



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS**  
**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**MATEUS DE OLIVEIRA GARCIA**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE PAVIMENTOS  
URBANOS INTEGRADO A UM SIG COM APLICAÇÃO DIRETA NO BAIRRO  
PACOVAL (MACAPÁ – AP)**

**MACAPÁ – AP**

**2023**

MATEUS DE OLIVEIRA GARCIA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE PAVIMENTOS  
URBANOS INTEGRADO A UM SIG COM APLICAÇÃO DIRETA NO BAIRRO  
PACOVAL (MACAPÁ – AP)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil na Universidade Federal do Amapá, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. José Vitor Borges de Assis.

Coorientador: Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira.

**MACAPÁ – AP**

**2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP  
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

---

G216 Garcia, Mateus de Oliveira.

Desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de pavimentos urbanos integrado a um sig com aplicação direta no bairro Pacoval (Macapá - AP) / Mateus de Oliveira Garcia. - Macapá, 2023.

1 recurso eletrônico. 93 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Engenharia Civil, Macapá, 2023.

Orientador: José Vitor Borges de Assis.

Coorientador: Adenilson Costa de Oliveira.

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Gerenciamento de pavimentos urbanos. 2. Sistema de informações geográficas. 3. Índice de condição do pavimento. I. José Vitor Borges de Assis, orientador. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 625.85

---

GARCIA, Mateus de Oliveira. Desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de pavimentos urbanos integrado a um sig com aplicação direta no bairro Pacoval (Macapá - AP) . Orientador: José Vitor Borges de Assis. 2023. 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Coordenação do Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2023.

MATEUS DE OLIVEIRA GARCIA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE PAVIMENTOS  
URBANOS INTEGRADO A UM SIG COM APLICAÇÃO DIRETA NO BAIRRO  
PACOVAL (MACAPÁ – AP)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil na Universidade Federal do Amapá, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. José Vitor Borges de Assis.

Coorientador: Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira.

DATA DA APROVAÇÃO: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Me.: José Vitor Borges de Assis.  
Universidade Federal do Amapá

---

Coorientador: Prof. Me.: Adenilson Costa de Oliveira.  
Universidade Federal do Amapá

---

Examinadora: Prof. Ma.: Cristina Maria Baddini Lucas.  
Universidade Federal do Amapá

---

Examinador: Prof. Dr.: Fabiano Luis Belem.  
Universidade Federal do Amapá

**MACAPÁ – AP**

**2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Neste momento de realização, gostaria de expressar minha profunda gratidão a Deus, pois sempre iluminou meu caminho e me deu força para enfrentar os desafios ao longo desta jornada acadêmica.

À minha família, especialmente aos meus pais, que foram e continuam sendo um pilar fundamental em minha vida. Seu amor incondicional e apoio constante foram a força por trás de todas as minhas realizações.

Aos meus amigos, agradeço por compartilharem risadas, desafios e momentos especiais comigo. Seu apoio e amizade tornaram essa jornada mais significativa.

Aos respeitáveis professores do curso de Engenharia Civil da UNIFAP, sou grato por sua dedicação em transmitir conhecimento e moldar meu pensamento crítico. Suas lições foram essenciais para minha formação.

Aos colegas de trabalho, que foram fundamentais na elaboração desse trabalho.

Quero estender minha sincera gratidão ao meu orientador, professor José Vitor Borges, pela orientação sábia, paciência e apoio constante ao longo deste trabalho. Sua orientação foi fundamental para meu crescimento acadêmico.

Ao meu coorientador, Adenilson Costa de Oliveira, agradeço a orientação valiosa. Foi ele quem despertou em mim o interesse pela área de infraestrutura.

Ao Professor Fabiano Luis Belem e ao departamento de georreferenciamento que ele coordena, minha profunda gratidão pela assistência e recursos fornecidos durante a pesquisa.

Por último, mas não menos importante, minha querida namorada, obrigado por estar ao meu lado, compreender as demandas desta jornada e ser meu porto seguro nos momentos de desafio.

Esta conquista é resultado do apoio, orientação e amor daqueles que me cercam. Que esta realização seja apenas o início de muitas outras.

Muito obrigado a todos.

## RESUMO

O sistema de gerenciamento de pavimentos urbano é um mecanismo que tem a função de avaliar e estimar a condição da malha viária existente, proporcionando a melhor utilização dos recursos financeiros na área da infraestrutura, quando combinadas a manutenção e reabilitação das vias urbanas. Atualmente, não há registro de um sistema com tal finalidade que atenda o município de Macapá, visto que, os recursos para manutenção das vias são em sua maioria, aplicados na operação “Tapa – buracos”. Para a espacialização dos resultados inerentes ao atual estado de conservação das vias do bairro Pacoval, foi utilizado um sistema de informações geográficas (SIG) específico para o estudo de caso, onde as amostragens foram coletadas através de levantamentos de campo. Os dados levantados são baseados no valor de serventia, tipo de drenagem existente, histórico de manutenção das vias e na classe funcional de cada trecho analisado. A par dessas informações, realizou-se um estudo específico, baseado no cálculo do Índice de Condição do Pavimento (ICP) na avenida Ceará, entre a Travessa 02 em direção a área de ressaca, no bairro Pacoval, visto que após uma seleção criteriosa, esta seção foi classificada como regular no seu valor de serventia, mas o maior peso na sua escolha, foi a quantidade de material utilizados nessa seção. Os estudos específicos também classificaram o pavimento como regular, com um ICP de 55, indicando como estratégia de manutenção um novo revestimento, através de recapeamento, tendo um índice de prioridade relevante mediante as futuras seções que forem analisadas.

**Palavras-chave:** Gerenciamento de pavimentos urbanos. Sistema de informações geográficas. Índice de condição do pavimento.

## **ABSTRACT**

The Urban Pavement Management System serves as a mechanism aimed at assessing and estimating the condition of the existing road network, thereby optimizing the allocation of financial resources in the realm of infrastructure, particularly concerning the maintenance and rehabilitation of urban roads. Currently, there is no record of a system with such a purpose catering to the municipality of Macapá. Funds allocated for road maintenance are predominantly directed towards patchwork operations. To spatially analyze the current state of road preservation in the Pacoval neighborhood, a specific Geographic Information System (GIS) was employed for this case study, with data collected through field surveys. The data collected is based on servitude value, existing drainage type, maintenance history of the roads, and the functional class of each analyzed section. In light of this information, a specific study was conducted, centered on calculating the Pavement Condition Index (PCI) for Ceará Avenue, from Traversa 02 towards the flood-prone area in the Pacoval neighborhood. After a meticulous selection process, this section was classified as having a regular servitude value, with a significant factor in this choice being the amount of material used in this section. The specific studies have also classified the pavement as regular, with a PCI of 55, indicating a maintenance strategy involving a new pavement overlay through resurfacing. This approach has a relevant priority index for future sections to be analyzed.

**Keywords:** Urban Pavement Management. Geographic Information System. Pavement Condition Index.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação da evolução da condição de três trechos distintos de pavimentos. ....	8
Figura 2: Principais classes de componentes de um SGP. ....	10
Figura 3: Fluxograma dos componentes de um sistema de gerência de pavimentos em nível de rede e projeto. ....	10
Figura 4: Atividades que interagem com o banco de dados do SGP. ....	14
Figura 5: Formulário para coleta dos dados. ....	16
Figura 6: Políticas de manutenção corretiva para pavimentos de Maringá. ....	18
Figura 7: Modelo de priorização para o SGP de Maringá. ....	18
Figura 8: Índice de priorização. ....	19
Figura 9: Conceito de serventia – desempenho. ....	21
Figura 10: Avaliação de serventia. ....	22
Figura 11: Planilha de levantamento de campo. ....	28
Figura 12: Planilha de levantamento de campo, continuação. ....	29
Figura 13: Planilha de levantamento de campo, continuação. ....	30
Figura 14: Relação índice do ICP com a condição do pavimento. ....	31
Figura 15: Estratégia de manutenção e reabilitação mais indicada com base no valor do ICP. ....	32
Figura 16: Planilha para avaliação da condição dos pavimentos. ....	33
Figura 17: Critério de M&R conforme o ICP. ....	34
Figura 18: Exemplo de "árvore de decisão" para seleção de estratégias de manutenção e reabilitação. ....	36
Figura 19: Utilização de um SIG atrelada as redes de infraestrutura. ....	39
Figura 20: Demarcação do bairro Pacoval na cidade de Macapá – AP. ....	42
Figura 21: Demarcação dos pontos no bairro Pacoval, na cidade de Macapá - AP. ....	44
Figura 22: Classificação funcional das vias. ....	52
Figura 23: Avaliação de serventia. ....	52
Figura 24: Representação gráfica das notas dos avaliadores, sobrepostas a média. ....	57
Figura 25: Geoespacialização da avaliação subjetiva. ....	58
Figura 26: Sistemas de drenagem existentes nas vias. ....	61

Figura 27: M&R realizadas nas vias.....	63
Figura 28: Volume de CBUQ utilizado nas vias.....	66
Figura 29: Sobreposição dos dados de M&R sobre a classificação de serventia. ....	67
Figura 30: Quantidade de material utilizado x Manutenção corretiva.....	68
Figura 31: Sobreposição dos sistemas de drenagem sobre as avaliações de serventia.....	70
Figura 32: Tipo de M&R. ....	71
Figura 33: Detalhes da estratégia de M&R mais indicada conforme o valor de ICP. ....	71

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Informações pertinentes para a construção de um banco de dados. ....	15
Tabela 2: Identificação dos defeitos nos pavimentos. ....	25
Tabela 3: Identificação dos defeitos nos pavimentos, continuação.....	26
Tabela 4: Identificação dos defeitos nos pavimentos, continuação.....	27
Tabela 5: Atividades de M&R conforme a estratégia abordada. ....	35
Tabela 6: Identificação, dimensões e localização das seções. ....	45
Tabela 7: Classificação funcional das seções. ....	50
Tabela 8: Avaliação de serventia de cada seção e sua variância. ....	53
Tabela 9: Seções e seu sistema de drenagem predominante.....	59
Tabela 10: M&R por seção.....	62
Tabela 11: Quantitativo de carradas utilizadas no bairro. ....	64
Tabela 12: Seleção da seção, conforme os critérios estabelecidos. ....	69
Tabela 13: Avaliação pelo método ICP. ....	70

## LISTA DE ABREVEATURAS

CBUQ	- Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CTB	- Código de Trânsito Brasileiro
CPGP	- Comissão Permanente de Gerência de Pavimentos
DNER	- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FWD	- Falling Weight Deflectometer
HDM III	- Highway Design and Maintenance Standarts Model - Versão III
HDM 4	- Highway Design and Maintenance Standarts Model - Versão 4.
ICP	- Índice de Condição do Pavimento
IP	- Índice de Prioridade
IPR	- Instituto de Pesquisas Rodoviárias
ISA	- Índice de Serventia atual
M&R	- Manutenção e Reabilitação
MGP	- Manual de Gerência de Pavimentos
PICR	- Pesquisa de Inter-Relacionamentos de Custos Rodoviários
PSR	- Present Serviceability Rating
PSI	- Present Serviceability Index
SEMOB	- Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura Urbana
SGP	- Sistema de Gerência de Pavimentos
SGPU	- Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos
SHRP	- The Strategic Highway Research Program
SIG	- Sistema de Informações Geográfica
TSD	- Tratamento Superficial Duplo
VSA	- Valor de Serventia Atual

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. OBJETIVO GERAL .....	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.3. JUSTIFICATIVA .....	3
1.4. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO .....	4
<b>2. SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS</b> .....	6
2.1. HISTÓRICO .....	6
2.2. CONCEITO .....	7
2.3. ESTRUTURA DE UM SGP .....	9
2.4. NÍVEIS DE SISTEMAS DE GERÊNCIA .....	10
2.4.1. Nível de rede .....	11
2.4.2. Nível de projeto .....	11
2.5. BENEFÍCIOS DE UM SGP .....	12
2.6. SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS.....	13
2.6.1. Base de dados.....	14
2.6.2. Definir as seções .....	15
2.6.3. Informações pertinentes .....	16
2.6.4. Aplicação da gerência de pavimentos urbanos – cidade de Maringá.....	17
2.7. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DOS PAVIMENTOS .....	20
2.7.1. Avaliação funcional.....	20
2.7.2. Avaliação objetiva.....	22
2.7.3. Manual para identificação de defeitos em pavimentos.....	23
2.8. ÍNDICE DE DEFEITOS COMBINADOS .....	31
2.8.1. Índice de condição do pavimento (icp).....	31
2.9. ESTRATEGIAS PARA MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO .....	34
2.9.1. Seleção de M&R.....	35
2.9.2. Estratégia de priorização .....	37
<b>3. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA</b> .....	38
3.1. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA ATRELADA AO GERENCIAMENTO DE PAVIMENTOS .....	39
3.2. DIVERSIDADE DE DADOS NO CONTEXTO DO GEOPROCESSAMENTO .....	40
<b>4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	42
4.1. INFORMAÇÕES SOBRE AS SEÇÕES .....	42
<b>5. METODOLOGIA</b> .....	44
5.1. TREINAMENTO.....	44
5.2. INVENTÁRIO DAS SEÇÕES.....	44
5.3. AVALIAÇÃO SUBJETIVA DAS SEÇÕES .....	52

5.4 SISTEMAS DE DRENAGEM NAS SEÇÕES .....	58
5.5 HISTÓRICO DE M&R .....	61
<b>6. ELABORAÇÃO DO SGPU .....</b>	<b>66</b>
6.1. ESTRUTURA.....	66
6.2. APLICAÇÃO DO ICP .....	70
<b>7. CONCLUSÕES .....</b>	<b>73</b>
<b>8. IDEIAS PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>74</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>76</b>
<b>APÊNDICE A – FOTOS DOS DEFEITOS PERTINENTES, NA SEÇÃO AVALIADA PELO MÉTODO ICP.....</b>	<b>79</b>
<b>APÊNDICE B – FIGURAS DESENVOLVIDAS UTILIZANDO O ARCGIS.....</b>	<b>88</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O modal rodoviário é um dos principais meios de transporte de carga e passageiros no Brasil e desempenha um papel fundamental na economia e na integração nacional. No entanto, o país enfrenta desafios relacionados à infraestrutura que requerem esforços contínuos para manter funcional esse importante meio de transporte à economia nacional.

A qualidade e a condição das vias podem variar consideravelmente, havendo diferenças significativas entre rodovias federais, estaduais e municipais. Segundo MORAIS (2005) são inúmeros os fatores que podem contribuir para tal fato, a saber: falha no projeto, materiais inadequados, equipamentos deficientes, má construção, ausência de planos detalhados de manutenção, recursos disponíveis, entre outros.

A melhoria das condições de infraestrutura rodoviária é um desafio contínuo e complexo que requer planejamento, investimento e coordenação entre diferentes níveis de governo e setores da sociedade. Frequentemente, os recursos destinados à manutenção e reabilitação de pavimentos são insuficientes para suprir as reais necessidades. É essencial que haja uma abordagem responsável e estratégica na utilização desses recursos limitados. A otimização do uso dos recursos disponíveis é fundamental para maximizar os benefícios e garantir a durabilidade e eficiência. A implementação de um Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Urbanos (SGPU) é a melhor maneira para distribuir de forma eficiente os recursos destinados à manutenção e reabilitação de pavimentos.

Segundo HAAS. HUDSON E ZANIEWSKI (1994), um sistema de gerência de pavimentos (SGP) consiste de um elenco de atividades coordenadas, relacionadas com o planejamento, projeto, construção, manutenção, reabilitação, avaliação e pesquisa. Seu principal objetivo é utilizar informações confiáveis e critérios de decisão para produzir um programa de construção e de conservação (manutenção e reabilitação) de pavimentos que dê o máximo retorno possível para os recursos disponíveis.

Tratando-se de manutenção e reabilitação existem muitos agravantes, principalmente na real distribuição de recursos para seu funcionamento, as políticas públicas muitas vezes focam em construir e negligenciam o que já foi construído, além do mais, os acervos sobre a malha viária é insatisfatório. Assim como BERTOLLO

(1997) afirma, quando fala que a busca de informações é sempre um trabalho difícil, principalmente considerando-se a ausência de banco de dados e a falta de sistematização da coleta de informações básicas a respeito da malha viária (dimensões, tipologias de pavimento, histórico das intervenções nos pavimentos, hierarquia viária, trajeto das linhas de ônibus, contagem de tráfego, classificação por tipo de veículo e dados de uso do solo).

Não se trata de uma tarefa simples, gerenciar intervenções a curto, médio e longo prazo. Para tanto a utilização de um sistema SIG alimentado constantemente por um banco de dados, pode propiciar uma melhor gestão de recursos e que aliada a gestão de pavimentos, tem o potencial de reduzir custos, evitando desperdícios através de intervenções mais assertivas e alinhadas com as reais necessidades dos pavimentos.

#### 1.1. OBJETIVO GERAL

Implementar um modelo de sistema de gerenciamento de pavimentos urbanos aplicada nas principais vias do bairro Pacoval, no Município de Macapá - AP. Visando melhorar a gestão dos recursos disponíveis na área de infraestrutura, para que se tenha um controle da qualidade das vias.

#### 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Auxiliar na escolha do melhor tipo de manutenção a ser feita, independente do logradouro escolhido;
- Empregar mapas interativos adquiridos por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), o qual contém em seu banco de dados a totalidade do acervo de dados coletados.
- Distribuir melhor os recursos dentro da área de infraestrutura da cidade;
- Mostrar um sistema no qual seja de fácil entendimento, através de mapas temáticos (SIG);
- Apresentar um modelo a ser seguido para possíveis trabalhos futuros relacionados a gerenciamento de pavimentos urbanos dentro do município.

### 1.3. JUSTIFICATIVA

Segundo MASCARO (1987) a ausência de gestão e planejamento urbano é o principal motivo para a deterioração do sistema viário em cidades. Isso representa aproximadamente metade dos gastos de urbanização e é um dos aspectos mais dispendiosos dos sistemas urbanos ligados aos moradores.

A cidade de Macapá não conta com um sistema de gerência de pavimentos urbanos, a manutenção nas vias, em sua maioria, é realizada através da operação “Tapa-buracos” que se mostra ineficiente, pois de nada adianta possuir a composição asfáltica de mais alta qualidade, se sua aplicação recorrentemente se destina ao mesmo ponto de deterioração. Quando a via não recebe esse tipo de manutenção, são realizados outros procedimentos, como: reciclagem (reutilização do asfalto deteriorado para construir ou manter pavimentos, reduzindo o desperdício e economizando recursos), fresagem (remoção da camada superficial danificada de um pavimento para preparar a superfície para reparos ou melhorias, realizado com máquinas específicas), reconstrução (substituição completa da camada de pavimento danificada ou desgastada por uma nova). Porém, são realizadas com base na experiência.

Em pouco mais de 2 anos de gestão, a prefeitura priorizou os serviços de urbanização. Foram mais de 117 quilômetros de vias já pavimentadas, em bloquete, Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), recapeamento e pavimentação com tratamento superficial duplo (TSD) (AMAPÁ, 2023).

Deve-se começar a analisar a distribuição de maneira adequada dos recursos disponíveis, onde se encontre uma divisão com base na real necessidade de cada via do município.

Uma via que se encontra em conformidade com os parâmetros necessários para que se tenha uma boa trafegabilidade, irá reduzir os custos de operações dos veículos, seja nos tempos de viagens, nos acidentes, além de influenciar as questões ambientais, no caso, o consumo de combustível e a emissão de poluentes.

Implementar um sistema de gerência formal, irá integrar as diversas redes de infraestrutura (relações institucionais), rede de abastecimento de água e a distribuição do esgoto.

A integração desse sistema com um SIG proporciona uma visualização aprimorada e detalhada da condição da malha viária, permitindo uma análise mais precisa e embasada. Mas que também permite que qualquer pessoa interessada possa obter informações atualizadas sobre a realidade das vias em questão.

Além do mais, um sistema com mapas pode ajudar a ter também um controle das obras novas, fazendo valer, o art. 1.245, do Código Civil, o prazo de cinco (5) anos, relativo à responsabilidade do construtor, é de garantia pela solidez e segurança da obra executada; e não de prescrição ou decadência. Ou seja, o recurso gasto irá se fazer valer.

Esse estudo terá um limitante, será realizado apenas no bairro Pacoval da cidade de Macapá, mas que poderá ser expandido para qualquer área da cidade.

#### 1.4. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho contém oito capítulos, sendo: introdução, sistema de gerência de pavimentos, sistema de informação geográfica, caracterização da área de estudo, metodologia, elaboração do SGPU, conclusões e ideias para trabalhos futuros, além de mostrar as referências bibliográficas que são as fontes utilizadas para a elaboração desse estudo, por fim dois APÊNDICES A e B com fotos da seção escolhida durante todo o processo de estudo e dos mapas elaborados com auxílio do SIG, respectivamente.

Na introdução foi feita uma contextualização do estudo, mostrando também seu objetivo, justificativa e a estrutura do trabalho.

O capítulo referente ao sistema de gerência de pavimentos irá retratar aspectos históricos, juntamente com seus conceitos e a estrutura que deve ser elaborada para aplicar esse método. Outro ponto abordado nesse capítulo é a aplicação desse sistema sobre redes urbanas, explicando sua metodologia e aplicação.

O capítulo referente ao sistema de informações geográfica irá explicar como se dá seu funcionamento e abordar a aplicação dele, dentro da infraestrutura urbana.

O capítulo sobre caracterização da área de estudo busca situar o leitor sobre as características do bairro Pacoval, além de justificar sua escolha.

A metodologia é a parte que engloba os resultados da pesquisa feita em campo, juntamente com os mapas elaborados por um SIG com esses dados obtidos.

Sobre a elaboração do SGPU, é o capítulo que irá mostrar como foi feita a aplicação do método ICP, onde, irá mostrar uma nova caracterização da seção estudada e definir o tipo de manutenção adequada e o índice de prioridade.

Nas conclusões serão expostos os resultados resumidos, fazendo considerações sobre todo o seu desenvolvimento.

No capítulo sobre ideias para trabalhos futuros, será mostrado de que maneira o SGPU pode ser aprimorado.

## 2. SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

### 2.1. HISTÓRICO

A partir da década de 1960, emergiu um notável incremento no interesse voltado à concepção e à implementação de Sistemas de Gerenciamento de Pavimentos (SGP), manifestado por múltiplos entes relacionados à infraestrutura viária. Em uma edição da Distinguished Lecture, na Quinta Conferência Internacional sobre Gestão de Pavimentos, Hass fala sobre essa questão:

[..] Entre as primeiras contribuições publicadas estão aquelas envolvendo uma abordagem sistêmica para o projeto de pavimentos [Hudson et al 1968, Scrivener et al 1968], um sistema de gerenciamento para o Comitê de Pavimentos da Canadian Good Roads Association [Wilkins 1968] e um sistema de gerenciamento para pavimentos de rodovias [Haas e Hutchinson 1970]. Estes foram seguidos por grandes avanços no desenvolvimento das tecnologias componentes de gerenciamento de pavimentos, e em meados da década de 1970 grande parte do disponível o conhecimento foi sintetizado nos primeiros livros sobre gestão de pavimentos [RTAC 1977, Haas e Hudson 1978]. (HASS, 2001, p.4).

Segundo Páez (2015) *apud* Usdot (2003), no ano de 1979 o Estado da Califórnia figurou entre os pioneiros ao incorporar, em seu sistema viário, um sistema de gerenciamento de pavimentos. Foram fundamentados em um computador que sustentava a estrutura primária e incorporava provisões destinadas a um abrangente repositório de informações.

O Brasil por sua vez, demorou a incorporar esse tipo de sistema. Segundo DNIT, através do seu manual de gerência de pavimentos (2011), foi somente no ano de 1980, onde observou-se um evidente e crescente interesse na formulação e execução de Sistemas de Gerenciamento de Pavimentos (SGP), liderado por várias instituições responsáveis pela administração das vias de tráfego, começou a se pensar nessa possibilidade de implementação, visto que, entre tantos fatores, havia também a necessidade de utilizar tecnologias avançadas para a avaliação dos pavimentos, utilizando procedimentos computacionais.

A ênfase foi direcionada à elaboração de formulações inéditas destinadas à quantificação dos custos operacionais veiculares, bem como à concepção de modelos prospectivos voltados à prognosticação do comportamento dos pavimentos ao longo

do tempo, dados esses, obtidos na pesquisa de Inter-relacionamentos de Custos Rodoviários – PICR. Os resultados dessa pesquisa foram incorporados ao HDM-III que é o sistema de avaliação econômica utilizado no sistema de gerência de pavimentos do DNER.

No entanto apenas em 1982, foi incorporado de fato um sistema de gerência de pavimentos no Brasil, o DNIT explica, em seu MGP, que só foi possível “quando a Direção da Autarquia, por iniciativa do IPR, decidiu formalizar a criação da CPGP, presidida pelo IPR e contando com representantes dos demais setores técnicos do DNER”.

Subsequentemente a esse evento, o HDM-III começou a ser usado no Sistema de Gerenciamento de Pavimentos, com o objetivo de avaliar as estradas federais e determinar quais intervenções de restauração eram mais urgentes. Ao mesmo tempo, foram criados programas para coletar as informações necessárias, estabelecendo assim, um banco de dados.

Porém com o passar do tempo, o próprio DNIT afirma:

[...] os levantamentos das condições dos pavimentos realizados em Unidades de Amostragem não apresentam vantagens para a análise em nível de rede, com o modelo HDM-III, podendo-se obter os dados referentes a defeitos diretamente do Levantamento Visual Contínuo. (DNIT - Manual de gerência de pavimentos, 2011, p.32).

Atualmente, o DNIT, utiliza o sistema HDM - 4 que segundo Nunes (2012) é uma ferramenta que tem a finalidade de fornecer suporte à elaboração de decisões associadas à administração da conservação e restauração de pavimentos, enfocando particularmente no delineamento de estratégias de planejamento, na programação de ações de intervenção e na análise econômica. Nunes (2012) *apud* Kerali (2000) citam que é um sistema que vem sendo utilizado em mais de 100 países, inclusive o Brasil, para auxiliar engenheiros na gestão de pavimentos.

## 2.2. CONCEITO

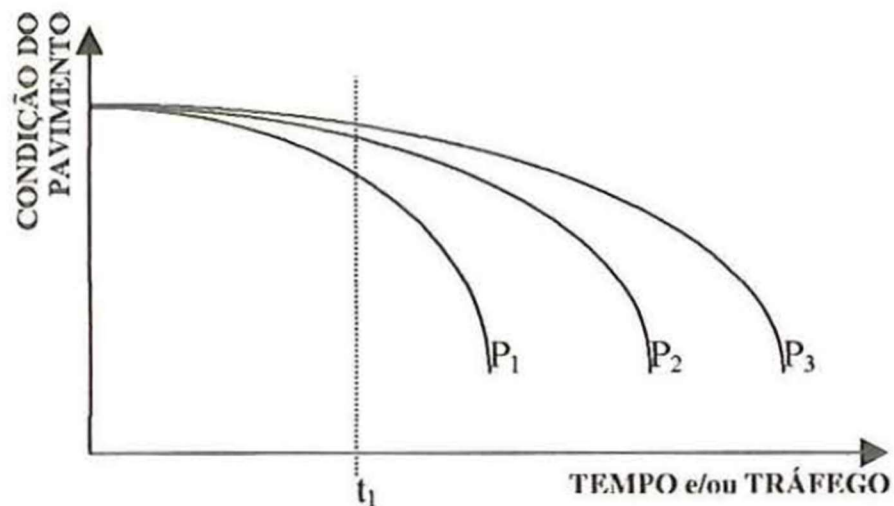
O gerenciamento de pavimentos é um processo que envolve a coleta de dados sobre o estado dos pavimentos, a modelagem matemática para previsão de degradação e desempenho, a avaliação do estado do pavimento e o processo de

tomada de decisão para definir estratégias de manutenção e reabilitação com base nos dados coletados.

Os pavimentos são estruturas complexas porque seu processo de deterioração depende de variáveis que geralmente são difíceis de quantificar (SHOJI, 2000). Essas variáveis abrangem uma ampla gama de fatores físicos, ambientais e de tráfego que interagem de maneira dinâmica ao longo do tempo, influenciando a degradação dos pavimentos. Além disso, existem ainda as condições climáticas locais, como chuva, variações de temperatura e exposição solar, outros elementos, como carga de tráfego, tipo de veículos, qualidade dos materiais utilizados e até mesmo a manutenção prévia, podem desempenhar papéis significativos no processo de deterioração.

A complexidade é agravada pelo fato de que essas variáveis muitas vezes se inter-relacionam e podem ter efeitos cumulativos. Na figura 1 pode-se observar essa deterioração de maneira distinta, por mais que ambos tenham iniciados na mesma condição.

Figura 1: Representação da evolução da condição de três trechos distintos de pavimentos.



Fonte: SHOJI, 2000.

Nesse contexto, a utilização de sistemas de gerenciamento de pavimentos torna-se fundamental.

Um sistema de gerenciamento de pavimentos desempenha um papel crucial também, na orientação do processo decisório relacionado aos investimentos em vias

rodoviárias, contribuindo significativamente para a formulação de estratégias eficazes de manutenção e reabilitação. Ao registrar minuciosamente as características das estradas e avaliar as taxas de deterioração, esse sistema fornece informações valiosas que permitem antecipar condições futuras. Dessa forma, a gerência de pavimentos se apresenta como um recurso essencial para otimizar a alocação de recursos financeiros.

### 2.3. ESTRUTURA DE UM SGP

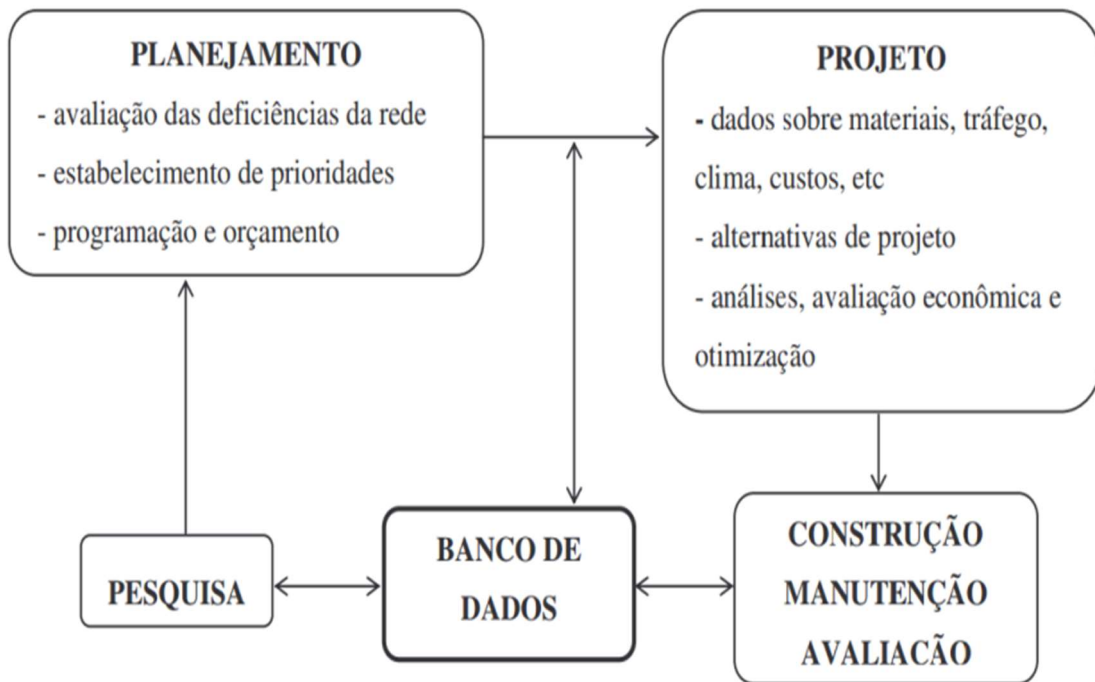
Segundo Durán (2015), a gerência é caracterizada como um conjunto de medidas destinadas a assegurar a alocação otimizada dos recursos fornecidos, permitindo a incorporação de informações provenientes da experiência acumulada, características intrínsecas do ambiente e volume de dados disponíveis decorrentes do investimento efetuado. E quando existe a necessidade de gerir situações de futuros incertos, como é o caso da previsão das condições de um pavimento ao longo do tempo, a autora descreve algumas características fundamentais para esse tipo de sistema:

- a) Aberto, onde tanto a concepção quanto a aplicabilidade do sistema não se restringem a um ponto de partida e o seu funcionamento não está condicionado à sua conclusão;
- b) Flexível, ao se adaptar as informações provenientes da experiência, do progresso do conhecimento, das características do ambiente e da quantidade de dados disponíveis;
- c) Iterativo, adaptando-se conforme os resultados alcançados e fazendo a avaliação de sua eficácia. Além disso, possibilita a simulação de múltiplos cenários e analisa a sensibilidade diante das variações dos diversos parâmetros de entrada;
- d) Dinâmico, para permitir que o sistema se molde conforme a tecnologia avança, seja com informação ou métodos mais atuais.

Dentro do SGP, existe uma sequência lógica de componentes e subsistemas, que estão interligados, conforme a figura 2, mas sem restrições, ou seja, a ordem depende apenas do cenário no qual o usuário deseja encontrar.

Para Shoji (2000, p.27) “[...] suas atividades podem ser iniciadas a partir dos problemas envolvidos durante as fases de planejamento, projeto, construção ou manutenção, podendo utilizar até as informações adquiridas durante a fase de avaliação”.

Figura 2: Principais classes de componentes de um SGP.



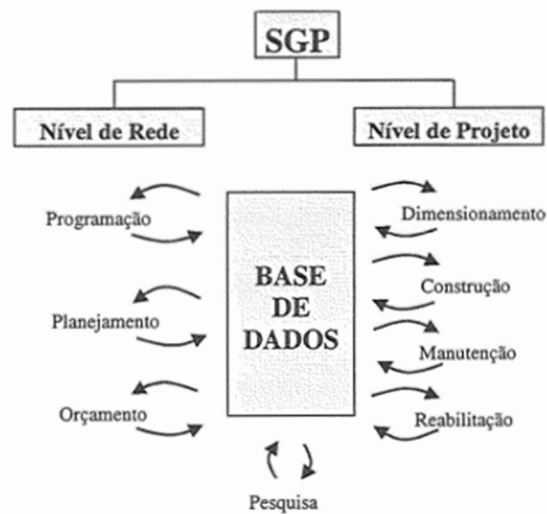
Fonte: Adaptada de Hass e Hudson, 1978.

#### 2.4. NÍVEIS DE SISTEMAS DE GERÊNCIA

As decisões dentro de um gerenciamento de pavimentos são baseadas em dois níveis: *rede* e *projeto*. O primeiro trata da organização hierárquica e do propósito das vias na rede viária de uma cidade, enquanto o nível de projeto está relacionado aos detalhes técnicos e práticos para criar, manter ou reabilitar eficazmente essas vias e seus pavimentos de acordo com suas funções e prioridades dentro da hierarquia da rede.

A Figura 3 apresentada, mostra a diferença entre os níveis.

Figura 3: Fluxograma dos componentes de um sistema de gerência de pavimentos em nível de rede e projeto.



Fonte: HAAS et al. (1994) apud Fernandes Jr. et al., (2011).

#### 2.4.1. Nível de rede

Fernandes Jr. et al., (2011) descreve algumas das características ou aplicações de um sistema de gerência em nível de rede:

- a) Identificação de projetos candidatos para intervenções;
- b) Priorização dos projetos considerando as características de desempenho, tráfego, custo aos usuários e outros fatores locais;
- c) Aeração de necessidades de orçamento da agência a curto e longo prazo;
- d) Análise de estratégias de intervenção, com avaliação da condição atual do sistema e previsão da condição futura, em função dos recursos aplicados em cada alternativa.

“[...] as decisões em nível de rede são direcionadas tanto para o planejamento da programação das estratégias de manutenção como para o planejamento financeiro”, Eunice Shoji (2000, p. 31).

“[...] No nível de rede são realizadas avaliações e definidos os segmentos prioritários que receberão alguma manutenção”, Zanchetta Fabio (2017, p. 29).

#### 2.4.2. Nível de projeto

O nível de projeto refere-se ao processo de planejar e desenvolver os detalhes técnicos específicos para a construção, dimensionamento, manutenção e reabilitação

dos pavimentos em vias urbanas, incluindo a causa e efeito das patologias existentes, além de fornecer uma solução para o problema (DURÁN, 2015).

No nível de seleções de projeto, diferentes modelos e abordagens podem ser utilizados para tomar decisões, sobre quais projetos de pavimentação priorizar com base em critérios específicos. Alguns desses modelos são abordados por BETOLLO (1997):

- a) Modelos de priorização: Selecionam projetos com base em diferentes critérios, de modo a determinar a ordem de prioridade para a alocação de recursos. Ajudando a identificar quais projetos devem ser abordados primeiro, considerando diversos fatores, entre eles, a condição do pavimento.
- b) Modelos de otimização: Visam encontrar a melhor combinação de decisões para atender a objetivos específicos, considerando restrições. Buscando soluções que maximizem ou minimizem uma determinada métrica.

Fernandes Jr. et al., (2011) exemplificam algumas atividades da gerência de pavimentos em nível de projeto:

- a) Seleção das atividades de manutenção, reabilitação e reconstrução, com base em critérios estabelecidos pelos níveis mais elevados da gerência;
- b) realimentação da base de dados com relação ao desempenho do pavimento, fornecendo dados para as atividades de projeto, construção e manutenção;
- c) definição dos parâmetros principais de projeto, tais como: resistência do subleito, número de solicitações do eixo padrão e especificações para os materiais.

## 2.5. BENEFICIOS DE UM SGP

A aplicação de um SGP busca obter o melhor serviço prestado, utilizando melhor do recurso disponível. Além de definir qual M&E é a mais apropriada para uma sessão analisada, visto que, conforme passa o tempo a vida útil do pavimento vai diminuindo.

Shoji (2000) apud NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM (NCHRP, 1987) a aplicação de um SGP pode trazer muitos benefícios aos órgãos administrativos, como:

- a) Redução dos custos ao órgão;
- b) Alocação racional dos recursos financeiros disponíveis;
- c) Auxílio do órgão em relação ao tratamento com a legislatura;
- d) Aperfeiçoamento do processo de seleção de projetos;
- e) Avaliação das estratégias alternativas de reabilitação, através da medição e planejamento dos efeitos produzidos tanto a curto quanto a longo prazo;
- f) Aperfeiçoamento do processo de coleta de dados;
- g) Melhoramento da compreensão do sistema a partir de informações recentes e atualizadas, permitindo uma visão geral da rede de pavimentos e possibilitando uma análise dos procedimentos adotados;
- h) Armazenamento e análise dos dados, permitindo uma avaliação do desempenho dos pavimentos com o tempo;
- i) Uniformidade, consistência e precisão dos resultados locais periodicamente;
- j) Melhoramento da comunicação dentro do próprio órgão e entre diferentes departamentos.

## 2.6. SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS

As considerações conceituais de um SGP, ainda que desenvolvidas com vistas ao pavimento rodoviário, são válidas para pavimentos urbanos e, com alguns ajustes, pode-se obter um sistema de gerência de pavimentos urbanos (SGPU), Zanchetta (2007, p.24).

Os pavimentos urbanos em comparação com os rodoviários, tem suas particularidades, como a questão da sinalização, seja ela horizontal ou vertical, fazendo com que existam muitos pontos de frenagem, conseqüentemente um trânsito

mais lento, além do mais, as cidades tendem a ter muitos mais veículos transitando pelas vias, sendo sua maior parte, composta por veículos leves.

Vias urbanas tendem a ter muitas sessões, os quarteirões, cuja sua extensão é menor que as estradas no geral. Fazendo com que a gerência possa se dar de uma maneira mais simplificada, Bertollo comenta toda essa facilidade:

[...] Embora os princípios da gerência de pavimentos sejam os mesmo para todos os organismos rodoviários, os sistemas de gerência de pavimentos urbanos utilizam, geralmente, a técnica de priorização para a seleção de projeto e não a otimização (utilizada, por exemplo, no programa de gerência de pavimentos HDM-III) e são menos sofisticados, o que facilita o entendimento e utilização por parte dos engenheiros municipais (BERTOLLO, p. 26).

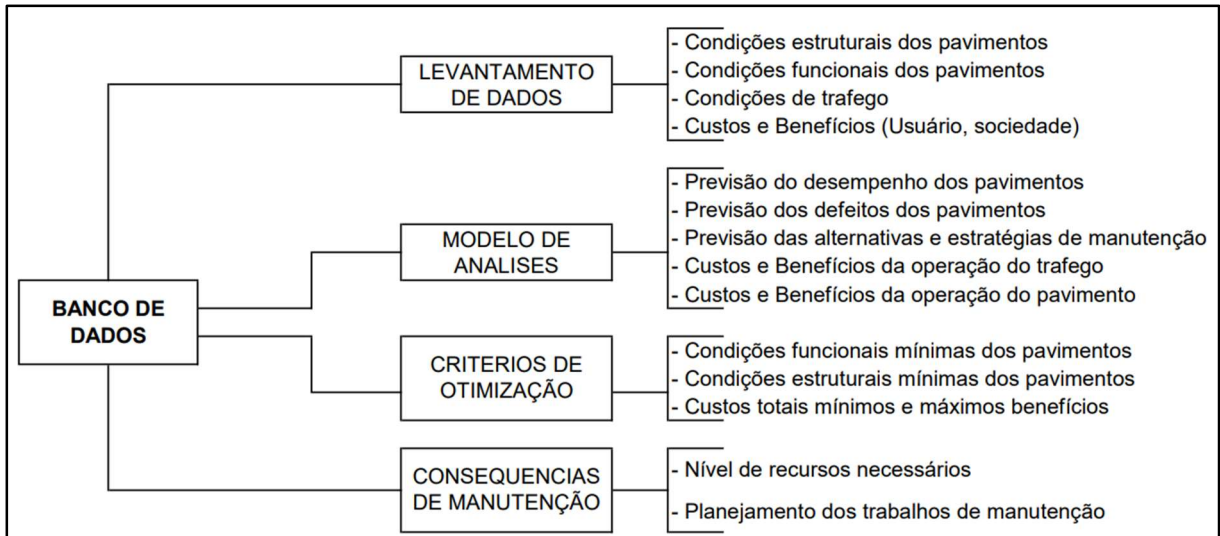
Um dos principais aspectos de um sistema de gerenciamento de pavimentos urbanos é a obtenção de dados. Conhecer as características da malha viária em que se planeja implementar o sistema é um dos primeiros passos para um planejamento eficaz, principalmente a nível de rede, porém em estudos mais específicos é requerido que se faça um planejamento a nível de projeto. Shoji aborda sobre essa questão do nível de informação “Na implementação de um SGPU, duas etapas destacam-se por sua importância, o inventário das seções e a avaliação da condição do pavimento” Shoji (2000, p. 35).

#### 2.6.1. Base de dados

É o processo de coleta e organização das informações da malha viária, sendo ele, uma das bases para um SGPU. Dentre tantas características, algumas delas costumam aparecer mais, sendo, as condições da via, o histórico de manutenção, o tipo de pavimento, a geometria, entre outros.

Segundo DNIT (2011) essas atividades de coleta de dados são de extrema importância na hora de analisar e decidir onde será injetado o recurso para a realização de manutenção e/ou reabilitação das malhas viárias, contudo, essas informações devem ser coletadas com objetividade, atualidade e confiabilidade. O banco de dados está ligado as demais partes de um SGP, conforme a figura 4.

Figura 4: Atividades que interagem com o banco de dados do SGP.



Fonte: Adaptado de ALBUQUERQUE, 2007.

Na tabela 01, mostram exemplos de informações suscetíveis de serem adquiridas, visando abranger e aprimorar a eficácia na categorização e estruturação dos dados de maneira mais otimizada:

Tabela 1: Informações pertinentes para a construção de um banco de dados.

1. Dados relacionados ao desempenho	Utilização	4. Dados relacionados à geometria	Utilização
Irregularidade	R	Dimensões de seções	R
Desgaste de superfície	R + M	Curvatura Vertical	R
Deflexão	R + M	Curvatura Longitudinal	R
Atrito	R	Espessura da camada	R
Propriedades das camadas	R	Greide	R
2. Dados relacionados ao histórico	Utilização	5. Dados relacionados aos custos	Utilização
Manutenção	R + M	Construção	R
Construção	R + M	Manutenção	R + M
Tráfego	R + M	Reabilitação	R
Acidentes	R + M	Custos ao usuário	R
3. Dados relacionados à política	Utilização	6. Dados relacionados ao meio ambiente	Utilização
Orçamentos	R + M	Drenagem	R + M
Disponibilidade e alternativas	R + M	Clima	R
R - Reabilitação; M - Manutenção			

Fonte: Adaptado de HAAS et al, 1994 apud ALBUQUERQUE, 2007.

### 2.6.2. Definir as seções

Cada seção da via corresponde a um trecho específico de uma rua e pode variar consideravelmente em diversos aspectos, como o seu comprimento, largura, o tipo de pavimento utilizado e as condições gerais que a caracterizam. Essa minuciosa

subdivisão revela-se extremamente vantajosa e providencia uma série de benefícios significativos que desempenham um papel fundamental na otimização e eficácia do sistema como um todo.

A segmentação precisa das vias oferece inúmeras vantagens que, por sua vez, se traduzem em um sistema global mais eficiente e funcional. Por se tratar de vias urbanas, irão existir diversas interseções entre ruas perpendiculares, podendo causar uma duplicação de dados e para esse evitar esse tipo de caso Bertollo comenta:

Uma alternativa seria considerar esta área como uma seção separada, o que eliminaria a dúvida sobre a qual rua deveria pertencer a interseção. Informações sobre hierarquia viária também podem ser usadas para definir a rua que contém a interseção (BERTOLLO 1997, p. 28).

### 2.6.3. Informações pertinentes

A estruturação do questionário pode ser moldada de acordo com a preferência do gestor, abrangendo uma gama variada de informações que podem ir desde detalhes mais abrangentes até informações mais concisas e básicas. Isso ocorre porque a escolha da abordagem do questionário depende das metas e dos objetivos específicos que o gestor deseja alcançar ao conduzir o processo de gerenciamento. Portanto, a flexibilidade na configuração do questionário permite que o gestor adapte a coleta de dados de acordo com as necessidades e a complexidade do seu projeto.

Segundo Bertollo “no caso de cidades brasileiras de pequeno e médio porte, o inventário deve ser tão simples quanto possível, facilitando a coleta as informações necessárias”, (BERTOLLO 1997, p. 29).

No presente estudo, a tabela de Bertollo foi utilizada como base, servindo como um guia orientador. No entanto, no levantamento realizado neste trabalho, apenas alguns dos tópicos mencionados na tabela foram abordados. A estrutura da tabela é representada conforme mostrado na figura 5.

Figura 5: Formulário para coleta dos dados.

INVENTÁRIO DA REDE PAVIMENTADA URBANA - SGPU	
<b>TÉCNICOS:</b> _____	<b>DATA:</b> _____
<b>IDENTIFICAÇÃO DA SEÇÃO</b>	
Código (classe, número e quadra): _____	
Nome da rua: _____	
Marco de início da seção: _____	
Marco de fim da seção: _____	
Tipo de pavimento (Flexível / Rígido): _____	
<b>GEOMETRIA DA SEÇÃO</b>	
Comprimento (m): _____	
Largura total (m): _____	
Número de faixas: _____	
Espessura e materiais das camadas: _____	
<b>HISTÓRICO DA SEÇÃO</b>	
Ano de construção: _____	
Ano da última atividade de reabilitação: _____	
<b>TRÁFEGO</b>	
Tráfego diário médio: _____	
Taxa de crescimento do tráfego (%): _____	
Porcentagem de caminhões: _____	

Fonte: Bertollo, 1997.

#### 2.6.4. Aplicação da gerência de pavimentos urbanos – cidade de Maringá

A região de teste selecionada para implementar um sistema de gestão de pavimentos foi uma zona residencial situada ao lado da área central da cidade.

No âmbito da avaliação do pavimento, foi realizado uma abordagem subjetiva visando fornecer dados iniciais e parâmetros para fundamentar a avaliação objetiva. Essa metodologia, caracterizou a condição do pavimento por meio da atribuição de notas padronizadas.

Foi realizado um procedimento de tabulação de dados objetivos para 72 seções distintas. Cada seção corresponde a uma avaliação de uma via específica, onde foram calculados os valores de VDT (Valor de Degradação Total) e IES (Índice de Estado Superficial), utilizando inicialmente os parâmetros do método SHRP.

Foram inseridas as notas mínimas, máximas e médias da avaliação subjetiva como pontos de referência para o controle dos parâmetros. Cujo objetivo era ajustar esses parâmetros de forma que o valor final do IES não ultrapassasse o limite inferior (a nota mínima da avaliação subjetiva) nem o limite superior (nota máxima da avaliação subjetiva). O ajuste dos parâmetros teve como intuito garantir que todas as

seções avaliadas atendessem a essas condições, especialmente em relação aos tipos mais comuns de defeitos que mais impactam a redução das notas.

Ao final do trabalho foi possível determinar os tipos de patologias encontradas nas sessões e suas influências. O próximo passo do sistema foi dar uma solução para cada tipo de problema tabelado, conforme a figura 6.

Figura 6: Políticas de manutenção corretiva para pavimentos de Maringá.

DEFEITO	ATIVIDADE
Trincas por Fadiga	Remendos profundos
Trincas em Bloco	Selagem de trincas + Capa selante
Bombeamento	Melhoria de drenagem
Corrugação	Remendos profundos ou Fresagem + Remendo
Remendos	Remendos profundos
Trincas longitudinais	Selagem
Trincas transversais	Selagem
Trincas por fadiga	Selagem
Panelas	Remendos profundos ou Tapa-buracos
Deformações permanentes nas trilhas de roda	Pintura de Ligação + Recapeamento
Desgaste	Lama Asfáltica
Exsudação	Lama asfáltica ou Capa selante
Agregado polido	Lama asfáltica

Fonte: HANSEN 2008.

Em relação a priorização, existiu uma hierarquia conforme a classificação viária o estado da superfície, conforme a figura 7.

Figura 7: Modelo de priorização para o SGP de Maringá.

Estado da Superfície	ARTERIAL		COLETORA		LOCAL	
	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)
<b>0 - 30</b>	1	1	1	1	1	1
<b>31 - 45</b>	1	1	1	1	1	1
<b>46 - 60</b>	1	1	1	2	1	2
<b>61 - 75</b>	1	2	2	2	2	3
<b>76 - 90</b>	2	3	2	3	3	4
<b>91 - 100</b>	3	4	3	4	3	4

Fonte: HANSEN 2008.

Onde segundo Aline Hansen, existiam critérios, cujo nível de prioridade fora estipulado de 1 a 4:

1: pavimento que necessita de intervenção com máxima urgência, no prazo de um mês deve-se definir qual a intervenção adequada, fazer seu projeto executivo e executá-la.

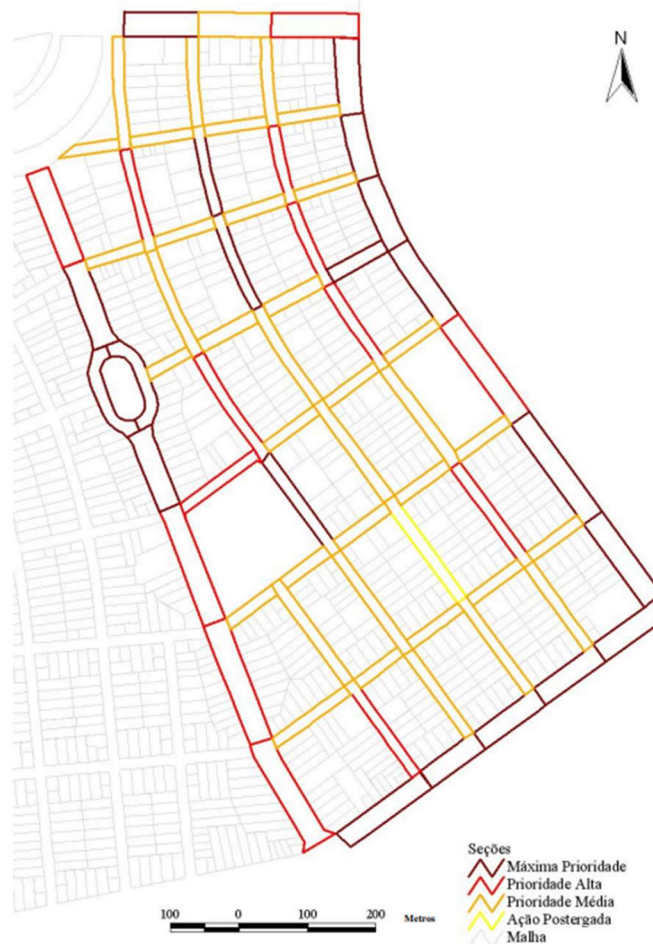
2: deve-se determinar uma atividade de manutenção e reabilitação para o pavimento com urgência, mas com prazo de seis meses.

3: este nível de prioridade indica que a intervenção no pavimento pode ser aplicada em um prazo maior de até um ano. Este índice é aplicado em pavimentos com avaliação de 'regular' a 'muito bom' indicando que não há tanta urgência em proceder alguma intervenção, mas devendo-se atentar para selagem de trincas e acompanhamento da evolução dos defeitos.

4: para este nível de priorização não há recomendação de intervenção, pois o pavimento se apresenta em boas condições e com uma composição de solicitação mais leve permite-se postergar a ação para o período de nova avaliação (Aline Hanse, 2008, p. 101).

Ao final foi proposto um SIG, utilizando o software Arc View 3.1, para melhorar a identificação dos resultados obtidos, através da visualização de mapas. Dentre tantos mapas, a figura 8 mostra como ficou o índice de prioridade entre as seções.

Figura 8: Índice de priorização.



Fonte: HANSEN, 2008.

## 2.7. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DOS PAVIMENTOS

A avaliação funcional de um pavimento, para ser efetivada, deve seguir um procedimento lógico, a fim de que as etapas adotadas corroborem para definição de um problema e conseguinte uma solução capaz, respectivamente, de expressar o estado atual do pavimento e ações corretivas viáveis à execução (DNIT 2006).

No contexto de sistemas viários urbanos, devido à considerável extensão que eles abrangem, a qualidade dos pavimentos pode ser avaliada de duas formas. A primeira abordagem é subjetiva e envolve uma avaliação baseada em inspeção visual, que pode ser conduzida a partir do interior de um veículo trafegando a uma velocidade reduzida, percorrendo toda a extensão da rede viária. Alternativamente, a inspeção subjetiva pode ser realizada também por meio de caminhadas em trechos selecionados de forma amostral. Por outro lado, a avaliação da qualidade dos pavimentos também pode ser realizada de maneira objetiva utilizando equipamentos especializados para medir diretamente os defeitos presentes (SHOJI, 2000).

Em relação aos tipos de defeitos existem diversos manuais e normas que podem auxiliar em caso de dúvida como é o caso da norma DNIT 005/2003 – TER, do manual de identificação de defeitos dos pavimentos do the strategic highway rearch program – SHRP, entre outros.

Quando há pouca informação histórica sobre um determinado assunto, as técnicas baseadas na intuição de especialistas podem ser uteis, Eunice Shoji (2000, p. 37).

O processo de avaliação por inspeção pode ser baseado na técnica Delphi que é uma abordagem de tomada de decisões que envolve os conhecimentos de um grupo de especialistas de forma iterativa e anônima, com o objetivo de chegar a um consenso ou previsão sobre um determinado assunto.

### 2.7.1. Avaliação funcional

Segundo Bernucci et al (2008) para os usuários, a principal preocupação é a condição da superfície do pavimento, pois é nessa área que eles percebem quaisquer defeitos ou imperfeições que influenciam diretamente o nível de conforto ao dirigir no pavimento. Portanto, a avaliação funcional concentra-se na análise das características

da pista de rolamento que afetam o conforto dos motoristas, como a presença de buracos, fissuras, desgastes e outras irregularidades que podem impactar a experiência de dirigir. Através de uma avaliação de serventia é possível determinar esse conforto.

“A capacidade de um pavimento servir satisfatoriamente ao tráfego durante um período de tempo é o seu desempenho, que pode ser interpretado como a variação da serventia com o tempo e/ou tráfego”, Sandra Bertollo (1997, p. 32), como mostra a figura 9.

Figura 9: Conceito de serventia – desempenho.



Fonte: Bertollo, 1997.

Segundo CAREY & IRICK (1960) *apud* Bertollo (1997) ao desenvolver o conceito de serventia, pensaram nas seguintes hipóteses:

- a) O propósito de uma rodovia é atender o público que anda sobre ela;
- b) A opinião dos usuários é subjetiva;
- c) Existem características que só podem ser analisadas objetivamente, sem levar em conta a opinião dos usuários;
- d) A serventia pode ser expressa através das avaliações dos usuários;
- e) O desempenho de um pavimento será baseado no histórico de sua serventia durante sua vida útil.

O Valor de Serventia Atual (Present Serviceability Rating - PSR) (CAREY & IRICK, 1960) propõem uma escala de avaliação de serventia do pavimento de 0 a 5 (variando de péssimo a ótimo) para cada seção, como mostra a figura 10.

Figura 10: Avaliação de serventia.

ACEITÁVEL?		5	ÓTIMO
Sim	<input type="checkbox"/>	4	BOM
Não	<input type="checkbox"/>	3	REGULAR
Indeciso	<input type="checkbox"/>	2	RUIM
		1	PÉSSIMO
		0	

Identificação da Seção: \_\_\_\_\_ NOTA: \_\_\_\_\_  
 Avaliador: \_\_\_\_\_  
 Data: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_ Veículo: \_\_\_\_\_

Fonte: CAREY & IRICK, 1960.

Em uma outra etapa é feita uma correlação entre o VSA e os defeitos físicos do pavimento, proporcionando uma base mais sólida para avaliar a condição e o desempenho. Essa relação entre a avaliação subjetiva e objetiva é denominada Índice de Serventia Atual (PSI - Present Serviceability Index).

Atualmente o DNER padronizou tais índices como VSA (Valor de Serventia Atual) e ISA (Índice de Serventia atual). Sendo a norma DNER-PRO 007/94 regulamentadora do VSA.

### 2.7.2. Avaliação objetiva

Segundo Fernandes (2006), compreende-se por avaliação objetiva:

- a) Avaliação da irregularidade superficial: Essa avaliação está particularmente ligada à irregularidade longitudinal, que diz respeito ao desvio dos pontos na superfície do pavimento em relação a um plano de referência, medido ao longo do trajeto dos veículos. A presença de irregularidades longitudinais afeta diretamente a qualidade da condução, as cargas dinâmicas nos pavimentos e influencia os custos operacionais associados à sua utilização.

- b) **Ensaio Estrutural:** os ensaios estruturais podem ser realizados de maneira destrutiva, analisando a resistência da estrutura através de testes *in situ* ou amostras, ou de maneira não-destrutiva, medindo as deformações superficiais causadas por carregamentos conhecidos. Esses ensaios visam entender a capacidade de suporte e a integridade da estrutura do pavimento. Para a avaliação estrutural não-destrutiva têm sido utilizados a viga Benkelman, os deflectômetros vibratórios e os deflectômetros de impacto tipo FWD (Falling Weight Deflectometer).
- c) **Atrito Superficial:** Essa avaliação está relacionada ao atrito superficial pneu-pavimento, diretamente ligada a segurança do usuário. Segundo Edgar Paez (2015, p. 44) “o atrito do pavimento não é tão relevante para ser medido diretamente, pois o atrito do pavimento está diretamente relacionado com defeitos na superfície como a presença de agregados polidos ou exsudação”.
- d) **Identificação dos defeitos superficiais:** Reconhecer os defeitos dos pavimentos é um processo importante. Isso inclui identificar que tipo de defeito está presente, medir o quanto ele se espalhou e avaliar quão severo é o dano. Além disso, entender as razões que levaram a esses defeitos. Tudo isso desempenha um papel essencial na escolha das estratégias de intervenção, ou seja, na decisão sobre como abordar os problemas encontrados.

### 2.7.3. Manual para identificação de defeitos em pavimentos

Durante o levantamento de campo, sempre há a necessidade de se ter uma padronização na abordagem para identificar os defeitos encontrados, visto que, interpretações e avaliações diferentes geram inconsistências nos resultados. Utilizar um único manual com instruções claras e específicas sobre a metodologia a ser utilizada faz com que não se tenha confusão em qual método seguir ou quais critérios aplicar.

Neste trabalho, será empregado o manual de identificação de defeitos da SHRP, que foi inicialmente publicado em 1987 durante um congresso realizado nos Estados Unidos e que contou com a participação de mais de 20 países, incluindo o Brasil.

Este manual apresenta 15 tipos de defeitos em pavimentos flexíveis, fornecendo informações detalhadas sobre as características de cada patologia, seu nível de severidade e a maneira adequada de realizar a medição, conforme indicado na tabela 2,3 e 4 e ilustrado na figura 11, 12 e 13. Além disso, é importante destacar que existem outros manuais relevantes que desempenham um papel complementar nesse contexto, enriquecendo ainda mais o campo de estudo em questão.

- a) Catálogo dos Defeitos dos Revestimentos dos Pavimentos (ARB, 1978);
- b) AASHTO - Apêndice K: Defeitos Típicos (AASHTO, 1986);
- c) Manual para Identificação de Defeitos de Revestimentos Asfálticos de Pavimentos (DOMINGUES, 1993).

Ao comentar sobre sua utilização do manual citado, Sandra Bertollo, comenta sobre a utilização de manuais publicados em língua portuguesa:

[...] Os manuais publicados em língua portuguesa (ARB, 1978; DOMINGUES, 1993) podem ser utilizados, mas não se deve esquecer que eles também foram elaborados a partir das experiências francesa e americana e que apresentam limitações e deficiências eliminadas nas diversas revisões porque passou o Manual do Programa SHRP (BERTOLLO, 1997, p. 67).

Existe ainda a Norma DNIT 005/2003 – TER que classifica os defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos, definindo um parâmetro das condições da superfície do pavimento.

Neste trabalho, estão sendo levadas em consideração as modalidades de deterioração empregadas nas pesquisas acerca do desempenho de pavimentos ao longo prazo (LTPP) do SHRP, 1993.

Tabela 2: Identificação dos defeitos nos pavimentos.

TIPO DE DEFEITO	CAUSAS	NIVEIS DE SEVERIDADE	ATIVIDADES DE M&R
1. TRINCAS POR FADIGA	- Problema estrutural (espessuras inadequadas) - Enfraquecimento estrutural durante o período de chuvas	- BAIXA: poucas trincas conectadas, sem erosão nos bordos e sem evidência de bombeamento - MÉDIA: trincas conectadas e bordos levemente erodidos, mas sem evidência de bombeamento - ALTA: trincas erodidos nos bordos, movimentação dos blocos quando submetidos ao tráfego e com evidência de bombeamento	- Manutenção: remendos, tratamento superficial e lama asfáltica - Reabilitação: recapeamento - Reconstrução: materiais novos ou reciclados
2. TRINCAS EM BLOCO	- Contração de origem térmica, variação do teor de umidade ou em razão do envelhecimento - Contração de bases tratadas com cimento ou solos tropicais	- BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições - MÉDIA: trincas com abertura média entre 6 e 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidades baixa - ALTA: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta	- Manutenção: aplicação de selante (emulsão asfáltica seguida por tratamento superficial, lama asfáltica ou recapeamento delgado) - Reabilitação: recidagem ou recapeamento
3. TRINCAS LATERAIS	- Compactação insuficiente - Drenagem deficiente	- BAIXA: sem perda de material ou despedaçamento - MÉDIA: perda de material e despedaçamento em até 10% da extensão afetada - ALTA: perda de material e despedaçamento em mais de 10% da extensão afetada	- Manutenção: selante para evitar entrada de água
4. TRINCAS LONGITUDINAIS	- Juntas longitudinais entre as faixas de tráfego mal executado - Contração do revestimento	- BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições - MÉDIA: trincas com abertura média entre 6 e 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa - ALTA: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas com abertura média inferior a 19 mm com trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta	- Manutenção: trincas com abertura de 3 a 20 mm devem ser limpas, com aplicação de selante e lançamento de areia sobre o selante - Reabilitação: trincas com abertura maior que 20 mm devem ser reparadas com remendo ou preenchidas com concreto asfáltico de granulometria fina

Tabela 3: Identificação dos defeitos nos pavimentos, continuação.

TIPO DE DEFEITO	CAUSAS	NÍVEIS DE SEVERIDADE	ATIVIDADES DE M&R
5. TRINÇAS POR REFLEXÃO	- Movimentação de placas rígidas (pavimento rígido, bases tratadas com cimento ou cal, bases de solos arenosos finos lateríticos)	- BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições	- Manutenção: remendos, tratamento superficial e lama asfáltica
6. TRINÇAS TRANSVERSAS	- Contração térmica do revestimento e hidráulica das outras camadas	- MÉDIA: trincas com abertura média entre 6 e 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa - ALTA: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta	- Reabilitação: recapeamento
7. REMENDOS		- BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições - MÉDIA: trincas com abertura média entre 6 e 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa - ALTA: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas aleatórias adjacentes com severidades média a alta	- Selante para evitar entrada de água
8. PANELAS	- Falha estrutural (revestimento com pequena espessura ou baixa capacidade de suporte das camadas inferiores)	- Função da severidade dos defeitos apresentados pelo remendo - BAIXA: profundidade menor que 25 mm	- "Tapa buraco" - Reabilitação: reciclagem e recapeamento delgado ou espesso
9. DEFORMAÇÃO PERMANENTE NAS TRILHAS DAS RODAS	- Dosagem da mistura (falta de ligante asfáltico) - Problema construtivo (drenagem inadequada)	- MÉDIA: profundidade entre 25 e 50 mm - ALTA: profundidade superior a 50 mm	- Reconstrução: materiais novos ou reciclados
	- Dimensionamento inadequado (espessuras insuficientes)	- Substituídos pelas medições da deformação permanente a cada 15 m	- Reabilitação: reciclagem e recapeamento delgado ou espesso - Reconstrução: materiais novos ou reciclados
	- Dosagem da mistura (falta de estabilidade, resultado em deformação plástica em razão de elevado teor de ligante, excesso de material de preenchimento e uso de agregados arredondados) - Compactação inadequada e posterior consolidação pelas cargas do tráfego - Cisalhamento causada por entruquecimento devido a infiltração de água		

Tabela 4: Identificação dos defeitos nos pavimentos, continuação.

TIPO DE DEFEITO	CAUSAS	NÍVEIS DE SEVERIDADE	ATIVIDADES DE M&R
10. CORRUGAÇÃO	- Movimentação de placas rígidas (pavimento rígido, bases tratadas com cimento ou cal, bases de solo arenosos finos lateríticos)	- Associados aos efeitos sobre a qualidade de rolamento	- Manutenção: remendos, tratamento superficial e lama asfáltica
11. EXSUDAÇÃO	- Excesso de ligante betuminoso	- BAIXA: mudanças de coloração em relação ao restante do pavimento devido ao excesso de asfalto	- Reabilitação: recapeamento - Manutenção: tratamento superficial ou aplicação de areia quente, devendo ser compactado imediatamente e varrida após o resfriamento
12. AGREGADOS POLIDOS	- Baixo índice de vazios da mistura asfáltica - Compactação pelo tráfego (má dosagem) - Ação abrasiva do tráfego, eliminando as asperezas e angularidades das partículas - Dosagem da mistura	- MÉDIA: perda de textura superficial - ALTA: aparência brilhante, maca de pneus evidentes em tempo quente, agregados cobertos pelo asfalto - Níveis de polimento podem ser associados à redução no coeficiente de atrito pneu-pavimento	- Reabilitação: reciclagem - Manutenção: tratamento superficial ou lama asfáltica - Reabilitação: reciclagem ou recapeamento delgado - Reconstrução: materiais novos ou reciclados
13. DESGASTE	- Dosagem da mistura (falta de ligante) - Problema construtivo - Perda de adesividade ligante-agregado por ação de produtos químicos, água ou abrasão - Abertura ao tráfego antes que o ligante tivesse aderido ao agregado - Execução em condições meteorológicas desfavoráveis	- BAIXA: início do desgaste com perda de agregados miúdos - MÉDIA: textura superficial torna-se áspera, com perda de agregados graúdos - ALTA: textura superficial muito áspera com perda de agregados graúdos	- Manutenção: capa selante, tratamento superficial ou lama asfáltica - Reabilitação: reciclagem ou recapeamento delgado
14. DESNÍVEL (DEGRAU) ENTRE PISTA E ACOSTAMENTO	- Erosão do acostamento	- Substituídos pelas medições do desnível	- Recomposição do acostamento
15. BOMBEAMENTO	- Consolidação do acostamento - Existência de água nos vazios sob o revestimento - Pressão exercida pelas cargas do tráfego	- Não aplicáveis porque o bombeamento depende do teor de umidade das camadas inferiores do pavimento	- Drenagem

Figura 11: Planilha de levantamento de campo.

<b><u>PLANILHA 1</u></b>			
<i>LEVANTAMENTO DE CAMPO - SGPU</i>			
<b>IDENTIFICAÇÃO DA SEÇÃO:</b> _____			
<b>DATA DO LEVANTAMENTO (DIA/MÊS/ANO):</b> ___/___/___			
<b>TÉCNICOS:</b> _____, _____, _____			
<b>TIPO DE DEFEITO</b>	<b>NÍVEL DE SEVERIDADE</b>		
	<b>BAIXA</b>	<b>MÉDIA</b>	<b>ALTA</b>
1. TRINCAS POR FADIGA (m <sup>2</sup> )	_____	_____	_____
2. TRINCAS EM BLOCOS (m <sup>2</sup> )	_____	_____	_____
3. TRINCAS LATERAIS (m)	_____	_____	_____
4. TRINCAS LONGITUDINAIS (m)			
4a - Nas Trilhas de Roda			
Selamento (m)	_____	_____	_____
4b - Fora das Trilhas de Roda			
Selamento (m)	_____	_____	_____
5. TRINCAS POR REFLEXÃO			
Número	_____	_____	_____
Trincas Transversais (m)	_____	_____	_____
Selamento (m)	_____	_____	_____
Trincas Longitudinais (m)	_____	_____	_____
Selamento (m)	_____	_____	_____
6. TRINCAS TRANSVERSAIS (m)			
Número	_____	_____	_____
Extensão (m)	_____	_____	_____
Selamento (m)	_____	_____	_____
7. REMENDOS (Número)	_____	_____	_____
Área (m <sup>2</sup> )	_____	_____	_____

Figura 12: Planilha de levantamento de campo, continuação.

<b><u>PLANILHA 2</u></b>			
<i>LEVANTAMENTO DE CAMPO - SGPU</i>			
<b>IDENTIFICAÇÃO DA SEÇÃO:</b> _____			
DATA DO LEVANTAMENTO (DIA/MÊS/ANO): ____ / ____ / ____			
TIPO DE DEFEITO	NÍVEL DE SEVERIDADE		
	BAIXA	MÉDIA	ALTA
8. PANELAS (Número) Área (m2)	_____	_____	_____
9. DEFORMAÇÃO PERMANENTE NAS TRILHAS DE RODA (% da extensão da seção)	_____	_____	_____
10. CORRUGAÇÃO (Número) Área (m2)	_____	_____	_____
11. EXSUDAÇÃO (m2)	_____	_____	_____
12. AGREGADOS POLIDOS (m2)	_____	_____	_____
13. DESGASTE (m2)	_____	_____	_____
15. BOMBEAMENTO (Número) Extensão (m)			_____
16. OUTRO (Descrever)	_____		
	_____		
	_____		

**OBSERVAÇÃO:**  
REGISTRAR "0" PARA OS TIPOS DE DETERIORAÇÃO E/OU NÍVEIS DE SEVERIDADE NÃO ENCONTRADOS.

Figura 13: Planilha de levantamento de campo, continuação.

<b><u>PLANILHA 3</u></b>					
<b><i>LEVANTAMENTO DE CAMPO - SGPU</i></b>					
<b>IDENTIFICAÇÃO DA SEÇÃO:</b> _____					
<b>DATA DO LEVANTAMENTO (DIA/MÊS/ANO):</b> ___/___/___					
<b>9. DEFORMAÇÃO PERMANENTE NAS TRILHAS DE RODA</b>					
<b>TRILHA INTERNA</b>			<b>TRILHA EXTERNA</b>		
No.	Distância (m)	Deformação (mm)	No.	Distância (m)	Deformação (mm)
1	0	_____	1	0	_____
2	15	_____	2	15	_____
3	30	_____	3	30	_____
4	45	_____	4	45	_____
5	60	_____	5	60	_____
6	75	_____	6	75	_____
7	90	_____	7	90	_____
8	105	_____	8	105	_____
9	120	_____	9	120	_____
10	135	_____	10	135	_____
11	150	_____	11	150	_____
<b>14. DESNÍVEL (DEGRAU) ENTRE PISTA E ACOSTAMENTO</b>					
Leitura	Distância (m)	Desnível (mm)			
1	0	_____			
2	15	_____			
3	30	_____			
4	45	_____			
5	60	_____			
6	75	_____			
7	90	_____			
8	105	_____			
9	120	_____			
10	135	_____			
11	150	_____			

## 2.8. ÍNDICE DE DEFEITOS COMBINADOS

Os índices de defeitos combinados representam uma abordagem numérica para avaliar os efeitos cumulativos dos defeitos superficiais na deterioração dos pavimentos. Essas avaliações quantificam a condição dos pavimentos ao combinar diferentes tipos de defeitos, como rachaduras, buracos e ondulações. A metodologia empregada envolve a coleta de informações detalhadas sobre a extensão e a severidade de cada forma de deterioração. Esses índices são determinados através de avaliações subjetivas por painéis de avaliadores e por meio de cálculos que envolvem atribuição de valores e ponderações para cada tipo de defeito. O valor resultante fornece uma medida da qualidade do pavimento, permitindo decisões sobre a manutenção adequada.

No presente trabalho o índice utilizado, foi o ICP - índice de condição do pavimento que varia de 0 a 100, onde o valor máximo representa um pavimento em ótimo estado. Mas existem também diversos índices que podem ser utilizados, porque não uma maneira mecânica ou empírica definitiva para realizar essa medição da qualidade do pavimento (Chen et al., 1993).

### 2.8.1. Índice de condição do pavimento (icp)

O método ICP se baseia seus defeitos com base no SHRP, ela considera todo pavimento em estado ótimo, por isso utilizada o valor 100, porém conforme o pavimento apresenta defeitos, ele vai perdendo valor até chegar em um valor fixo que definem a condição do pavimento (figura 14).

Figura 14: Relação índice do ICP com a condição do pavimento.

<b>ICP</b>	<b>CONCEITO</b>
86-100	Excelente
71-85	Muito Bom
56-70	Bom
41-55	Regular
26-40	Ruim
11-25	Muito Ruim
0-10	Péssimo

A equação 1.0 expressa o valor de ICP.

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

Onde:

$ICP$  : Índice de condição do pavimento.

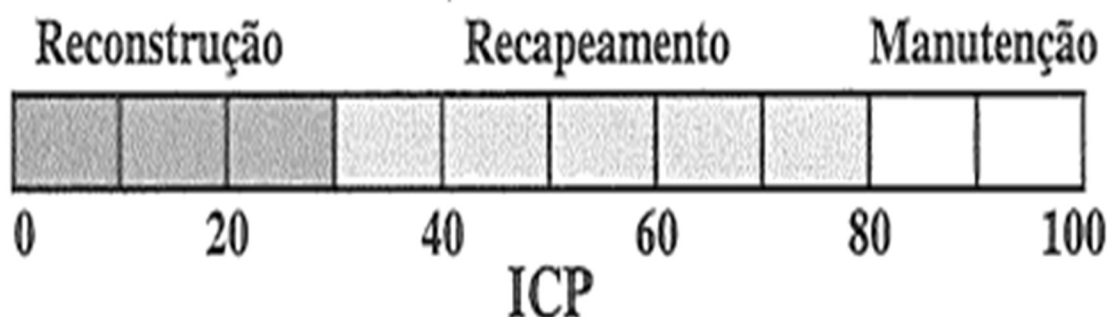
$D_{ij}$  : Extensão do feito  $i$  com a severidade  $j$ .

$f_{ij}$  : Fator de ponderação do defeito  $i$  com a severidade  $j$ .

Segundo Fernandes (2006), diferentes defeitos têm impactos variados na deterioração dos pavimentos. Cada grau de severidade de um defeito deve ser ligado a um fator de ponderação. Esses fatores de ponderação quantificam a importância relativa dos defeitos. Além disso, os fatores devem ser ajustados para se adequar às condições locais, considerando o ambiente e as condições operacionais.

Cada valor obtido através do cálculo do ICP indicam uma estratégia de manutenção e reabilitação que pode ser realizada, conforme mostra a figura 15. Além do mais, existe uma planilha adaptada do INSTITUTO DO ASFALTO (1981) que exemplifica a quantificação para o ICP, conforme figura 16.

Figura 15: Estratégia de manutenção e reabilitação mais indicada com base no valor do ICP.



Fonte: INSTITUTO DO ASFALTO (1989) *apud* FERNANDES JR (2006)

Figura 16: Planilha para avaliação da condição dos pavimentos.

<b>PLANILHA PARA AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS</b>		
Rodovia ou Rua: _____	Município ou Cidade: _____	
Extensão: _____	Largura: _____	
Tipo de Pavimento: _____	Data: _____	
<u>DEFEITOS</u>		<u>AVALIAÇÃO</u>
Trincas Transversais	0-5	_____
Trincas Longitudinais	0-5	_____
Trincas por Fadiga	0-10	_____
Trincas nos Bordos	0-5	_____
Trincas em Blocos	0-5	_____
Deformação Permanente nas Trilhas de Roda	0-10	_____
Corrugação	0-5	_____
Desgaste	0-5	_____
Buracos	0-10	_____
Remendos	0-5	_____
Exsudação	0-10	_____
Agregados Polidos	0-5	_____
Bombeamento	0-10	_____
Qualidade de Rolamento	0-10	_____
	<b>Soma dos Defeitos:</b>	_____
<b>Índice de Condição do Pavimento:</b>	ICP = 100 - Soma dos Defeitos	
	ICP = 100 - _____	
	ICP = _____	

Fonte: INSTITUTO DO ASFALTO (1989) *apud* FERNANDES JR (2006).

## 2.9. ESTRATEGIAS PARA MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO

A conservação dos pavimentos envolve a preservação das condições originais do pavimento, com atividades de manutenção e reabilitação que solucionam problemas decorrentes do tráfego ou ambiente. Segundo a associação de obras públicas americanas (American Public Works Association) existe uma tabela (figura 17) que limita os valores encontrados no ICP, que possibilita ao usuário interpretar que tipo de ação ele deve tomar, em relação ao pavimento (PAÉZ, 2015).

Figura 17: Critério de M&R conforme o ICP.

100	Excelente (86 - 100)	]	<b>Manutenção corretiva (MC)</b>
	Muito bom (71 - 85)		
	Bom (56 - 70)	]	<b>Manutenção preventiva (MP)</b>
50	Regular (41 - 55)		
	Ruim (26 - 40)	]	<b>Reforço (RF)</b>
	Muito ruim (11 - 25)	]	<b>Reconstrução (RC)</b>
0	Ruim (0 - 10)		

Fonte: PAÉZ, 2015.

Como se pode observar, existe dois tipos de manutenção que podem ser realizadas, Bertollo (1997) comenta que a manutenção corretiva consiste em prevenir ou retardar os desgastes e a deterioração do pavimento, aplicando medidas protetoras sobre ele, enquanto a preventiva visa resolver os problemas existentes no pavimento, mas que também existem atividades que utilizam dos dois tipos de manutenção.

Embora aconteçam as manutenções, o pavimento flexível está trabalhando sobre esforços o tempo todo, além de estar exposto as intempéries, logo reforços serão necessários e se não houver uma solução adequada, deve-se realizar uma reconstrução do pavimento.

Em relação as atividades com base nas estratégias de M&R, Sandra Bertollo classifica cada uma:

- a) Manutenção Corretiva: remendos superficiais, reparos localizados, impermeabilizações de trincas e outras ações de baixo custo unitário;
- b) Manutenção Preventiva: atividades de manutenção corretiva, rejuvenescimento da capa, recapeamentos delgados;
- c) Ação Postergada: apenas execuções de remendos inadiáveis;
- d) Reabilitação (Reforço): recapeamento estrutural, reciclagem;
- e) Reconstrução: remoção de toda estrutura do pavimento (Bertollo, 1997, p. 82).

Fernandes (1999) também forneceu uma descrição das ações de correção que são tipicamente abordadas nas avaliações de estratégias, conforme a tabela 5.

Tabela 5: Atividades de M&R conforme a estratégia abordada.

ESTRATÉGIA	ATIVIDADES	OBSERVAÇÃO
MANUTENÇÃO CORRETIVA (OU DE ROTINA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Remendos superficiais</li> <li>● Reparos localizados</li> <li>● Impermeabilização de trincas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Melhor investimento para vias em boas condições</li> </ul>
MANUTENÇÃO PREVENTIVA	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Atividades de manutenção corretiva</li> <li>● Rejuvenescimento da capa</li> <li>● Recapeamentos delgados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Objetivo de conter a deterioração ainda no estágio inicial</li> </ul>
AÇÃO POSTERGADA	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Remendos inadiáveis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Indicada para condição necessitada de atividade intermediária entre manutenção e reabilitação</li> </ul>
REFORÇO	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Atividades de manutenção de rotina e preventiva</li> <li>● Recapeamento estrutural</li> <li>● Reciclagem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Realização de priorização das seções</li> </ul>
RECONSTRUÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Remoção e substituição de toda estrutura</li> <li>● Melhoramentos em relação ao traçado, segurança e capacidade do tráfego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Realização de priorização das seções</li> </ul>

Fonte: FERNANDES, 1999.

### 2.9.1. Seleção de M&R

Quando se trata da manutenção e reabilitação de pavimentos urbanos, a tomada de decisões para prolongar sua vida útil e otimizar recursos é uma tarefa complexa. Esse processo exige uma análise minuciosa de diversos fatores.

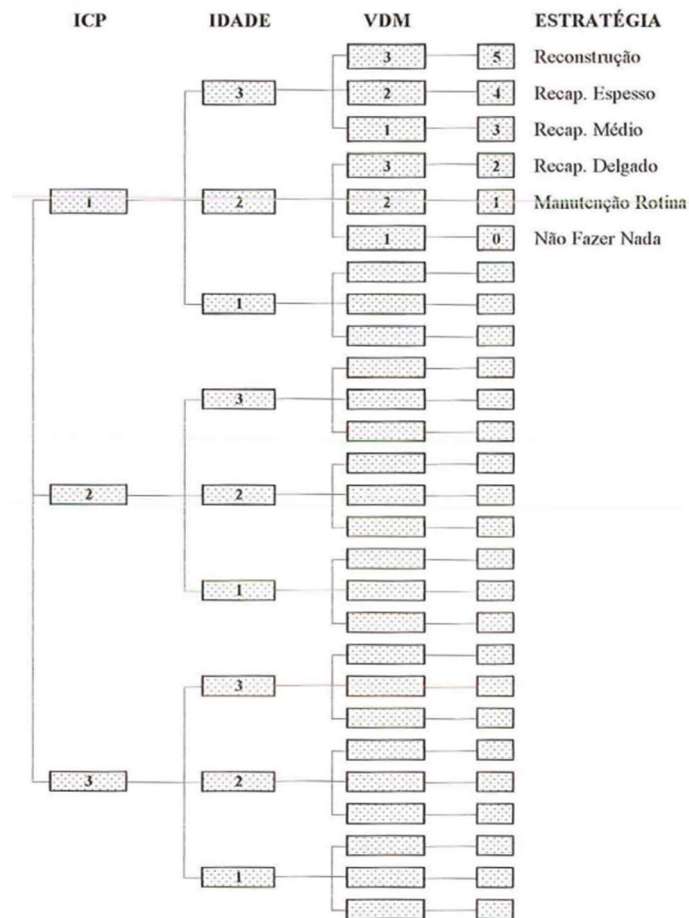
Além por serem aplicadas a vias urbanas, existem ainda conotações particulares em relação aos pavimentos rodoviários. Para Bertollo (1997) essa situação ocorre devido a:

- a) Restrições operacionais: devido ao alto fluxo de carros, qualquer atividade em alto escala, ou até mesmo em baixa, mas que ocorra em horários de pico, podem gerar congestionamento e impactando negativamente a mobilidade urbana;
- b) Restrições geométricas: Ligadas a estrutura do pavimento, como a altura do meio-fio, passeio, greide;
- c) Interferências com concessionárias de água e esgoto.

O manual (SHRP) utilizado neste trabalho indicam algumas atividades de M&R, conforme o tipo e o nível de severidade do defeito apresentado, definindo ainda, sua causa, como já apresentado na tabela 2,3 e 4.

Outra maneira bastante utilizada para definir um tipo de atividade para ser realizada em um pavimento, são as “árvores de decisões” que podem envolver características da via para se definir uma estratégia, conforme mostra a figura 18.

Figura 18: Exemplo de "árvore de decisão" para seleção de estratégias de manutenção e reabilitação.



Fonte: CHEIN et al. (1993) apud BERTOLLO, 1997.

### 2.9.2. Estratégia de priorização

Estratégias de priorização dentro de um sistema de gerência de pavimentos, se faz necessária, devido à limitação de recursos. Essa ordem é crucial para definir quando e onde realizar intervenções, permitindo um planejamento a médio e a longo prazo para manter a rede viária acima de um nível mínimo aceitável. As prioridades podem ser estabelecidas por métodos que variam de hierarquização subjetiva até uma utilização de modelos matemáticos, considerando fatores que afetam o desempenho dos pavimentos e seus custos associados.

Fernandes Jr. (1999) explica que existe uma relação inversamente proporcional quando se relaciona o índice de prioridade (IP) com o ICP, fazendo com que se obtenha um parâmetro de priorização (Equação 02). De acordo com essa ideia, quanto mais baixo for o índice de condição do pavimento, maior será a prioridade para a realização de manutenções e intervenções. A equação 02 representa essa relação.

$$IP = \frac{1}{ICP}$$

Equação 02: Relação IP – ICP.

Por se tratar de uma equação básica, outros critérios, como o volume de tráfego médio diário, podem ser adicionados para chegar em uma priorização, como mostra a equação 03.

$$IP = \frac{\sqrt{VDM}}{ICP}$$

Equação 03: Relação IP – ICP com VDM.

Para Shoji (2000) existe uma equação de priorização que relaciona a condição e a idade do pavimento cujo valores são indicados por ÍNDICE<sup>1</sup> e outra que envolve o volume de tráfego com a classe funcional do pavimento cujo valores são indicados por ÍNDICE<sup>2</sup>. Abaixo a equação 04 mostra como ocorre as operações.

$$\text{ÍNDICE}^1 = (\text{ind. ICP} - 1) \times 5 + \text{ind. IDADE}$$

$$\text{ÍNDICE}^2 = (\text{ind. VDM} - 1) \times 3 + \text{ind. CF}$$

$$IP = 0,7 \times (\text{ÍNDICE}^1) + 0,3 \times (\text{ÍNDICE}^2)$$

Equação 04: Definição do índice de prioridade.

Sendo:

*ind. ICP: Valor do ICP*

*ind. IDADE: Valor da idade do pavimento*

*ind. VDM: Valor do tráfego médio diário*

*ind. CF: Valor da Classe funcional*

Embora sejam conceitos simples, esses parâmetros capturam a ideia central do processo e relevância dos modelos de priorização de M&R.

### **3. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA**

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), também conhecidos como GIS (do inglês Geographic Information Systems) são sistemas computacionais que possuem uma capacidade analítica avançada para lidar com informações geográficas. Eles permitem a exploração profunda de dados geoespaciais, identificando padrões e relacionamentos complexos entre elementos geográficos. Na ótica de Caeiro, ela define o SIG, como:

[...] um sistema composto por hardware, software e um ambiente institucional que permitem capturar, armazenar, verificar, integrar, sobrepor, manipular, analisar e visualizar dados referenciados geograficamente, funcionando como uma ferramenta de apoio à resolução de problemas geográficos (CAEIRO, 2013, p. 4).

Uma das características fundamentais do SIG é sua capacidade de gerenciar e organizar eficientemente dados georreferenciados. Isso significa que eles podem lidar com grandes volumes de informações geográficas de maneira estruturada e acessível.

Uma das características mais visíveis desse sistema é sua capacidade de criar mapas interativos. Isso ajuda na representação visual de dados geográficos, tornando mais fácil a compreensão e a comunicação dessas informações.

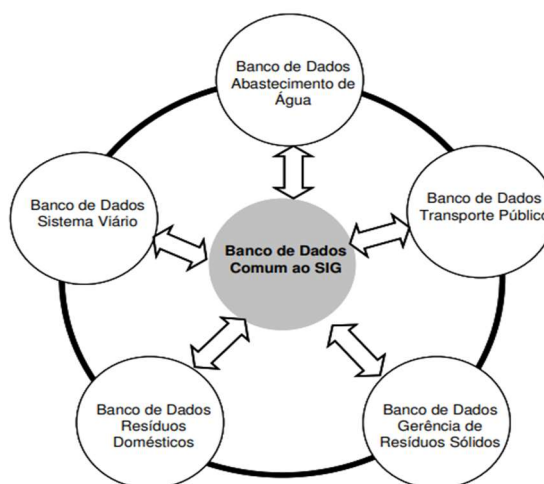
Eles são amplamente utilizados como ferramentas de apoio à tomada de decisões em uma variedade de campos, como planejamento urbano, gestão de recursos naturais, transporte, saúde pública e infraestrutura que está dentro dos temas abordados nesse estudo.

### 3.1. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA ATRELADA AO GERENCIAMENTO DE PAVIMENTOS

A urbanização é uma das tendências mais marcantes do século XXI, com mais da metade da população mundial vivendo em áreas urbanas. O rápido crescimento das cidades traz consigo desafios complexos relacionados à infraestrutura, planejamento e gestão urbana. A infraestrutura urbana, que inclui redes de transporte, abastecimento de água, energia elétrica, coleta de resíduos, telecomunicações e muito mais, é o alicerce que sustenta a vida nas cidades. No entanto, o aumento populacional e as demandas em constante evolução colocam pressão sobre esses sistemas.

Nesse contexto, o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) surge como uma solução tecnológica essencial para enfrentar os desafios da gestão de infraestrutura urbana. Os SIG combinam dados geográficos em uma plataforma unificada, proporcionando uma compreensão mais completa. A figura 19, ilustra como essa ferramenta pode unificar a gestão de infraestrutura de uma cidade.

Figura 19: Utilização de um SIG atrelada as redes de infraestrutura.



Fonte: ZHANG, AKI e HUDSON, 2002.

O uso do SIG na gestão de infraestrutura urbana possibilita diversos aspectos, Hanse cita alguns:

- a) Formação e manutenção de cadastro integrado de vias, identificando e correlacionando, entre outras, informações sobre características geométricas da malha viária, tipo de pavimento, hierarquia viária;
- b) Correlação da condição do pavimento com estatísticas de acidentes e trajetos utilizados pelo transporte público urbano;

c) Relação do sistema viário com outras redes de infraestrutura urbana. (HANSE, 2008, p. 69).

### 3.2. DIVERSIDADE DE DADOS NO CONTEXTO DO GEOPROCESSAMENTO

O campo do geoprocessamento é ricamente alimentado pela variedade de tipos de dados que são essenciais para compreender e representar o mundo geoespacial. A convergência de informações geográficas e tecnologia da informação é facilitada por uma gama de tipos de dados distintos que, juntos, contribuem para a criação de um ambiente de análise e visualização geográfica abrangente.

- a) Mapas temáticos: São definidos por polígonos onde eles são compostos por uma série de vértices (nós) conectados por segmentos de linha (arcos). A representação através de polígonos é uma característica central dos mapas temáticos, pois ajuda a transmitir informações mais precisas e contextualizadas sobre os fenômenos em estudo;
- b) Mapas cadastrais: São mais detalhados e específicos em termos de representação de objetos geográficos e seus atributos, podendo ser visualmente retratado de diversas formas no mapa. Dentre tantas aplicações eles são muito utilizados em áreas urbanas para representar lotes, propriedades e edifícios;
- c) Redes: são representações cartográficas que destacam a configuração, conectividade e topologia de redes físicas, como redes de transporte, sistemas de abastecimento de água, redes elétricas, redes de comunicação, outros;
- d) Imagens: Utilizam imagens que são vinculadas a coordenadas geográficas para representar uma área de maneira visual. Essas imagens podem ser provenientes de satélites ou aeronaves.
- e) Modelo numéricos do terreno: são representações digitais da topografia de uma área geográfica, comumente capturam as variações de elevação do terreno.

No presente trabalho os mapas cadastrais são os mais utilizados correlacionando a parte gráfica com uma parte descritiva (dados obtidos). Segundo Hanse (2008) essa integração ocorre usando um sistema de gerenciamento de banco de dados, onde as informações convencionais relacionadas aos objetos geográficos

são armazenadas em forma de tabelas. Essas informações convencionais podem ser dadas como nomes, valores, datas, entre outros.

Nesse sentido ao buscar informações específicas sobre as seções das vias, como o tipo de pavimento, a largura, o comprimento ou a identificação da seção, o SIG pode consultar os atributos correspondentes nas tabelas de dados e exibir os resultados de maneira compreensível por meio de mapas.

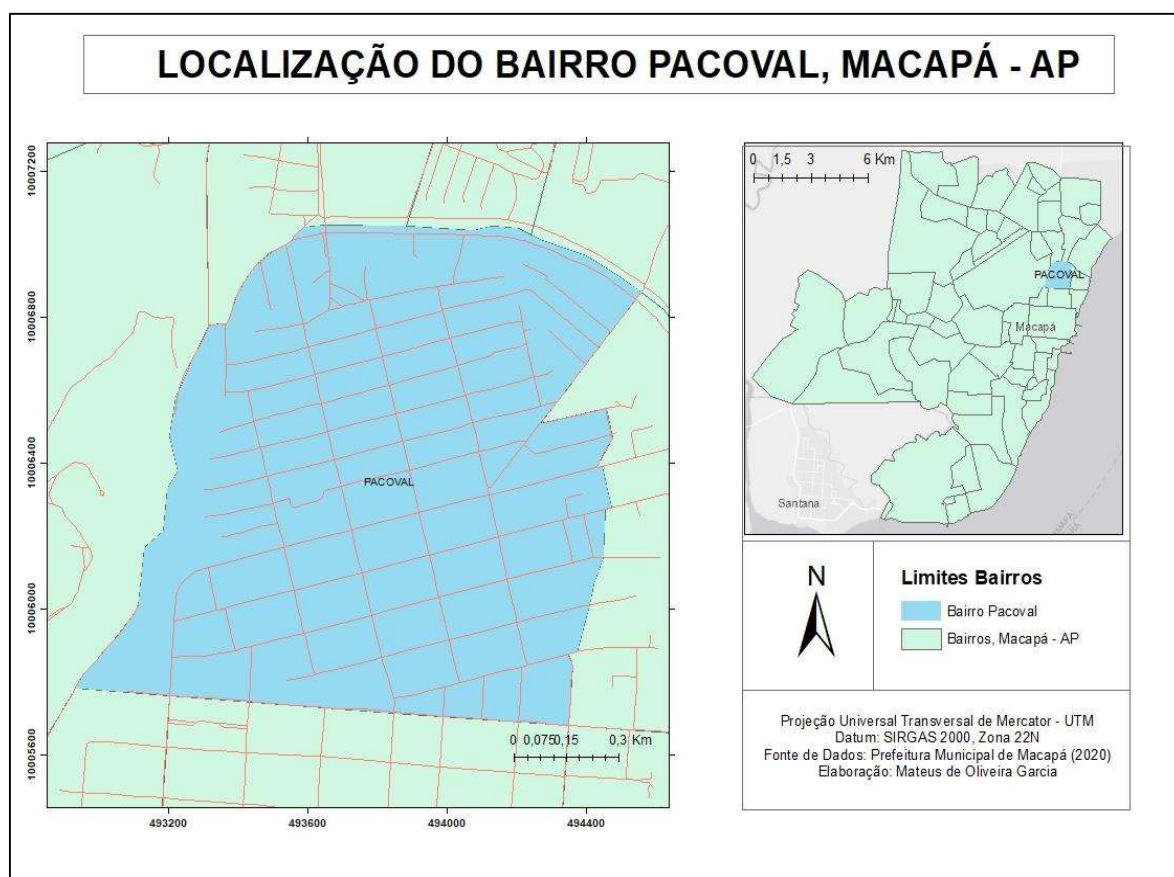
Atualmente existem diversos tipos de softwares disponíveis para SIG, sendo alguns deles: ArcGIS; AutoCad Map; ERDAS IMAGINE; SPRING; IDRISI e TransCAD, dentre outros. Dentre eles, o escolhido para se utilizar nesse trabalho foi o ArcGIS devido à sua eficaz interface de trabalho e à sua capacidade de trabalhar de forma harmoniosa com arquivos KML (formato do Google Earth).

#### 4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo focalizada neste trabalho está situada na cidade de Macapá - AP, mais precisamente no bairro Pacoval, que se encontra na zona norte da cidade (conforme ilustrado na Figura 20). De acordo com os dados do Censo de 2010, naquela época, o bairro abrigava uma população de 12.216 habitantes.

Essa localidade está atualmente passando por uma significativa obra de infraestrutura, que consiste na construção da nova Ponte Sergio Arruda. Essa obra, além de ser um marco importante para a mobilidade da região, acrescenta ainda mais interesse ao contexto da pesquisa em questão. A presença dessa nova estrutura impactará diretamente a dinâmica do bairro em questão.

Figura 20: Demarcação do bairro Pacoval na cidade de Macapá – AP.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

##### 4.1. INFORMAÇÕES SOBRE AS SEÇÕES

Por conta da área de estudo, ser delimitada à um bairro, é importante destacar a necessidade de simplificar o nível de informações. Isso se deve a fatores limitantes,

tanto financeiro, quanto humanos para a realização dessa coleta. Foi apresentado uma tabela no início deste trabalho, que serviu com uma base inicial (Figura 05), para gerar um questionário online, que fornecessem informações pertinentes ao estudo, além de proporcionar uma facilidade no preenchimento das respostas, conseqüentemente os resultados eram dados em tempo real.

O formulário online, foi feito na plataforma “Google Forms” onde foram colocadas as seguintes perguntas:

- ID: Correspondente, a seção analisada, onde cada uma tinha um número que relacionava um ponto a outro, que demarcava o início e fim de cada quarteirão.
- AVALIADOR: Existiam 3 opções, nessa questão, que eram o A1, A2 e A3, correspondente a cada avaliador presente;
- AVALIAÇÃO DE SERVENTIA: Era dado a nota com base na avaliação de serventia que variavam de 0 a 5;
- COMPRIMENTO E LARGURA DA SEÇÃO: Esse dado poderia ser facilmente obtido através da utilização de softwares, como o Google Earth, então foi preenchido após a finalização do questionário de todas as seções;
- ÚLTIMA MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO (M & R): Existiam 6 opções, nessa questão, que eram, NF (não foi feito nada), MC (manutenção corretiva), MP (manutenção preventiva), RC (Reforço convencional), RF (Reforço com fresagem) e Reconstrução;
- DRENAGEM E TIPO DE DRENAGEM: Buscou-se saber se a seção contava com drenagem, caso não, desconsiderava, caso sim, devia ser exposto o tipo;
- TIPO DE PAVIMENTO: Procurou-se obter informações sobre o material empregado na construção daquela seção, podendo ser: flexível; rígido; paralelepípedo; pedra irregular; blocos de concreto; não pavimentado.
- CLASSE FUNCIONAL: As seções foram agrupadas em categorias que refletem suas funções principais, tais como vias de trânsito rápido, arteriais, coletoras e locais.

Foi realizada uma segunda coleta de dados na SEMOB – Secretaria municipal de obras e infraestrutura urbana, com o objetivo de quantificar o material (CBUQ)

previamente utilizado nas ruas e avenidas do bairro Pacoval. Esta coleta abrange o período compreendido entre dezembro de 2021 até os dias atuais, com a ressalva de que o limite temporal foi estabelecido até julho de 2023. Este enfoque permite uma análise mais abrangente e atualizada do estado da infraestrutura viária do bairro, fornecendo informações sobre a evolução da quantidade de materiais empregados ao longo desse período.

## **5. METODOLOGIA**

### **5.1. TREINAMENTO**

Com a estrutura do questionário feita, foi necessário fornecer um treinamento para garantir que a equipe estivesse devidamente preparada para lidar com a complexidade da gestão de pavimentos. O treinamento permitiu que eles adquirissem o conhecimento técnico necessário para que na coleta de dados existisse uma consistência nas avaliações de serventia. Foram estabelecidos padrões e diretrizes conforme a Norma do DNIT 009/2003 PRO que comenta sobre o que o avaliador deve ter em mente no momento das avaliações “qual o conforto que este pavimento me proporcionaria se tivesse que utilizá-lo dirigindo um veículo durante 8 horas?”; como me sentiria dirigindo ao longo de 800 quilômetros sobre este pavimento?”.

### **5.2. INVENTÁRIO DAS SEÇÕES**

As seções foram delimitadas por meio da distribuição de pontos estrategicamente posicionados nos incícios e términos de cada quarteirão, situados dentro da área de estudo, como ilustrado de forma detalhada na figura 21 abaixo.

Figura 21: Demarcação dos pontos no bairro Pacoval, na cidade de Macapá - AP.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A tabela 6 apresenta um resumo de informações que mostra quais são as identificações de cada seção, que deram um total de 140, conforme os pontos, além de mostrar sua largura, extensão e sua localização.

Tabela 6: Identificação, dimensões e localização das seções.

ID	EXTENSÃO (M)	LARGURA (M)	VIA	INÍCIO	FIM
1-2	200	6	Av. Pará	Passagem Santa Fé	R. São José
2-3	117	10	Av. Pará	R. São José	R. José Serafim
3-4	120	7	R. São Paulo	Av. Pará	Av. Maranhão
4-5	120	7	R. São Paulo	Av. Maranhão	Av. Piauí
5-6	120	7	R. São Paulo	Av. Piauí	Av. Ceará
6-7	120	7	R. São Paulo	Av. Ceará	Av. Rio Grande do Norte
7-8	122	7	R. São Paulo	Av. Rio Grande do Norte	Av. Paraíba
8-9	80	7	R. São Paulo	Av. Paraíba	Av. Pernambuco
9-10	80	7	R. São Paulo	Av. Pernambuco	Av. Alagoas
10-11	80	7	R. São Paulo	Av. Alagoas	Av. Sergipe
11-12	80	7	R. São Paulo	Av. Sergipe	Av. Bahia

ID	EXTENSÃO (M)	LARGURA (M)	VIA	INÍCIO	FIM
12-13	80	7	R. São Paulo	Av. Bahia	Av. Amazonas
13-14	70	7	R. São Paulo	Av. Amazonas	Av. Acre
14-16	200	8	Av. Acre	R. Guanabara	R. São Paulo
3-67	200	10	Av. Pará	R. José Serafim	R. Guanabara
67-68	120	13	R. Guanabara	Av. Pará	Av. Maranhão
68-69	120	13	R. Guanabara	Av. Maranhão	Av. Piauí
69-70	120	13	R. Guanabara	Av. Piauí	Av. Ceará
70-71	120	13	R. Guanabara	Av. Ceará	Av. Rio Grande do Norte
71-72	120	13	R. Guanabara	Av. Rio Grande do Norte	Av. Paraíba
72-73	80	13	R. Guanabara	Av. Paraíba	Av. Pernambuco
73-74	80	13	R. Guanabara	Av. Pernambuco	Av. Alagoas
74-39	80	13	R. Guanabara	Av. Alagoas	Av. Sergipe
39-40	80	13	R. Guanabara	Av. Sergipe	Av. Bahia
40-27	80	13	R. Guanabara	Av. Bahia	Av. Amazonas
27-16	70	13	R. Guanabara	Av. Amazonas	Av. Acre
16-17	170	9	R. Tancredo Neves	R. Guanabara	Final da Feira
17-21	80	9	R. Tancredo Neves	Av. Acre	Início da ponte Sergio Arruda
21-33	110	8	Av. Canal do Jandiá	R. Mato Grosso	R. Tancredo Neves
33-19	220	10	R. Mato Grosso	Av. Acre	Av. Canal do Jandiá
19-26	65	10	R. Mato Grosso	Av. Amazonas	Av. Acre
26-34	80	10	R. Mato Grosso	Av. Bahia	Av. Amazonas
34-38	80	10	R. Mato Grosso	Av. Sergipe	Av. Bahia
38-59	80	10	R. Mato Grosso	Av. Alagoas	Av. Sergipe
59-60	80	10	R. Mato Grosso	Av. Pernambuco	Av. Alagoas
60-61	80	10	R. Mato Grosso	Av. Paraíba	Av. Pernambuco
61-62	120	10	R. Mato Grosso	Av. Rio Grande do Norte	Av. Paraíba
62-63	120	10	R. Mato Grosso	Av. Ceará	Av. Rio Grande do Norte
63-64	120	10	R. Mato Grosso	Av. Piauí	Av. Ceará
64-65	120	10	R. Mato Grosso	Av. Maranhão	Av. Piauí
65-66	120	10	R. Mato Grosso	Av. Pará	Av. Maranhão
66-67	200	10	Av. Pará	R. Guanabara	R. Mato Grosso
68-65	185	8	Av. Maranhão	R. Mato Grosso	R. Guanabara
65-48	185	8	Av. Maranhão	R. Goiás	R. Mato Grosso
48-96	70	8	Av. Maranhão	Área de Ressaca	R. Goiás
48-47	120	8	R. Goiás	Av. Maranhão	Av. Piauí

ID	EXTENSÃO (M)	LARGURA (M)	VIA	INÍCIO	FIM
47-46	120	8	R. Goiás	Av. Piauí	Av. Ceará
46-45	120	8	R. Goiás	Av. Ceará	Av. Rio Grande do Norte
45-44	70	8	R. Goiás	Av. Rio Grande do Norte	Passagem Goiás
44-43	60	8	R. Goiás	Passagem Goiás	Av. Paraíba
43-42	80	8	R. Goiás	Av. Paraíba	Av. Pernambuco
42-41	80	8	R. Goiás	Av. Pernambuco	Av. Alagoas
41-36	80	8	R. Goiás	Av. Alagoas	Av. Sergipe
36-35	80	8	R. Goiás	Av. Sergipe	Av. Bahia
35-24	60	8	Av. Bahia	R. Canal do Jandiá	R. Goiás
24-23	70	8	R. Canal do Jandiá	Av. Bahia	Av. Amazonas
23-22	110	8	R. Canal do Jandiá	Av. Amazonas	R. do Boeiro
22-33	280	8	R. Canal do Jandiá	R. do Boeiro	R. Mato Grosso
33-32	500	7	Av. Canal do Jandiá	R. Mato Grosso	Passagem do Jandiá
32-31	530	7	Av. Canal do Jandiá	Passagem do Jandiá	Rod. Aníbal Barcelos
68-4	185	8	Av. Maranhão	R. Guanabara	R. São Paulo
4-95	300	8	Av. Maranhão	R. São Paulo	Área de Ressaca
92-94	210	8	Av. Piauí	Tv. 02	Área de Ressaca
91-92	50	12	Av. Piauí	Passagem Rosa dos Ventos	Tv. 02
91-5	180	12	Av. Piauí	R. São Paulo	Passagem Rosa dos Ventos
5-69	185	8	Av. Piauí	R. Guanabara	R. São Paulo
69-64	185	8	Av. Piauí	R. Mato Grosso	R. Guanabara
64-47	185	8	Av. Piauí	R. Goiás	R. Mato Grosso
47-58	190	8	Av. Piauí	R. Jovino Dinoá	R. Goiás
57-58	180	8	Av. Piauí	R. Leopoldo Machado	R. Jovino Dinoá
58-56	120	6	R. Jovino Dinoá	Av. Piauí	Av. Ceará
54-56	140	8	Av. Ceará	R. Leopoldo Machado	R. Jovino Dinoá
56-46	190	10	Av. Ceará	R. Jovino Dinoá	R. Goiás
46-63	185	8	Av. Ceará	R. Goiás	R. Mato Grosso
63-70	185	8	Av. Ceará	R. Mato Grosso	R. Guanabara
70-6	185	8	Av. Ceará	R. Guanabara	R. São Paulo
6-89	180	12	Av. Ceará	R. São Paulo	Passagem Rosa dos Ventos

ID	EXTENSÃO (M)	LARGURA (M)	VIA	INÍCIO	FIM
89-90	50	12	Av. Ceará	Passagem Rosa dos Ventos	Tv. 02
90-93	460	6	Av. Ceará	Tv. 02	Área de Ressaca
55-53	120	6	Passagem Rio Grande do Norte	Av. Ceará	Av. Rio Grande do Norte
7-71	185	8	Av. Rio Grande do Norte	R. Guanabara	R. São Paulo
88-7	320	8	Av. Rio Grande do Norte	R. São Paulo	Tv. Manoel Pacífico
87-88	90	6	Tv. Manoel Pacífico	Av. Rio Grande do Norte	R. Manoel Pacífico
87-84	260	8	R. Manoel Pacífico	Rod. Aníbal Barcelos	Tv. Manoel Pacífico
8-83	125	12	Av. Paraíba	R. São Paulo	Rod. Aníbal Barcelos
72-8	185	12	Av. Paraíba	R. Guanabara	R. São Paulo
61-72	185	8	Av. Paraíba	R. Mato Grosso	R. Guanabara
61-43	220	6	Av. Paraíba	R. Goiás	R. Mato Grosso
43-51	190	8	Av. Paraíba	Área de Ressaca	R. Goiás
41-49	140	8	Av. Alagoas	Área de Ressaca	R. Goiás
59-41	185	8	Av. Alagoas	R. Goiás	R. Mato Grosso
73-60	185	8	Av. Pernambuco	R. Mato Grosso	R. Guanabara
9-73	185	8	Av. Pernambuco	R. Guanabara	R. São Paulo
9-79	185	12	Av. Pernambuco	R. São Paulo	R. Nova São José
77-79	70	8	R. Nova São José	Av. Pernambuco	Av. Alagoas
77-10	185	8	Av. Alagoas	R. São Paulo	R. Nova São José
77-78	60	8	Av. Alagoas	R. Nova São José	Área de Ressaca
76-77	70	8	R. Nova São José	Av. Alagoas	Av. Sergipe
75-76	70	8	R. Nova São José	Av. Sergipe	Av. Bahia
76-100	120	8	Av. Sergipe	Início da Ladeira	R. Nova São José
100-11	70	8	Av. Sergipe	R. São Paulo	Início da Ladeira
10-74	185	8	Av. Alagoas	R. Guanabara	R. São Paulo
74-59	185	8	Av. Alagoas	R. Mato Grosso	R. Guanabara
36-38	185	8	Av. Sergipe	R. Goiás	R. Mato Grosso
36-37	90	8	Av. Sergipe	Área de Ressaca	R. Goiás
38-39	185	8	Av. Sergipe	R. Mato Grosso	R. Guanabara

ID	EXTENSÃO (M)	LARGURA (M)	VIA	INÍCIO	FIM
39-11	185	8	Av. Sergipe	R. Guanabara	R. São Paulo
35-34	185	8	Av. Bahia	R. Goiás	R. Mato Grosso
34-40	185	8	Av. Bahia	R. Mato Grosso	R. Guanabara
40-12	185	8	Av. Bahia	R. Guanabara	R. São Paulo
12-75	185	8	Av. Bahia	R. São Paulo	R. Nova São José
13-28	490	8	Av. Amazonas	R. São Paulo	Rod. Aníbal Barcelos
13-27	185	8	Av. Amazonas	R. Guanabara	R. São Paulo
27-26	185	8	Av. Amazonas	R. Mato Grosso	R. Guanabara
26-23	230	8	Av. Amazonas	R. Canal do Jandiá	R. Mato Grosso
19-20	120	8	Av. Acre	Área de Ressaca	R. Mato Grosso
19-18	80	12	Av. Acre	R. Mato Grosso	R. Tancredo Neves
18-16	90	12	Av. Acre	R. Tancredo Neves	R. Guanabara
14-99	190	6	Av. Acre	R. São Paulo	Área de Ressaca
54-57	100	10	R. Leopoldo Machado	Av. Piauí	Av. Ceará
54-53	200	10	Av. Rio Grande do Norte	Av. Ceará	Passagem Rio Grande do Norte
53-45	230	10	Av. Rio Grande do Norte	Passagem Rio Grande do Norte	R. Goiás
45-62	185	10	Av. Rio Grande do Norte	R. Goiás	R. Mato Grosso
62-71	185	10	Av. Rio Grande do Norte	R. Mato Grosso	R. Guanabara
89-91	100	6	Passagem Rosa dos Ventos	Av. Piauí	Av. Ceará
90-92	100	6	Tv. 02	Av. Piauí	Av. Ceará
52-44	170	6	Passagem Goiás	Área de Ressaca	R. Goiás
50-42	170	6	Av. Pernambuco	Área de Ressaca	R. Goiás
60-42	185	8	Av. Pernambuco	R. Goiás	R. Mato Grosso
16-15	60	6	R. Guanabara	Av. Acre	Área de Ressaca
85-87	60	6	Passagem Picanço de Menezes	R. Manoel Pacífico	Av. José Juca
85-82	180	8	Av. José Juca	Rod. Aníbal Barcelos	Passagem Picanço de Menezes
85-86	120	6	Av. José Juca	Passagem Picanço de Menezes	Área de Ressaca

ID	EXTENSÃO (M)	LARGURA (M)	VIA	INÍCIO	FIM
29-32	125	5	Passagem do Jandiá	Av. Acre	Av. Canal do Jandiá
98-30	220	8	Av. Acre	Área de Ressaca	Rod. Aníbal Barcelos
81-101	110	8	Tv. Primeira da Rodovia do Pacoval	Rod. Aníbal Barcelos	Área de Ressaca
31-30	115	10	Rod. Aníbal Barcelos	Av. Canal do Jandiá	Av. Acre
30-81	115	10	Rod. Aníbal Barcelos	Av. Acre	Tv. Primeira da Rodovia do Pacoval
81-84	280	10	Rod. Aníbal Barcelos	Tv. Primeira da Rodovia do Pacoval	R. Manoel Pacífico
84-7	150	10	Rod. Aníbal Barcelos	R. Manoel Pacífico	R. São Paulo

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Para obter dados essenciais sobre as características físicas do local de estudo, foram utilizadas as ferramentas de mapeamento oferecida pelo Google Earth. Ao explorar o ambiente virtual, foi possível levantar essas informações apresentadas de maneira remota.

A classificação funcional das vias e, conseqüentemente das seções, desempenha um papel crucial na organização e gestão eficiente da infraestrutura viária de uma região. Para estabelecer essa classificação, adotou-se como referência a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1995, que estabelece o Código de Trânsito Brasileiro (CTB). Além disso, buscou-se informações valiosas junto aos moradores locais através de entrevistas diretas. A combinação dessas fontes permitiu uma abordagem completa e precisa para a categorização das vias e suas seções de acordo com suas funções.

A Tabela 7, apresentada a seguir, detalha a classificação funcional resultante.

Tabela 7: Classificação funcional das seções.

ID	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
CF	Coletora	Coletora	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial
ID	10-11	11-12	12-13	13-14	14-16	3-67	67-68	68-69	69-70
CF	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Coletora	Coletora	Arterial	Arterial	Arterial

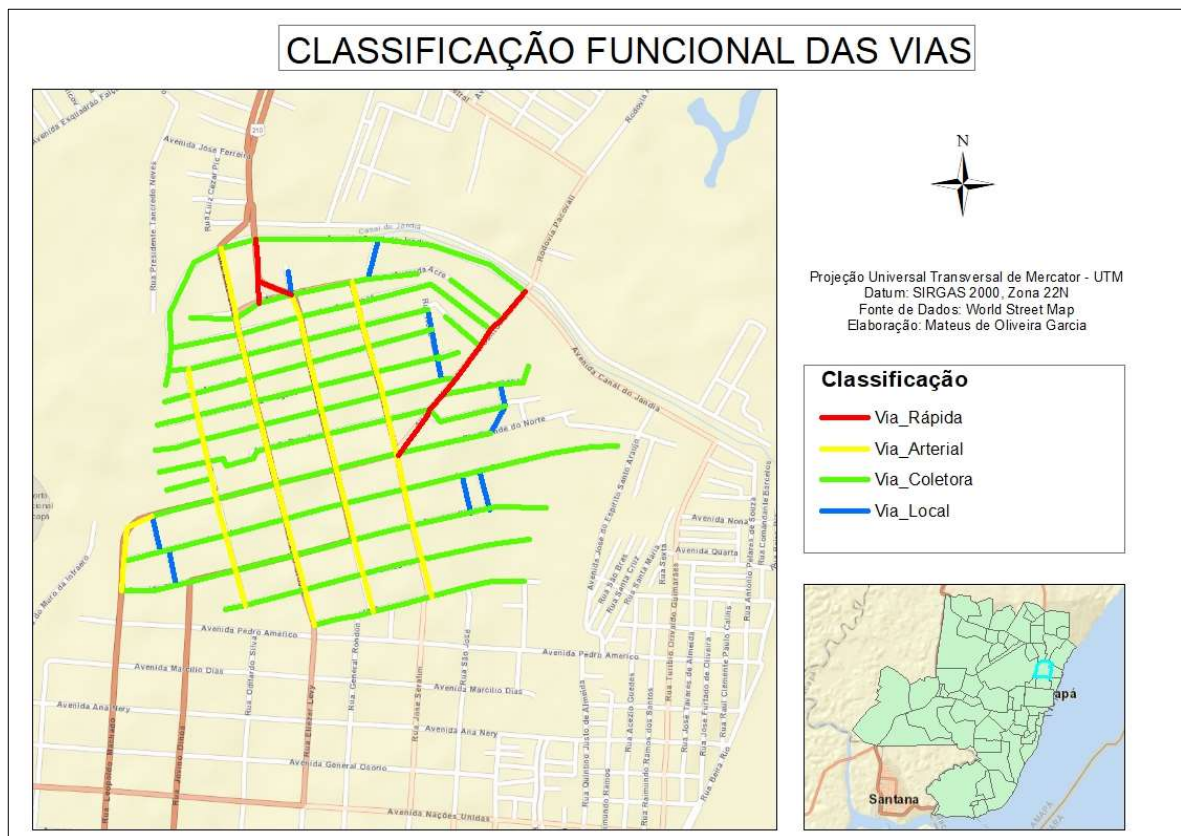
ID	70-71	71-72	72-73	73-74	74-39	39-40	40-27	27-16	16-17
CF	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Trânsito Rápido
ID	17-21	21-33	33-19	19-26	26-34	34-38	38-59	59-60	60-61
CF	Trânsito Rápido	Coletora	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial
ID	61-62	62-63	63-64	64-65	65-66	66-67	68-65	65-48	48-96
CF	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora
ID	48-47	47-46	46-45	45-44	44-43	43-42	42-41	41-36	36-35
CF	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial
ID	35-24	24-23	23-22	22-33	33-32	32-31	68-4	4-95	92-94
CF	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora
ID	91-92	91-5	5-69	69-64	64-47	47-58	57-58	58-56	54-56
CF	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Local	Coletora
ID	56-46	46-63	63-70	70-6	6-89	89-90	90-93	55-53	7-71
CF	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Local	Coletora
ID	88-7	87-88	87-84	8-83	72-8	61-72	61-43	43-51	41-49
CF	Coletora	Local	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora
ID	59-41	73-60	9-73	9-79	77-79	77-10	77-78	76-77	75-76
CF	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Local	Coletora	Coletora	Local	Local
ID	76-100	100-11	10-74	74-59	36-38	36-37	38-39	39-11	35-34
CF	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora
ID	34-40	40-12	12-75	13-28	13-27	27-26	26-23	19-20	19-18
CF	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora	Coletora
ID	18-16	14-99	54-57	54-53	53-45	45-62	62-71	89-91	90-92
CF	Coletora	Coletora	Arterial	Arterial	Coletora	Coletora	Coletora	Local	Local
ID	52-44	50-42	60-42	16-15	85-87	85-82	85-86	29-32	98-30
CF	Coletora	Coletora	Coletora	Local	Local	Coletora	Coletora	Local	Coletora
ID	81-101	31-30	30-81	81-84	84-7				
CF	Coletora	Trânsito Rápido	Trânsito Rápido	Trânsito Rápido	Trânsito Rápido				

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Para otimizar a visualização e análise dos dados gerados, adotou-se o uso de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Especificamente neste estudo, empregou-se o software ArcGIS (conforme apresentado na Figura 22). O ArcGIS oferece a capacidade de representar as informações coletadas de forma geográfica, possibilitando uma análise espacial minuciosa das vias estudadas.

Essa abordagem não apenas simplificou a interpretação dos dados, mas também promoveu uma melhor compreensão deles, visando futuras tomadas de decisão no contexto do planejamento urbano.

Figura 22: Classificação funcional das vias.

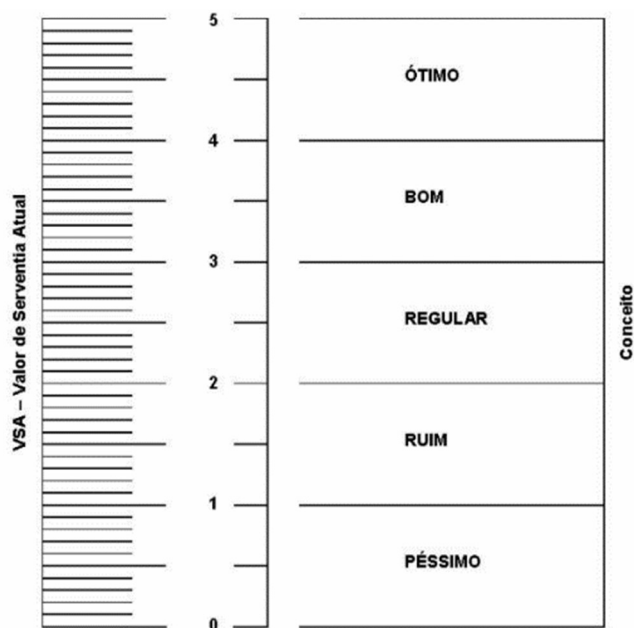


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

### 5.3. AVALIAÇÃO SUBJETIVA DAS SEÇÕES

A avaliação subjetiva da superfície das seções, foram realizadas conforme a Norma 009/2003 - PRO, do DNIT preconiza através de sua ficha de avaliação de serventia (Figura 23).

Figura 23: Avaliação de serventia.



Fonte: DNIT 009/2003 - PRO, p. 5.

A Tabela 8 foi elaborada com base nas análises e avaliações realizadas por três avaliadores treinados. Além de ter sido feito um cálculo para saber a variância desses dados.

Tabela 8: Avaliação de serventia de cada seção e sua variância.

ID	A1	A2	A3	MÉDIA	VARIÂNCIA	CLASSIFICAÇÃO
1-2	1,5	2	1,5	1,7	0,06	RUIM
2-3	4	4	4	4,0	0,00	BOM
3-4	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO
4-5	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO
5-6	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO
6-7	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO
7-8	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO
8-9	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO
9-10	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO
10-11	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO
11-12	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO
12-13	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO
13-14	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO
14-16	2	2	2	2,0	0,00	RUIM
3-67	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO
67-68	3,8	3	4	3,6	0,19	BOM
68-69	3,8	4	4	3,9	0,01	BOM
69-70	3,8	4	4	3,9	0,01	BOM
70-71	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO
71-72	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO

ID	A1	A2	A3	MÉDIA	VARIÂNCIA	CLASSIFICAÇÃO
72-73	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO
73-74	3,8	3	5	3,9	0,68	BOM
74-39	3,8	3	4	3,6	0,19	BOM
39-40	3,8	3	5	3,9	0,68	BOM
40-27	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO
27-16	4	4	4	4,0	0,00	BOM
16-17	3,8	3,8	3,5	3,7	0,02	BOM
17-21	4	4	4	4,0	0,00	BOM
21-33	1	1	1	1,0	0,00	PÉSSIMO
33-19	2	1	2	1,7	0,22	RUIM
19-26	3	2	3	2,7	0,22	REGULAR
26-34	4	2	4	3,3	0,89	BOM
34-38	4	4	4	4,0	0,00	BOM
38-59	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO
59-60	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO
60-61	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO
61-62	4	3	4	3,7	0,22	BOM
62-63	3,8	3	4	3,6	0,19	BOM
63-64	3,8	4	4	3,9	0,01	BOM
64-65	4	4	4	4,0	0,00	BOM
65-66	4	4	4	4,0	0,00	BOM
66-67	4	5	5	4,7	0,22	ÓTIMO
68-65	2	2	2	2,0	0,00	RUIM
65-48	1,5	1	2	1,5	0,17	RUIM
48-96	SP	-	-	-	-	-
48-47	1	2	2	1,7	0,22	RUIM
47-46	1,5	1	2	1,5	0,17	RUIM
46-45	1,5	1	2	1,5	0,17	RUIM
45-44	3,5	3	3,5	3,3	0,06	BOM
44-43	4	3	4	3,7	0,22	BOM
43-42	4	4	5	4,3	0,22	ÓTIMO
42-41	2	2	2	2,0	0,00	RUIM
41-36	3,5	3,5	3,5	3,5	0,00	BOM
36-35	3	2	2	2,3	0,22	REGULAR
35-24	3	2	2	2,3	0,22	REGULAR
24-23	3	2	3	2,7	0,22	REGULAR
23-22	3	2	3	2,7	0,22	REGULAR
22-33	2,5	3	3	2,8	0,06	REGULAR
33-32	2,5	3	3	2,8	0,06	REGULAR
32-31	2	3	2,5	2,5	0,17	REGULAR
68-4	2	2	2	2,0	0,00	RUIM
4-95	1,5	2,5	2,5	2,0	0,25	RUIM
92-94	2,5	2,5	2,5	2,5	0,00	REGULAR

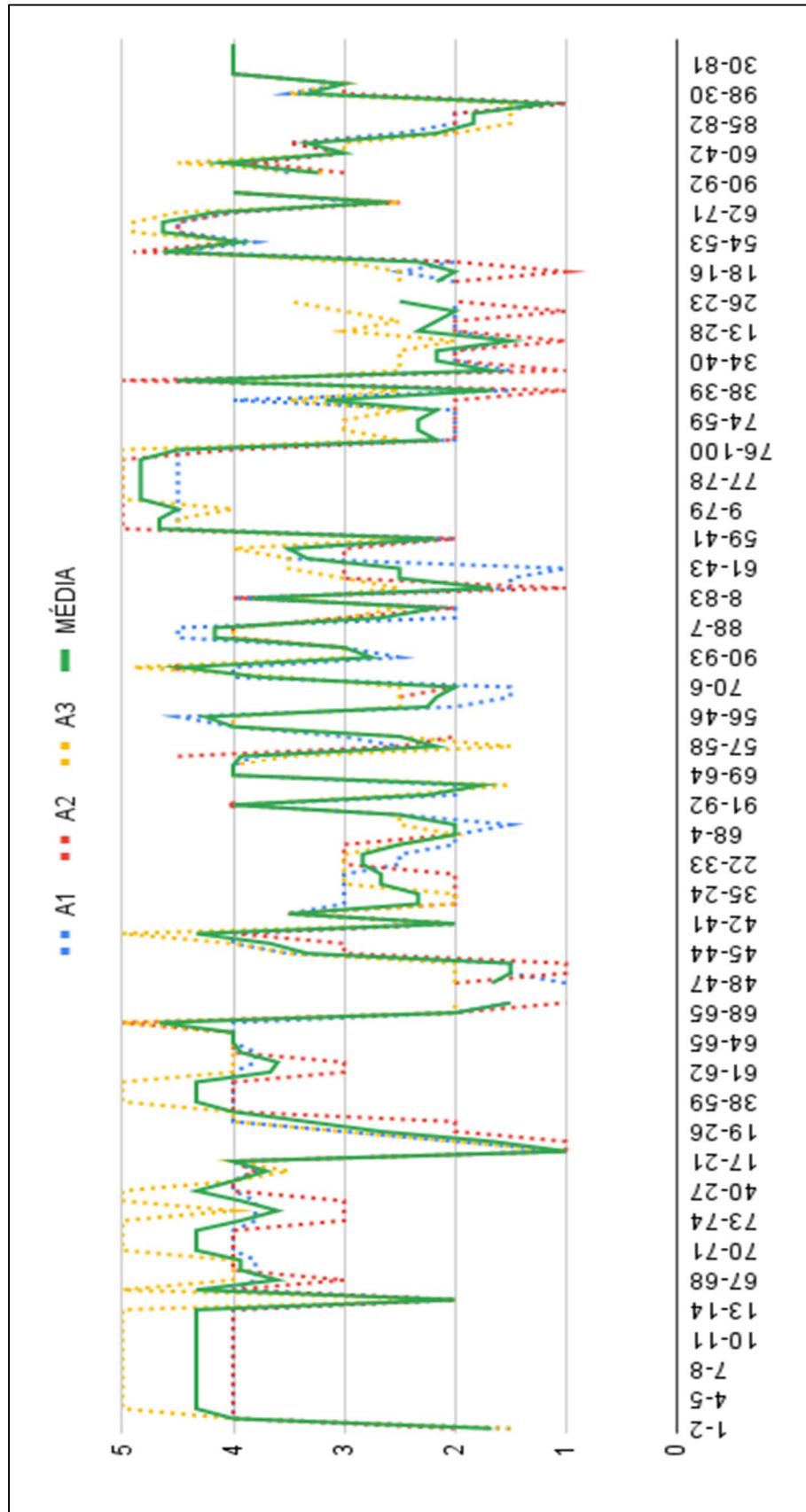
ID	A1	A2	A3	MÉDIA	VARIÂNCIA	CLASSIFICAÇÃO
91-92	4	4	4	4,0	0,00	BOM
91-5	2	2.5	2,5	2,3	0,06	REGULAR
5-69	2	2.5	1,5	1,8	0,06	RUIM
69-64	4	4.5	4	4,0	0,00	BOM
64-47	4	4.5	4	4,0	0,00	BOM
47-58	3,8	4,5	3,5	3,9	0,18	BOM
57-58	2,5	2,5	1,5	2,2	0,22	REGULAR
58-56	3	2	2,5	2,5	0,17	REGULAR
54-56	4	4.5	4	4,0	0,00	BOM
56-46	4,5	4.5	4	4,3	0,06	ÓTIMO
46-63	2	2.5	2,5	2,3	0,06	REGULAR
63-70	1,5	2,5	2,5	2,2	0,22	REGULAR
70-6	1,5	2	2,5	2,0	0,17	RUIM
6-89	4	4.5	3,5	3,8	0,06	BOM
89-90	4	4,5	4,9	4,5	0,14	ÓTIMO
90-93	2,5	3.5	3	2,8	0,06	REGULAR
55-53	3	3	3	3,0	0,00	REGULAR
7-71	4,5	4	4	4,2	0,06	ÓTIMO
88-7	4,5	4	4	4,2	0,06	ÓTIMO
87-88	2	3	3	2,7	0,22	REGULAR
87-84	2	2	2,5	2,2	0,06	REGULAR
8-83	4	4	3,5	3,8	0,06	BOM
72-8	1,5	1	2,5	1,7	0,39	RUIM
61-72	1,5	3	3	2,5	0,50	REGULAR
61-43	1	3	3,5	2,5	1,17	REGULAR
43-51	3,5	3	3,5	3,3	0,06	BOM
41-49	3,5	3	4	3,5	0,17	BOM
59-41	2	2	2,5	2,2	0,06	REGULAR
73-60	4,5	5	4,5	4,7	0,06	ÓTIMO
9-73	4,5	5	4,5	4,7	0,06	ÓTIMO
9-79	4,5	5	4	4,5	0,17	ÓTIMO
77-79	4,5	5	5	4,8	0,06	ÓTIMO
77-10	4,5	5	5	4,8	0,06	ÓTIMO
77-78	4,5	5	5	4,8	0,06	ÓTIMO
76-77	4,5	5	5	4,8	0,06	ÓTIMO
75-76	4,5	5	5	4,8	0,06	ÓTIMO
76-100	4,5	4	5	4,5	0,17	ÓTIMO
100-11	2	2	2,5	2,2	0,06	REGULAR
10-74	2	2	3	2,3	0,22	REGULAR
74-59	2	2	3	2,3	0,22	REGULAR
36-38	2	2	2,5	2,2	0,06	REGULAR
36-37	4	2	3,5	3,2	0,72	BOM
38-39	1,5	1	2,5	1,7	0,39	RUIM

ID	A1	A2	A3	MÉDIA	VARIÂNCIA	CLASSIFICAÇÃO
39-11	4,5	5	4	4,5	0,17	ÓTIMO
35-34	1,5	1	2,5	1,7	0,39	RUIM
34-40	2	2	2,5	2,2	0,06	REGULAR
40-12	2	2	2,5	2,2	0,06	REGULAR
12-75	1,5	1	2	1,5	0,17	RUIM
13-28	2	2	3	2,3	0,22	REGULAR
13-27	2	2	2,5	2,2	0,06	REGULAR
27-26	2	1	3	2,0	0,67	RUIM
26-23	2	2	3,5	2,5	0,50	REGULAR
19-20	SP	-	-	-	-	-
19-18	2	2	2,5	2,2	0,06	REGULAR
18-16	2,5	1	2,5	2,0	0,50	RUIM
14-99	2	2	3	2,3	0,22	REGULAR
54-57	4,5	4,9	4,5	4,6	0,04	ÓTIMO
54-53	3,8	4	4	3,9	0,01	BOM
53-45	4,5	4,5	4,9	4,6	0,04	ÓTIMO
45-62	4,5	4,5	4,9	4,6	0,04	ÓTIMO
62-71	4	4	4,5	4,2	0,06	ÓTIMO
89-91	2,8	2,5	2,5	2,6	0,02	REGULAR
90-92	SP	-	-	-	-	-
52-44	3,5	3	3,2	3,2	0,04	BOM
50-42	4	3,8	4,5	4,1	0,09	ÓTIMO
60-42	3	3	3	3,0	0,00	REGULAR
16-15	3,5	3,5	3	3,3	0,06	BOM
85-87	2,5	2	2	2,2	0,06	REGULAR
85-82	2	2	1,5	1,8	0,06	RUIM
85-86	2	2	1,5	1,8	0,06	RUIM
29-32	1	1	1,5	1,2	0,06	RUIM
98-30	3,5	3	3,5	3,3	0,06	BOM
81-101	3	3	3	3,0	0,00	REGULAR
31-30	4	4	4	4,0	0,00	BOM
30-81	4	4	4	4,0	0,00	BOM
81-84	4	4	4	4,0	0,00	BOM
84-7	4	4	4	4,0	0,00	BOM

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Como pode-se observar, existem poucos pontos que apresentam grandes variâncias, ou seja, há uma notável consistência nos dados amostrais. Isso indica que a maioria dos valores está próxima da média da amostra, sugerindo uma relativa homogeneidade nos dados analisados e isso pode ser visto através do gráfico (Figura 24) abaixo.

Figura 24: Representação gráfica das notas dos avaliadores, sobrepostas a média.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Essa baixa dispersão dos valores é um indicativo de estabilidade ou uniformidade dentro do conjunto de dados. E essa consistência dos resultados é fundamental, pois sugere que as observações estão sob controle e não sujeitas a flutuações significativas.

Para melhor visualização dos dados apresentados, foi realizado mais uma geoespacialização dos dados, como mostra a figura 25.

Figura 25: Geoespacialização da avaliação subjetiva.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

#### 5.4 SISTEMAS DE DRENAGEM NAS SEÇÕES

A drenagem é uma parte fundamental do projeto de pavimentos, pois a água é um dos principais fatores que podem causar danos às vias se não for adequadamente controlada. É importante citar, que durante a pesquisa, observou-se muitos pontos de água servida, estas, devem ser tratadas pelo sistema de esgoto, mas assim como o estado todo, o município de Macapá, tem um déficit, na questão de saneamento básico, como apontam os estudos do Instituto Trata Brasil em seu ranking de saneamento de 2023 (BRASIL, 2023).

Foi realizada também uma pesquisa relacionada a quantidade de vias com componentes de drenagem, a tabela 9, mostra quais foram os sistemas predominantes nas seções, visto que, existem seções que continham dois tipos de drenagem simultaneamente. Aquelas que não continham nenhum tipo identificado, utilizam apenas do caimento natural do pavimento, para drenar a água.

Tabela 9: Seções e seu sistema de drenagem predominante.

ID	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
DRENAGEM	SIM	SIM	SIM	PARCIAL	NÃO	NÃO
TIPO	VALETAS	SARJETA	VALETAS	SARJETA		
ID	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13
DRENAGEM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
TIPO						
ID	13-14	14-16	3-67	67-68	68-69	69-70
DRENAGEM	NÃO	NÃO	SIM	SIM	PARCIAL	SIM
TIPO			SARJETA	SARJETA	VALETAS	SARJETA
ID	70-71	71-72	72-73	73-74	74-39	39-40
DRENAGEM	SIM	PARCIAL	PARCIAL	SIM	SIM	SIM
TIPO	BL	VALETAS	VALETAS	VALETAS	VALETAS	VALETAS
ID	40-27	27-16	16-17	17-21	21-33	33-19
DRENAGEM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
TIPO	VALETAS	VALETAS				VALETAS
ID	19-26	26-34	34-38	38-59	59-60	60-61
DRENAGEM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
TIPO		BL	BL	BL	BL	VALETAS
ID	61-62	62-63	63-64	64-65	65-66	66-67
DRENAGEM	PARCIAL	SIM	PARCIAL	PARCIAL	PARCIAL	PARCIAL
TIPO	VALETAS	VALETAS	BL	BL	BL	SARJETA
ID	68-65	65-48	48-96	48-47	47-46	46-45
DRENAGEM	PARCIAL	SIM		SIM	PARCIAL	PARCIAL
TIPO	BL	VALETAS		VALETAS	VALETAS	VALETAS
ID	45-44	44-43	43-42	42-41	41-36	36-35
DRENAGEM	NÃO	SIM	PARCIAL	PARCIAL	PARCIAL	SIM
TIPO		VALETAS	SARJETA	SARJETA	SARJETA	SARJETA
ID	35-24	24-23	23-22	22-33	33-32	32-31
DRENAGEM	SIM	SIM	SIM	SIM	PARCIAL	NÃO
TIPO	SARJETA	SARJETA	SARJETA	BL	VALETAS	
ID	68-4	4-95	92-94	91-92	91-5	5-69
DRENAGEM	SIM	SIM	PARCIAL	NÃO	NÃO	NÃO
TIPO	BL	VALETAS	VALETAS			
ID	69-64	64-47	47-58	57-58	58-56	54-56
DRENAGEM	SIM	SIM	SIM	NÃO	PARCIAL	PARCIAL

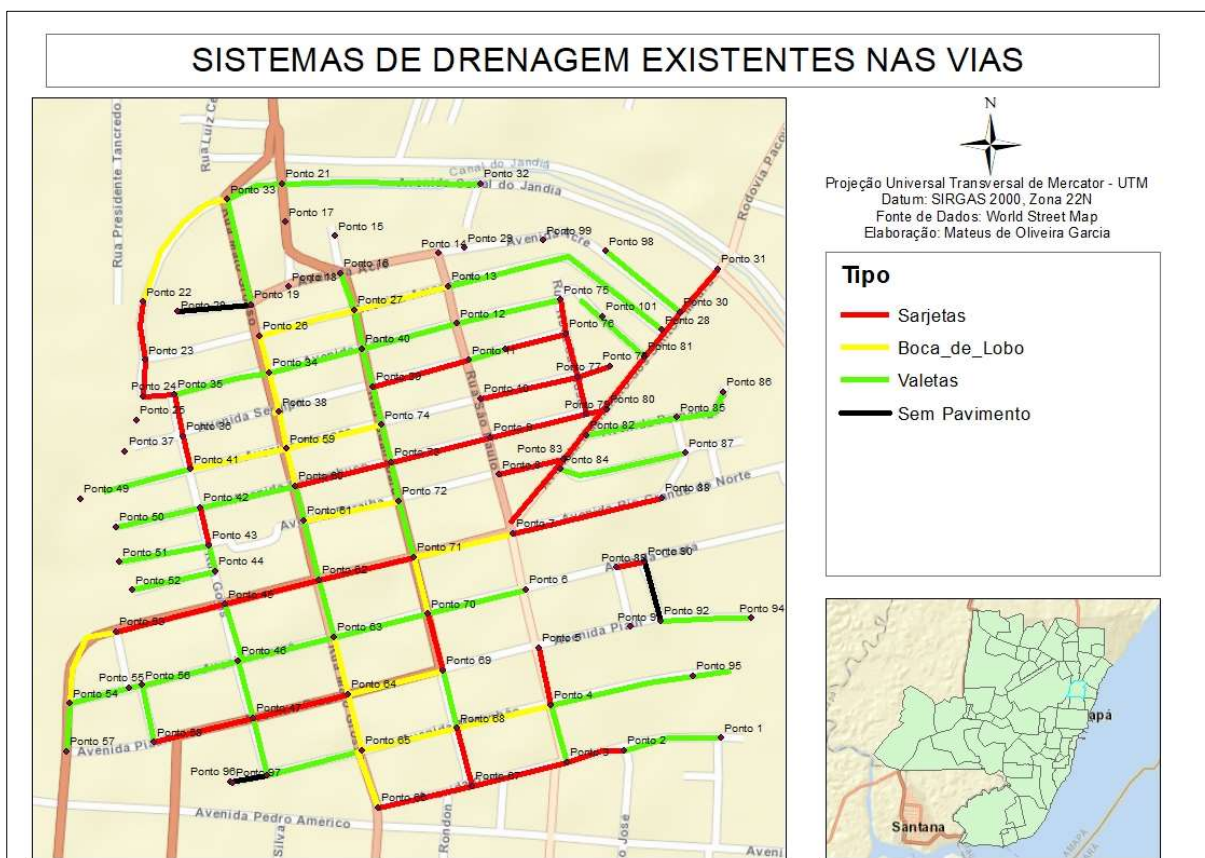
TIPO	BL	SARJETA	SARJETA		VALETAS	VALETAS
ID	56-46	46-63	63-70	70-6	6-89	89-90
DRENAGEM	PARCIAL	SIM	PARCIAL	PARCIAL	NÃO	SIM
TIPO	VALETAS	VALETAS	VALETAS	VALETAS		SARJETA
ID	90-93	55-53	7-71	88-7	87-88	87-84
DRENAGEM	NÃO	NÃO	SIM	SIM	NÃO	SIM
TIPO			BL	SARJETA		VALETAS
ID	8-83	72-8	61-72	61-43	43-51	41-49
DRENAGEM	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	PARCIAL
TIPO	SARJETA		BL		VALETAS	VALETAS
ID	59-41	73-60	9-73	9-79	77-79	77-10
DRENAGEM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
TIPO	BL	SARJETA	SARJETA	SARJETA	SARJETA	SARJETA
ID	77-78	76-77	75-76	76-100	100-11	10-74
DRENAGEM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO
TIPO	SARJETA	SARJETA	SARJETA	SARJETA	VALETAS	
ID	74-59	36-38	36-37	38-39	39-11	35-34
DRENAGEM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM
TIPO	BL				SARJETA	VALETAS
ID	34-40	40-12	12-75	13-28	13-27	27-26
DRENAGEM	SIM	PARCIAL	PARCIAL	PARCIAL	SIM	SIM
TIPO	VALETAS	VALETAS	VALETAS	VALETAS	BL	BL
ID	26-23	19-20	19-18	18-16	14-99	54-57
DRENAGEM	NÃO		NÃO	NÃO	NÃO	PARCIAL
TIPO						VALETAS
ID	54-53	53-45	45-62	62-71	89-91	90-92
DRENAGEM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	
TIPO	BL	SARJETA	SARJETA	SARJETA		
ID	52-44	50-42	60-42	16-15	85-87	85-82
DRENAGEM	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM
TIPO	VALETAS	VALETAS	VALETAS			VALETAS
ID	85-86	29-32	98-30	81-101	31-30	30-81
DRENAGEM	PARCIAL	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM
TIPO	VALETAS		VALETAS	VALETAS	SARJETA	SARJETA
ID	81-84	84-7				
DRENAGEM	SIM	SIM				
TIPO	SARJETA	SARJETA				

\*BL: Boca de lobo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Para uma análise ainda mais aprofundada dessa distribuição do sistema de drenagem nas diferentes seções, a Figura 26 oferece detalhes abrangentes sobre como cada um desses sistemas está distribuído. Essa representação gráfica melhora a compreensão da infraestrutura de drenagem implementada, permitindo uma análise minuciosa.

Figura 26: Sistemas de drenagem existentes nas vias.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Apesar do foco deste trabalho ser a condição dos pavimentos no bairro Pacoval, na cidade de Macapá - AP, é evidente que um estudo mais detalhado sobre a funcionalidade dos sistemas de drenagem na área, enriqueceria ainda mais este estudo, visto que existe uma disparidade na distribuição deles no bairro.

## 5.5 HISTÓRICO DE M&R

Diversas vias do bairro já sofreram algum tipo de manutenção, seja ela de maneira parcial ou total. Através de uma pesquisa realizada junto à Secretaria de

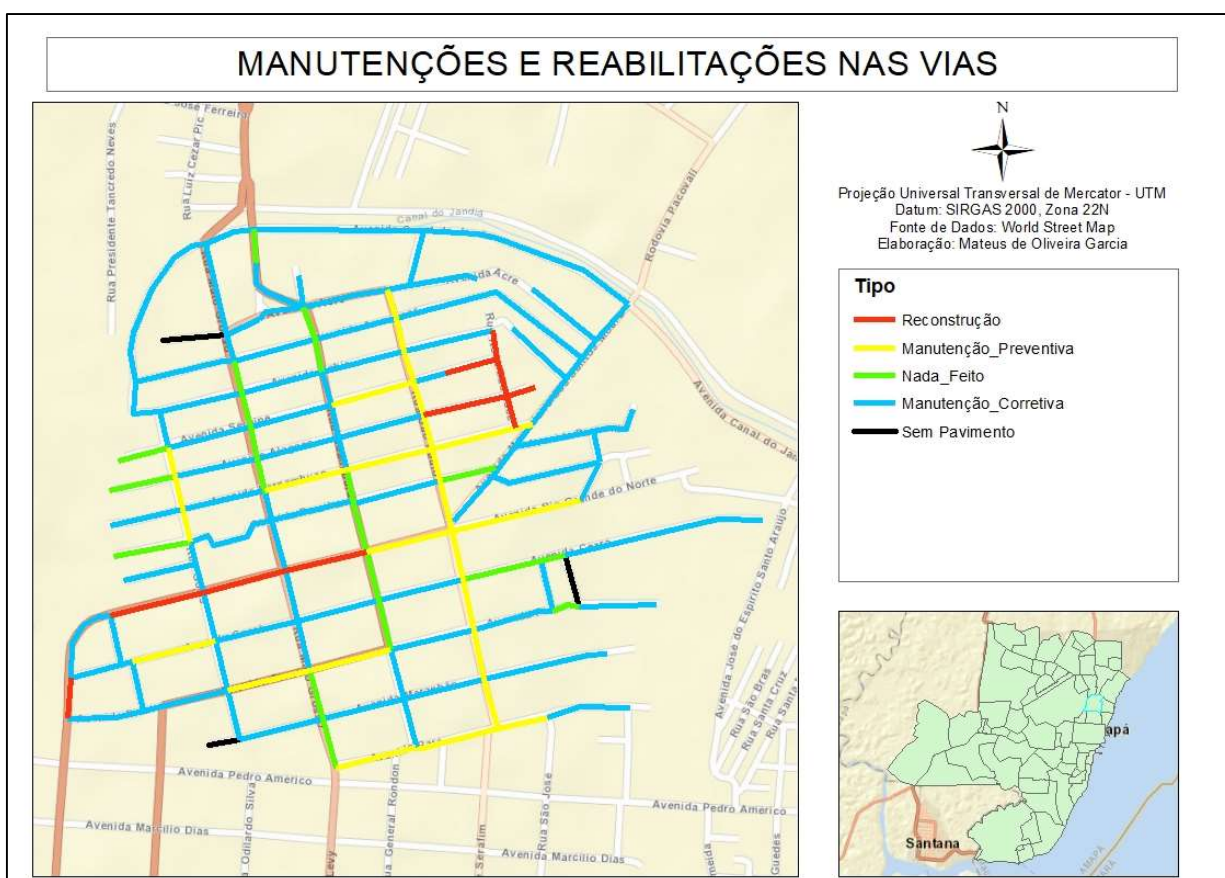


\*MC: Manutenção corretiva (remendos superficiais, reparos localizados, impermeabilização de trincas e outras ações de baixo custo unitário);  
 NF: Não foi feito nada com base nos dados obtidos;  
 MP: Manutenção preventiva (atividades de manutenção corretiva, rejuvenescimento da capa asfáltica e recapamentos delgados);  
 RC: Reconstrução;  
 SP: Sem pavimento.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A distribuição de cada tipo de manutenção realizada no bairro, é mostrada na figura 27 abaixo.

Figura 27: M&R realizadas nas vias.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Devido à ausência de registros históricos, durante a inspeção de campo, observaram-se indícios de manutenção realizada em determinadas seções que não ocorreram dentro das datas estabelecidas. Como por exemplo teve casos em que manutenção corretiva, foi realizada em uma seção, antes do período de estudo. As partes em que nada foi feito, são trechos em que não havia dados sobre qual havia sido o tipo de manutenção realizada naquele pavimento.

Outro aspecto relevante a ser considerado em relação à sistemas de M&R é a quantidade de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) empregado dentro do bairro, o que proporciona uma visão abrangente de sua distribuição e aplicação. Isso é fundamental para compreendermos a extensão e o alcance das operações dentro da comunidade.

Convém ressaltar que os dados apresentados na Tabela 11 abaixo dizem respeito à operação denominada 'Tapa-buracos', a qual se enquadra como uma modalidade de manutenção corretiva. Essa análise é essencial para gerir essas atividades garantindo uma abordagem mais eficiente.

Ainda sobre os dados obtidos, eles são demarcados com um início e fim, que em sua maior parte, não se restringem a uma seção, então nesta mesma tabela, foram colocadas também as seções presentes nas vias em que foram realizadas as manutenções.

Tabela 11: Quantitativo de carradas utilizadas no bairro.

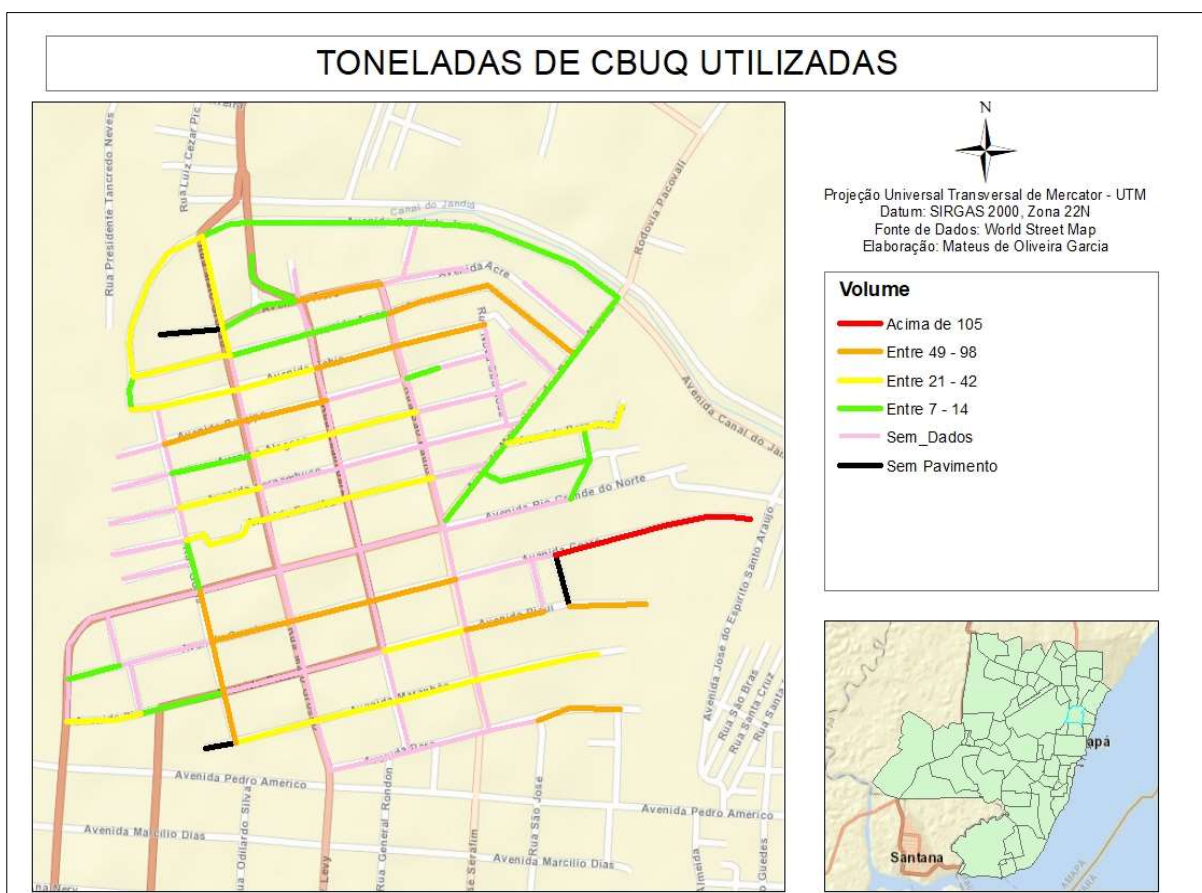
VIA	INÍCIO	FIM	ID	CARRADAS (UN)
Av. Ceará	Tv. 02	Área de Ressaca	90 - 93	24
Av. Pará	R. São José	Passagem Santa Fé	1 - 2	10
R. Goiás	Av. Maranhão	Av. Rio Grande do Norte	48 - 47 _ 47 - 46 46 - 45	8
Av. Piauí	R. São Paulo	Área de Ressaca	92 - 94 _ 91 - 5 91_92	14
Av. Piauí	R. Guanabara	R. São Paulo	5 - 69	3
Av. Bahia	R. Guanabara	R. Nova São José	40 - 12 _ 12 - 75	9
Av. Acre	R. Guanabara	R. São Paulo	14 - 16	8
Av. Piauí	R. Leopoldo Machado	R. Jovino Dinoá	57 - 58	6
Av. Amazonas	R. São Paulo	Rod Aníbal Barcelos	13 -28	12
Av. Ceará	R. Goiás	R. São Paulo	46 - 63 _ 63 - 70 70 - 6	11
Av. Maranhão	R. Goiás	Área de Ressaca	65 - 48 _ 68 - 65 68 - 4 _ 4 - 95	5
Av. Sergipe	R. Goiás	R. Guanabara	36 - 38 _ 38 - 39	7
Av. Acre	R. Mato Grosso	R. Guanabara	18 - 19 _ 18 - 16	1
Av. Paraíba	R. São Paulo	R. Mato Grosso	61 - 72 _ 72 - 8	6

VIA	INÍCIO	FIM	ID	CARRADAS (UN)
R. Canal do Jandiá	R. Mato Grosso	Av. Bahia	23 - 22 _ 22 - 33	6
R. Canal do Jandiá	Av. Bahia	Av. Amazonas	24 - 23	1
Av. Amazonas	R. Canal do Jandiá	R. Mato Grosso	26 - 23	6
Av. Alagoas	R. Goiás	R. Mato Grosso	59 - 41	1
Av. Pernambuco	R. Goiás	R. Mato Grosso	60 - 42	6
Av. Alagoas	R. Mato Grosso	R. São Paulo	74 - 59 _ 10 - 74	4
R. Mato Grosso	R. Canal do Jandiá	Av. Amazonas	33 - 19 _ 19 - 26	4
Av. Piauí	R. Jovino Dinoá	R. Goiás	47 - 58	2
Av. Paraíba	R. Goiás	R. Mato Grosso	61 - 43	3
Av. José Jucá	Rod. Aníbal Barcelos	Área de Ressaca	85 - 82 _ 85 - 86	3
Tv. Manoel Pacífico	Av. Rio Grande do Norte	Av. José Jucá	87 - 88 _ 85 - 87	2
Av. Sergipe	R. São Paulo	R. Nova São José	100 - 11	1
Av. Bahia	R. Canal do Jandiá	R. Guanabara	35 - 24 _ 35 - 34 34 - 40	3
R. Manoel Pacífico	Rodovia Aníbal Barcelos	Tv. Manoel Pacífico	87 - 84	1
Av. Canal do Jandiá	R. Mato Grosso	Rod Aníbal Barcelos	33 - 32 _ 32 - 31	1
Av. Ceará	Passagem Rio Grande do Norte	R. Leopoldo Machado	54 - 56	1
Rod Aníbal Barcelos	R. Canal do Jandiá	R. São Paulo	31 - 30 _ 30 - 81 81 - 84 _ 84 - 87	1
R. Tancredo Neves	R. Guanabara	Final da Feira	16 - 17	2
Av. Amazonas	R. Mato Grosso	R. São Paulo	13 - 27 _ 27 - 26	2
R. Goiás	Av. Paraíba	Av. Rio Grande do Norte	44 - 45 _ 44 - 43	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

No total, foram utilizadas 175 carradas, correspondendo a um total de 1.225 toneladas de material, visto que 1 carrada corresponde a 7 toneladas. A figura 28 apresenta todos esses valores de forma detalhada.

Figura 28: Volume de CBUQ utilizado nas vias.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

## 6. ELABORAÇÃO DO SGPU

O início da implementação do SGPU representa um passo crucial em direção a uma infraestrutura viária mais eficiente e sustentável. Com a coleta cuidadosa de dados relacionados ao estado atual das vias urbanas, a próxima etapa é a sua elaboração.

### 6.1. ESTRUTURA

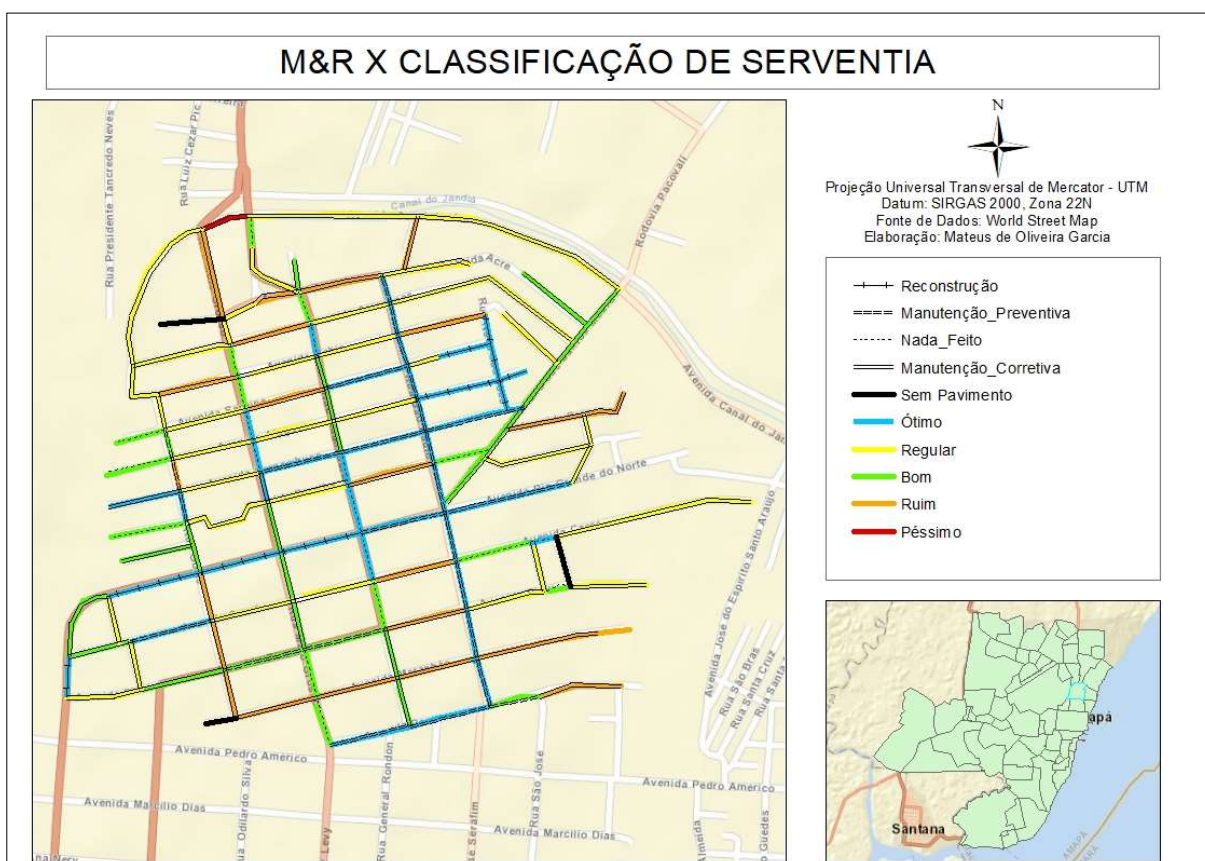
Considerando a vasta quantidade de dados coletados durante a pesquisa, uma análise detalhada foi realizada para determinar a quantidade ideal de seções a serem analisadas. Essa etapa crítica do estudo otimiza a eficiência da análise, garantindo ao mesmo tempo resultados representativos e significativos.

Todos os dados brutos foram submetidos a um processo de minuciosa revisão e organização, visando aprimorar sua compreensão e utilidade. Posteriormente, realizou-se uma seleção criteriosa por meio de um processo de amostragem criteriosa.

Nesse processo, os critérios de seleção foram cuidadosamente definidos com base em características-chave, como o "Classificação de Serventia", a "Existência de drenagem urbana", a "Quantidade de CBUQ por metro quadrado" e o "Tipo de manutenção realizada" em cada seção.

A escolha desses critérios específicos foi estabelecida com base na visualização desses resultados sobrepostos. Como por exemplo, quando sobrepostas as manutenções realizadas sob o valor de serventia, pode-se observar na figura 29, as seções classificadas como ótimas e boas sofreram interferência direta de manutenções mais estruturantes como recapeamento, reconstrução etc. E aquelas seções que sofreram manutenções corretivas (tapa – buraco) apresentam classificações como regular, ruim e péssimo.

Figura 29: Sobreposição dos dados de M&R sobre a classificação de serventia.



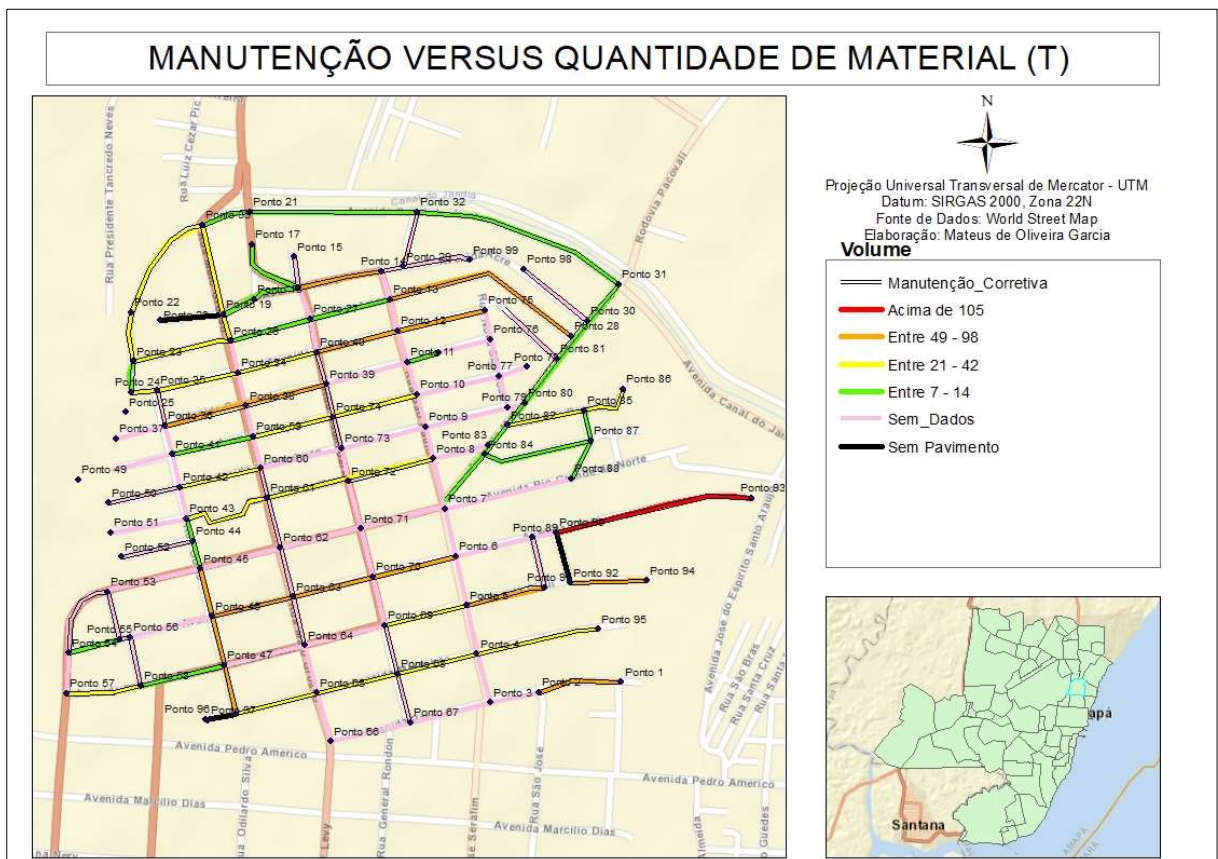
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Para determinar quais vias avançariam para a próxima fase do estudo, adotou-se um critério estratégico. Priorizou-se as seções de vias que apresentavam as condições mais precárias, as quais, conseqüentemente, haviam sido objeto de intervenções de manutenção corretiva.

É fundamental ressaltar que a manutenção tradicional dessas vias, geralmente executada por meio da operação 'Tapa-Buracos', mas como exposto neste trabalho, existiam desafios devido à escassez de dados disponíveis. Portanto, na etapa subsequente, decidiu-se incluir apenas aquelas vias que já possuíam um histórico quantitativo de materiais.

A Figura 30, apresenta a seguir, a relação entre as vias selecionadas (aquelas que sofreram a MC) e as intervenções realizadas ao longo do tempo. Com isso, é garantido uma visão abrangente dessa seleção que foi aplicada.

Figura 30: Quantidade de material utilizado x Manutenção corretiva.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A partir dessa análise e considerando os dados previamente apresentados na Tabela 11, foi elaborada uma nova tabela resumo (Tabela12), desta vez incluindo apenas as seções que atenderam a todos os critérios estabelecidos. Além disso, as

seções foram classificadas em ordem decrescente com base no consumo de material, indo daquelas que mais utilizaram para as que menos utilizaram.

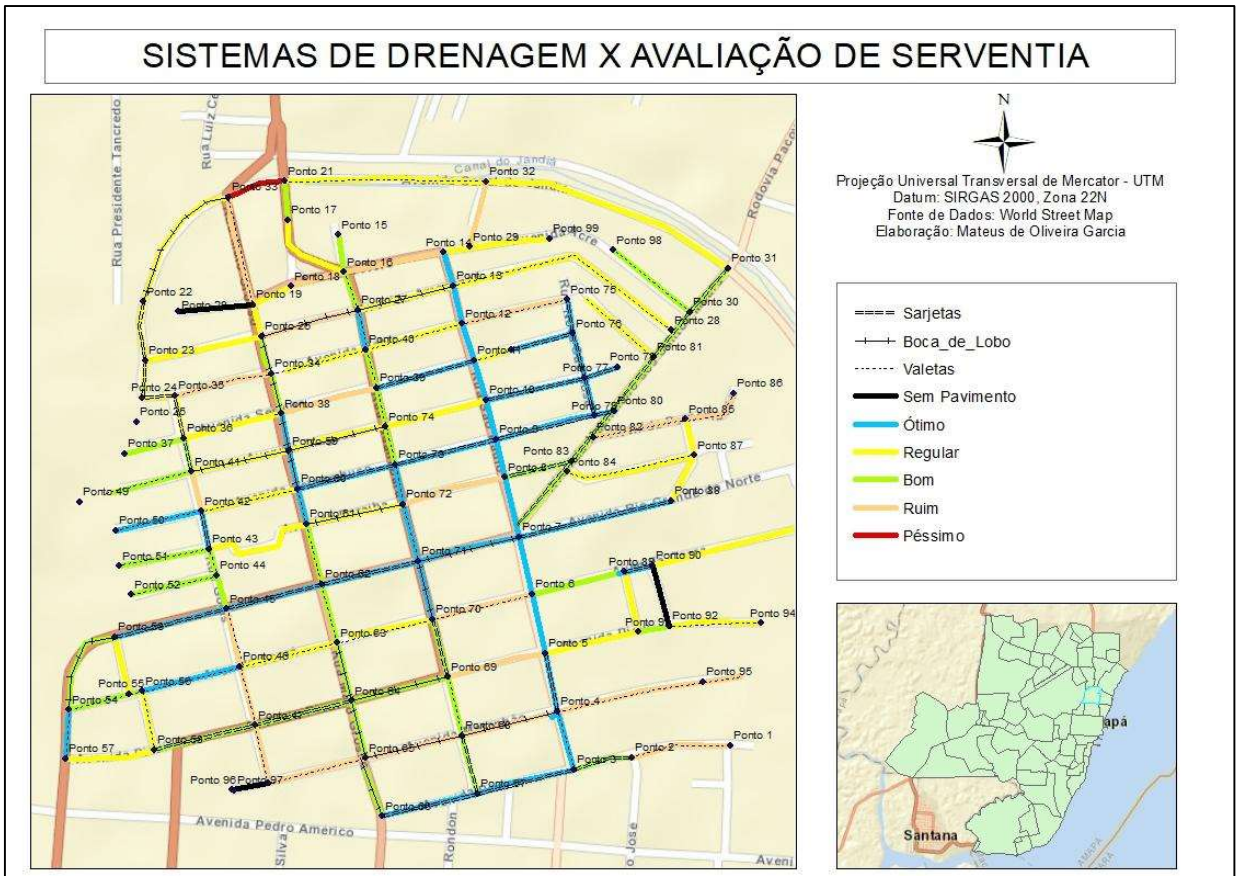
Tabela 12: Seleção da seção, conforme os critérios estabelecidos.

<b>ID</b>	<b>90-93</b>	<b>1-2</b>	<b>14-16</b>	<b>48-47</b>	<b>47-46</b>	<b>46-45</b>	<b>60-42</b>	<b>92-94</b>	<b>91-5</b>	<b>26-23</b>	<b>40-12</b>	<b>12-75</b>
<b>M<sup>2</sup></b>	2760	1200	1600	960	960	960	1480	1600	2160	1840	1480	1480
<b>T / M<sup>2</sup></b>	0,061	0,058	0,035	0,019	0,019	0,019	0,028	0,026	0,026	0,023	0,021	0,021
<b>ID</b>	<b>13-28</b>	<b>46-63</b>	<b>63-70</b>	<b>70-6</b>	<b>36-38</b>	<b>38-39</b>	<b>85-87</b>	<b>87-88</b>	<b>61-43</b>	<b>5-69</b>	<b>23-22</b>	<b>22-33</b>
<b>M<sup>2</sup></b>	3920	1480	1480	1480	1480	1480	360	540	1320	1480	880	2240
<b>T / M<sup>2</sup></b>	0,021	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,016	0,016	0,016	0,014	0,013	0,013
<b>ID</b>	<b>24-23</b>	<b>100-11</b>	<b>61-72</b>	<b>19-26</b>	<b>85-86</b>	<b>85-82</b>	<b>33-19</b>	<b>47-58</b>	<b>16-17</b>	<b>44-43</b>	<b>45-44</b>	<b>35-24</b>
<b>M<sup>2</sup></b>	560	560	1480	650	720	1440	2200	1520	1530	480	560	480
<b>T / M<sup>2</sup></b>	0,013	0,013	0,011	0,010	0,010	0,010	0,010	0,009	0,009	0,007	0,007	0,006
<b>ID</b>	<b>35-34</b>	<b>34-40</b>	<b>54-56</b>	<b>68-65</b>	<b>68-4</b>	<b>65-48</b>	<b>4-95</b>	<b>13-27</b>	<b>27-26</b>	<b>59-41</b>	<b>19-18</b>	<b>18-16</b>
<b>M<sup>2</sup></b>	1480	1480	1120	1480	1480	1480	2400	1480	1480	1480	960	1080
<b>T / M<sup>2</sup></b>	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,003	0,003
<b>ID</b>	<b>30-81</b>	<b>31-30</b>	<b>84-7</b>	<b>87-84</b>	<b>81-84</b>	<b>33-32</b>	<b>32-31</b>	<b>57-58</b>	<b>72-8</b>	<b>10-74</b>	<b>74-59</b>	
<b>M<sup>2</sup></b>	1150	1150	1500	2080	2800	3500	3710	1440	2220	1480	1480	
<b>T / M<sup>2</sup></b>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Por último, o critério final de classificação foi baseado na avaliação do desempenho dos sistemas de drenagem. No entanto, por mais que seja um sistema importante na estrutura de um pavimento, ao considerar a sobreposição entre os sistemas de drenagem existentes e seu impacto nas vias (figura 31), não foi possível determinar com precisão o seu verdadeiro impacto. Uma possível explicação para isso, se dá por conta, da má preservação e da má utilização desses sistemas, pois muitas vezes são utilizados como guias para o esgoto doméstico, mas para se ter um diagnóstico completo seria necessário um estudo mais detalhado.

Figura 31: Sobreposição dos sistemas de drenagem sobre as avaliações de serventia.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

## 6.2. APLICAÇÃO DO ICP

Todo o processo até agora deste trabalho, buscou encontrar por onde deve-se aplicar um estudo mais detalhado, para determinar uma possível solução e a ordem de prioridade de cada um.

A seção em que será aplicado o método do ICP, será a 90 – 93, onde foi realizado um estudo, mas que terá o mesmo caminho para todas as outras. A primeira etapa foi preencher a planilha para avaliação da condição do pavimento (figura 10), com algumas alterações, deixando apenas aqueles defeitos encontrados. Ao final deste processo foram encontrados os seguintes valores na tabela 13, abaixo.

Tabela 13: Avaliação pelo método ICP.

**Rodovia ou Rua:** Avenida Ceará **Município ou Cidade:** Macapá

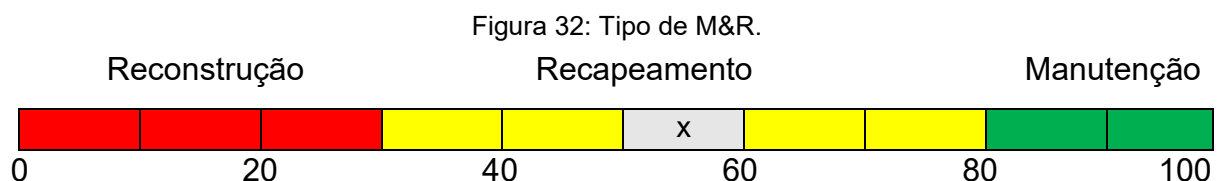
**Extensão:** 460 metros **Largura:** 6 metros

**Tipo de Pavimento:** Flexível **Data:** 18/09/2023

DEFEITOS	AVALIAÇÃO
Trincas Transversais	0 – 5 _____ 0 _____
Trincas Longitudinais	0 – 5 _____ 5 _____
Trincas por Fadiga	0 – 10 _____ 8 _____
Trincas nos Bordos	0 – 5 _____ 0 _____
Trincas em Blocos	0 – 5 _____ 0 _____
Deformação Permanente nas Trilhas de Roda	0 – 10 _____ 4 _____
Corrugação	0 – 5 _____ 3 _____
Desgaste	0 – 5 _____ 5 _____
Buracos	0 – 10 _____ 2 _____
Remendos	0 – 5 _____ 5 _____
Exsudação	0 – 10 _____ 0 _____
Agregados Polidos	0 – 5 _____ 5 _____
Bombeamento	0 – 10 _____ 2 _____
Qualidade de Rolamento	0 – 10 _____ 6 _____
<b>Soma dos defeitos: <u>45</u></b>	
<b>Índice de Condição do Pavimento: ICP = 100 – Soma dos defeitos</b>	
<b>ICP = 100 – 45 = 55 - Regular (classificação conforme a figura 9).</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Em relação a escolha do tipo de manutenção a ser realizada o INSTITUTO DO ASFALTO (1981) adaptou uma tabela guia (figura 32) para se utilizar a partir do valor do ICP.



Fonte: INSTITUTO DO ASFALTO, 1981.

Este mesmo manual, ainda detalha a estratégia, conforme a figura 33, abaixo.

Figura 33: Detalhes da estratégia de M&R mais indicada conforme o valor de ICP.

ESTRATÉGIA	ICP	COMENTÁRIO
Reconstrução ou reciclagem em 2 anos	0 - 20	Pavimento em condição ruim a muito ruim, com trincas por fadiga e deformação permanente severas e extensas. Condição de rolamento ruim.
Reconstrução ou reciclagem em 2 a 3 anos	20 - 30	Pavimento em condição ruim, com trincas por fadiga moderadas e deformação permanente severa e extensa. Condição de rolamento ruim.
Recapeamento, reciclagem ou reconstrução em 3 a 4 anos	30 - 40	Pavimento em condição de regular a ruim, com freqüentes trincas por fadiga moderadas e extensa deformação permanente com severidade média. Condição de rolamento ruim a regular, com superfície moderadamente irregular.
Reconstrução em 4 a 5 anos ou revestimento novo, com nivelamento da superfície, em 2 anos	40 - 50	Pavimento em condição de regular a ruim, com eventuais trincas por fadiga com severidade média e freqüente deformação permanente com severidade média. Condição de rolamento regular a ruim e superfície moderadamente irregular.
Novo revestimento em 3 anos	50 - 65	Pavimento em condição regular, com eventuais trincas por fadiga e deformação permanente, ambas com severidade baixa a média. Condição de rolamento regular e superfície levemente irregular.
Novo revestimento em 3 a 5 anos	65 - 80	Pavimento em boa condição, com trincas de pequena abertura freqüentes e leve deformação permanente. Condição de rolamento boa, com algumas seções pouco irregulares.
Manutenção de rotina somente	80 - 90	Pavimento em boa condição, com trincas incipientes e leve deformação permanente. Condição de rolamento boa, com algumas seções levemente irregulares.
Não fazer nada	90 - 100	Pavimento em excelente condição, com poucas trincas. Condição de rolamento excelente, com poucas áreas apresentando ligeira distorção.

Fonte: INSTITUTO DO ASFALTO (1989) apud BERTOLLO,1997.

Em relação ao índice de prioridade para os resultados através do ICP, deve-se utilizar a equação 02:

$$IP = \frac{1}{55}$$

$$IP = 0,01818$$

Como pode-se observar a aplicação do método ICP é simples, porém demanda grandes volumes de dados, para ser mais assertiva na hora da escolha de sua aplicação.

O seu resultado recomendou uma manutenção através de recapeamento, estimando ainda, o tempo para que seja aplicado essa estratégia que ficou em três anos. E por último, esse valor de 0,018 representa o nível de prioridade em relação as outras futuras seções que venham a ser analisadas através desse método, juntamente com as mesmas condições e critérios estabelecidos.

## 7. CONCLUSÕES

O presente trabalho abordou sobre a temática de gestão de pavimentos urbanos, mostrando quais passos devem ser analisados durante a elaboração de um sistema de gerência nessa área. O estudo piloto foi todo feito dentro do bairro Pacoval na cidade de Macapá - AP, onde analisou-se 140 seções.

A primeira análise foi feita em cima da classificação funcional de cada uma dessas seções onde a maior parte das seções estava agrupada em vias coletoras. Outro ponto avaliado, foram as avaliações de serventia realizadas também em todas as vias. Dentre todos os dados levantados, esse é o que estaria mais presente na hora de elaborar critérios de escolha, de qual seção seria submetida à um levantamento com o método ICP.

Nessa etapa de avaliação de serventia observou-se que as respostas dos avaliadores estavam uniformes, ou seja, não variavam tanto. Por se tratar de uma importante etapa, o uso do SIG foi essencial ao possibilitar uma análise mais precisa e uma representação visual aprimorada dos dados. Onde pode-se perceber que a seção viária do bairro Pacoval possui apenas três seções não pavimentadas e que também existe apenas um trecho em estado péssimo, muito por conta da obra em andamento da nova ponte Sérgio Arruda.

Um elemento da pesquisa não atendeu as expectativas, que foram sobre os sistemas de drenagem existente no bairro, pois, novamente e durante o trabalho todo, com a ajuda de um novo mapa gerado a partir do SIG, deu para perceber que poucas são as seções que não contam com sistemas de drenagem, mas que também não há uma uniformidade nos tipos desses sistemas, ademais, através do levantamento in loco, observou-se sistemas antigos que muitas das vezes são utilizados incorretamente pela população, através de ligações dos esgotos doméstico.

Outro dado levantado, foram os tipos de intervenções realizadas nas vias do bairro e com auxílio do mapa de M&R, pode-se ver que na maior parte das vezes, são realizadas manutenções corretivas, mas que essas, não são somente realizadas pela prefeitura, mas também através de concessionárias de água e esgoto.

A última análise feita através da pesquisa, foi a quantidade de material utilizado na operação "tapa-buraco" no bairro, ao todo totalizaram, 1.225 toneladas de CBUQ, onde observou-se uma seção que utilizou mais de 105 toneladas, mas que também devido à falta de dados disponíveis, não foi possível determinar a quantidade de material utilizado nas maiorias das vias do bairro.

Com esses dados em mãos, a etapa final, foi elaborar critérios estratégicos que pudessem determinar em qual seção seria realizado uma nova avaliação, só que, dessa vez através do método ICP. Então foram realizadas sobreposições de dados através de mapas no SIG, onde foi possível, ver que a maior parte das vias do bairro com avaliações de serventia variando de péssimo à regular, sofreram manutenções corretiva, estabelecendo o primeiro critério. O segundo foi verificar em quais dessas seções havia histórico do quantitativo de material utilizado nelas.

Resultando na seção 90 – 93, na qual seria a primeira a passar pela avaliação do ICP, mas que servirá de exemplo para as seções restantes.

E ao realizar todos os procedimentos da última avaliação, obtiveram-se as seguintes informações: a Avenida Ceará, o trecho compreendido entre a Travessa 02 em direção a área de ressaca, encontra-se em estado regular. Recomenda-se um recapeamento completo para toda a seção, com um índice de prioridade de 0,02 em relação a outras seções em levantamentos futuros.

Espera-se que este trabalho venha enriquecer a abordagem na formulação das decisões acerca dos investimentos no setor de pavimentação do município e que também, com a utilização do SIG, o conteúdo seja compreensível para todos que não tem familiaridade com o assunto. Por ser tratar de um assunto que necessita ser retroalimentado, o trabalho serve também, como uma base promissora para futuras pesquisas e projetos.

## **8. IDEIAS PARA TRABALHOS FUTUROS**

O sistema proposto neste trabalho representa apenas uma estrutura inicial que pode ser seguida e continuamente aprimorada. Ele oferece uma base sólida para futuras melhorias e refinamentos, de modo a atender às necessidades específicas e em constante evolução na gestão de pavimentos urbanos. E ainda existem sistemas complexos que podem ser explorados, como é o caso dos sistemas de drenagens, da quantificação do tráfego existente, além da abordagem orçamentaria.

Alguns pontos que podem ser melhorados, como mencionado no trabalho, a incorporação de dados mais aprofundados em relação a drenagem local, mas também abordagens orçamentarias, quantificação do tráfego existente, entre outros.

A gestão eficaz de pavimentos é crucial para a qualidade de vida urbana e para a segurança dos usuários das vias, e o compromisso com a melhoria contínua é fundamental para garantir vias urbanas sustentáveis e seguras no futuro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Fernando Silva. **Sistema de gerência de pavimentos para departamentos de estradas do nordeste brasileiro**. 2007. 303 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

AMAPÁ, Diário do. **Câmara Municipal aprova operação de crédito para a Prefeitura de Macapá no valor de 100 milhões**. Disponível em: <https://www.diariodoamapa.com.br/cadernos/politica/camara-municipal-aprova-operacao-de-credito-para-a-prefeitura-de-macapá-no-valor-de-100-milhoes/>. Acesso em: 3 jul. 2023.

BERNUCCI, Liedi B.; MOTTA Laura M. G.; CERATTI Jorge A. P.; *et al.* **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**, V.1. Ed. Imprinta Express Gráfica, 1ª edição, Rio de Janeiro, 2008.

BERTOLLO, Sandra Aparecida Margarido. **Considerações sobre a gerência de pavimentos urbanos em nível de rede**. 1997. 211 f. Tese (Doutorado) - Curso de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1997.

BRASIL. **Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1995**. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Brasília, 1995.

BRASIL, Trata. **Ranking do Saneamento 2023**. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2023/>. Acesso em: 10 set. 2023.

CAEIRO, Sandra. **Sistemas de informação geográfica: principais conceitos**. Principais conceitos. 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.2/2816>. Acesso em: 10 set. 2023.

CAREY, W. N.; IRICK, P. E. (1960). *The Pavement Serviceability-Performance Concept*. Highway Research Board Bulletin 250, p. 40-58.

CHEN, X.; WEISSMANN, J.; DOSSEY, T.; HUDSON, W.R. (1993). *URMS: Graphical Urban Roadway Management System at Network Level*. **Transportation Research Record 1397**. TRB. National Research Council. Washington, D.C., p. 103-111.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 005/2003 - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos - Terminologia**. Rio de Janeiro: Ministério dos transportes, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT: 009/2003 - PRO - Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento**. Rio de Janeiro: Ministério dos transportes, 2003.

DNIT. **Calibração e Aferição do modelo HDM-4 para as condições da rede de rodovias do Brasil**. Brasília: Tnm, 2015. 45 slides, color.

DNIT. Manual de Gerência de Pavimentos. Publicação IPR 745. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, 2011. Disponível em: [http://ipr.dnit.gov.br/publicacoes/745\\_Manual\\_de\\_Gerencia\\_de\\_Pavimentos.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/publicacoes/745_Manual_de_Gerencia_de_Pavimentos.pdf). Acesso em: 10 de agosto de 2023.

DNIT. Manual de restauração de Pavimentos asfálticos. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2006. 313 p.

DRESCH, Fernanda. **GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS: UTILIZAÇÃO DE LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO PARA AVALIAÇÃO DAS VIAS PRINCIPAIS PAVIMENTADAS DE SANTA ROSA/RS**. 2014. 96 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2014.

DURÁN, Jorge Braulio Cossío. **Sistema de gerência de pavimentos aeroportuários: estudo de caso no aeroporto estadual de araraquara**. 2015. 204 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2015.

FAA (2006). **Airport Pavement Management Program**. Advisory Circular - AC 150/5335-5A. Federal Administration. United States Department of Transportation. Washington, DC.

FERNANDES, Jr. *Defeitos e atividades de manutenção e Reabilitação em pavimentos asfálticos*. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2006. 105 p.

HANSEN, Aline. **Aplicação de SIG em sistema de gerência de pavimentos para a cidade de maringá**. 2008. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

HASS, Ralph. Reinventing the (pavement management) wheel. **Fifth International Conference On Managing Pavements**, Seattle, p. (1-47), 11, 2001. Disponível em: <https://asphalt.org/downloads/Haaslecture.pdf>. Acesso em: 10 de agosto de 2023.

HASS, R. HUDSON, W. RR. (1978). **Pavement Management System**. McGraw-Hill. New York, NY.

INSTITUTO DO ASFALTO (1981). *A Pavement Rating System for Low-Volume Asphalt Roads*. IS-169.

INSTITUTO DO ASFALTO (1989). *The Asphalt Handbook*. MS-4.

MASCARÓ, J. L. *Desenho Urbano e Custos de Urbanização*. Brasília, DF. MHU-SAM, 1987.

MILLER, John. *Distress identification manual: for the Long-Term Pavement Performance Program*. Virginia: U.S. Department of Transportation, 2014. 142 p.

MORAIS, Carlos André da Silva. **UMA PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO, MANUTENÇÃO E RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS DAS VIAS URBANAS**. 2005. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2005.

NUNES, Diego Frinhani. **Procedimento para Análise de Sensibilidade do Programa HDM-4**. 2012. 220 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2012.

PÁEZ, Edgar Misael Arévalo. **Índice de condição do pavimento (ICP) para aplicação em sistemas de gerência de pavimentos urbanos**. 2015. 151 f.

Dissertação (Mestrado) - Curso de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2015.

SHOJI, Eunice Satie. **Desenvolvimento de um programa de sistema de gerência de pavimentos urbanos para cidades brasileira de médio porte**. 2000. 192 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2000.

SILVA, Camila Pereira. **Desenvolvimento de um sistema de gerência de pavimentos aplicado ao campus I da universidade federal da Paraíba**. 2018. 86 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

SOUZA, Talmo Cunha de. **Avaliação objetiva de pavimentos flexíveis pelo método do ICP/SHRP: estudo de caso, bairro de batista campos em belém-pa**. 2021. 86 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2021.

ZANCHETTA, Fábio. **Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos: Avaliação de Campo, modelo de desempenho e análise econômica**. 2017. 234 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2017.

ZHANG, Z.; AKI, F.; HUDSON, W. R. **Developing an integrated management system for the urban transportation infrastructure**. University of Texas at Austin. Austin, EUA.

## APÊNDICE A – FOTOS DOS DEFEITOS PERTINENTES, NA SEÇÃO AVALIADA PELO MÉTODO ICP.

Foto 1 - Agregado Polido, trilha de roda.



Fonte: Autoral.

Figura 2: Trincas de fadiga, Trilhas de Roda, Remendos, Agregados Polidos.



Fonte: Autoral.

Figura 3: Exsudação, Trincas Longitudinais, Remendos, Agregados Polidos, Exsudação.



Fonte: Autoral.

Figura 4: Trincas de blocos, Trincas Longitudinais, Remendos, Exsudação



Fonte: Autoral.

Figura 5: Panela, Trincas Longitudinais, Trilha de Roda, Exsudação, Agregados Polidos.



Fonte: Autoral.

Figura 6: Remendo, Trincas Longitudinais, Desgaste.



Fonte: Autoral.

Figura 7: Bombeamento, remendos, agregados polidos.



Fonte: Autoral.

Figura 8: Remendos, Trincas de fadiga, Trincas de bloco, corrugações.



Fonte: Autoral.

Figura 9: Trincas Longitudinais, Remendos, Corrugações, Trincas de bloco.



Fonte: Autoral.

Figura 10: Trincas Transversais, Trincas Longitudinais, Trincas de fadiga, Remendo, Agregado Polido, Corrugações.



Fonte: Autoral.

Figura 11: Remendos, Agregados Polidos, Trincas de fadiga.



Fonte: Autoral.

Figura 12: Painéis, Trincas de fadiga, Trincas Longitudinais, Remendos, Agregados Polidos.



Fonte: Autoral.

Figura 13: Trincas Longitudinais, Remendos, Corrugação, Agregados Polidos.



Fonte: Autoral.

Figura 14: Remendos, Corrugação, Agregados Polidos, Desgaste.



Fonte: Autoral.

Figura 15: Corrugação, Remendos, Trilha de Roda, Agregados Polidos.



Fonte: Autoral.

Figura 16: Trincas Longitudinais, Remendos, Agregados Polidos, Corrugações, Desgaste.



Fonte: Autoral.

Figura 17: Agregado Polidos.



Fonte: Autoral.

Figura 18: Remendo, Agregado Polido.



Fonte: Autoral.

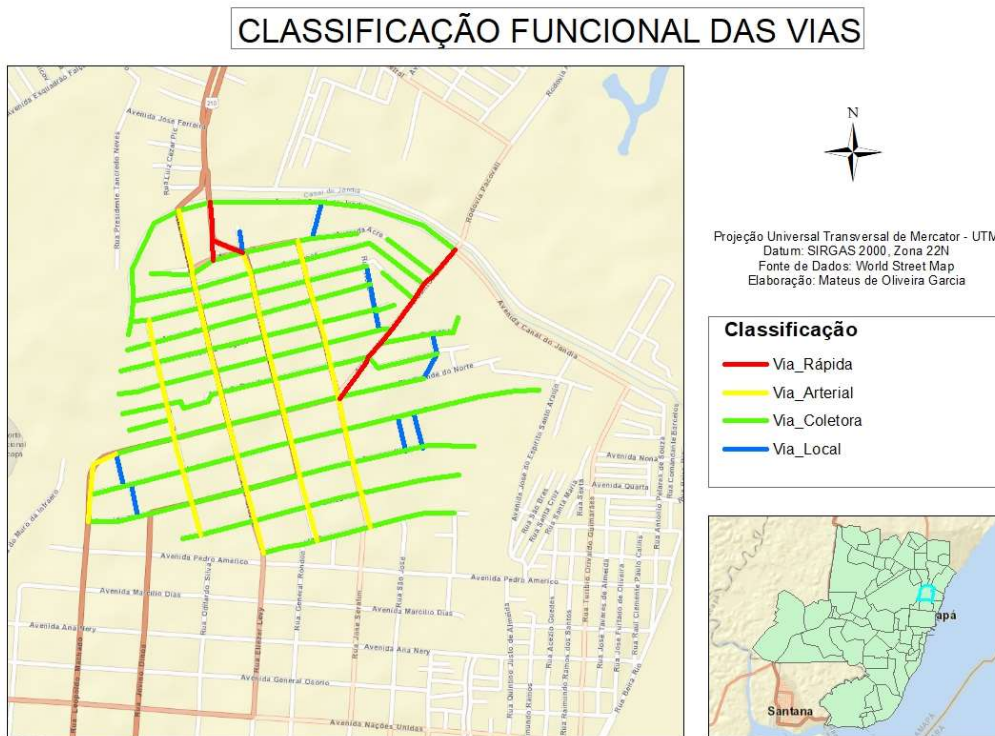
## APÊNDICE B – FIGURAS DESENVOLVIDAS UTILIZANDO O ARCGIS

Figura 34: Demarcação dos pontos no bairro Pacoval, na cidade de Macapá - AP.



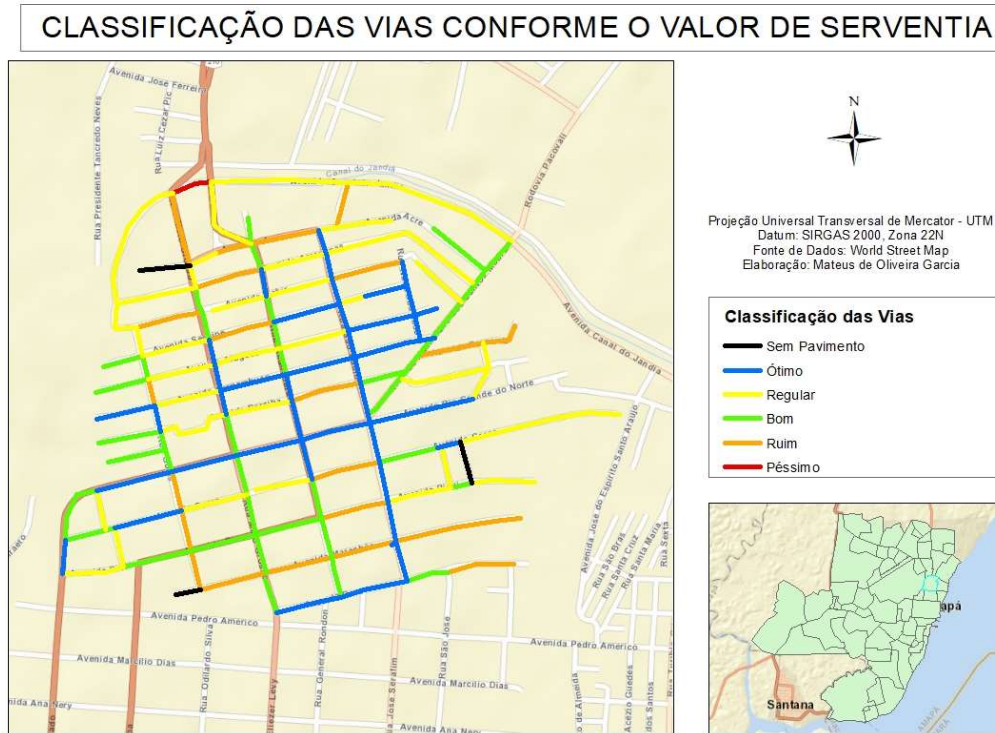
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 35: Classificação funcional das vias.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 36: Classificação funcional das vias.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 37: Sistemas de drenagem existentes nas vias.



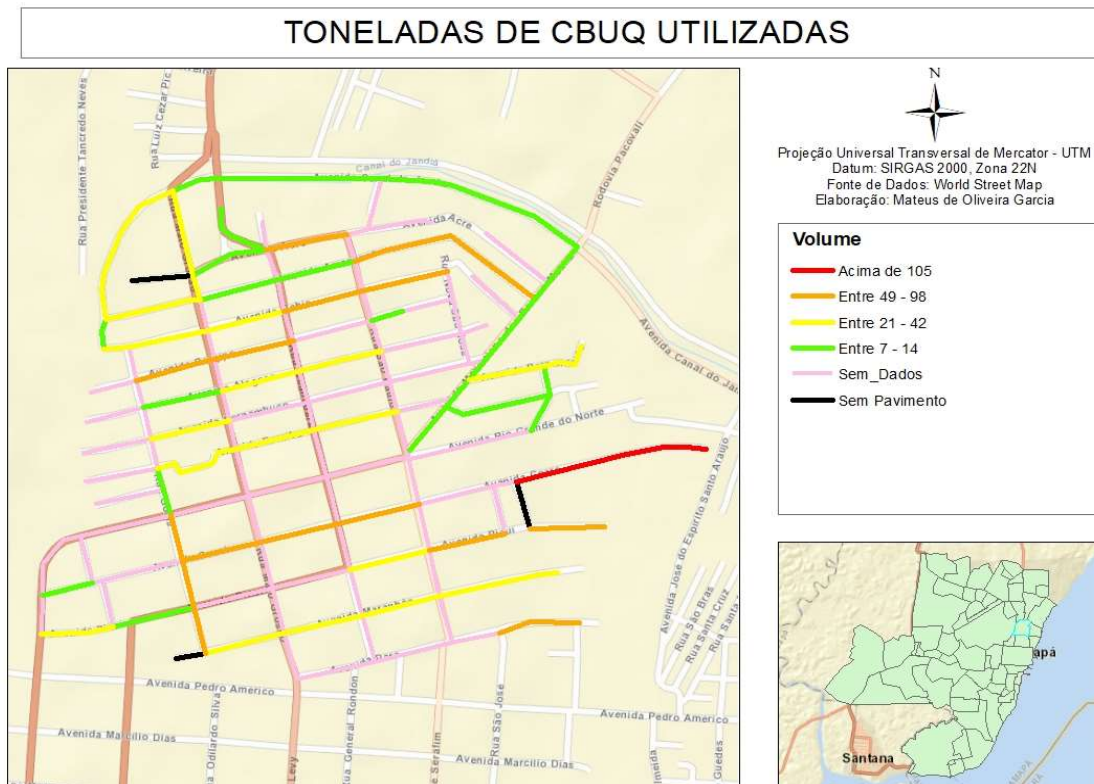
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 38: M&R realizadas nas vias.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 39: M&R realizadas nas vias.

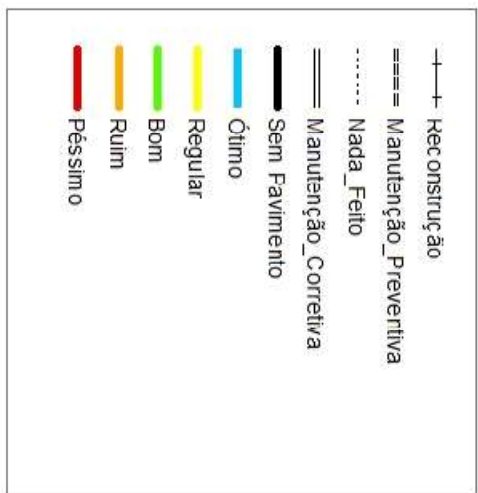


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 40: Sobreposição dos dados de M&R sobre a classificação de serventia.



M&R X CLASSIFICAÇÃO DE SERVENTIA



Projeção Universal Transversal de Mercator - UTM  
 Datum: SIRGAS 2000, Zona 22N  
 Fonte de Dados: World Street Map  
 Elaboração: Mateus de Oliveira Garcia

Figura 41: Quantidade de material utilizado x Manutenção corretiva.



MANUTENÇÃO VERSUS QUANTIDADE DE MATERIAL (T)



Projeção Universal Transversal de Mercator - UTM  
 Datum: SIRGAS 2000, Zona 22N  
 Fonte de Dados: World Street Map  
 Elaboração: Mateus de Oliveira Garcia  
**VOLUME**

- Manutenção\_Corretiva
- Acima de 105
- Entre 49 - 98
- Entre 21 - 42
- Entre 7 - 14
- Sem\_Dados
- Sem Pavimento



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

