nova metodologia de cálculo do Índice de Condição do Pavimento (ICP) foi baseada em uma revisão das patologias existentes nos trechos avaliados. Inicialmente, todas as patologias que não apresentavam incidência foram retiradas da análise, além disso, interferência com tubulações urbanas foi reduzido de 10 para 5 devido à ausência de patologias de maior impacto (bueiros em meio a via e o desnível do mesmo com a capa asfáltica), resultando em um dedução de 40 pontos que foram redistribuídos entre as demais patologias ainda relevantes. Esse processo permitiu ajustar os pesos atribuídos a cada tipo de defeito para melhor refletir sua relevância na condição geral do pavimento.

A redistribuição dos pontos seguiu uma fórmula simples de proporcionalidade, onde cada peso foi recalculado com base em sua contribuição original ao total, que antes era de 60 pontos. Por exemplo, um defeito que tinha um peso inicial de 15 foi recalculado da seguinte forma:  $15 \times 100 / 60 = 25$ .

Esse novo peso reflete a importância relativa maior que o defeito passa a ter na análise final. Da mesma forma, um defeito que tinha um peso de 10 foi redistribuído para 17, mas com um ajuste adicional de +1, resultando em um novo peso final de 18, isso ocorreu porque a soma dos novos pesos, ao final, estava resultando em 99, e foi necessário adicionar esse ponto extra para totalizar os 100 pontos necessários.

Por fim, os pesos iniciais de 5 pontos foram redistribuídos para 8, de acordo com a mesma lógica de proporcionalidade.

**TABELA 4:** Pesos atribuídos aos defeitos como referência para o cálculo de ICP

| <b>Defeito</b>                            | <b>Pesos pelo método SHRP original</b> | <b>Pesos pelo método SHRP adaptado</b> |
|---|--|--|
| Trincas por fadiga                        | 15                                     | 25                                     |
| Deformação permanente por trilha de rodas | 15                                     | 25                                     |
| Panelas                                   | 10                                     | 18                                     |
| Interferências com tubulações urbanas     | 10                                     | 8                                      |
| Trincas em blocos                         | 5                                      | 8                                      |
| Trincas nos bordos                        | 5                                      | 0                                      |
| Trincas longitudinais                     | 5                                      | 0                                      |
| Trincas transversais                      | 5                                      | 0                                      |
| Remendos                                  | 5                                      | 8                                      |
| Corrugação                                | 5                                      | 0                                      |
| Desgaste                                  | 5                                      | 8                                      |
| Bombeamento                               | 5                                      | 0                                      |
| Trincas por reflexão                      | 4                                      | 0                                      |
| Exsudação                                 | 3                                      | 0                                      |
| Agregados polidos                         | 3                                      | 0                                      |
| <b>Total</b>                              | <b>100</b>                             | <b>100</b>                             |

Fonte: Autores, 2024 com base em Zancheta, 2005

Esse ajuste de pesos tornou a análise mais precisa e refletiu com maior fidelidade a condição dos pavimentos observados. Com os novos cálculos, as notas dos trechos, conforme apresentadas na Tabela 4, foram atualizadas. O ajuste dos pesos resultou em variações mais claras entre os trechos, como pode ser visto nas diferenças nas notas de conformidade. Esse processo de redistribuição dos pontos permitiu destacar mais efetivamente as áreas de maior deterioração e necessidade de intervenção. O desvio padrão relativamente elevado e o coeficiente de variação considerável indicam que essas redistribuições tornaram mais evidente a diferença de qualidade entre os trechos, o que facilita a tomada de decisões para manutenção e reparo, conforme observado por Maués e Soares (2022).

### 3.2.5. ANÁLISE DOS DADOS

Considerando a metodologia e o cálculo do ICP para cada trecho da via em análise foi empregada uma metodologia rigorosa, que envolve a avaliação sistemática das condições do pavimento. O método de cálculo do ICP levará em consideração parâmetros como tráfego, condições de drenagem e presença de defeitos. Após a obtenção dos índices para cada trecho,

foi realizada uma análise detalhada para identificar os defeitos mais e menos frequentes, bem como os trechos mais e menos críticos. Essa análise permitiu priorizar intervenções de manutenção e reparo, garantindo a segurança e eficiência do tráfego. Além disso, os resultados obtidos fornecerão subsídios para planejamento de futuras intervenções de infraestrutura, otimizando recursos e melhorando a qualidade do pavimento.

### 3.2.6. SUGESTÕES DE ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DOS TRECHOS

Com base na análise do Índice de Condição do Pavimento (ICP), que classifica as condições do pavimento em diferentes categorias demonstrado na TABELA 2, recomenda-se a implementação de ações de manutenção e reabilitação específicas para cada situação. Para pavimentos classificados com ICP entre 100 e 80 (Excelente), as intervenções podem ser preventivas, focadas na conservação e monitoramento, visando manter sua qualidade. Nos pavimentos com ICP entre 80 e 60 (Bom), é necessário realizar reparos menores, como selagem de trincas e correção de pequenas deformações, para evitar a deterioração. Para aqueles na categoria de ICP entre 60 e 40 (Regular), as ações devem incluir a avaliação detalhada dos defeitos, priorizando a correção de trincas, remendos e panelas, além de intervenções para melhorar a drenagem e minimizar a infiltração de água. Nos pavimentos classificados entre 40 e 20 (Ruim), recomenda-se um plano de reabilitação mais abrangente, incluindo a restauração de camadas, a correção de deformações significativas e a substituição de materiais comprometidos. Por fim, para pavimentos com ICP de 20 a 0 (Péssimo), a reabilitação total ou até a reconstrução pode ser necessária, priorizando a segurança e a funcionalidade da via, uma vez que esses pavimentos apresentam sérios riscos ao tráfego. A documentação detalhada das condições e a priorização das intervenções são essenciais para garantir a durabilidade e a segurança dos pavimentos.

## **4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

O presente capítulo visa abordar os principais resultados obtidos com a pesquisa, e sendo possível, sendo realizada também discussões acerca das relações entre ICP ajustado e puro, visando melhor elucidação sobre a situação de cada trecho estudado.

### **4.1. Avaliação do ICP nos trechos selecionados: descrição e cálculos do ICP**

#### **4.1.1. CÁLCULO PRIMÁRIO DO ICP NOS TRECHOS**

O cálculo dos ICPs foi realizado no *software* Excel com base nos dados obtidos na coleta de dados em campo e os valores de referência da TABELA 2 de defeitos dos pavimentos, que, com a combinação de fórmulas matemáticas foi possível chegar aos cálculos exatos dos ICPs. Na FIGURA 10 consta um exemplo de umas das planilhas utilizadas e sua estrutura para base de cálculo dos trechos da UFPA selecionados e os critérios de preenchimento. O cálculo do ICP envolve uma série de variáveis obtidas em campo e combinações de fórmulas matemáticas conforme a metodologia utilizada na TABELA 2 de defeitos dos pavimentos. A exemplo o cálculo do trecho 1 foi calculado da seguinte forma:

Conforme demonstra a FIGURA 10, mediante o uso desta tabela, foi calculado o ICP, sendo que para cada defeito que compõe o ICP existe uma nota, metade dessa nota é baseada no critério de severidade e a outra metade, conforme critério de extensão. A exemplo da trinca por fadiga do trecho 1, originalmente o peso dele é 15, ou seja, metade dessa nota vai ser por conta do critério de severidade (7,5) e metade por critério de extensão (7,5), como nesse defeito há presença de trinca com severidade alta, então a nota será 100% no critério de severidade, ou seja, 7,5, normalmente esses defeitos são menos de 5% da extensão total, portanto, tem uma extensão baixa, no caso a nota vai ser apenas 1/3 do critério de extensão, ou seja, 2,5. Portanto, de 15 pontos máximos que poderiam ser descontados do ICP, serão descontados apenas 10.

**FIGURA 10:** Planilha do excel para cálculo do ICP dos trechos

| LEVANTAMENTO DE DEFEITOS NO CAMPO                     |  |                     |         | Extensão do trecho: | 406,00  |                        |                     |                |                                  |                                      |                           |                     |                |                 |                 |  |  |
|---|--|---------------------|---------|---------------------|---------|------------------------|---------------------|----------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|--|--|
| Identificação da seção: Trecho Amarelo (Campus Saúde) |  |                     |         | Largura:            | 11,00   |                        |                     |                |                                  |                                      |                           |                     |                |                 |                 |  |  |
| Data de levantamento: 26/04/2024                      |  |                     |         | Área:               | 4466,00 |                        |                     |                |                                  |                                      |                           |                     |                |                 |                 |  |  |
| CÓDIGO  | TIPO DE DEFEITO  | NÍVEL DE SEVERIDADE |         |                     | PISOS   | CRITÉRIO DE SEVERIDADE |                     |                |                                  | CRITÉRIO DE EXTENSÃO                 |                           |                     |                | PONTUAÇÃO FINAL |                 |  |  |
|   |  | BAIXA               | MÉDIA   | ALTA                |         | SEVERIDADE             | FATOR DE PONDERAÇÃO | PESO PONDERADO | EXTENSÃO DE SEVERIDADE MAIS ALTA | PROPORÇÃO DE EXTENSÃO COM ÁREA TOTAL | CLASSIFICAÇÃO DA EXTENSÃO | FATOR DE PONDERAÇÃO | PESO PONDERADO |                 | TOTAL PONDERADO |  |  |
| 1   | TRINCAS POR FADIGA (m²)  | 10,02               | 19,57   | 4,7                 | 15,00   | ALTA                   | 1,00                | 15,00          | 4,70                             | 0,11%                                | BAIXA                     | 0,33                | 5,00           | 10,00           |                 |  |  |
| 2   | TRINCAS EM BLOCOS (m²)   | 0                   | 0       | 0                   | 5,00    | N/D                    | 0,00                | 0,00           | 0,00                             | 0,00%                                | N/D                       | 0,00                | 0,00           | 0,00            |                 |  |  |
| 3   | TRINCAS NOS BORDOS (m)   | 0                   | 0       | 0                   | 5,00    | N/D                    | 0,00                | 0,00           | 0,00                             | 0,00%                                | N/D                       | 0,00                | 0,00           | 0,00            |                 |  |  |
| 4   | TRINCAS LONGITUDINAIS (m)  | 0                   | 0       | 0                   | 5,00    | N/D                    | 0,00                | 0,00           | 0,00                             | 0,00%                                | N/D                       | 0,00                | 0,00           | 0,00            |                 |  |  |
| 4a  | Nas Trilhas de Roda Selagem (m)                                    | 0                   | 0       | 0                   |         |                        |                     |                |                                  |                                      |                           |                     |                | 0,00            |                 |  |  |
| 4b  | Fora das Trilhas de Roda Selagem (m)                               | 0                   | 0       | 0                   |         |                        |                     |                |                                  |                                      |                           |                     |                | 0,00            |                 |  |  |
| 5   | TRINCAS POR REFLEXÃO   | 0                   | 0       | 0                   | 5,00    | N/D                    | 0,00                | 0,00           | 0,00                             | 0,00%                                | N/D                       | 0,00                | 0,00           | 0,00            |                 |  |  |
|   | Número   |                     |         |                     |         |                        |                     |                |                                  |                                      |                           |                     |                | 0,00            |                 |  |  |
|   | Trincas Transversais (m)   |                     |         |                     |         |                        |                     |                |                                  |                                      |                           |                     |                | 0,00            |                 |  |  |
|   | Selagem (m)  |                     |         |                     |         |                        |                     |                |                                  |                                      |                           |                     |                | 0,00            |                 |  |  |
|   | Trincas Longitudinais (m)  |                     |         |                     |         |                        |                     |                |                                  |                                      |                           |                     |                | 0,00            |                 |  |  |
|   | Selagem (m)  |                     |         |                     |         |                        |                     |                |                                  |                                      |                           |                     |                | 0,00            |                 |  |  |
| 6   | TRINCAS TRANSVERSAIS (m)   | 0                   | 0       | 0                   | 5,00    | N/D                    | 0,00                | 0,00           | 0,00                             | 0,00%                                | N/D                       | 0,00                | 0,00           | 0,00            |                 |  |  |
|   | Número   |                     |         |                     |         |                        |                     |                |                                  |                                      |                           |                     |                | 0,00            |                 |  |  |
|   | Extensão (m)   |                     |         |                     |         |                        |                     |                |                                  |                                      |                           |                     |                | 0,00            |                 |  |  |
|   | Selagem (m)  |                     |         |                     |         |                        |                     |                |                                  |                                      |                           |                     |                | 0,00            |                 |  |  |
| 7   | REMENDOS (Número)  | 186,99              | 68,76   | 3,72                | 5,00    | ALTA                   | 1,00                | 3,00           | 3,72                             | 0,08%                                | BAIXA                     | 0,33                | 1,67           | 3,33            |                 |  |  |
|   | Área (m²)  | 186,99              | 68,76   | 3,72                |         | ALTA                   | 1,00                | 0,00           | 3,72                             | 0,08%                                | BAIXA                     | 0,33                | 0,00           | 0,00            |                 |  |  |
| 8   | PANELAS (Número)   | 0                   | 25      | 0,76                | 10,00   | ALTA                   | 1,00                | 10,00          | 0,76                             | 0,02%                                | BAIXA                     | 0,33                | 3,33           | 6,67            |                 |  |  |
|   | Área (m²)  | 0                   | 25      | 0,76                |         | ALTA                   | 1,00                | 0,00           | 0,76                             | 0,02%                                | BAIXA                     | 0,33                | 0,00           | 0,00            |                 |  |  |
| 9   | DEFORMAÇÃO PERMANENTE NAS TRILHAS DE RODA (% da extensão da seção) |                     |         |                     | 15,00   | N/D                    | 0,00                | 0,00           | 0,00                             | 0,00%                                | N/D                       | 0,00                | 0,00           | 0,00            |                 |  |  |
| 10  | COBRUÇAÇÃO (Número)  | 0                   | 0       | 0                   | 5,00    | N/D                    | 0,00                | 0,00           | 0,00                             | 0,00%                                | N/D                       | 0,00                | 0,00           | 0,00            |                 |  |  |
|   | Área (m²)  | 0                   | 0       | 0                   |         | N/D                    | 0,00                | 0,00           | 0,00                             | 0,00%                                | N/D                       | 0,00                | 0,00           | 0,00            |                 |  |  |
| 11  | EXSUDAÇÃO (m²)   | 0                   | 0       | 0                   | 5,00    | N/D                    | 0,00                | 0,00           | 0,00                             | 0,00%                                | N/D                       | 0,00                | 0,00           | 0,00            |                 |  |  |
| 12  | AGREGADOS POLIDOS (m²)   | 0                   | 0       | 0                   | 5,00    | N/D                    | 0,00                | 0,00           | 0,00                             | 0,00%                                | N/D                       | 0,00                | 0,00           | 0,00            |                 |  |  |
| 13  | DESGASTE (m²)  | 0                   | 4180,77 | 0                   | 5,00    | MÉDIA                  | 0,67                | 3,33           | 4180,77                          | 93,61%                               | ALTA                      | 1,00                | 5,00           | 4,17            |                 |  |  |
| 14  | BOMBAMENTO (Número)  | 0                   | 0       | 0                   | 5,00    | N/D                    | 0,00                | 0,00           | 0,00                             | 0,00%                                | N/D                       | 0,00                | 0,00           | 0,00            |                 |  |  |
|   | Extensão (m)   |                     |         |                     |         | N/D                    | 0,00                | 0,00           | 0,00                             | 0,00%                                | N/D                       | 0,00                | 0,00           | 0,00            |                 |  |  |
| 15  | OUTROS:  |                     |         |                     | 5,00    | N/D                    | 0,00                | 0,00           | 0,00                             | 0,00%                                | N/D                       | 0,00                | 0,00           | 0,00            |                 |  |  |
|   |  |                     |         |                     |         |                        |                     |                |                                  |                                      |                           |                     |                | <b>24,17</b>    |                 |  |  |
|   |  |                     |         |                     |         |                        |                     |                |                                  |                                      |                           |                     |                | <b>ICP</b>      |                 |  |  |
|   |  |                     |         |                     |         |                        |                     |                |                                  |                                      |                           |                     |                | <b>75,83</b>    |                 |  |  |

Fonte: Autores, 2024

Após o preenchimento dos dados e o cálculo primário feito, organiza-se os dados de todos os trechos conforme destaca a TABELA 5, com a descrição do ICP de cada trecho.

**TABELA 5:** Resultado primário dos ICPs dos trechos avaliados

| IDENTIFICAÇÃO DO TRECHO                              |                        |                |                       | NOTA DO ICP            |             |
|--|------------------------|----------------|-----------------------|------------------------|-------------|
| <b>TRECHO 1 - Trecho Amarelo (setor saúde)</b>       |                        |                |                       | <b>75,83</b>           |             |
| <b>TRECHO 2 - Vermelho (setor Saúde)</b>             |                        |                |                       | <b>77,5</b>            |             |
| <b>TRECHO 3 - azul (setor saúde)</b>                 |                        |                |                       | <b>75,83</b>           |             |
| <b>TRECHO 4 - verde (setor Saúde)</b>                |                        |                |                       | <b>74,17</b>           |             |
| <b>TRECHO 5 - preto (setor Profissional)</b>         |                        |                |                       | <b>74,17</b>           |             |
| <b>TRECHO 6 - amarelo (setor profissonal)</b>        |                        |                |                       | <b>75,83</b>           |             |
| <b>TRECHO 7 - laranja (setor Profissional)</b>       |                        |                |                       | <b>73,33</b>           |             |
| <b>TRECHO 8 - azul (setor profissional)</b>          |                        |                |                       | <b>80</b>              |             |
| <b>TRECHO 9 - laranja (Hangarzinho)</b>              |                        |                |                       | <b>68,33</b>           |             |
| <b>TRECHO 10 - laranja - Reitoria (setor básico)</b> |                        |                |                       | <b>75,83</b>           |             |
| <b>TRECHO 11 - verde - Portão 1 (setor básico)</b>   |                        |                |                       | <b>90,83</b>           |             |
| <b>TRECHO 12 - verde (setor básico)</b>              |                        |                |                       | <b>70,83</b>           |             |
| <b>TRECHO 13 - verde (setor básico)</b>              |                        |                |                       | <b>76,67</b>           |             |
| <b>TRECHO 14 - azul (setor básico)</b>               |                        |                |                       | <b>76,67</b>           |             |
| Média:   | <b>76,13</b>           | Desvio padrão: | <b>4,92</b>           | Coef. de Variação (CV) | <b>6,46</b> |
| Legenda:   | <b>Nota mais baixa</b> |                | <b>Nota mais alta</b> |                        |             |

Fonte: Autores, 2024

No setor saúde, foram destacados os trechos T1 - Trecho Amarelo (75,83), T2 - Trecho Vermelho (77,5), T3 - Trecho Azul (75,83) e T4 - Trecho Verde (74,17). As notas de ICP desses trechos estão bastante próximas, variando entre 74 e 77, indicando condições gerais semelhantes de conformidade dos pavimentos. Ao observar o pior e o melhor trecho, **o trecho 4 apresenta a menor nota (74,17)**, sendo o que mais necessita de manutenção. Este trecho é um acesso de grande movimentação, especialmente para áreas como clínicas e hospitais universitários, e provavelmente enfrenta maior desgaste devido ao alto tráfego de pedestres e veículos de suporte. **O trecho 2, com a maior nota de 77,5**, encontra-se em condições ligeiramente melhores, embora a diferença seja mínima. Dado que o ICP dos trechos está em uma faixa muito próxima, recomenda-se que todos os quatro trechos recebam intervenções de manutenção preventiva. Esta manutenção poderia incluir reparos em pequenas fissuras, correções de nível e reforço das áreas de maior desgaste. Uma abordagem preventiva nos quatro

trechos ajudará a manter a condição atual e evitará que os pequenos problemas se agravem, mantendo a uniformidade da qualidade do pavimento em todo o setor.

No setor profissional, foram avaliados quatro trechos: T5 - Trecho preto, com nota de ICP 74,17; T6 - Trecho Amarelo, com nota 75,83; T7 - Trecho Laranja, com nota 73,33; e T8 - Trecho Azul, com nota 80. As notas variam levemente, mas indicam uma condição de pavimento semelhante, com pequenas variações entre os trechos. Ao analisar o melhor e o pior trecho, observa-se que **o trecho 7, com a menor nota (73,33)**, apresenta o maior defeito. Este trecho, localizado próximo ao portão principal do setor profissional, é um ponto crítico que recebe um grande fluxo de pessoas, especialmente devido ao acesso aos departamentos de engenharia e ciências exatas. Durante as chuvas intensas, é comum o acúmulo de água na área, o que causa infiltrações e acelera o desgaste do pavimento. Assim, este trecho demanda reparos mais frequentes e significativos para mitigar os danos provocados pelas infiltrações. Por outro lado, **o trecho 8 obteve a nota mais alta, 80**, o que indica uma condição ligeiramente superior em comparação aos demais. No entanto, como as notas dos quatro trechos estão próximas, variando entre 73 e 80, considera-se que o Índice de Condição do Pavimento (ICP) é praticamente “igual” para todos.

Dessa forma, recomenda-se uma manutenção uniforme para os quatro trechos do setor profissional. Esta manutenção preventiva pode incluir reparos em fissuras, correção de níveis para melhorar o escoamento de água e reforço nas áreas de maior desgaste, especialmente no T7, para evitar infiltrações futuras.

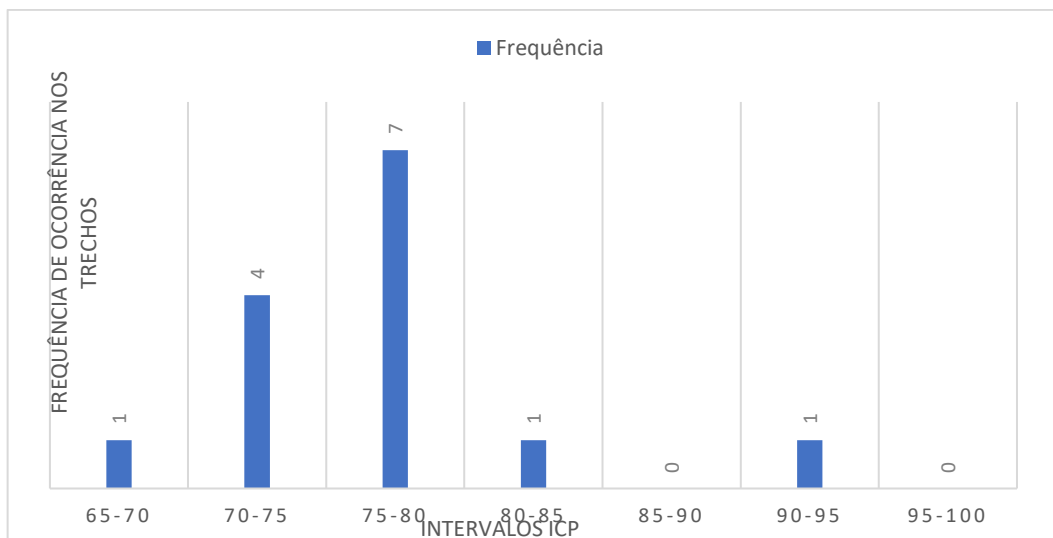
As notas dos trechos avaliados no setor básico mostram uma variação significativa, evidenciando diferentes níveis de conservação. **O melhor trecho identificado foi o trecho 11, que obteve a nota de 90,83**, essa nota reflete uma condição excelente do pavimento, sugerindo que esse trecho foi bem mantido e apresenta boa usabilidade, sendo um ponto crucial para a circulação no setor básico, por outro lado, **o pior trecho foi o trecho 9, com a nota mais baixa de 68,33**. Este resultado indica um estado crítico de conservação, o que é preocupante, especialmente considerando que esse trecho serve como um ponto de acesso intenso ao setor básico. O desgaste observado pode ser atribuído a condições ambientais adversas e ao alto tráfego de veículos, que aceleram a deterioração do pavimento. A manutenção neste trecho deve ser priorizada, uma vez que a falta de reparos pode resultar em riscos à segurança e na ineficiência do fluxo de trânsito. Os outros trechos, T10 - Trecho Vermelho - Reitoria (75,83), T12 - Trecho Verde (70,83), T13 - Trecho Verde (76,67) e T14 - Trecho Azul (76,67), apresentam notas intermediárias. Apesar de não serem considerados críticos, ainda assim requerem atenção.

A média das notas de ICP obtidas neste cálculo primário foi de 76,13, um valor que sugere uma condição geral satisfatória dos pavimentos, com a maioria dos trechos apresentando níveis aceitáveis de conformidade. Este resultado indica que, em termos gerais, os pavimentos não estão em condições críticas e, provavelmente, cumprem com os requisitos mínimos de segurança e usabilidade estabelecidos pelos padrões do SHRP.

O desvio padrão foi de 4,97, indicando certa dispersão dos dados em relação à média. Com base nesses valores, o Coeficiente de Variação (CV) foi de aproximadamente 6,46%, confirmando que a variação dos dados é moderada e menor que 10%, o que sugere que os dados não apresentam grande discrepância. Esse CV moderado indica que, de modo geral, os pavimentos têm uma condição relativamente homogênea, com algumas variações entre os trechos. Portanto, embora o pavimento esteja em condição satisfatória na média, as manutenções devem priorizar os trechos com menores índices de ICP, como o Trecho 9, que apresentou uma nota significativamente inferior, enquanto os trechos em melhores condições podem ser mantidos apenas com intervenções preventivas.

No GRÁFICO 1, que avalia a frequência de dados dos ICPs nos trechos é possível identificar uma distribuição significativa das notas de conformidade dentro de intervalos definidos. A maior concentração de trechos encontrados no intervalo entre 75 e 80, representando a conformidade de sete trechos. Isso indica que a maioria dos pavimentos analisados apresenta um nível de conformidade moderado, acima da média, mas ainda com espaço para melhorias. Esses trechos estão em condições consideradas aceitáveis, de acordo com o método SHRP. Em segundo lugar, o intervalo entre 70 e 75 engloba quatro trechos. Estes pavimentos apresentam uma condição um pouco inferior ao ideal, ainda dentro de um padrão gerenciável, mas que pode exigir uma atenção maior a médio prazo.

**GRÁFICO 1:** Histograma de frequência dos ICPs nos trechos



Fonte: Autores, 2024

A análise dos extremos do histograma mostra que o intervalo de 65 a 70 contém apenas um trecho, indicando que há poucas áreas de pavimento em condições ruins, que exigem uma intervenção mais urgente para evitar que a condição se agrave. No extremo superior, o intervalo de 80 a 85 também inclui apenas um trecho, o que sugere que apenas uma área apresenta uma condição próxima do ideal, enquanto o intervalo de 90 a 95, que contém o Trecho 11 - Verde (Portão 1), representa a melhor condição observada, com o pavimento em excelente conformidade.

Por fim, é importante destacar que não há trechos nos intervalos de 85 a 90 e 95 a 100, indicando que nenhum dos trechos avaliados alcançou o nível de conformidade excepcional. Embora alguns trechos apresentem boas condições, há uma oportunidade para melhorias gerais, mesmo nas áreas que já estão em bom estado. Essa ausência nos intervalos superiores reflete uma necessidade de intervenções contínuas e uma gestão eficaz para elevar a qualidade geral dos pavimentos.

#### 4.1.2. CÁLCULO AJUSTADO DO ICP NOS TRECHOS CONSIDERANDO OS DEFEITOS RECORRENTES

Após os primeiros cálculos, foi adotada uma nova metodologia, aqui denominada de ICP ajustado, com novos cálculos de ICP, os dados ajustados refletem de maneira mais precisa a experiência real do usuário em cada trecho de pavimento.

Esse ajuste de pesos tornou a análise mais precisa e refletiu com maior fidelidade a condição dos pavimentos observados. O ajuste dos pesos resultou em variações mais claras entre os trechos, como pode ser visto nas diferenças nas notas de conformidade demonstrado na TABELA 6. Esse processo de redistribuição dos pontos permitiu destacar mais efetivamente

as áreas de maior deterioração e necessidade de intervenção. O desvio padrão relativamente elevado e o coeficiente de variação considerável indicam que essas redistribuições tornaram mais evidente a diferença de qualidade entre os trechos, o que facilita a tomada de decisões para manutenção e reparo.

**TABELA 6:** Resultado ajustado dos ICPs dos trechos avaliados

| IDENTIFICAÇÃO DO TRECHO                        |                 |                |                | NOTA DO ICP AJUSTADO   |        |
|--|-----------------|----------------|----------------|------------------------|--------|
| TRECHO 1 - Trecho Amarelo (setor saúde)        |                 |                |                | 66                     |        |
| TRECHO 2 - Vermelho (setor Saúde)              |                 |                |                | 63,67                  |        |
| TRECHO 3 - azul (setor saúde)                  |                 |                |                | 60,67                  |        |
| TRECHO 4 - verde (setor Saúde)                 |                 |                |                | 63,17                  |        |
| TRECHO 5 - preto (setor Profissional)          |                 |                |                | 63,17                  |        |
| TRECHO 6 - amarelo (setor profissional)        |                 |                |                | 62                     |        |
| TRECHO 7 - laranja (setor Profissional)        |                 |                |                | 63,33                  |        |
| TRECHO 8 - azul (setor profissional)           |                 |                |                | 74                     |        |
| TRECHO 9 - Laranja (Hangarzinho)               |                 |                |                | 53,67                  |        |
| TRECHO 10 - vermelho - Reitoria (setor básico) |                 |                |                | 66                     |        |
| TRECHO 11 - verde - Portão 1 (setor básico)    |                 |                |                | 92                     |        |
| TRECHO 12 - verde (setor básico)               |                 |                |                | 57,83                  |        |
| TRECHO 13 - verde (setor básico)               |                 |                |                | 67,5                   |        |
| TRECHO 14 - azul (setor básico)                |                 |                |                | 67,33                  |        |
| Média:   | 65,74           | Desvio padrão: | 8,6            | Coef. de Variação (CV) | 13,80% |
| Legenda:                                       | Nota mais baixa |                | Nota mais alta |                        |        |

Fonte: Autores, 2024

Por conseguinte, é válido destacar que, a análise dos dados da planilha apresentada, com base no Índice de Condição do Pavimento (ICP) e no método SHRP (*Strategic Highway Research Program*), revela informações importantes sobre a qualidade dos pavimentos

flexíveis nos diferentes trechos avaliados, como mencionado, os dados reajustados apresentam a real condição dos trechos unitariamente e levando em consideração suas especificações.

Nesse viés, os cálculos recentes de ICP basearam-se na redistribuição dos pesos de patologias que não apresentavam incidência, como mencionado anteriormente, de forma a refletir melhor os defeitos que de fato impactam a qualidade do pavimento. Isso resultou em uma melhor correlação entre os defeitos presentes e a nota atribuída, como visto no Trecho 11 - Verde (Portão 1), que obteve a nota mais alta de 92. Este trecho, com uma conformidade próxima do ideal, apresenta poucas falhas e uma superfície bem mantida, oferecendo uma boa experiência de tráfego para os usuários. A redistribuição dos pontos permitiu que os pavimentos com falhas estruturais mais sérias, como o Trecho 9, recebessem notas mais baixas, destacando a gravidade dos problemas e a necessidade de reparos.

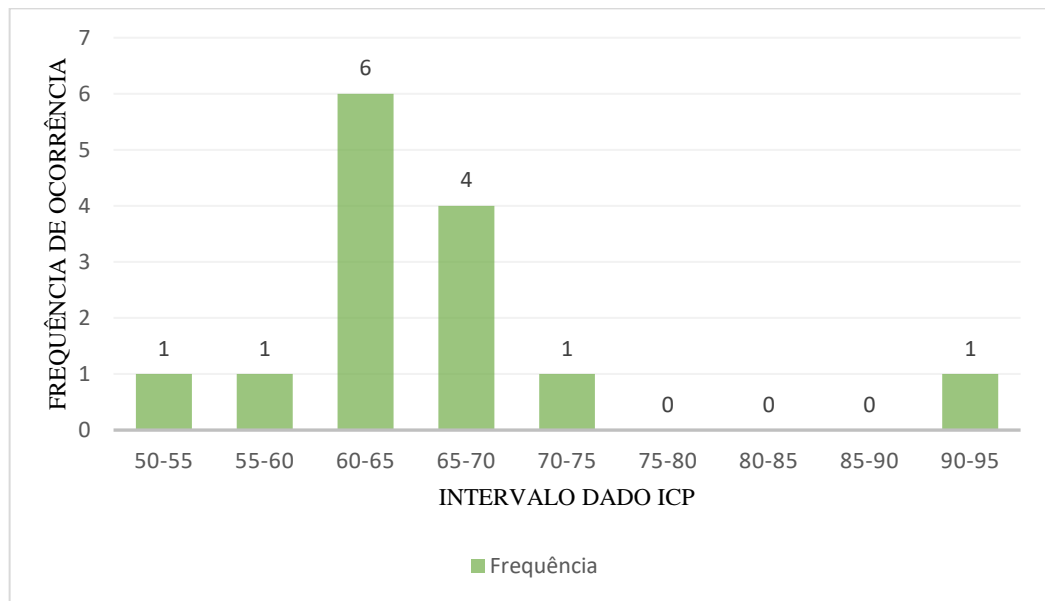
Os trechos com notas mais baixas, como o Trecho 9 - Laranja (*Hangarzinho*) com 53,67 e o Trecho 12 - Verde (setor básico) com 57,83, indicam áreas onde o pavimento está em condições mais críticas, possivelmente devido a problemas de suporte, trincas extensivas ou deformações em áreas de alto tráfego. Esses valores sugerem a necessidade de intervenções imediatas, pois esses trechos podem estar gerando desconforto para os usuários e aumentando os custos de manutenção a longo prazo, caso as falhas não sejam tratadas.

Com base nos cálculos reajustados a média geral dos trechos foi de 65,74, o que indica uma condição moderada dos pavimentos, sugerindo que muitos deles ainda estão em condições aceitáveis, mas alguns exigem atenção especial. O desvio padrão de 8,60 mostra que há uma variação considerável na qualidade dos diferentes trechos, o que pode ser explicado pela discrepância de manutenção e condições de uso. O coeficiente de variação (CV) de 13,80% indica uma variabilidade considerável na qualidade dos pavimentos, com trechos como o Trecho 8 - Azul (setor profissional), com uma nota de 74, mostrando um desempenho significativamente melhor em comparação com os trechos mais críticos.

Os trechos que apresentam notas entre 60 e 70, como o Trecho 1 - Amarelo (setor saúde) com 66 e o Trecho 5 - Preto (setor profissional) com 63,17, indicam que o pavimento está em uma condição de uso regular, mas que podem apresentar falhas pontuais, como trincas, desgaste ou desagregação, que se não forem tratadas a tempo podem levar a uma deterioração mais rápida. Esses trechos, embora ainda usáveis, provavelmente causam certo desconforto para os usuários e poderiam se beneficiar de manutenções preventivas para evitar maiores problemas.

Para melhor ilustrar as informações, foi feito o histograma agora com dados ajustados para avaliação conforme descreve o GRÁFICO 2.

**GRÁFICO 2:** Histograma de frequência dos ICPs ajustados nos trechos



Fonte: Autores, 2024

A análise do GRÁFICO 2 revela uma distribuição que permite entender a qualidade dos pavimentos avaliados e sua condição atual. A maior concentração de notas está nos intervalos entre 60-70, com destaque para o intervalo 60-65, que contém 6 trechos, e o intervalo 65-70, com 4 trechos. Essa concentração sugere que a maior parte dos pavimentos está em condições regulares, onde, embora ainda utilizáveis, esses trechos podem apresentar falhas leves, como trincas superficiais ou desgaste. Essas áreas exigem atenção, pois, com o tempo e o uso contínuo, esses defeitos podem se agravar, comprometendo a durabilidade e a qualidade do tráfego.

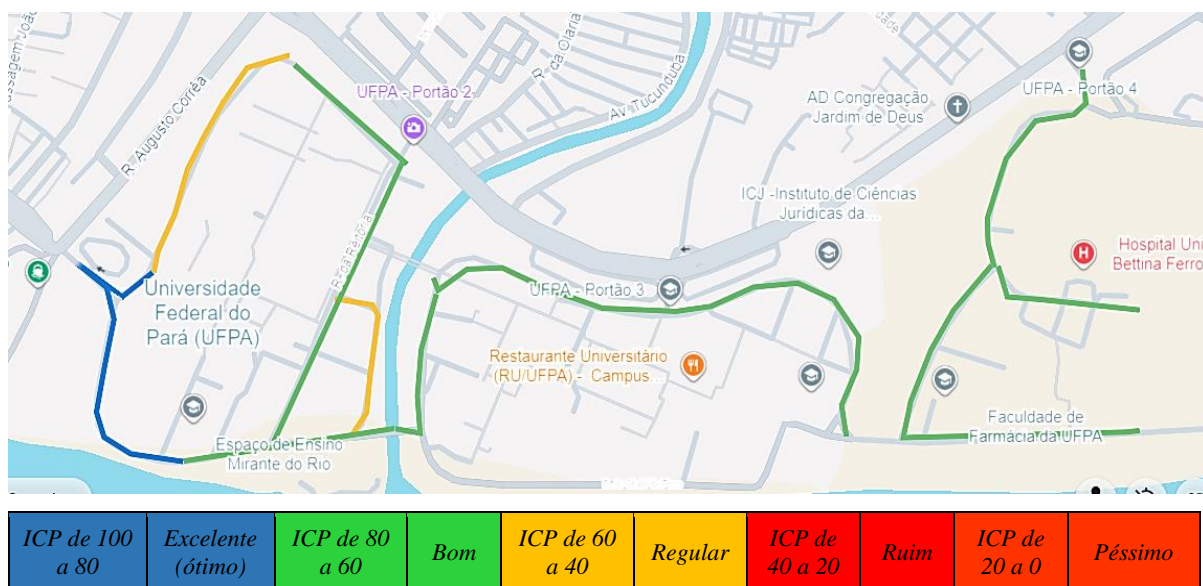
A presença de um trecho na faixa de 50-55 indica que há pavimentos em estado crítico, com falhas mais severas, como buracos ou deformações, que afetam diretamente a segurança e o conforto dos usuários. Esse trecho, em particular, exige atenção imediata, pois as falhas podem comprometer ainda mais o pavimento se não forem tratadas. Isso sugere que, embora a maioria dos pavimentos esteja em condições razoáveis, há áreas que já passaram do ponto de manutenção preventiva e precisam de intervenções corretivas mais profundas.

Por outro lado, o fato de haver apenas um trecho na faixa mais alta, entre 90-95, sugere que poucas áreas estão em excelente condição. Esse trecho representa um pavimento que oferece uma superfície de alta qualidade, provavelmente com poucas ou nenhuma falha visível. Isso também indica que, apesar de esforços de manutenção, poucos pavimentos estão em um nível ótimo de desempenho, o que pode refletir uma necessidade de maior investimento em manutenção preventiva e reparadora em outros trechos.

A ausência de trechos nas faixas intermediárias de 75-80 e 80-90 é um ponto importante. Isso mostra que há uma lacuna na distribuição da qualidade dos pavimentos, sugerindo que a maioria dos trechos está em um nível moderado de conformidade, sem atingir os níveis mais altos de qualidade. Essa lacuna pode ser um indicativo de que os pavimentos estão sendo mantidos apenas dentro de um padrão mínimo de operação, sem um esforço contínuo para elevá-los a um patamar de excelência. A falta de pavimentos nessas faixas intermediárias reforça a necessidade de melhorias nas estratégias de manutenção.

Na FIGURA 11, e levando em consideração os valores do ICP ajustado e a classificação do Índice de Condição do Pavimento (ICP), a imagem mostra uma situação predominantemente positiva, com a maior parte das áreas apresentando condições que variam de boas a excelentes.

**FIGURA 11:** Mapa dos trechos da UFPA com categorização do estado do pavimento, segundo dados do ICP de cada trecho



Fonte: Google Earth [grifo dos autores], 2024 com base nos dados de Instituto do asfalto, 1989

A análise dos trechos de pavimentação do campus da Universidade Federal do Pará (UFPA), com base na FIGURA 11 e na classificação do Índice de Condição do Pavimento (ICP), mostra uma situação predominantemente positiva, com a maior parte das áreas apresentando condições que variam de boas a excelentes. Os trechos em azul, que correspondem a um ICP entre 100 e 80, estão em excelente estado de conservação, indicando que são pavimentos que recebem manutenção adequada e frequente. Essas áreas incluem principalmente regiões próximas à Reitoria e a outras zonas centrais do campus, sugerindo uma maior atenção voltada para espaços de grande relevância institucional.

Os trechos em verde, com ICP entre 80 e 60, são classificados como bons e indicam pavimentos que, embora apresentem algum desgaste, ainda são capazes de suportar o tráfego sem maiores problemas. Trechos como os acessos aos Portão 2 e Portão 3 se encontram nessa condição, sugerindo uma necessidade de intervenções pontuais para evitar a progressão de falhas pequenas para defeitos maiores. Além disso, alguns trechos aparecem em amarelo, com ICP variando entre 60 e 40, classificados como regulares. Esse estado indica a presença de falhas aparentes que precisam ser tratadas para evitar a deterioração mais acelerada. Não foram observados trechos em vermelho ou laranja, que representariam pavimentos em estado ruim ou péssimo, respectivamente.

#### 4.1.3. ANÁLISE DAS DIFERENÇAS ENTRE O CÁLCULO DO ICP PRIMÁRIO E OS DADOS DO ICP AJUSTADO

A comparação entre os valores de ICP primário e o ajustado revela algumas mudanças importantes na avaliação da condição dos pavimentos. Essa comparação permite entender como a redistribuição de pesos e ajustes no cálculo do ICP impactaram a classificação dos trechos, refletindo uma análise mais detalhada e ajustada das condições dos pavimentos conforme demonstra a TABELA 7:

**TABELA 7:** Resultado das notas entre o cálculo do ICP primário versus ICP ajustado

| IDENTIFICAÇÃO DO TRECHO                            | NOTA DO ICP PRIMÁRIO | NOTA DO ICP AJUSTADO |
|--|----------------------|----------------------|
| <b>TRECHO 1 - Trecho Amarelo (setor saúde)</b>     | <b>75,83</b>         | <b>66</b>            |
| <b>TRECHO 2 - Vermelho (setor Saúde)</b>           | <b>77,5</b>          | <b>63,67</b>         |
| <b>TRECHO 3 - azul (setor saúde)</b>               | <b>75,83</b>         | <b>60,67</b>         |
| <b>TRECHO 4 - verde (setor Saúde)</b>              | <b>74,17</b>         | <b>63,17</b>         |
| <b>TRECHO 5 - preto (setor Profissional)</b>       | <b>74,17</b>         | <b>63,17</b>         |
| <b>TRECHO 6 - amarelo (setor profissonal)</b>      | <b>75,83</b>         | <b>62</b>            |
| <b>TRECHO 7 - laranja (setor Profissional)</b>     | <b>73,33</b>         | <b>63,33</b>         |
| <b>TRECHO 8 - azul (setor profissional)</b>        | <b>80</b>            | <b>74</b>            |
| <b>TRECHO 9 - laranja (Hangarzinho)</b>            | <b>68,33</b>         | <b>53,67</b>         |
| <b>TRECHO 10 – vermelho (setor básico)</b>         | <b>75,83</b>         | <b>66</b>            |
| <b>TRECHO 11 - verde - Portão 1 (setor básico)</b> | <b>90,83</b>         | <b>92</b>            |
| <b>TRECHO 12 - verde (setor básico)</b>            | <b>70,83</b>         | <b>57,83</b>         |
| <b>TRECHO 13 - verde (setor básico)</b>            | <b>76,67</b>         | <b>67,5</b>          |
| <b>TRECHO 14 - azul (setor básico)</b>             | <b>76,67</b>         | <b>67,33</b>         |

Fonte: Autores, 2024

No ICP primário, as notas apresentavam maior uniformidade, com a maioria dos trechos concentrados na faixa de 70 a 80, sugerindo que, de maneira geral, os pavimentos estavam em condições razoáveis. No entanto, o ajuste do ICP redistribuiu os pesos dos defeitos e recalculou as notas com mais precisão, resultando em uma variação maior entre os trechos e evidenciando problemas que antes não eram tão aparentes.

Um exemplo claro dessas diferenças pode ser visto no Trecho 1 - Amarelo (setor saúde), cuja nota caiu de 75,83 para 66 no ICP ajustado. Isso indica que, com a nova avaliação, foram identificados defeitos mais críticos no pavimento que não tinham sido devidamente ponderados no cálculo inicial. A mesma tendência é observada no Trecho 2 - Vermelho (setor saúde), que sofreu uma queda ainda maior, de 77,5 para 63,67, sugerindo que as condições reais deste pavimento são piores do que o valor primário indicava. Esses ajustes apontam para uma maior precisão no diagnóstico da condição dos pavimentos, permitindo uma identificação mais clara dos trechos que precisam de manutenção.

Por outro lado, o Trecho 11 - Verde (Portão 1), que já apresentava uma condição excelente no ICP primário com uma nota de 90,83, foi ajustado para 92, um ligeiro aumento. Isso reflete que, após os ajustes, esse trecho foi reafirmado como o de melhor condição, sem grandes variações em sua avaliação. A pequena diferença positiva indica que o pavimento desse trecho realmente está em estado ótimo, e o cálculo ajustado reforçou essa observação.

Em consonância, o Trecho 9 - Laranja (*Hangarzinho*) viu sua nota cair drasticamente de 68,33 para 53,67 após o ajuste. Esse trecho foi reavaliado de forma muito mais crítica, destacando que o pavimento está em condições bem piores do que o indicado inicialmente. Com o novo cálculo, ficou evidente que este é o trecho mais deteriorado de todos, necessitando de uma intervenção urgente. A diferença significativa nas notas sugere que os problemas deste trecho, como possíveis deformações e trincas extensivas, foram subestimados no cálculo primário. A análise das variações em outros trechos, como o Trecho 12 - Verde (setor básico), que teve sua nota reduzida de 70,83 para 57,83, também reflete um ajuste importante na avaliação de condições mais críticas, especialmente em trechos que foram inicialmente classificados como regulares, mas que, após o ajuste, mostram-se em condições mais próximas de um estado de alerta. Da mesma forma, os Trechos 13 e 14, que antes apresentavam notas acima de 75, tiveram suas notas ajustadas para a faixa de 67, refletindo uma condição mais moderada e a necessidade de atenção para evitar um agravamento das condições.

#### 4.1.4. ANÁLISE DA OCORRÊNCIA DOS DEFEITOS POR TRECHO

Na TABELA 8 é possível observar que alguns trechos apresentam mais defeitos que outros, apresentando ocorrência de trincas, remendos, panelas e outros em apenas um trecho.

A análise dos dados mostra uma prevalência de defeitos graves no pavimento, principalmente trincas por fadiga, panelas e remendos. As **trincas por fadiga**, presentes em 93% dos trechos analisados com 198 ocorrências, indicam desgaste significativo devido à carga repetitiva, sugerindo a necessidade de reforço estrutural. As **panelas**, registradas em 86% dos trechos (80 ocorrências), revelam falhas estruturais que impactam diretamente a segurança e o conforto dos usuários. Os **remendos**, com 118 ocorrências em 13 trechos (93% dos trechos), apontam para uma alta demanda por manutenções corretivas, o que pode indicar que as práticas de manutenção preventiva são insuficientes. Defeitos menos recorrentes, como **deformação permanente por trilha de rodas** (7 ocorrências em 36% dos trechos), são típicos de áreas com tráfego pesado e indicam a compactação excessiva em áreas de contato constante com pneus. Outros problemas menores, como trincas em bloco e desgaste, aparecem em apenas 7% dos trechos, indicando que são falhas mais pontuais e menos críticas.

**TABELA 8:** percentual e números de trechos afetados pelos defeitos

| DEFEITO                                   | OCORRÊNCIAS | Nº DE TRECHOS AFETADOS | % DOS TRECHOS |
|---|-------------|------------------------|---------------|
| Trincas por fadiga                        | 198         | 13                     | 93%           |
| Deformação permanente por trilha de rodas | 7           | 5                      | 36%           |
| Panelas                                   | 80          | 12                     | 86%           |
| Trincas em blocos                         | 1           | 1                      | 7%            |
| Trincas nos bordos                        | 0           | 0                      | 0             |
| Trincas longitudinais                     | 0           | 0                      | 0             |
| Trincas transversais                      | 0           | 0                      | 0             |
| Remendos                                  | 118         | 13                     | 93%           |

|                                       |    |   |     |
|---------------------------------------|----|---|-----|
| Corrugação                            | 0  | 0 | 0   |
| Desgaste                              | 2  | 1 | 7%  |
| Bombeamento                           | 0  | 0 | 0   |
| Trincas por reflexão                  | 0  | 0 | 0   |
| Exsudação                             | 0  | 0 | 0   |
| Agregados polidos                     | 0  | 0 | 0   |
| Interferências com tubulações urbanas | 30 | 7 | 50% |

Fonte: Autores, 2024

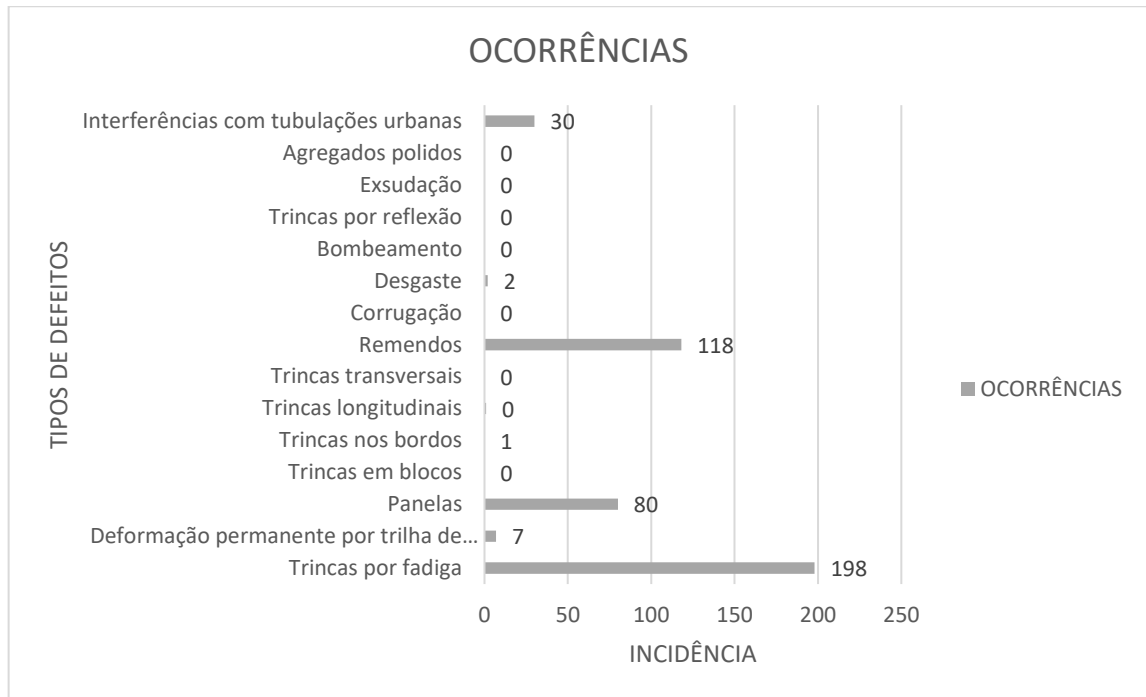
A falta de defeitos como trincas longitudinais e transversais, corrugação e exsudação sugerem que os pavimentos analisados possuem uma resistência considerável a esses problemas, ou que a incidência deles é irrelevante nas áreas em questão. No entanto, a categoria referente a interferências com tubulações urbanas merece destaque. Com 30 registros, representando 50% dos trechos avaliados, essa questão sinaliza a possibilidade de diversos problemas que, apesar de menos frequentes no que diz respeito à ocorrência, são defeitos que aparecem em metade de todos os trechos analisados, e ainda têm um impacto significativo nas condições do pavimento.

As interferências com tubulações podem resultar em desníveis, deformações ou danos estruturais no pavimento, além de complicações relacionadas ao escoamento das águas pluviais. A presença dessas interferências não deve ser subestimada, pois elas podem comprometer a durabilidade e a funcionalidade da infraestrutura viária. Assim, é essencial que sejam realizadas avaliações detalhadas e manutenções adequadas para minimizar os impactos dessas interferências nas condições do pavimento.

O GRÁFICO 3 por sua vez, mostra a análise dos defeitos identificados no pavimento dos trechos do campus universitário da UFPA, com base no dado apresentado, mostra uma clara predominância de alguns tipos de falhas em relação a outros. **O defeito mais frequente foi a Trinca por Fadiga, com um total de 198 ocorrências**, o que indica um desgaste significativo dos pavimentos, principalmente nas vias de maior movimentação. As trincas por fadiga são normalmente causadas pelo tráfego repetitivo e pesado, que resulta na perda gradual da

resistência estrutural do pavimento. No contexto da UFPA, a circulação constante de veículos de transporte coletivo e de manutenção contribui consideravelmente para a formação dessas trincas, especialmente em vias onde o tráfego não é apenas intenso, mas também concentrado nas mesmas trilhas de rodas.

**GRÁFICO 3:** Defeitos de Pavimentos - Frequência de ocorrência



Fonte: Autores, 2024

A FIGURA 12 está demonstrando, de forma exemplificativa, o defeito de trinca encontrado no trecho 1.

**FIGURA 12:** defeito trinca por fadiga localizado no trecho 1



Fonte: Autores, 2024

Outro defeito que apresentou uma elevada frequência foi o de **Remendos, totalizando 118 ocorrências**. Isso indica que os pavimentos do campus passaram por diversas intervenções corretivas para tapar buracos e corrigir falhas pré-existentes. A presença de muitos remendos, no entanto, é indicativa de um problema recorrente: a necessidade de reparos contínuos aponta para uma degradação acelerada das vias, que pode ser fruto de intervenções de baixa qualidade ou de uma falta de manutenção preventiva adequada. Os remendos, como no exemplo na FIGURA 13 embora necessários, nem sempre são a solução mais duradoura, e podem acabar contribuindo para a fragilidade da superfície ao longo do tempo.

**FIGURA 13:** defeito remendo localizado no trecho 1



Fonte: Autores, 2024

Em sequência, na FIGURA 14, as **Panelas (buracos) também se destacam, com 80 ocorrências** identificadas. Esses defeitos são comuns em pavimentos que sofrem com infiltração de água e falta de drenagem adequada. A formação de panelas se dá quando a água penetra no pavimento, enfraquecendo as camadas subjacentes e levando ao colapso da superfície. No caso da UFPA, onde as chuvas são intensas e frequentes, a drenagem ineficaz pode agravar ainda mais o problema, contribuindo para a expansão dos buracos e o surgimento de novos pontos críticos. Esses buracos representam um risco significativo à segurança dos veículos e pedestres e também aumentam os custos de manutenção se não forem tratados de forma eficiente.

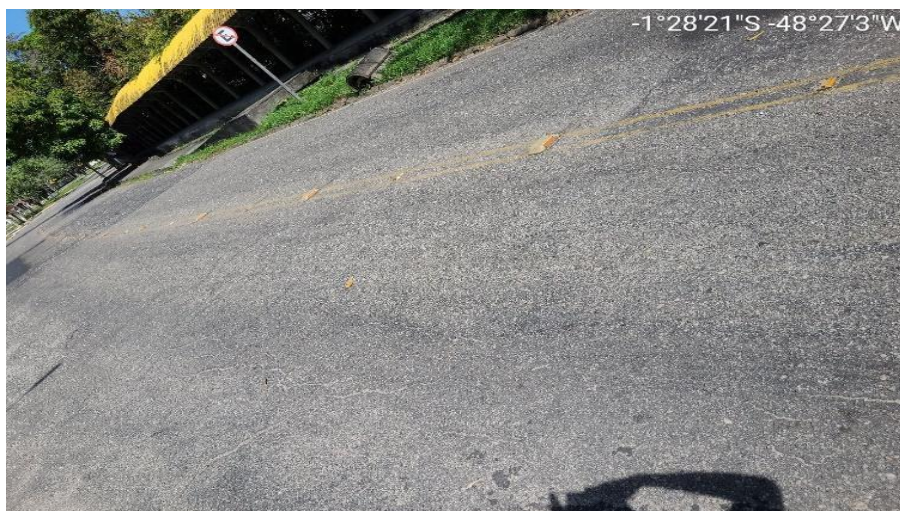
**FIGURA 14:** defeito panela localizado no trecho 5



Fonte: Autores, 2024

Por outro lado, defeitos como **Trincas em bloco, desgaste e Deformação Permanente nas Trilhas de Rodas** como na **FIGURA 15** apresentaram uma **menor incidência, com 1, 2, e 7 ocorrências, respectivamente**. A menor frequência desses defeitos sugere que, apesar das falhas observadas, as margens dos pavimentos do campus têm mantido certa estabilidade estrutural, ou ainda que essas áreas não sejam as mais afetadas pelo tráfego intenso. Já a deformação permanente nas trilhas de rodas, embora presente, tem uma menor ocorrência, o que pode estar relacionado a um controle mais eficaz do tráfego pesado ou a um pavimento ligeiramente mais reforçado nas vias principais.

**FIGURA 15:** defeito trilha de roda localizado no trecho 6



Fonte: Autores, 2024

Outros defeitos, como **Corrugação, Bombeamento, Exsudação, e Agregados Polidos**, não apresentaram nenhuma ocorrência nos trechos analisados. Isso pode ser um indicativo de

que essas falhas específicas são menos comuns devido ao tipo de material utilizado na pavimentação do campus ou à forma como o pavimento é exposto aos elementos. A ausência desses defeitos pode sugerir que, ao menos em alguns aspectos, os materiais e técnicas empregadas são eficazes para evitar essas formas de deterioração.

#### 4.1.5. ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO

Nesse contexto, a predominância de trincas por fadiga, remendos e panelas no pavimento do campus da UFPA aponta para a necessidade de uma abordagem de manutenção mais preventiva, que vise corrigir não apenas os defeitos já existentes, como tratar as causas subjacentes, como a falta de drenagem adequada e a repetição de intervenções corretivas que não resolvem o problema de maneira duradoura.

Além disso, a ausência de certos tipos de defeitos e a baixa ocorrência de outros indicam áreas onde a infraestrutura se comporta de maneira mais adequada, fornecendo um ponto de partida para práticas de manutenção que poderiam ser replicadas em áreas mais problemáticas do campus.

Conforme TABELA 9, é possível com base no valor do ICP e as medidas necessárias para tratamento de cada índice, definir uma atividade de manutenção e reabilitação para cada trecho estudado.

**TABELA 9:**Atividade de manutenção e reabilitação proposta por trecho com base em seu ICP

| <b>Nº DO TRECHO</b> | <b>ICP</b> | <b>Atividade de manutenção e reabilitação</b>  |
|---------------------|------------|--|
| 1                   | 66         | recapeamento superficial, manutenção com reparo de trinca, selagem de trincas para evitar propagação, limpeza e desobstrução de drenagem.  |
| 2                   | 63,7       | recapeamento superficial, manutenção com reparo de trinca, selagem de trincas para evitar propagação, limpeza e desobstrução de drenagem.  |
| 3                   | 60,7       | recapeamento superficial, manutenção com reparo de trinca, selagem de trincas para evitar propagação, limpeza e desobstrução de drenagem.  |
| 4                   | 63,2       | recapeamento superficial, manutenção com reparo de trinca, selagem de trincas para evitar propagação, limpeza e desobstrução de drenagem.  |
| 5                   | 63,2       | recapeamento superficial, manutenção com reparo de trinca, selagem de trincas para evitar propagação, limpeza e desobstrução de drenagem.  |
| 6                   | 62         | recapeamento superficial, manutenção com reparo de trinca, selagem de trincas para evitar propagação, limpeza e desobstrução de drenagem.  |
| 7                   | 63,3       | recapeamento superficial, manutenção com reparo de trinca, selagem de trincas para evitar propagação, limpeza e desobstrução de drenagem.  |
| 8                   | 74         | recapeamento superficial, manutenção com reparo de trinca, selagem de trincas para evitar propagação, limpeza e desobstrução de drenagem.  |
| 9                   | 53,7       | recapeamento, remoção e substituição de camadas danificadas, reparo de buracos e depressões, reconstituição de camadas de base, reperfilamento do pavimento.   |
| 10                  | 66         | recapeamento superficial, manutenção com reparo de trinca, selagem de trincas para evitar propagação, limpeza e desobstrução de drenagem.  |
| 11                  | 92         | Inspeção regular para monitorar condições, limpeza e desobstrução de drenagem, reparo de trinca superficial, aplicação de camada protetora (recapeamento superficial), verificação e ajuste de sistema de drenagem |
| 12                  | 57,8       | recapeamento, remoção e substituição de camadas danificadas, reparo de buracos e depressões, reconstituição de camadas de base, reperfilamento do pavimento.   |
| 13                  | 67,5       | recapeamento superficial, manutenção com reparo de trinca, selagem de trincas para evitar propagação, limpeza e desobstrução de drenagem.  |
| 14                  | 67,3       | recapeamento superficial, manutenção com reparo de trinca, selagem de trincas para evitar propagação, limpeza e desobstrução de drenagem.  |

Fonte: Autores, 2024 com base nos dados Instituto do Asfalto, 1989

Os resultados obtidos com base no ICP estão alinhados com as melhores práticas descritas na literatura para manutenção de pavimentos urbanos. A revisão bibliográfica ressalta a importância de uma abordagem combinada de manutenção preventiva e corretiva, com o uso criterioso de técnicas de reabilitação apenas quando necessário. Foi observado que os pavimentos em estado regular ou ruins podem se beneficiar de manutenções corretivas focadas em prolongar a vida útil do pavimento até que recursos sejam disponibilizados para uma reabilitação completa.

Desta forma, a proposição das atividades de M&R baseadas no ICP garantem a otimização dos recursos, priorizando as áreas mais críticas e buscando, sempre que possível, manter os pavimentos em condições que evitem uma degradação acelerada. Isso está de acordo com os princípios de eficiência na administração pública, que visam à maximização do uso dos recursos disponíveis, minimizando os custos com manutenções futuras e garantindo a qualidade da infraestrutura para os usuários.

#### **4.2. Considerações finais**

Após a análise detalhada dos dados de ICP (Índice de Condição do Pavimento) e dos defeitos encontrados nos pavimentos do campus da UFPA, foram identificadas tendências importantes relacionadas à qualidade e ao estado de conservação das vias. O ajuste nos cálculos de ICP foram fundamentais para fornecer uma visão mais precisa das condições dos trechos avaliados, permitindo diferenciar com clareza os pavimentos em melhor estado daqueles que apresentam falhas críticas. A redistribuição dos pesos e a consideração de novos critérios destacaram trechos que, inicialmente, pareciam estar em condições aceitáveis, mas que, na realidade, necessitam de intervenções urgentes.

Em termos de considerações finais, destaca-se a importância de priorizar uma manutenção preventiva mais robusta nas vias do campus, especialmente nas áreas que apresentam maior tráfego de veículos pesados. A alta incidência de Trincas por Fadiga e Panelas é um indicativo de que o pavimento está se deteriorando devido ao uso contínuo e à falta de drenagem adequada. A aplicação de remendos, embora necessária em curto prazo, não deve ser vista como uma solução definitiva, sendo recomendado um planejamento de reparos mais estruturais para evitar a recorrência dos mesmos problemas.

Portanto, a análise dos dados aponta para a necessidade de uma abordagem mais proativa na manutenção dos pavimentos do campus da UFPA, com foco na resolução das falhas mais frequentes e na adoção de soluções que garantam uma maior durabilidade das vias. Isso não só melhorará a qualidade da infraestrutura, mas também contribuirá para uma melhor

experiência de uso por parte de estudantes, funcionários e visitantes que dependem dessas vias diariamente.

Os resultados apresentados nos resultados da pesquisa, compreendem tanto o cálculo primário quanto o ICP ajustado, destacam variações significativas entre os valores antes e depois do ajuste. Já a revisão bibliográfica demonstra a adoção de metodologias e critérios de avaliação de pavimentos semelhantes, o que fornece uma base sólida para comparação. O cálculo inicial dos ICPs nos trechos selecionados apresentou notas que variavam de 68,33 a 90,83. Após o ajuste, foi possível observar uma queda significativa em vários trechos, especialmente nos trechos 1 e 2, cujas notas caíram de 75,83 para 66 e de 77,5 para 63,67, respectivamente.

Na revisão bibliográfica, foram observados resultados semelhantes em estudos realizados por outros autores, como Sousa (2021) e Maués e Soares (2022), que destacaram a importância de redistribuir os pesos dos defeitos para aumentar a precisão dos índices de avaliação. Esses estudos também utilizaram o método SHRP, que atribui pesos baseados na severidade e extensão dos defeitos, o que é similar ao método utilizado no presente estudo. Os estudos revisados indicaram que, em áreas urbanas nobres, o ICP tende a ser mais alto devido ao maior foco de investimentos em manutenção. Por exemplo, o bairro Batista Campos em Belém apresentou valores de ICP consistentemente mais elevados, enquanto áreas menos favorecidas tendiam a ter pavimentos em condições piores, refletindo a desigualdade na aplicação de recursos públicos para manutenção.

Além disso, a abordagem da revisão bibliográfica ressaltou a necessidade de uma combinação de estratégias de manutenção preventiva e corretiva. Os ajustes feitos no ICP foram cruciais para diferenciar claramente os pavimentos que pareciam estar em boas condições daqueles que apresentavam problemas críticos que não foram devidamente identificados na análise inicial. A comparação entre os resultados obtidos nos resultados e os descritos na revisão bibliográfica aponta para uma convergência em termos de metodologia e achados. Ambos os casos destacam a necessidade de ajustes no cálculo dos índices de condição do pavimento para garantir uma avaliação mais precisa. Enquanto o ICP primário sugere uma condição razoável em diversos trechos, o ICP ajustado reflete um cenário mais crítico, permitindo uma melhor priorização das intervenções.

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo geral realizar uma avaliação do desempenho de pavimentos flexíveis, utilizando como referência o método do Índice de Condição do Pavimento (ICP), com foco na análise aplicada à Cidade Universitária Professor José da Silveira Neto, localizada no Campus do Guamá. Através de objetivos específicos, buscou-se coletar dados das vias com pavimentos flexíveis, identificar os fatores que influenciam sua durabilidade, avaliar o estado atual dos pavimentos e sugerir diretrizes para a manutenção e prevenção de danos.

A justificativa para a realização deste estudo reside na importância do desempenho dos pavimentos para garantir a durabilidade e segurança das vias de circulação, especialmente em áreas de grande fluxo, como a cidade universitária. A avaliação dos pavimentos flexíveis se torna fundamental para identificar condições de deterioração e determinar ações de manutenção adequadas, contribuindo para a prolongação da vida útil dos pavimentos e a otimização dos recursos públicos.

A alta incidência de defeitos como Trincas por Fadiga, Panelas e Remendos sugere que, embora as vias ainda estejam em uso, a qualidade geral está comprometida, especialmente nas áreas de maior tráfego e exposição a condições climáticas adversas.

As trincas por fadiga se mostraram o defeito mais recorrente, o que reforça a necessidade de intervenções preventivas e estruturais mais profundas para evitar que o pavimento continue a se degradar. Defeitos localizados, como Interferências com Tubulações Urbanas e Deformações Permanentes nas Trilhas de Rodas, indicam que alguns trechos estão sofrendo com problemas específicos, possivelmente relacionados à infraestrutura subterrânea e ao tráfego concentrado. Embora alguns reparos tenham sido realizados, a recorrência de Remendos mostra que as soluções aplicadas podem ser temporárias e que é preciso pensar em medidas de reparo mais duradouras.

A condição geral dos pavimentos do campus demanda uma abordagem mais proativa, com investimentos em manutenção preventiva e corretiva, priorizando os trechos mais críticos e garantindo uma infraestrutura que suporte o tráfego intenso de veículos e as condições climáticas de Belém.

## 5.1. Principais Resultados

**ICP médio com base no cálculo ajustado:** 65,74, indicando uma condição moderada dos pavimentos, com necessidade de intervenções em várias áreas.

**Pior trecho:** Trecho 9 - Laranja (*Hangarzinho*), apresentando pior desempenho tanto no cálculo primário como ajustado, que apresentou um ICP de 53,67 com base no cálculo ajustado, refletindo a presença de falhas graves e uma urgência em reparos

**Melhor trecho:** Trecho 11 - Verde (Portão 1), com um ICP de 92 com base no cálculo ajustado, destacando-se como o trecho em melhores condições, devido à menor exposição ao tráfego pesado ou recentes intervenções.

**Defeito menos recorrente:** Os defeitos menos observados nos pavimentos incluem agregados polidos, bombeamento e exsudação de ligantes asfálticos. Esses problemas tendem a ser menos frequentes, dependendo das condições de drenagem.

**Defeito mais recorrente:** Trincas por Fadiga com 198 ocorrências, afetando principalmente vias de alto tráfego no campus, portões de acesso e áreas comuns dos setores.

**Número de Remendos:** 118 ocorrências, evidenciando que reparos foram feitos, mas muitas vezes de forma localizada e temporária.

**Ocorrência de Painéis:** 80 ocorrências, indicando uma degradação severa em várias áreas, especialmente em vias que sofrem com drenagem deficiente e uso intenso.

**Principais atividades de manutenção e reabilitação indicadas:** Com base na análise dos dados, as principais atividades de manutenção e reabilitação indicadas incluem:

- **Recapeamento** - Para os trechos com ICP moderado e baixo, a aplicação de uma nova camada asfáltica é crucial para melhorar a superfície e a durabilidade do pavimento.
- **Reparos Localizados:** A realização de remendos e o tratamento de trincas são essenciais, especialmente nas áreas mais afetadas, para prevenir a propagação de falhas.
- **Melhoria da Drenagem:** Intervenções que melhorem o sistema de drenagem nas áreas com ocorrência de painéis devem ser priorizadas para evitar a degradação adicional do pavimento.
- **Monitoramento Contínuo:** Implementação de um programa de monitoramento regular para identificar rapidamente novas falhas e assegurar a manutenção preventiva dos pavimentos.

**ICP primário versus ICP ajustado:** Enquanto o ICP primário apresenta notas relativamente altas em vários trechos, como o **Trecho 11 - Verde (Portão 1)**, com **90,83**, o ICP ajustado demonstra uma realidade mais crítica. O **Trecho 9 - Laranja (Hangarzinho)** é o mais afetado, com um ICP primário de 68,33 e um ajustado de 53,67, refletindo falhas graves. A

análise sugere que o ajuste do ICP ajustado oferece uma visão mais precisa das condições reais do pavimento estudado, evidenciando áreas prioritárias para manutenção e reabilitação.

Esses resultados reforçam a necessidade de ações rápidas para preservar e melhorar a infraestrutura viária do campus, com foco em manutenção preventiva e reparos estruturais de longo prazo.

## **5.2. Sugestões**

Para trabalhos futuros, uma sugestão crucial é que a prefeitura da cidade universitária da UFPA:

- Implemente um sistema de gerenciamento de pavimento, com organização dos níveis, coleta contínua de dados dos trechos mais solicitados;
- Execute a intervenção de forma mais assertivas, baseando-se nos resultados gerados pelo ICP, o histórico de construção e as datas de manutenção das vias analisadas.
- Realize a repetição da coleta de dados em intervalos regulares, preferencialmente de maneira anual, permitindo assim medir o desempenho dos pavimentos;
- Explore outras metodologias de avaliação, tanto objetivas quanto subjetivas, para a mesma malha viária, incorporando técnicas como avaliações visuais, medições de condições de superfície e feedback de usuários que podem enriquecer a análise e fornecer uma visão mais abrangente das condições dos pavimentos.
- Correlacionar esses dados com os resultados obtidos pelo método do Índice de Condição do Pavimento (ICP) pode resultar em insights valiosos para a melhoria contínua na gestão de pavimentos, visando a otimização dos recursos e a maximização da segurança viária
- Essas atitudes podem proporcionar uma compreensão mais profunda do desempenho dos pavimentos ao longo do tempo, permitindo a identificação de padrões de deterioração associados a intervenções anteriores.
- O conhecimento sobre as práticas de construção e os registros de manutenção podem auxiliar na correlação entre as estratégias de gestão de pavimentos e os resultados obtidos, contribuindo para a elaboração de diretrizes mais eficazes.
- Realização de contagens de tráfego e vinculação deste nível de tráfego com o ICP.

## 6. REFERÊNCIAS

AIHUKI, Josef Ndauvako. Avaliação de desempenho de vias do bairro de Batista Campos, em Belém-PA, em relação ao índice de condição de pavimento (ICP). Universidade Federal do Pará, 2022.

ALBUQUERQUE, Tairone Paz e. Índice de condição baseado em defeitos superficiais para gerência de pavimentos urbanos. Universidade Federal da Paraíba, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/12835/1/Arquivototal.pdf> Acesso em 13 out. 2024.

ALMEIDA, L. C.; MOURA, F. F. O clima e suas características na Amazônia. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 39, n. 3, p. 123-135, 2024.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. Pavement Maintenance Guidelines. Washington, D.C.: AASHTO, 2010.

ASPHALT INSTITUTE. The Asphalt Handbook. Lexington, KY: Asphalt Institute, 2007.

AZEVEDO; et al. A reflexão de fendas no dimensionamento de reforços de pavimentos flexíveis. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2000. Disponível em: [https://repositorium.uminho.pt/bitstream/1822/16495/1/CN-08\\_A%20reflex%c3%a3o%20de%20fendas%20no%20dimensionamento%20de%20refor%c3%a7os%20de%20pavimentos%20flex%c3%adveis.pdf](https://repositorium.uminho.pt/bitstream/1822/16495/1/CN-08_A%20reflex%c3%a3o%20de%20fendas%20no%20dimensionamento%20de%20refor%c3%a7os%20de%20pavimentos%20flex%c3%adveis.pdf). Acesso em: 01 de out. 2024.

BITENCOURT, S.; ALVES, L. F.; ALMEIDA, L. F. Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Urbanos (SGPU): diretrizes e aplicação no contexto das cidades brasileiras. In: Seminário de Pavimentação Urbana, 2020. Brasília: ABCP, 2020.

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de pavimentação. 3.ed. – Rio de Janeiro, 2006.

CARDOSO, Ainoã Abigail Araújo; e NEVES, Lucas Natanael Ferreira. Avaliação do desempenho de pavimentos flexíveis do bairro Batista Campos em Belém/PA mediante ao cálculo do índice de condição de pavimento. Universidade Federal do Pará, 2023.

CAVALCANTI, Monique Montarroyos; e SOBRINHO, Carlos Wellington Pires. Patologias em pavimentos de concreto - Método ICP de avaliação. Universidade de Pernambuco, 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. Pesquisa CNT de Rodovias 2023. Brasília: CNT, 2023. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/pesquisa-rodovias>. Acesso em: 21 out. 2024.

GOMES, Pedro Cesar. Data Geeks: artigos e publicações. Disponível em: <https://www.datageeks.com.br/author/pedrocesargomes/>. Acesso em: 21 out. 2024.

HUANG, Y. H. Pavement Analysis and Design. 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 2004.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. Levantamento de causas de patologias na construção civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/9971/1/monopoli1>. Acesso em 11 out. 2024.

PEREIRA, Mara Paula Carvalho. Análise Comparativa entre pavimento rígido e pavimento flexível. Centro Universitário Atenas, 2019. Disponível em: [https://www.atenas.edu.br/uniatenas/assets/files/spic/monography/ANALISE\\_COMPARATIVA\\_ENTRE\\_PAVIMENTO\\_RIGIDO\\_E\\_PAVIMENTO\\_FLEXIVEL.pdf](https://www.atenas.edu.br/uniatenas/assets/files/spic/monography/ANALISE_COMPARATIVA_ENTRE_PAVIMENTO_RIGIDO_E_PAVIMENTO_FLEXIVEL.pdf). Acesso em: 11 out. 2024.

PÉRES, Jahel Sarvia Ledezma. Avaliação do desempenho de pavimentos flexíveis dos seguimentos monitorados de Urubici e Itapoá. Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Disponível em: <https://core.ac.uk/reader/84613740>. Acesso em 19 out. 2024.

PREFEITURA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Mapas. Disponível em: <https://www.prefeitura.ufpa.br/index.php/mapas>. Acesso em: 12 out. 2024, às 12:53.

PREFEITURA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Mapas. Disponível em: <https://www.prefeitura.ufpa.br/index.php/mapas>. Acesso em: 12 out. 2024, às 12:53.

PRESTES, Marilez Pôrto. Métodos de avaliação visual de pavimentos flexíveis - um estudo comparativo. Universidade do Rio Grande do Sul, 2001. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2304/000317458.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 out. 2024.

RODRIGUES. Zidane Almeida; PINHEIRO. Érika Cristina Nogueira Marques. Levantamento de patologias em pavimento flexível: estudo de caso Rua Visconde da Pedra Branca, Flores, Manaus/AM. Revista FT, 2020. Disponível em: <https://revistaft.com.br/levantamento-de-patologias-em-pavimento-flexivel-estudo-de-caso-rua-visconde-da-pedra-branca-flores-manaus-am/>. Acesso em: 7 out. 2024.

RODRIGUES. Zidane Almeida; PINHEIRO. Érika Cristina Nogueira Marques. Levantamento de patologias em pavimento flexível: estudo de caso Rua Visconde da Pedra Branca, Flores, Manaus/AM. Revista FT, 2020. Disponível em: <https://revistaft.com.br/levantamento-de-patologias-em-pavimento-flexivel-estudo-de-caso-rua-visconde-da-pedra-branca-flores-manaus-am/>. Acesso em: 7 out. 2024.

SANTOS, Victor Pinheiro. Avaliação de pavimentos urbanos por meio do índice de gravidade global e do índice de condição do pavimento para o município de Caucaia – CE. Centro Universitário Christus: Ceará, 2022.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PATOLOGIA. Três mil anos de estudo: a história da patologia. Disponível em: <https://www.sbp.org.br/tres-mil-anos-de-estudo-a-historia-da-patologia/>. Acesso em: 04 out. 2024, às 20:48.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PATOLOGIA. Três mil anos de estudo: a história da patologia. Disponível em: <https://www.sbp.org.br/tres-mil-anos-de-estudo-a-historia-da-patologia/>. Acesso em: 04 out. 2024, às 20:48.

SOUSA, Talmo Cunha de. Avaliação objetiva de pavimentos flexíveis pelo método ICP/SHRP. Estudo de caso, bairro de Batista Campos em Belém-PA. Universidade Federal do Pará, 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Portal da Transparência: Acesso à informação. Disponível em: <https://transparencia.ufpa.br/index.php/aceso-a-informacao>. Acesso em: 21 out. 2024.

ZANCHETTA, Fábio. Aquisição de dados sobre a condição dos pavimentos visando a implementação de sistemas de gerência de pavimentos urbanos. Universidade de São Paulo, 2005. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18143/tde-23112012-115841/publico/Diss\\_Fabio\\_Zanchetta\\_Biblioteca.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18143/tde-23112012-115841/publico/Diss_Fabio_Zanchetta_Biblioteca.pdf) Acesso em: 07 out. 2024.

ZANCHETTA, Fábio. Sistema de gerência de pavimentos urbanos: avaliação de campo, modelo de desempenho e análise econômica. Universidade de São Paulo, 2017. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18143/tde-30102017-143430/publico/Tese\\_Zanchetta\\_Fabio.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18143/tde-30102017-143430/publico/Tese_Zanchetta_Fabio.pdf) Acesso em: 18 out. 2024.