



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE CARAÚBAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FELIPE AUGUSTO DANTAS DE OLIVEIRA

DESENVOLVIMENTO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO
DAS VIAS DA CIDADE DE CARAÚBAS/RN

CARAÚBAS - RN
2018

FELIPE AUGUSTO DANTAS DE OLIVEIRA

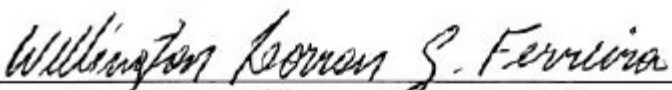
**DESENVOLVIMENTO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO
DAS VIAS DE CARAÚBAS/RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia civil da Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
como requisito parcial para obtenção do título
de Engenheiro civil.

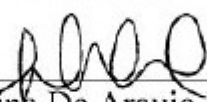
Orientador (a): Ms. Wellington Lorrان Gaia
Ferreira.

APROVADO EM: 17 / 04 / 2018

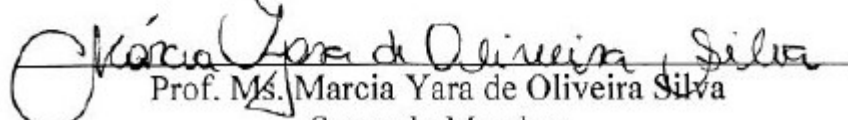
BANCA EXAMINADORA



Prof. Ms. Wellington Lorrان Gaia Ferreira
Presidente



Prof. Ms. Leonete Cristina De Araujo Ferreira Medeiros Silva
Primeiro Membro



Prof. Ms. Marcia Yara de Oliveira Silva
Segundo Membro

CARAÚBAS - RN
2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

0048d Oliveira, Felipe Augusto Dantas de.
Desenvolvimento de um plano de manutenção e
reabilitação das vias da cidade de Caraúbas/RN /
Felipe Augusto Dantas de Oliveira. - 2018.
79 f. : il.

Orientador: Wellington Lorrán Gaia Ferreira.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2018.

1. gerência de pavimentos. 2. pavimentos
urbanos. 3. manutenção. 4. índice de prioridade. I.
Ferreira, Wellington Lorrán Gaia , orient. II.
Título.

À minha mãe, Elisângela Cardoso, por todo seu carinho, amor, atenção, dedicação e incentivo dados em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Àquele Deus maior que todos os homens, que sempre abriu meus olhos para as adversidades que surgem, me ensinando a vencer obstáculos e aceitar minha própria condição e natureza humana.

À minha mãe, Elisângela Cardoso, por ser essa guerreira que, mesmo sozinha, durante quase toda minha vida até o presente dia, foi capaz de me dar a melhor formação ao seu alcance, seja pessoal ou acadêmica.

Aos meus avós, em especial os maternos, Ivonete Soares (*in memorian*) e Maria Valdetrudes, que sempre estiveram ao meu lado nos meus momentos mais difíceis.

As outras pessoas que compõem minha família, meu irmão Lisandro Luis, meu pai José Dantas, meus primos, meus tios, meus avós paternos.

À Jéssica Milenna, por toda amizade, companheirismo, carinho e atenção, me ajudando nos momentos de dificuldade que acometeram a realização do presente trabalho.

Ao meu orientador e amigo Wellington Lorrán, com quem tive a honra e orgulho de trabalhar. Agradeço não só pela paciência, dedicação e confiança a mim depositada, mas por todos os conselhos sinceros, que muito me ensinaram profissionalmente e pessoalmente.

Aos meus amigos, Esdras Antônio, Icaro Leonnard e Francisco Sales, que sempre estão ao meu lado não só na faculdade como também na vida, além do auxílio na obtenção do resíduo plástico.

A todos os amigos, colegas e parceiros de caminhada, pela ajuda em reduzir o peso da vivência universitária, em especial Aline, Gabriel, Ilg, Mara, Myrelle, Thayse, pelo maior contato em todos esses anos de graduação. Agradeço pelo conhecimento compartilhado, horas de sono sacrificadas e companheirismo.

À todas aquelas pessoas que mesmo não citando, contribuíram significativamente na minha formação pessoal e profissional.

“Deixem que o futuro diga a verdade e avalie cada um de acordo com o seu trabalho e realizações. O presente pertence a eles, mas o futuro pelo qual eu sempre trabalhei pertence a mim.”

(Nikola Tesla)

RESUMO

Uma das principais etapas para o bom desempenho de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU) corresponde na obtenção de dados com informações suficientes para caracterizar o estado superficial das vias avaliadas. A partir da caracterização do atual estado da malha viária, é possível hierarquizar as vias prioritárias que devem ser atendidas com relação aos processos de manutenção e reabilitação, auxiliando a administração no processo tomada de decisões, a fim de direcionar os recursos públicos de forma mais eficaz, garantindo a melhor relação custo versus benefício. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo utilizar *softwares* e ferramentas gratuitas para se desenvolver um plano de manutenção e reabilitação das vias com revestimento asfáltico da cidade de Caraúbas/RN. Dos 72km de vias da cidade de Caraúbas, aproximadamente 11km são constituídos por vias com pavimento asfáltico. De forma amostral (10% da extensão total), trechos representativos de cada via pavimentada foram escolhidos para a avaliação de sua condição superficial, utilizando-se dos parâmetros IGG (Índice de Gravidade Global), IES (Índice de Estado da Superfície) e IRI (Índice de Irregularidade Longitudinal). Logo em seguida, foi possível se determinar o tipo de manutenção e reabilitação para cada via avaliada a partir do nível de funcionalidade dos trechos avaliados, além de se gerar uma árvore de escolha para seleção da alternativa de manutenção ou reabilitação. Por último, desenvolveu-se um método de hierarquização das vias prioritárias em relação aos trechos com maior e menor necessidade de manutenção, levando-se em consideração as características técnicas, econômicas e de tráfego para cada trecho, para destacar os trechos mais e os menos críticos, servindo de auxílio para tomada de decisões das autoridades competentes. De modo geral, observou-se que com auxílio dos métodos objetivos aqui desenvolvidos foi possível se determinar a alternativa de manutenção ou reabilitação para todos os trechos avaliados, bem como classificá-las em trechos mais e menos críticos, além de se estimar o custo em unidade de quilômetro (km) para cada uma delas.

Palavras-chave: gerência de pavimentos, pavimentos urbanos, manutenção, índice de prioridade.

ABSTRACT

One of the main steps for the good performance of an Pavement Management System for Urban Road (PMSUR) is to obtain data with sufficient information to characterize the surface condition of the roads evaluated. Based on the characterization of the current state of the road network, it is possible to prioritize the priority pathways that must be met in relation to the maintenance and rehabilitation processes, assisting the administration in the decision making process, in order to direct public resources more effectively, ensuring the best cost-benefit ratio. Thus, the present work aims to use free software and tools to develop a maintenance and rehabilitation plan for the asphalt roadways in the city of Caraúbas/RN. Approximately 11km of the 72 km are constituted by roads with asphaltic pavement. In a sample form (10% of the total extension), representative sections of each paved road were chosen for the evaluation of its surface condition, using the IGG (Global Severity Index), IES (Surface State Index) and IRI (Longitudinal Irregularity Index). Soon after, it was possible to determine the type of maintenance and rehabilitation for each route evaluated from the level of functionality of the evaluated sections, in addition to generating a tree of choice to select the alternative of maintenance or rehabilitation. Finally, a method of hierarchizing priority routes was developed in relation to the sections with greater and lesser need for maintenance, taking into account the technical, economic and traffic characteristics for each stretch, to highlight the most and least stretches critical decision-making, serving as decision-making aid for the competent authorities. In general, it was observed that with the help of the objective methods developed here it was possible to determine the maintenance or rehabilitation alternative for all the evaluated sections, as well as to classify them in more and less critical stretches, besides estimating the cost in (km) for each of them.

Key words: pavement management, urban pavements, maintenance, priority index

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema das camadas do pavimento	15
Figura 2 – Classificação viária e hierarquização funcional	18
Figura 3 – Estruturação de um sistema de gerência de pavimentos	23
Figura 4 – Estações inventariadas pelo método do IGG em via de pista simples (metros).....	25
Figura 5 – Perfis longitudinal e transversal de um pavimento	30
Figura 6 – Faixas de IRI representadas pelas diferentes classes de rodovias.....	31
Figura 7 – Etapas da execução do projeto	38
Figura 8 – Ilustração da distribuição das vias e dos bairros da cidade de Caraúbas/RN.....	40
Figura 9 – Detalhe dos trechos asfaltados avaliados	42
Figura 10 – Detalhe da demarcação do eixos de uma das estações da RN 233	43
Figura 11 – Defeitos catalogados sendo adicionados pelo aplicativo Google My Maps	46
Figura 12 – Smartphone fixado no painel do carro com o suporte do tipo magnético.....	47
Figura 13 – Fluxograma referente a hierarquização dos defeitos.....	49
Figura 14 – Esquema de transporte e suas respectivas distâncias	52
Figura 15 – Fotos de cada trecho avaliado	57
Figura 16 – <i>BoxPlot</i> dos trechos avaliados.....	59
Figura 17 – Ilustração com a priorização dos trechos avaliados	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vias avaliadas e suas extensões	41
Tabela 2 – Classificação funcional das vias a partir do volume de tráfego.....	50
Tabela 3 – Notas do método para o critério de maior tráfego	51
Tabela 4 – Notas do método para o critério de maior quantidade de defeitos	51
Tabela 5 – Composição do CBUQ adotada no orçamento	53
Tabela 6 – Notas do método para o critério de maior custo	53
Tabela 7 – Fatores de ponderação para os três critérios	54
Tabela 8 – Exemplo de cálculo com uma via fantasia	54
Tabela 9 – Cálculo do IP para o “Trecho A”.....	54
Tabela 10 – Comprimento total de todas as vias da cidade de Caraúbas/RN	55
Tabela 11 – Classificação das vias segundo a contagem de veículos estimada	55
Tabela 12 – Resultado da avaliação do IGG e sua nota de priorização.....	56
Tabela 13 – Resultado da avaliação do LVC	58
Tabela 14 – Alternativa de manutenção para cada trecho avaliado	60
Tabela 15 – Trechos avaliados com seus respectivos IGG, custo e tráfego.....	61
Tabela 16 – Hierarquização dos trechos.....	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais problemas relacionados com a manutenção rodoviária.....	19
Quadro 2 – Exemplo dos principais defeitos dos pavimentos asfálticos.....	21
Quadro 3 – Frequência de defeitos do método do LVC.....	27
Quadro 4 – Conceitos do ICPF do método do LVC.....	27
Quadro 5 – Determinação do índice de gravidade para o método LVC.....	28
Quadro 6 – Pesos para o cálculo do IGGE	28
Quadro 7 – Índice do Estado da Superfície do Pavimento – IES	28
Quadro 8 – Ações consideradas nas análises de estratégias de manutenção.....	33
Quadro 9 – Atividades de manutenção e reabilitação	34
Quadro 10 – Catálogo de soluções para rodovias em CBUQ	35
Quadro 11 – Exemplo de roteiro de cálculo do IGG para um segmento	44
Quadro 12 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG	45
Quadro 13 – Catálogo de soluções para rodovias em CBUQ	49
Quadro 14 – Codificação e classificação dos defeitos	70
Quadro 15 – Codificação e classificação de outros defeitos	71

LISTA DE SÍMBOLOS

CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado à Quente
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
Dadm	Deflexão Admissível
Dc	Deflexão Característica
DERBA	Departamento de Infraestrutura de Transportes da Bahia
FC	Classe da Via
FE	Fator Estrutural
FS	Fresagem
GPS	<i>Global Positioning System</i>
Hn	Camada de CBUQ com espessura “n”
ICPF	Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis
IES	Índice do Estado de Superfície do Pavimento
IGG	Índice de Gravidade Global
IGGE	Índice de Gravidade Global Expedito
IGI	Índice de Gravidade Individual
IP	Índice de Prioridade
IRI	Índice de Irregularidade Internacional
LA	Lama Asfáltica
LVC	Levantamento Visual Contínuo
MF	Tipo de Manutenção do Pavimento
MI	Microrrevestimento Asfáltico
MR	Manutenção Rotineira
REC	Reconstrução do revestimento
REP	Reperfilagem do revestimento
SEINFRA	Secretaria de Estado da Infraestrutura do estado do Ceará
SGP	Sistema de Gerência de Pavimentos
SGPU	Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos
SICRO	Sistema de Custos Referenciais de Obras
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TF	Fator Tráfego
TR	Tipo de Tráfego
TSD	Tratamento Superficial Duplo
VDM	Volume Diário Médio de Tráfego

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. OBJETIVOS	14
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1. PAVIMENTOS	15
2.3. MALHA VIÁRIA	16
2.3.1. Classificação funcional das vias.....	17
2.3.2. Principais defeitos existentes na malha viária.....	18
2.4. GERÊNCIA DE PAVIMENTOS.....	22
2.4.1. Avaliação dos pavimentos.....	23
2.5. AVALIAÇÃO FUNCIONAL	24
2.4.1. Índice de Gravidade Global (IGG)	24
2.4.2. Levantamento visual contínuo (LVC).....	25
2.4.3. Índice de Irregularidade Global (IRI).....	28
2.6. ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO.....	32
2.6.1. Escolha das alternativas de manutenção	35
2.6.2. Modelos de priorização	36
3. METODOLOGIA.....	38
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	38
3.2. ESCOLHA DAS VIAS A SEREM AVALIADAS	41
3.3. LEVANTAMENTOS DE CAMPO	42
3.3.1. Índice de Gravidade Global – IGG.....	43
3.3.2. Levantamento Visual Contínuo – LVC	45
3.3.3. Irregularidade Longitudinal Internacional – IRI.....	47
3.4. ESCOLHA DA ALTERNATIVA DE MANUTENÇÃO	48
3.5. HIERARQUIZAÇÃO DOS DEFEITOS	49
3.5.1. Critério de Maior Tráfego	50
3.5.2. Critério de Maior Quantidade de Defeitos.....	51
3.5.3. Critério de Menor Custo.....	52
3.6. PRIORIZAÇÃO DOS TRECHOS CRÍTICOS.....	53
3.6.1. Exemplo de cálculo.....	54
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	55
4.1. BALANÇO GERAL DAS VIAS DE CARAÚBAS/RN	55
4.2. CLASSIFICAÇÃO FUNCIONAL	55
4.3. RESULTADO DOS LEVANTAMENTOS DE CAMPO.....	56
4.3.1. Índice de Gravidade Global – IGG.....	56
4.3.2. Levantamento Visual Contínuo – LVC	58
4.3.3. Irregularidade Longitudinal Internacional – IRI.....	59
4.4. ESCOLHA DA ALTERNATIVA DE MANUTENÇÃO	60
4.5. HIERARQUIZAÇÃO DOS TRECHOS CRÍTICOS	61
5. CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS.....	66
ANEXOS.....	70

1. INTRODUÇÃO

O sistema de gerenciamento de pavimentos (SGP) configura-se com uma importante ferramenta de auxílio para a administração e tomada de decisões, a fim de direcionar os recursos públicos de forma mais eficaz, garantindo a melhor relação custo *versus* benefício. Nesse quesito, estudos e técnicas têm sido desenvolvidos para a avaliação superficial de pavimentos asfálticos em rodovias, auxiliando os órgãos competentes na tomada de decisões quanto às vias/rodovias prioritárias que serão contempladas no programa de manutenção, para que os recursos já escassos sejam melhor aproveitados (APS, BALBO e SEVERI, 1998).

Qualquer sistema de gerenciamento necessita de dados a fim de se conhecer o estado ou a situação do objeto que se está gerindo. Sendo assim, o SGP necessita de uma grande quantidade de dados precisos sobre os pavimentos a serem gerenciados, visto que a precisão da estimativa do desempenho futuro do pavimento, além dos planos de conservação e manutenção, está vinculada a confiabilidade dos resultados obtidos na etapa de avaliação.

Segundo Nóbrega (2003), o objetivo principal da avaliação de pavimentos está ligado a determinação das condições que o pavimento oferece aos usuários das vias, no que diz respeito à qualidade do serviço prestado. Dessa forma, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) preconiza várias normas com o intuito de avaliar superficialmente as rodovias. Estas normas, mesmo que dispendiosas e aplicáveis principalmente para vias rurais, caracterizam-se por serem as mais utilizadas na gerência de pavimentos, mesmo em vias urbanas.

Atualmente, existem metodologias já consolidadas no meio técnico com o intuito de se avaliar a condição superficial de pavimentos. Alguns destes, como o método do Índice de Gravidade Global (IGG) preconizado pela normativa DNIT 006/2003-PRO, são voltados para avaliação de pavimentos rodoviários flexíveis e semirrígidos de zonas rurais. Outros, como o bastante difundido Valor de Serventia Atual (VSA), da normativa DNIT 009/2003-PRO, analisam apenas o estado superficial subjetivamente, o que pode variar de técnico para técnico.

A necessidade de reconstrução do pavimento em vários pontos devido a abertura de valas (visto a existência das redes de água, esgoto, etc.), juntamente com o tipo de solicitação diferenciada relacionado a uma pequena parcela de veículos pesados, além de uma velocidade de operação baixa, são alguns dos fatores que caracterizam e distinguem os pavimentos urbanos dos pavimentos rurais. Outro tipo de solicitação exclusiva dos pavimentos urbanos é a concentração de acelerações e frenagens nas interseções, caracterizando um fluxo

descontinuado de movimento, que acabam por fadigar o pavimento urbano (FERNANDES JR., 1997).

A atual e crescente demanda dos pavimentos urbanos reflete na mudança de postura dos administradores públicos referente a gerência dos pavimentos que, por sua vez, reflete nos estudos e pesquisas de diversos autores no decorrer dos últimos anos, que vão de métodos a sistemas de gerência de pavimentos, como por exemplo os trabalhos de Bertollo (1997), Fernandes Jr (2001) e Zanchetta (2017).

No Brasil, o sistema gerência de pavimentos urbanos (SGPU) é desenvolvido principalmente em cidades de grande porte, que contam com programas de construção e conservação de pavimentos e que, por sua vez, selecionam ruas para as atividades de manutenção e reabilitação. Já em cidades com menos de 100 mil habitantes que, segundo o IPEA (2008), podem ser consideradas de pequeno porte, as fases de planejamento, dimensionamento e execução das estruturas de pavimento geralmente não recebem sua devida atenção, gerando elevado e precoce grau de deterioração, acarretando na redução da sua vida útil e no aumento dos custos de manutenção e reabilitação (BERTOLLO, 1997).

Desse modo, surge a importância de se realizar atividades de manutenção ou reabilitação dos pavimentos regulares, evitando-se o aumento do custo em medidas corretivas futuras. Entra, dessa forma, o papel do engenheiro no quesito de se avaliar as melhores alternativas, bem como a estimativa de custo e, não obstante, a hierarquização dos trechos em mais críticos e menos críticos, garantindo a forma mais eficaz no direcionamento dos custos pelos órgãos gestores.

1.1. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um plano de manutenção e reabilitação das vias com revestimento asfáltico da cidade de Caraúbas/RN, tendo os seguintes objetivos específicos:

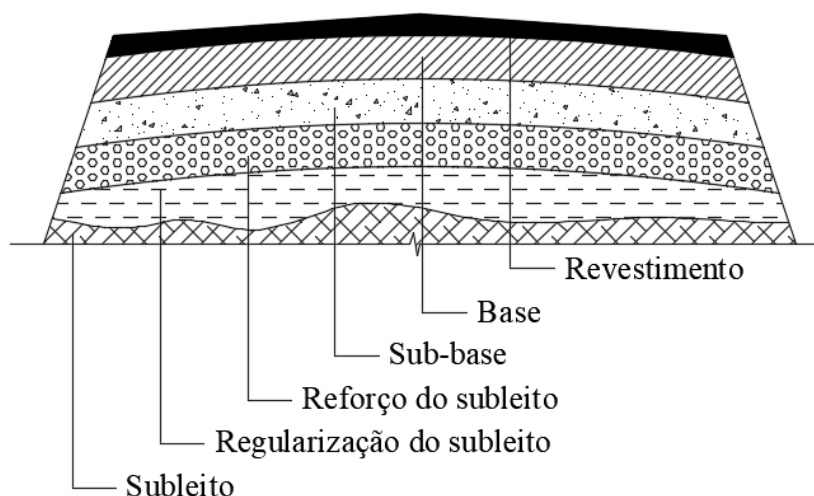
- Caracterizar o estado atual das vias com revestimento asfáltico da cidade de Caraúbas/RN;
- Propor estratégias de manutenção para todos os trechos avaliados;
- Fazer uma previsão orçamentária do custo das alternativas de manutenção e reabilitação;
- Desenvolver um método de priorização levando em consideração o custo, tráfego e estado superficial das vias.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. PAVIMENTOS

O Manual de Pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura dos Transportes (DNIT), define o pavimento de uma rodovia como sendo a superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um terreno de fundação (considerado teoricamente como infinito), o qual é designado de subleito (DNIT, 2006).

Figura 1 – Esquema das camadas do pavimento



Elaboração: autor.

Ainda segundo o Manual de Pavimentação, o pavimento é subdividido em camadas, as quais são definidas abaixo e exibidas na Figura 1.

- a) Subleito – terreno de fundação do pavimento, isto é, o solo;
- b) regularização – camada posta sobre o subleito, com o intuito de conformá-lo transversal e longitudinalmente de acordo com as especificações do projeto; dessa forma, a regularização não constitui propriamente uma camada do pavimento, podendo ser apenas uma operação de corte de um leito implantado;
- c) reforço do subleito – camada com espessura constante, economicamente posta sob a regularização, com características técnicas inferiores ao material usado na camada de sub-base, porém melhores que o material do subleito;
- d) sub-base – “camada complementar à base, quando por circunstâncias técnico-econômicas não for aconselhável construir a base diretamente sobre regularização”;
- e) base – “camada destinada a resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual se constrói o revestimento”;

- f) Revestimento – “é a camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos e destinada a melhorá-la, quanto à comodidade e segurança e a resistir ao desgaste”.

Dessa forma, todas essas camadas juntas possuem função de resistir e distribuir ao subleito as tensões verticais geradas pela ação do tráfego, melhorar as condições de rolamento no que se refere à comodidade e segurança dos seus usuários e resistir aos esforços horizontais que nele atuam, no sentido de proporcionar maior durabilidade à superfície de rolamento (NÓBREGA, 2003). Devido as diferentes aplicações dessas camadas, com seus diferentes materiais, torna-se possível construir diferentes tipos de pavimento, com sua distinta classificação. Em outras palavras, os pavimentos podem ser divididos da seguinte forma:

- a) Pavimentos flexíveis: de acordo com DNIT (2006), os pavimentos flexíveis possuem as características de que “todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas”, como ocorre em pavimentos constituídos por uma base de brita graduada simples (BGS) revestido por uma camada de concreto betuminoso usinado à quente (CBUQ).
- b) Pavimentos rígidos: diferentemente dos pavimentos flexíveis, estes possuem um revestimento com uma elevada rigidez em relação às camadas subjacentes, absorvendo, portanto, praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado; isto ocorre em pavimentos que são construídos com blocos (ou lajes) de concreto de cimento Portland.
- c) Pavimentos semirrígidos: de acordo com o DNIT (2006), os pavimentos semirrígidos caracterizam-se por possuírem uma “base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica”.

2.3. MALHA VIÁRIA

Dentre várias outras partes que constituem a infraestrutura de uma cidade - seja ela de pequeno, médio ou grande porte -, a malha urbana é, sem sombra de dúvidas, imprescindível para o seu desenvolvimento, proporcionando o transporte de mercadorias, o fornecimento de serviços e o transporte de pessoas e cargas (SUCUPIRA, 2006).

Dessa forma, percebe-se que diferentes vias podem ter diferentes fins, seja exclusivamente para transporte de cargas ou de pessoas, dentre outros, assim como citado acima. Logo, a divisão da malha viária urbana de uma cidade ocorre de acordo com a função que a via exerce, estando relacionada às suas características, seja pela capacidade de fluxo de veículos; pela localização na malha urbana; e sua importância, social ou econômica, para a região.

2.3.1. Classificação funcional das vias

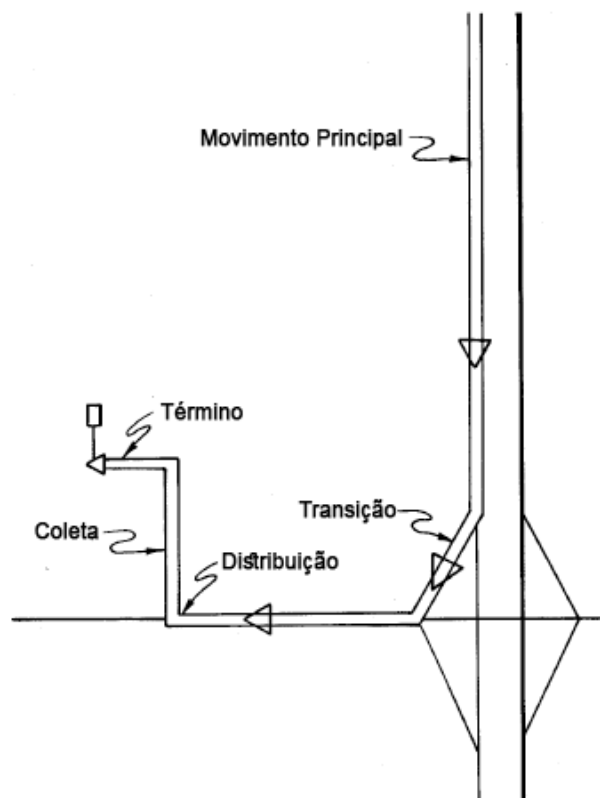
Sampedro e Campos (2006) explicam que a classificação funcional das vias é o agrupamento objetivo das ruas em um sistema integrado, sendo categorizadas de acordo com sua importância para a localidade, seu uso e a ocupação do solo. Desse modo, considera-se que existe uma forte dependência entre a função de cada via e suas características físicas e operacionais.

No geral, a AASHTO (2011) fornece um *design* completo de um sistema funcional que detalham uma série de deslocamentos distintos, divididos em cinco estágios: o movimento principal, transição, distribuição, coleta e término.

Pela visão da AASHTO (2011), um veículo, ao se aproximar de um dos acessos da rodovia expressa, reduz sua velocidade nas rampas que atuam como estradas de transição. Este veículo então entra em uma via arterial de velocidade moderada que o aproxima da vizinhança do seu bairro (destino final). Logo em seguida, o veículo segue pela via coletora que adentra o bairro. Por último, o veículo finalmente acessa diretamente sua residência pela via de acesso local (ou via local).

Já pela visão do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), uma via de trânsito rápido é uma via caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções e travessias de pedestres em nível em nível e sem acessibilidade direta aos lotes limítrofes; uma via arterial possui interseções em nível (controladas por semáforo), possibilitando o trânsito entre regiões da cidade devido a sua acessibilidade aos lotes limítrofes e às vias secundárias e locais; já uma via coletora possibilita o trânsito entre regiões da cidade, além de possuir o intuito de coletar e distribuir o trânsito das vias de trânsito rápido ou arteriais; por último, a via local é caracterizada por interseções em nível não semaforizadas, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas (BRASIL, 1997). A Figura 2 exibe um esquema representando a classificação viária e hierarquização funcional.

Figura 2 – Classificação viária e hierarquização funcional



Fonte: AASHTO, 2011. Adaptação: autor.

Dessa forma, como a hierarquia do deslocamento é baseada no volume total de tráfego, a classificação da rodovia expressa é geralmente mais alta na hierarquia do movimento, seguida da via arterial, que por sua vez é maior do que vias coletoras e vias locais (AASHTO, 2011).

2.3.2. Principais defeitos existentes na malha viária

Como qualquer material utilizado na construção civil, um material que seja utilizado na pavimentação apresenta, em toda sua vida útil, algum tipo de degradação, que pode ser provocada por diferentes fatores: seja via solicitação do tráfego de veículos ou ainda pelo clima local (BERTOLLO, 1997 *apud* SUCUPIRA, 2016).

Essas deteriorações ocasionadas via fatores climáticos ou de tráfego ocasionam diferentes formas de defeitos na superfície do pavimento que, por consequência, diminuem o grau de serventia da via, causando desconforto dos utilizadores.

Autoridades e pesquisadores especializados na área possuem diferentes definições sobre defeitos na superfície de pavimentos. A AUSTROADS, associação das autoridades responsável pelo setor de transportes da Austrália e Nova Zelândia, definem defeito como “qualquer evidência visível de falhas ou discontinuidades na superfície de rolamento da estrada que afeta

a sua capacidade estrutural, aparência ou a qualidade de movimento dos veículos” (NUNES, 2003).

Nunes (2003) na dissertação submetida ao Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará define defeito como “qualquer alteração na superfície da estrada que influencie negativamente as suas condições de rolamento”; a dificuldade que este defeito impõe ao tráfego está relacionado à sua severidade.

Já de acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), os principais problemas relacionados com a manutenção rodoviária podem ser subdivididos em dois: degradações/defeitos superficiais e deformações em perfil, como pode ser visto no Quadro 1.

Quadro 1 – Principais problemas relacionados com a manutenção rodoviária

Degradações/Defeitos Superficiais	Deformações em perfil
Fissuração ou fendilhamento (trincas)	Trilha de roda
Panelas	Afundamento
Mancha de água	Afundamento localizado
Bombeamento de água	Refluimento lateral
Bombeamento de água com finos	Escorregamento do revestimento
Espelhamento	Ondulação
Desgaste	Corrugação
Polimento de agregados	Depressão
Peladas	Estufamento
Desintegração	-
Descolamento de ligante	-
Falta de aderência pneu-pavimento	-
Estriamento	-

Fonte: DNIT, 2006. Adaptação: autor.

O manual de pavimentação ainda subdivide a fissuração ou fendilhamento em fissuras incipientes, trincas interligadas (couro de jacaré), nas trilhas de roda, longitudinais (na borda ou no eixo do pavimento), isoladas transversais, em blocos, parabólicas de escorregamento e, por último, trincas de reflexão (DNIT, 2006).

A norma do DNIT 005/2003 – Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos (terminologia) ainda define os termos técnicos que devem ser empregados em defeitos que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semirrígidos, como pode ser visto no Quadro 14 e Quadro 15 do Anexo I. Danieleski (2004), através da pesquisa de opinião, identificou sob a ótica do usuário a ordem de importância dos defeitos de revestimento asfáltico e calçamentos,

considerando o conforto, segurança e custo de operação. Foi constatado que os defeitos mais prejudiciais foram panela, desnivelamento de tampa de poço de visita e afundamento com solevamento lateral.

Além disso, o método do IGG regido pela norma DNIT 006/2003-PRO, considera fatores de ponderação com defeitos mais importantes e menos importantes para seu cálculo. Os defeitos mais relevantes recebem fatores de ponderação próximos de 1 (um), enquanto para os menos relevantes é atribuído fatores próximos a 0 (zero). Sendo assim, a norma considera que os principais defeitos são panela, ondulações e escorregamento, seguidos pelos afundamentos plásticos (ALP e ATP) e pelas trincas em bloco com erosões (DNIT, 2003).

A seguir é feita a listagem dos principais defeitos, suas definições e os termos técnicos empregados, definidos pela norma DNIT 005/2003-TER. Juntamente de suas definições, serão apresentadas fotografias para cada defeito (DNIT, 2003).

Quadro 2 – Exemplo dos principais defeitos dos pavimentos asfálticos

	Figura	Nome	Descrição
(a)		Panela/Buraco	Cavidade de tamanhos variados que se formam no revestimento por diversas causas, podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas
(b)		Afundamento local/trilha de roda	Deformações permanentes que são caracterizadas por depressões da superfície do pavimento sob forma de afundamento plástico ou de consolidação
(c)		Trinca isolada transversal	Trincamentos que apresentam direção predominantemente ortogonal ao eixo da via
(d)		Trinca longitudinal	Trincamentos que apresentam a mesma direção do eixo da via, isto é, predominantemente paralelamente a este
(e)		Trinca interligada tipo couro de jacaré	Conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais

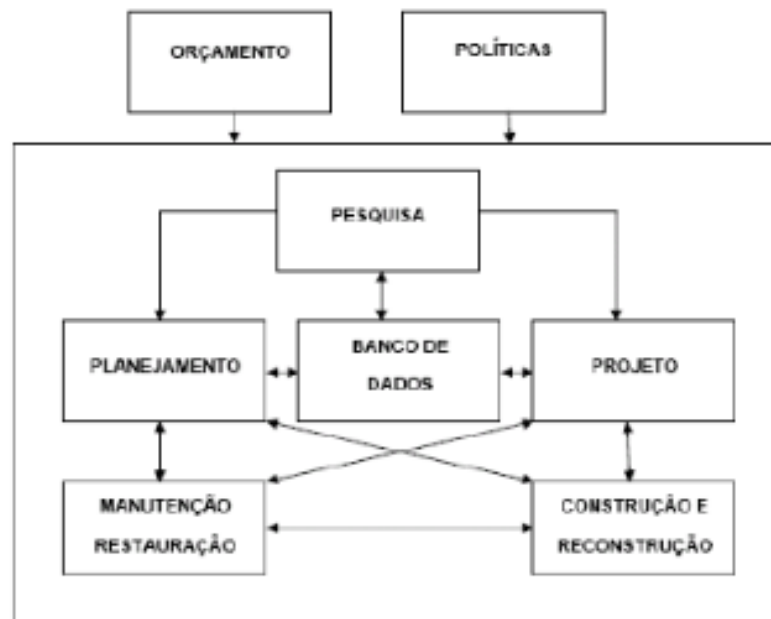
Fonte: DNIT, 2006.

2.4. GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

Segundo o manual de gerência de pavimentos (2011), um crescente interesse no desenvolvimento e aplicação de SGP por parte de diversos órgãos rodoviários começou a se expandir a partir da década de 80, em face da necessidade de manutenção adequada da rede rodoviária, em virtude do envelhecimento dos pavimentos; das exigências do emprego de técnicas racionais por parte de órgãos financiadores, sendo o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD) um dos mais relevantes, visando melhores resultados na aplicação dos programas utilizando os empréstimos financeiros; da carência de recursos no setor rodoviário, face às crescentes necessidades motivadas pela deterioração progressiva da rede; do reconhecimento do efeito “condição do pavimento x custos operacionais dos veículos”, isto é, o fato da condição inadequada dos pavimentos ampliar custos operacionais dos veículos no consumo de pneus e combustíveis, nos custos de manutenção e tempo de viagem; da inserção da utilização de tecnologia avançada em nosso país, as quais envolvem métodos e equipamentos para avaliação de pavimentos, com o emprego de processos informatizados.

Um SGP consiste em uma série de atividades coordenadas e que devem interagir mutuamente com o planejamento, o projeto, a construção e a manutenção de pavimentos. Em outras palavras, um SGP busca fazer avaliações e pesquisas sobre o sistema pavimento e seus componentes que o integram (revestimento, base, sub-base e subleito) e como este estará submetido aos fatores externos a qual este estará submetido, (como o tráfego, as operações de manutenção e as condições ambientais), visando a obtenção do melhor retorno possível para os recursos investidos (DNIT, 2011). A Figura 3 ilustra como se estrutura um SGP.

Figura 3 – Estruturação de um sistema de gerência de pavimentos



Fonte: DNIT, 2011

Segundo o DNIT (2011), as atividades básicas de um SGP estão normalmente correlacionadas à área de planejamento e podem ser agrupadas em quatro grandes atividades básicas, com o intuito de implantar e realizar a frequente avaliação de um Banco de Dados. Estas atividades vão desde a criação ou manutenção de um sistema de referência, seguido de avaliações periódicas dos pavimentos, determinação das prioridades de manutenção e, por último, a elaboração de um programa plurianual de investimentos.

A atividade básica “avaliação de pavimentos” pode ser subdividida em: históricos da implantação, manutenção e melhoramentos da rodovia, orografia da região, características regionais das rodovias, condições funcionais das rodovias, condições estruturais das rodovias, tráfego das rodovias (DNIT, 2011).

As atividades básicas devem ser cuidadosamente planejadas e treinadas a fim de se apresentar uma coleta de dados confiável. Ademais, antes de compor o banco de dados do sistema, os mesmos devem ainda ser submetidos à análise crítica. Outro ponto a ser citado é que as informações devem ser de fácil acesso com atualização periódica (DNIT, 2011).

2.4.1. Avaliação dos pavimentos

Na implementação do SGP, a avaliação de pavimentos se constitui como sendo uma das etapas mais importantes. Pode ser considerada como o ponto de partida para as futuras decisões, visto que através dela pode-se verificar a necessidade de manutenção ou reconstrução, além de

permitir entender se o mesmo atendendo às especificações para as quais foi projetado e, se não, por quê (HAAS e HUDSON, 1978 *apud* DANIELESKI, 2004).

Segundo o manual de gerência de pavimentos, a atividade de avaliação de pavimentos possibilita que:

[...] sejam definidas as condições funcionais, estruturais e operacionais dos pavimentos dos segmentos constituintes de uma malha viária em um determinado momento, mediante a obtenção dos dados fundamentais que alimentam periodicamente o SGP (DNIT, 2011).

Existem dois tipos de avaliação para a ruptura de pavimentos asfálticos, surgindo com isso técnicas e procedimentos de avaliações para cada tipo de ruptura: a ruptura estrutural e a ruptura funcional. O colapso propriamente dito da estrutura do pavimento, ou de um de seus componentes, de forma que o pavimento se torna incapaz de sustentar qualquer carga imposta na superfície é chamado de ruptura estrutural. Já a ruptura caracterizada pelo desconforto ao rolamento dos veículos, pela diminuição da segurança das operações e pelo aumento do risco de aquaplanagem e defeitos gerados pelo trincamento ou grandes deformações, associado por ruptura estrutural ou não, é chamado de ruptura funcional (FRANCO, 2007).

2.5. AVALIAÇÃO FUNCIONAL

Segundo DNIT (2011), a avaliação funcional de um pavimento trata-se de uma análise do estado de sua superfície e de como este estado influencia no conforto ao rolamento. Existem vários parâmetros bastante difundidos para este fim, alguns deles são: o Índice de Gravidade Global (IGG) que é um parâmetro obtido através de defeitos inventariados dentro de estações de análise com área fixada, a cada uma certa distância definida e o Índice de Irregularidade Internacional (IRI), parâmetro determinado por meio de medições de irregularidade longitudinal, efetuadas por meio de aparelhos especificamente projetados para este fim (DNIT, 2011).

2.4.1. Índice de Gravidade Global (IGG)

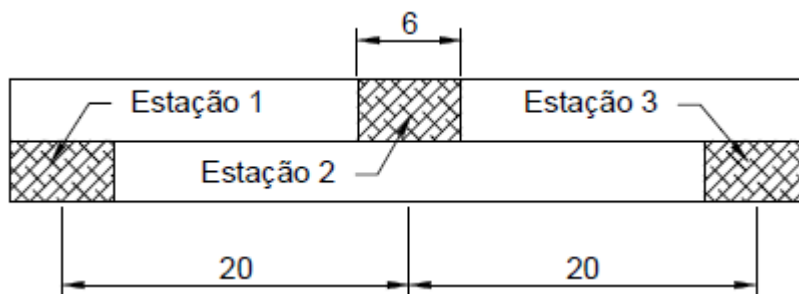
A análise do estado geral da superfície de um pavimento pode ser feita através de índices objetivos, onde estes analisarão os defeitos e suas causas, atribuindo assim indicadores numéricos de classificação. A normativa DNIT 006/2003 – PRO estabelece um método de levantamento objetivo de defeitos, chamado de Índice de Gravidade Global – IGG (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

Segundo Bernucci *et al.* (2008), o levantamento de defeitos é feito com auxílio de planilhas, com o intuito de anotar as ocorrências, material para demarcação de estacas e áreas inventariadas da pesquisa, e treliça metálica para determinação do afundamento nas trilhas de roda. O IGG, segundo especificações do DNIT, é determinado de forma amostral para algumas estações com área prefixadas, assim como a distância entre elas, da seguinte forma:

[...] as estações são inventariadas nas rodovias de pista simples a cada 20m, alternados entre faixas, portanto, em cada faixa a cada 40m; nas rodovias de pista dupla, a cada 20m, na faixa mais solicitada pelo tráfego, em cada uma das pistas. A superfície de avaliação corresponde a 3m antes e 3m após cada uma das estacas demarcadas, totalizando em cada estação uma área correspondente a 6m de extensão e largura igual a da faixa a ser avaliada (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

A Figura 4 exibe um exemplo de demarcação de estações para o inventário de defeitos pelo método do IGG, além dos espaçamentos entre estações.

Figura 4 – Estações inventariadas pelo método do IGG em via de pista simples (metros)



Fonte: DNIT, 2003. Adaptação: autor.

De acordo com o DNIT (2003), a planilha de inventário de defeitos é subdividida em oito principais categorias diferentes, que vão desde fissuras, trincas de bloco ou tipo couro de jacaré com ou sem erosão, afundamentos localizados ou nas trilhas, corrugação (e ondulações) e placas, exsudação, desgaste e, por último, remendos.

Devem ser anotados os afundamentos em milímetros (mm) nas trilhas externa (TRE) e interna (TRI), e registrada a ocorrência de afundamentos por consolidação local (ALC) e de trilha (ATC), além de escorregamentos (E). A tabela do Anexo II exibe um exemplo de planilha de ocorrência de defeitos.

2.4.2. Levantamento visual contínuo (LVC)

Além do método do IGG, outra norma de avaliação funcional preconizada pelo DNIT é a norma DNIT 008/2003-PRO, intitulada como “Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento”.

Esta normativa fixa os requisitos necessários para a avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos pelo processo de Levantamento Visual Contínuo (LVC), a partir da determinação de um índice subjetivo, o Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis (ICPF), além de fomentar os componentes essenciais para o cálculo do Índice de Gravidade Global Expedido (IGGE) e do Índice do Estado de Superfície do Pavimento (IES).

O LVC, a partir da avaliação da superfície dos pavimentos flexíveis e semirrígidos, tem a finalidade de avaliar e quantificar o nível de defeitos numa pista. A avaliação, por sua vez, é feita através da observação dos defeitos do pavimento da rodovia em análise, sejam de vídeos ou fotos (BRASIL, 2013).

Já para Cunha (2008), o LVC tem como objetivo recolher dados para apurar o grau de deterioração do pavimento, podendo dessa forma: servir como base para sugerir a intervenção adequada, servir como um dos parâmetros de análise da priorização para investimentos, propiciar o fornecimento de informações para elaboração de modelos que possuem o intuito de prever o comportamento dos defeitos, indicar os cuidados necessários para a conservação rodoviária, entre outros.

Para se avaliar um pavimento a partir do método do LVC, o DNIT (2003) explicita que o levantamento deve ser feito com um veículo com odômetro e velocímetro devidamente calibrados para a aferição de distâncias e velocidades, respectivamente. A norma ainda impõe a execução do serviço em condições que permitam excelente visibilidade pela equipe de avaliação, isto é, sem chuva, neblina ou fora do horário de luz natural.

A equipe de avaliação, por sua vez, deve ser de, pelo menos, um motorista e dois técnicos, percorrendo o segmento a ser avaliado “a uma velocidade aproximada de 40 km/h, no sentido indicado no Plano Nacional de Viação (PNV), considerando, simultaneamente, todas as faixas de tráfego existentes na pista percorrida” (PONTES, 2012).

Segundo Pontes (2012), o levantamento deve ser executado ao se percorrer segmentos de, pelo menos, um quilômetro. São permitidos segmentos menores do que 1 km apenas caso haja mudanças incontestáveis na condição do pavimento ou quando for o último segmento do trecho. Os defeitos encontrados são categorizados de acordo com sua frequência em alta, média e baixa; esta frequência indica a porcentagem ou a quantidade de ocorrência do defeito por quilômetro de via, conforme exibido no Quadro 3.

Quadro 3 – Frequência de defeitos do método do LVC

Painéis (P) e Remendos (R)		
Código	Frequência	Quant./km
A	Alta	≥ 5
M	Média	2 - 5
B	Baixa	≤ 2
Demais defeitos (trincas e deformações)		
Código	Frequência	% por km
A	Alta	≥ 50
M	Média	50 - 10
B	Baixa	≤ 10

Fonte: DNIT, 2003.

Em relação à ocorrência de painéis e remendos, a frequência alta é aferida ao se constatar a existência de cinco ou mais defeitos por quilômetro, já a frequência média para 2 a 5 defeitos por quilômetro, e a baixa para 2 ou menos defeitos por quilômetro. Já para os demais defeitos, a frequência alta será considerada quando 50% ou mais da área for composta pelo defeito em questão, frequência média de 50% a 10% e frequência baixa para 10% ou menos da área analisada (DNIT, 2003).

O ICPF é o índice subjetivo do LVC, obtido como a média aritmética dos índices contidos no Anexo III avaliados por, pelos menos, dois avaliadores. Para o índice, é atribuído um valor conveniente tendo a vista da aplicabilidade de manutenção, recapeamento ou reconstrução do pavimento, segundo o Quadro 4 que, por sua vez, estabelece soluções de manutenção para as faixas de ICPF obtidos (DNIT, 2003).

Quadro 4 – Conceitos do ICPF do método do LVC

Conceito	Descrição	ICPF
Ótimo	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA	5 - 4
Bom	APLICAÇÃO DE LAMA ASFÁLTICA - Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas	4 - 3
Regular	CORREÇÃO DE PONTOS LOCALIZADOS OU RECAPEAMENTO - pavimento trincado, com “painéis” e remendos pouco frequentes e com irregularidade longitudinal ou transversal.	3 - 2
Ruim	RECAPEAMENTO COM CORREÇÕES PRÉVIAS - defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas - remendos superficiais ou profundos.	2 - 1
Péssimo	RECONSTRUÇÃO - defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão. Degradação do revestimento e das demais camadas - infiltração de água e descompactação da base	1 - 0

Fonte: DNIT, 2003. Adaptação: autor.

Por fim o último índice a ser levantado é o IGGE, valor objetivo que considera a ocorrência das trincas, deformações e painéis separadamente sobre os segmentos estudados, cada qual com seu fator de ponderação a depender da gravidade do defeito (Quadro 5) que, por sua vez, depende de sua frequência (alta, média ou baixa) conforme o Quadro 3. Para cada frequência,

a normativa fixa valores de pesos para o cálculo de cada um dos defeitos, como pode ser visto no Quadro 6 (DNIT, 2003).

Quadro 5 – Determinação do índice de gravidade para o método LVC

Painéis (P) e Remendos (R)		
Frequência	Fator Fpr (Quant./km)	Gravidade
Alta	≥ 5	3
Média	2 - 5	2
Baixa	≤ 2	1
Demais defeitos (trincas e deformações)		
Frequência	Fatores Ft e Foap (% por km)	Gravidade
Alta	≥ 50	3
Média	50 - 10	2
Baixa	≤ 10	1

Fonte: DNIT, 2003.

Quadro 6 – Pesos para o cálculo do IGGE

Gravidade	Pt	Poap	Ppr
3	0,65	1,00	1,00
2	0,45	0,70	0,80
1	0,30	0,60	0,70

Fonte: DNIT, 2003.

Com o valor de IGGE e ICPF em mãos, pode-se então determinar o valor do IES, cujo valores estão compreendidos entre 0 e 10, variando do conceito ótimo ao péssimo, conforme Quadro 7.

Quadro 7 – Índice do Estado da Superfície do Pavimento – IES

Descrição	IES	Código	Conceito
$IGGE \leq 20$ e $ICPF > 3,5$	0	A	Ótimo
$IGGE \leq 20$ e $ICPF \leq 3,5$	1	B	Bom
$20 < IGGE \leq 40$ e $ICPF > 3,5$	2		
$20 < IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$	3	C	Regular
$40 < IGGE \leq 60$ e $ICPF > 2,5$	4		
$40 < IGGE \leq 60$ e $ICPF \leq 2,5$	5	D	Ruim
$60 < IGGE \leq 90$ e $ICPF > 2,5$	7		
$60 < IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	8	E	Péssimo
$IGGE > 90$	10		

Fonte: DNIT, 2003.

2.4.3. Índice de Irregularidade Global (IRI)

Segundo HVEEM (1960) *apud* Campos (2004), estudos sobre a irregularidade longitudinal dos pavimentos já eram feitos desde antes a data de 1900, quando Thomas Aitken fez menção em seu livro sobre um aparelho inventado por um engenheiro irlandês denominado *Viagraph*. O tal equipamento se tratava de uma viga horizontal de 360 cm de comprimento e 22,9 cm de

largura, que era continuamente puxado sobre a superfície de uma rodovia, para então fazer medições de seu perfil. Dessa forma, com as medições que se podiam fazer, atribuía-se um índice numérico obtido com a soma das irregularidades do pavimento.

Com o aumento das velocidades nas rodovias e utilização de automóveis cada vez mais pesados, a preocupação com a irregularidade longitudinal se tornou cada vez mais crescente, visto que essa afeta “a dinâmica dos veículos, o efeito dinâmico das cargas, a qualidade ao rolamento e a drenagem superficial das vias” (DNIT, 2011).

Além de quantificar diretamente o conforto que uma via pode proporcionar ao usuário, ultimamente o IRI vem ganhando cada vez mais notoriedade entre outros parâmetros do pavimento. Campos (2004) explica que esse papel de destaque surgiu principalmente após o advento das concessões rodoviárias:

[...] cujo modelo baseia-se no fato do usuário pagar pela utilização da rodovia, tornando-se um consumidor dos serviços oferecidos pelas concessionárias, mais do que pavimentos com ausência de buracos, os usuários anseiam por pavimentos confortáveis, que diminuam os gastos de manutenção dos veículos e tornem a viagem mais agradável, mais rápida e mais segura (CAMPOS, 2004).

Além disso, a avaliação do IRI requer poucos equipamentos e, por sua vez, pode ser realizado em um período relativamente baixo de tempo e com baixos custos, quando se comparado principalmente com outros métodos de avaliação, tais como a deflexão recuperável, afundamentos de trilha de roda, além de métodos estruturais que necessitam de equipamentos caros e pesados, como o *Falling Weight Deflectometer* – FWD (CAMPOS, 2004).

De acordo com o manual de gerência de pavimentos, a irregularidade longitudinal pode ser definida como “o somatório dos desvios da superfície de um pavimento em relação a um plano de referência ideal de projeto geométrico, que afeta a dinâmica dos veículos, o efeito dinâmico das cargas, a qualidade ao rolamento e a drenagem superficial da via” (DNIT, 2011).

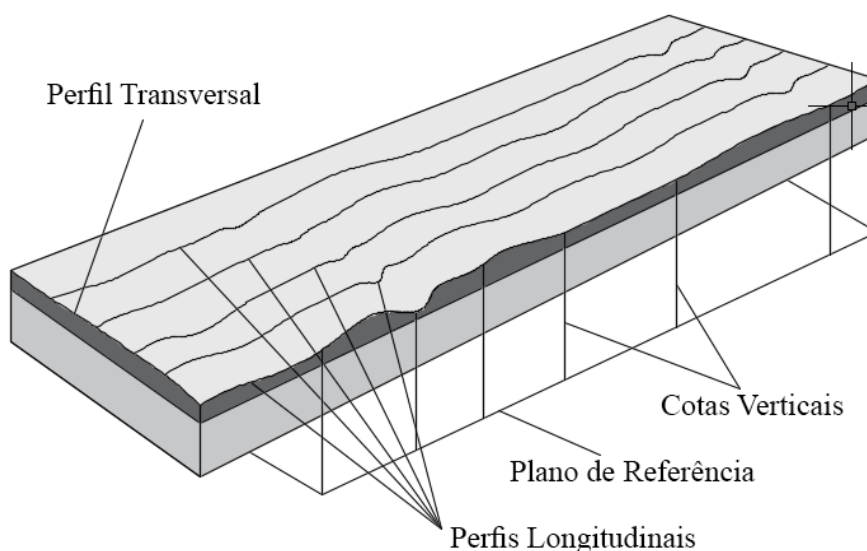
Por sua vez, a norma da *American Society for Testing and Materials* - ASTM E 1926 – 08 de 2015, abrange ainda mais a definição das irregularidades longitudinais como sendo “os desvios da superfície de um pavimento a partir de uma superfície plana com dimensões características que afetam a dinâmica do veículo, a qualidade do passeio, os carregamentos dinâmicos, por exemplo, perfil longitudinal e transversal e inclinação transversal” (ASTM, 2015).

Já Barella (2008), após conclusão do seu estudo, elaborou a seguinte definição: “A irregularidade longitudinal de um pavimento representa o conjunto dos desvios indesejáveis de

sua superfície, que atrapalha o rolamento rápido e suave dos veículos, gera insegurança e onera seus usuários, além de acelerar a degradação do pavimento”.

A irregularidade longitudinal de um pavimento vai totalmente de encontro à sua funcionalidade, visto que se um pavimento é dimensionado para proporcionar rolamento rápido e econômico além de segurança e conforto aos seus usuários, uma elevada irregularidade prejudica todas essas finalidades. Assim como indica seu nome, a irregularidade normalmente é medida no sentido longitudinal do pavimento, devido ao sentido de tráfego dos veículos. Em síntese, palavra longitudinal é utilizada para diferenciar o eixo de medição, visto que, incomumente, pode-se realizar a avaliação da irregularidade transversal de um pavimento, como visto na Figura 5. (BARELLA, 2008).

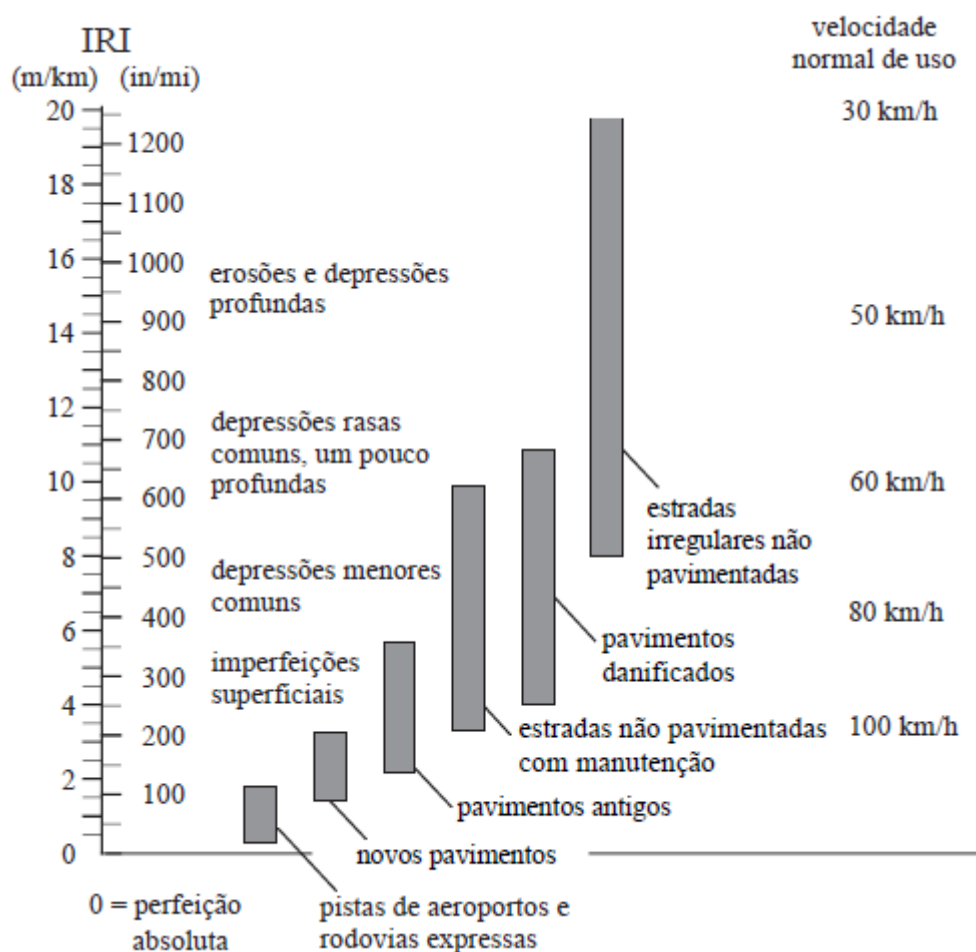
Figura 5 – Perfis longitudinal e transversal de um pavimento



Fonte: Sayers e Karamihas, 1998. Adaptação: autor.

Segundo Bernucci, Motta, *et al.* (2008), a medição do IRI é feita em relação a uma linha imaginária, convenientemente posicionada paralelamente ao eixo da via, sobre as trilhas de roda. A Figura 6 mostra as faixas de IRI representadas pelas diferentes classes de rodovias.

Figura 6 – Faixas de IRI representadas pelas diferentes classes de rodovias



Fonte: Sayers e Karamihas, 1998. Adaptação: autor.

As ondulações avaliadas no levantamento da irregularidade longitudinal podem ser classificadas a partir de sua amplitude (A_i) e de seu comprimento de onda (λ), segundo Oliveira (1960) *apud* Campos (2004):

- Ondas curtas: $0,50 \text{ m} \leq \lambda \leq 5 \text{ m}$ e $1 \text{ mm} \leq A_i \leq 20 \text{ mm}$;
- Ondas médias: $5 \text{ m} \leq \lambda \leq 15 \text{ m}$ e $5 \text{ mm} \leq A_i \leq 50 \text{ mm}$;
- Ondas longas: $15 \text{ m} \leq \lambda \leq 50 \text{ m}$ e $10 \text{ mm} \leq A_i \leq 200 \text{ mm}$.

Ondas com dimensões maiores que os limites acima expostos não são consideradas como irregularidade longitudinal, já as ondas com dimensões inferiores, serão consideradas apenas em avaliações texturais – microtextura, macrotextura e megatextura (CAMPOS, 2004).

Segundo Pontes (2012), existem uma variedade de equipamentos de avaliação de irregularidade longitudinal para pavimentos, estes podem ser agrupados em quatro tipos de sistemas: sistemas que se utilizam de medidas diretas do perfil; sistemas com medidas indiretas; medidos do tipo resposta que são baseados na reação do veículo e os sistemas do tipo óptico.

Barella (2008) cita ainda que são utilizados basicamente quatro equipamentos para medir a irregularidade longitudinal de pavimentos em nosso país até a data de sua pesquisa, estes são: medidores do tipo resposta, nível e mira, *Dipstick* e o Merlin.

Segundo Bisconsini (2016) um novo tipo de medidores do tipo resposta vem surgindo e tomando espaço no âmbito de medições de IRI no Brasil e no mundo, este tipo de medição é baseado na utilização de smartphones. Este tipo de medição, apesar de não funcionar como um medidor do tipo resposta convencional (ao medir o acúmulo de deslocamentos entre a carroceria e o eixo traseiro do veículo), também não mede de forma direta o perfil longitudinal da via (como faz um perfilômetro), mas sim acelerações verticais a partir do acelerômetro do aparelho.

No geral, várias pesquisas como as pesquisas de Forslof e Jones (2015), Bisconsini (2016) e Oliveira *et al.* (2017) vêm atingido um grande volume de resultados satisfatórios, que em sua maioria apontam para correlações positiva quando se comparado com índices de irregularidade obtidos por outros equipamentos. Algumas destas pesquisas chegam a alcançar coeficientes de determinação (R^2) em torno de 0,7. Dessa forma, esse tipo de medição mostra um grande potencial para gerar informações importantes sobre a irregularidade, com nível de qualidade aceitável para um SGP em nível de rede.

2.6. ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO

À proporção que ocorre o aumento da deterioração dos pavimentos aumenta a indispensabilidade de se tomar medidas necessárias para se retomar o conforto e a segurança durante o rolamento, por mais que os recursos não acompanhem a demanda viária. Neste cenário, é essencial a adoção de métodos mais eficientes e que consumam o mínimo de recurso necessário para a manutenção, recuperação ou reconstrução das áreas problemáticas (BERTOLLO, 1997).

Sendo assim, de acordo com Fernandes Jr., Oda e Zerbini (1999), as atividades de manutenção e reabilitação surgem com a finalidade de corrigir os defeitos dos pavimentos, com o intuito de se realizar a aplicação dos investimentos eficientemente e proporcionar aos usuários uma superfície de rolamento confortável, segura e econômica. Isto ocorre, segundo Bertollo (1997) pela existência de estratégias apropriadas, que possibilita em uma vida em serviço mais longa e uma maior capacidade de suporte das cargas do tráfego.

Assim como vários outros materiais, a deterioração dos pavimentos é agravada ao longo do tempo pela atuação de fatores climáticos de temperatura e umidade e pela solicitação a qual está submetido (solicitação de tráfego). Os pavimentos asfálticos apresentam deterioração mais

lenta no início de sua vida útil, contudo, com a alteração de sua composição química, há um favorecimento para o aparecimento e agravamento de defeitos (HANSEN, 2008).

Nesse sentido, a manutenção eleva a serventia do pavimento evitando a deterioração precoce, preservando a estimativa de vida útil do pavimento e bloqueando, quando aplicada em período adequado, o desenvolvimento dos defeitos a níveis mais severos. Já a reabilitação caracteriza-se por prolongar a vida útil do pavimento, criando condições para um novo ciclo com pouca ou nenhuma restrição à condição funcional do pavimento (HANSEN, 2008).

Existem algumas ações normalmente consideradas nas análises de estratégias, listadas no Quadro 8.

Quadro 8 – Ações consideradas nas análises de estratégias de manutenção

Manutenção corretiva	Realizado após o aparecimento dos defeitos, onde normalmente são realizados remendos superficiais, reparos localizados, impermeabilização trincas e outras ações de baixo custo unitário. Para as vias em boas condições, a manutenção corretiva (ou de rotina) é a melhor maneira de utilização dos recursos
Manutenção preventiva	Realizado antes do aparecimento de defeitos para conter a deterioração inicial do pavimento. Pode ser realizado ainda, além das atividades de manutenção corretiva, rejuvenescimento da capa e recapeamentos delgados.
Ação postergada	Trata-se da execução de remendos inadiáveis. É indicado para trechos que estão além do ponto de eficácia da manutenção preventiva, mas que ainda não atingiram a necessidade de reabilitação
Reabilitação	São atividades de rotina com caráter preventivo, mas que demandam mais recursos que a manutenção corretiva, com soluções do tipo recapeamento estrutural e reciclagem. Estudos devem ser realizados para priorização de trechos, visto que os recursos disponíveis são, geralmente, inferiores às necessidades
Reconstrução	Indicado utilizado em pavimentos severamente deteriorados, sendo necessária a remoção e a substituição de toda estrutura do pavimento, com melhoramentos de traçado, de segurança e de capacidade de tráfego. Por ser altamente dispendioso, também devem ser objeto de estudos de priorização

Fonte: Bertollo, 1997. Elaborado por: autor.

Ainda segundo Bertollo (1997), as atividades de manutenção podem ser divididas em duas categorias: preventiva e corretiva. Como visto no Quadro 8, a manutenção preventiva consiste

na realização de atividades com o intuito de proteger o pavimento e reduzir a sua taxa de deterioração, enquanto as atividades da manutenção corretiva destinam-se a eliminar um determinado tipo de defeito já existente no pavimento.

O Quadro 9 resume algumas atividades de manutenção e reabilitação mais utilizadas para pavimentos urbanos.

Quadro 9 – Atividades de manutenção e reabilitação

Tipo	Alternativa	Descrição
Manutenção	Capa selante	Fina camada de tratamento superficial, geralmente com espessura menor que 3,8 mm, usada para impermeabilizar e melhorar a textura de uma camada de revestimento
	Lama asfáltica	Mistura homogênea de emulsão asfáltica, agregados miúdos e filler com adição de água, geralmente aplicada com espessura entre 1,5 e 3,0 mm
	Microrrevestimento	Fina camada de revestimento betuminoso com dimensões variando entre 2,5 e 5,0 cm, que deve prover uma superfície impermeável, resistente ao escorregamento e à abrasão do tráfego
Reconstrução	Fresagem	Considerada uma das principais formas de remoção do pavimento antigo, tanto para posterior realização de reciclagem quanto para correção da superfície a ser recapeada
	Reciclagem	Técnica utilizada para renovar e rejuvenescer misturas asfálticas envelhecidas. Serve, também, para corrigir outros defeitos, como pequenas corrugações, agregados polidos, exsudação.
	Recapeamento estrutural	Construção de (uma ou mais) camadas asfálticas sobre o pavimento antigo, com utilização ou não de uma camada de reperfilamento para correção do nivelamento, seguida de uma camada (ou camadas) de asfalto
	Reconstrução	Solução necessária em casos que o pavimento não é reabilitado a tempo e começa a deteriorar-se rapidamente, devido principalmente à drenagem inadequada. Pode-se utilizar material reciclado para redução de custos.

Fonte: DNIT (2006); Bertollo (1997). Adaptação: autor.

2.6.1. Escolha das alternativas de manutenção

A escolha de alternativas de manutenção não é uma tarefa simples, visto que depende da avaliação de técnicos e profissionais experientes na área. Cidades de grande e médio porte geralmente possuem em seu plano diretor um plano de manutenção e reabilitação que contemplam as atividades que deverão ser realizadas para este tipo de escolha. Hansen (2008) explica que, para a cidade de aplicação de seu sistema de gerência de pavimentos urbanos - Maringá/PR, informações colhidas junto ao Departamento de Pavimentação da Prefeitura de Maringá/PR e de observações feitas no campo indicavam que os principais procedimentos utilizados para a manutenção aplicadas à rede viária da cidade são a reperfilagem e o tapa-buracos.

Já Soncim (2011) optou por utilizar em seu trabalho modelos de previsão de desempenho para pavimentos urbanos de acordo com alguns documentos do Departamento de Infraestrutura de Transportes da Bahia (DERBA), dentre eles o Programa de Restauração e Manutenção de Rodovias. Neste documento, se encontram formas de se realizar a escolha de alternativas de manutenção para pavimentos asfálticos que dependem do tipo de material utilizado na pavimentação (CBUQ e tratamento superficial duplo - TSD). O Quadro 10 exibe o catálogo do DERBA para soluções em vias pavimentadas em CBUQ.

Quadro 10 – Catálogo de soluções para rodovias em CBUQ

CONDIÇÃO FUNCIONAL		Fator estrutural – FE				
		$FE \leq 1$	$1 < FE \leq 1,25$	$1,25 < FE \leq 1,50$	$1,50 < FE \leq 2,00$	$FE > 2,00$
$IGG \leq 30$		MR	MR	MR	MR	X
$30 < IGG \leq 80$	$IRI \leq 3,5$	MR	LA	H4	H6	X
	$3,5 < IRI \leq 4,5$	H4	H4	H6	H7	X
	$IRI > 4,5$	H4	H4	REP + H6	REP + H7	REC
$80 < IGG \leq 160$	$IRI < 4,5$	FS + H4	FS + H4	FS + H6	FS + H7	REC
	$IRI > 4,5$	FS + REP + H4	FS + REP + H4	FS + REP + H6	REC	REC
$IGG > 160$		REC	REC	REC	REC	REC

Fonte: DERBA, 2005.

Onde FE é a razão entre deflexão característica (Dc) e a deflexão admissível (Dadm). E cada item da tabela possuem os seguintes significados:

- MR – Manutenção rotineira;
- LA – Lama asfáltica;

- MI – Microrrevestimento asfáltico;
 - Hn – Aplicação de nova camada de CBUQ com espessura “n” (variando de 4 a 7 cm);
 - REP + Hn – Reperfilagem e aplicação de camada de CBUQ com espessura (n) 5 ou 8 cm;
 - FS + Hn – Fresagem com espessura de 3cm/4cm e aplicação de camada de CBUQ, com espessura (n) de 3 a 8 cm;
 - FS + REP + Hn – Fresagem com espessura de 3cm/4cm seguida por reperfilagem e aplicação de camada de CBUQ, com espessura (n) de 3 cm a 8 cm;
 - REC – Reconstrução do revestimento em CBUQ;
- X – Solução a ser detalhada caso a caso.

2.6.2. Modelos de priorização

Hansen (2008) explica que para a gerência de pavimentos os critérios de priorização possuem função de relacionar os projetos e as necessidades de manutenção em uma escala de relevância, que serão reunidos até se esgotarem as previsões orçamentária do planejamento anual. Além disso, o modelo de priorização pode ser definido através de índices subjetivos ou ainda de forma objetivo, relacionando vários fatores, que podem ser do tipo tráfego, custo, técnico, benefício, dentre outros.

Alguns autores da área de gerência de pavimentos urbanos desenvolveram e aprimoraram modelos (computacionais ou não) para determinação da priorização de vias. Fernandes Jr. (1997) realizou a priorização em seu trabalho como sendo a relação inversa entre o Índice de Prioridade (IP) e o índice de condição de pavimentos flexíveis (ICPF), segundo a Equação 1. Em outras palavras, o autor considerou que quanto pior a condição do pavimento, maior a prioridade.

$$IP = \frac{1}{ICPF} \quad \text{Equação 1}$$

Outras formas de priorização, como o modelo desenvolvido por Tavakoli, Lapin e Figueroa (1992) realiza a priorização em função do ICPF, fator de tráfego (TF, que varia de 10 a 100 ao depender do volume diário médio de tráfego - VDM), classe da via (FC – 1,0 para vias locais, 1,1 para coletoras e 1,2 para arteriais), tipo de tráfego (TR – 1,1 para trechos com presença de prédios institucionais e ônibus e 1,0 para os demais trechos) e da manutenção do pavimento (MF – $0 \leq MF \leq 5$, mínimo para pouco ou nenhum investimento em manutenção e máximo para

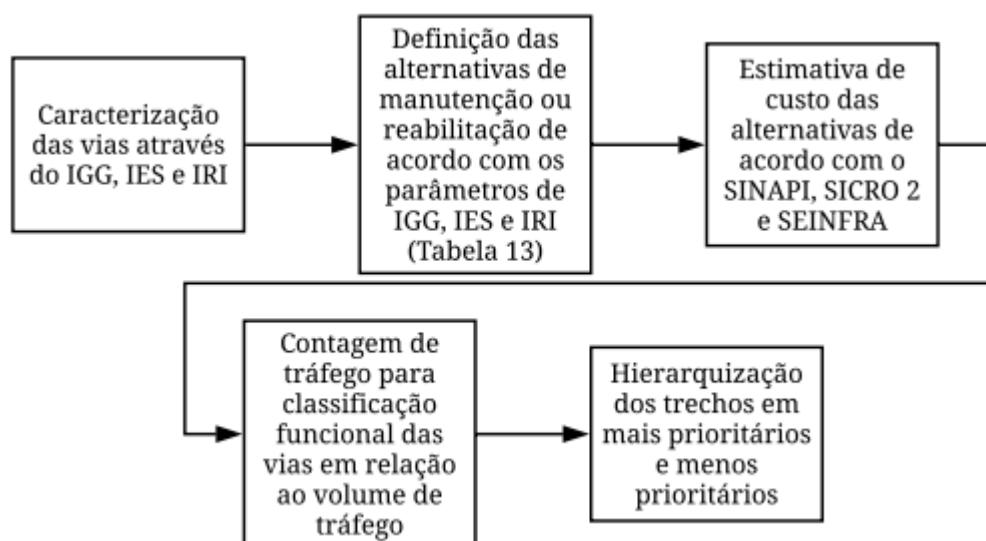
custo elevado de manutenção). A Equação 2 exibe a correlação entre esses fatores citados acima para a determinação do IP para estes autores.

$$IP = \frac{1}{ICPF.TF.FC.TR.MF} \quad \text{Equação 2}$$

3. METODOLOGIA

O processo geral do trabalho seguiu as seguintes etapas contidos no fluxograma da Figura 7, que vai desde a caracterização das vias até a hierarquização dos trechos em mais e menos prioritários.

Figura 7 – Etapas da execução do projeto



Fonte: do autor.

Devido à escassez de equipamentos para se realizar avaliações estruturais do pavimento, optou-se por utilizar os seguintes parâmetros: o índice do estado de superfície do pavimento – IES; o índice de gravidade global – IGG; e o índice de irregularidade longitudinal internacional – IRI.

A partir da metodologia empregada, objetiva-se categorizar e hierarquizar as vias da cidade de Caraúbas/RN, que foram avaliadas segundo o parâmetro do IGG e, por sua vez, serão avaliadas segundo parâmetro do IES e IRI. A hierarquização ocorrerá por meio da correlação entre o estado da mesma, o preço da alternativa de manutenção e o volume de tráfego, sendo a via de maior prioridade aquela que possuir o estado mais crítico, com o maior tráfego possível e sendo a sua alternativa a mais barata possível.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O local de estudo é o município de Caraúbas no estado do Rio Grande do Norte (RN), localizada no Oeste Potiguar, a uma distância de cerca de 300 km da capital Natal e 70 km da

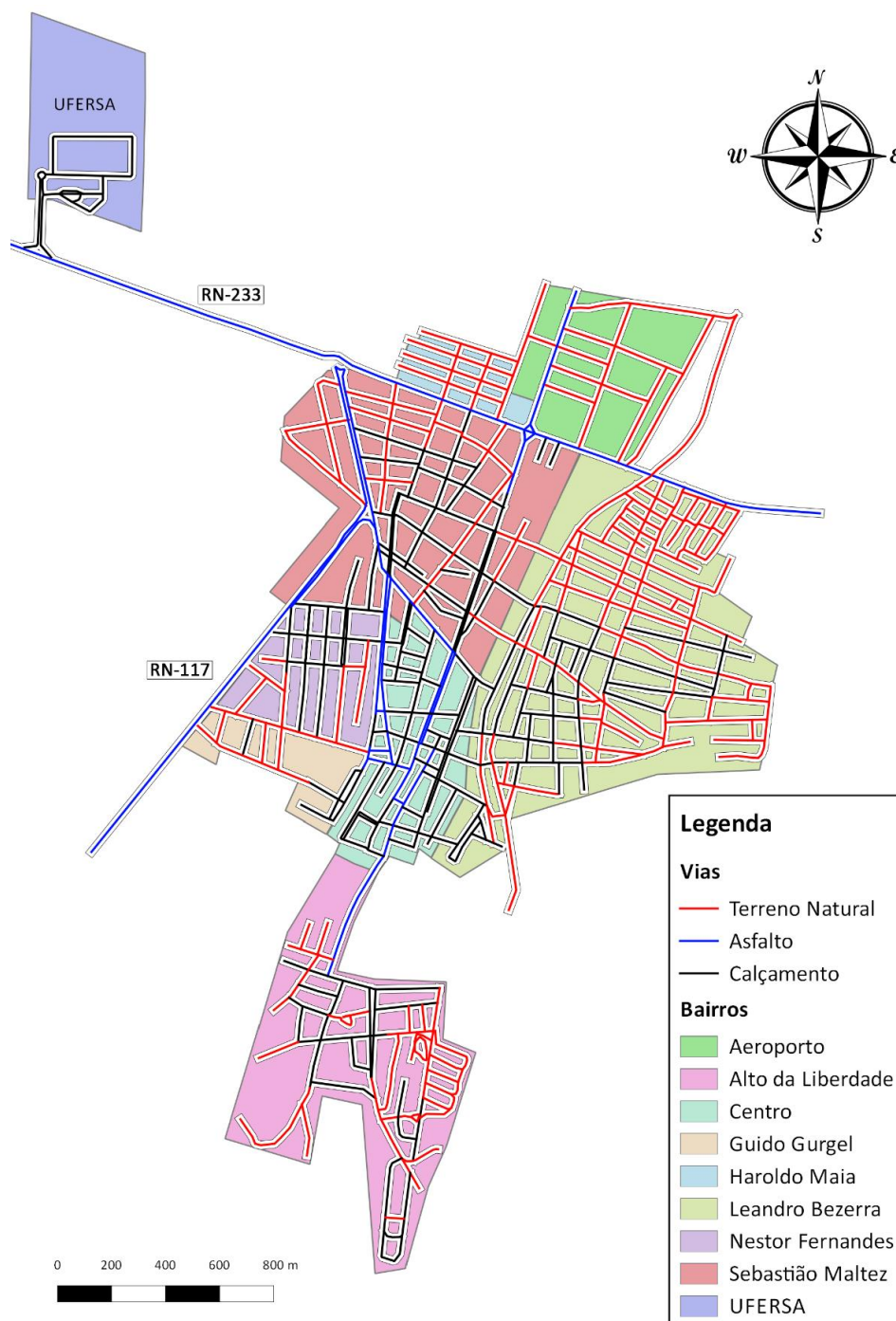
segunda maior cidade do estado, Mossoró; além disso, está também localizada a 300 km de Fortaleza, capital do estado do Ceará.

Com população atual estimada de 20.000 habitantes, a cidade está entre os 30 municípios mais populosos do estado, com uma área territorial de 1.133 km², segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). Ainda segundo o IBGE (2010), o município possui 70% da sua população morando na zona urbana da cidade (13.704 pessoas), enquanto que 30% das pessoas moram na zona rural (5872 pessoas).

O município se encontra em atual crescimento devido principalmente a implantação recente de um dos *Campi* da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), que conta com cursos da área de tecnologias e exatas (ciências e tecnologias), da área de engenharias (engenharia civil, elétrica e mecânica) e na área de licenciaturas (letras – inglês e letras – libras).

Para este trabalho, primeiramente, foi feita uma caracterização prévia da zona urbana do município em conjunto com a prefeitura e com os Correios locais. Assim, foi possível obter dados sobre nomes de ruas e a delimitação dos bairros. Atualmente, o município é dividida em oito grandes bairros: Aeroporto, Alto da Liberdade (também chamado de Alto de São Severino), Centro, Guido Gurgel, Haroldo Maia, Leandro Bezerra, Nestor Fernandes e Sebastião Maltez, como exibido na Figura 8.

Figura 8 – Ilustração da distribuição das vias e dos bairros da cidade de Caraúbas/RN



Fonte: Oliveira, Ribeiro e Ferreira (2017).

Para geração da Figura 8, foram utilizados os *softwares* de licença gratuita *Google Maps* e *Google Earth*, além do *software* QGIS, programa com Sistema de Informações Geográficas (SIG) de código aberto licenciado segundo a GNU/GPL. A partir deste último, tornou-se possível obter a extensão total das vias, as áreas de cada bairro.

3.2. ESCOLHA DAS VIAS A SEREM AVALIADAS

Devido à falta de condições para a avaliação de toda a extensão da malha viária em revestimento asfáltico do município, optou-se por realizar a avaliação de trechos com pelo menos 10% do comprimento total de cada via, com cuidado para que o trecho escolhido seja o mais representativo possível para toda a vida. Em outras palavras, cada via foi separada em trechos homogêneos; como exemplo, o bairro centro possuiu dois trechos homogêneos: um trecho pavimentado recentemente e outro trecho mais antigo.

Verificou-se, portanto, que o restante das vias possuía as mesmas características em toda totalidade de sua extensão. Dessa forma, foram escolhidos trechos que representarão uma amostra de 10% de toda a malha pavimentada com revestimento asfáltico da cidade, totalizando cerca de 1,1 quilômetros. A Tabela 1 mostra os nomes das vias e os bairros que estão localizadas.

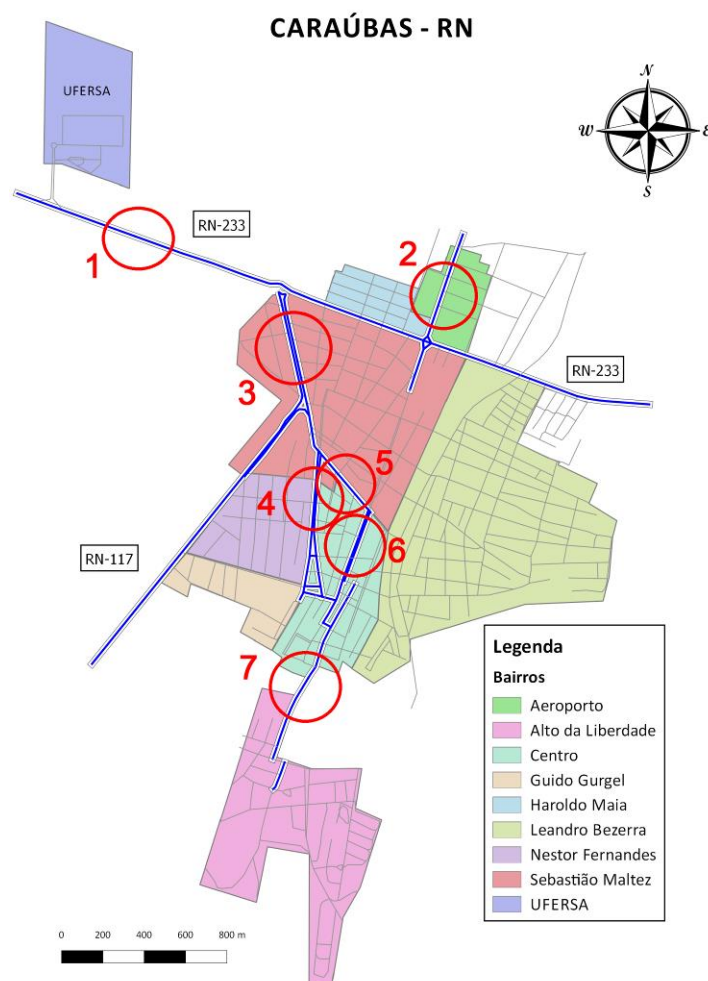
Tabela 1 – Vias avaliadas e suas extensões

Bairro	Nome da Rua	Extensão (m)
Aeroporto	Rua 10	60
Centro	Rua Francisco Martins de Miranda	140
	Rua Rodolfo Fernandes	140
Alto da Liberdade	Rua Amâncio Guerra	40
Sebastião Maltez	Rua João Gomes de Oliveira	112
Guido Gurgel	-	-
Leandro Bezerra	-	-
Nestor Fernandes	-	-
RN	RN 233	336
	RN 117	300
TOTAL (m)		1128

Fonte: Oliveira, Ribeiro e Ferreira (2017).

A Figura 9 exibe uma ilustração das vias pavimentadas da cidade com os trechos a serem avaliados em destaque.

Figura 9 – Detalhe dos trechos asfaltados avaliados



Fonte: do autor.

Os trechos circados em vermelho da Figura 9 representam: círculo 1 e 3 pertencem às RNs 233 e 117 respectivamente; o círculo 2 é referente à Rua 10 do bairro Aeroporto; os círculos 4 e 6 são referentes as Ruas Francisco Martins de Miranda e Rodolfo Fernandes, respectivamente, ambas localizadas no bairro Centro; o círculo 5 é a Rua João Gomes de Oliveira localizada no bairro Sebastião Maltez; por último, o círculo 7 é a Rua Amâncio Guerra do bairro Alto da Liberdade.

3.3. LEVANTAMENTOS DE CAMPO

Para o estudo em questão, foram conduzidas medições do IRI dos pavimentos, através da utilização de um aplicativo para *smartphone*, apesar da ciência do que aparelhos do tipo *Bump Integrator* oferecem melhores resultados da irregularidade. O aplicativo em questão utilizado foi o *RoadLab PRO*, que possui a capacidade de calcular o IRI através de dois principais

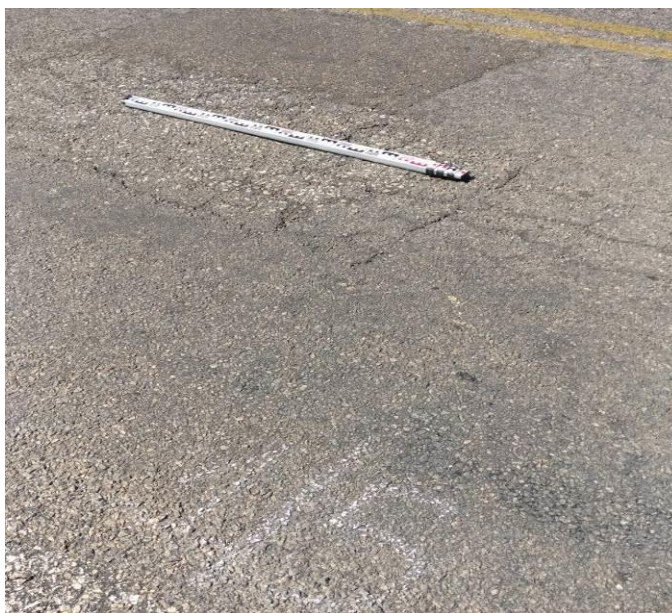
sensores do celular: acelerômetro e giroscópio, além do próprio *Global Positioning System* (GPS) para salvar a localização em tempo real da via.

Além das medições de irregularidade, foram calculados os respectivos IGG e IES dos sete segmentos da Tabela 1. O cálculo do IGG foi feito conforme a norma, com estações inventariadas a cada 20 metros, com 6 metros de largura cada, com o preenchimento da tabela do Anexo II. Já para o cálculo do IES, foram utilizados os seguintes *softwares*: *Google My Maps*, para demarcação dos pontos de cada defeito considerado como “ocorrência” e para demarcação de linhas de cada defeito considerado como “extensão”; e Excel para importação dos dados do *Google My Maps* e cálculo dos índices propriamente ditos. Todos os métodos acima citados serão explicitados abaixo.

3.3.1. Índice de Gravidade Global – IGG

Para a realização da avaliação funcional da via e a obtenção do IGG para cada segmento a ser avaliado, utilizou-se o método DNIT 006/2003 – PRO. As áreas foram então demarcadas, com auxílio de uma fita métrica de 50 metros para demarcação em giz dos eixos a cada 20 metros, cones de trânsito para segurança dos avaliadores, além dos formulários impressos dispostos no Anexo II. Como não foi possível a utilização da treliça de alumínio padronizada pela norma, optamos por acoplar uma régua de 30 centímetros perpendicularmente a uma régua de alumínio de 1 metro e 30 centímetros, com o intuito de se medir os afundamentos no pavimento. A Figura 10 exibe o eixo de uma estação inventariada.

Figura 10 – Detalhe da demarcação do eixos de uma das estações da RN 233



Fonte: do autor.

A avaliação foi iniciada após a demarcação das áreas das estações de cada segmento, sendo avaliados os defeitos listados no Anexo I, elencados pela normativa DNIT 005/2003 – TER, sendo então registrados no formulário do Anexo II. Com todos os defeitos anotados e arquivados, foi possível se fazer a determinação do IGG de cada segmento. Deve-se, primeiramente, subdividir a via em segmentos que possuam as mesmas características ou defeitos, como exemplo: subdivide-se em dois um segmento avaliado no qual possua uma região com pavimento novo e outra região com pavimento mais antigo. Dessa forma, um mesmo segmento possuirá dois IGGs diferentes. O Quadro 11 mostra o exemplo de um roteiro de cálculo simplificado de um segmento.

Quadro 11 – Exemplo de roteiro de cálculo do IGG para um segmento

Tipo	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual
1	(FCI) F, TTC, TTL, TLC, TLL, TRE	1	13%	0,2	2,5
2	(FCII) J, TB	0	0%	0,5	0
3	(FCIII) JE, TBE	0	0%	0,8	0
4	ALP, ATP	1	13%	0,9	11,25
5	O, P, E	5	63%	1	62,5
6	Ex	0	0%	0,5	0
7	D	7	88%	0,3	26,25
8	R	11	138%	0,6	82,5
9	F = (TRI + TRE)/2 em mm	1,125	0,875	1	1,33
10	FV = (TRIV + TREv)/2	10,13	6,13	8,13	8,13
Número de estações inventariadas		8	IGI = (F x 4/3) quando F≤30		IGI = FV quando FV≤50
Índice de gravidade global		195	IGI = 40 quando F>30		IGI = 50 quando FV>50
Qualidade do trecho		Péssimo			

Fonte: BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008. Adaptação: autor.

Como pode ser visto no Quadro 11, a frequência absoluta é obtida através da contagem dos defeitos inventariados seguindo a tabela do Anexo II. Deve-se levar em conta a gravidade do defeito para os defeitos de tipo 1, 2 e 3, isto é, caso uma mesma estação possua fissuras (F) e trincas interligadas do tipo couro de jacaré com erosão (JE), deve-se contar somar zero defeitos na frequência absoluta do tipo 1 e um defeito na frequência absoluta do tipo 6.

A frequência relativa, por sua vez, é calculada como sendo a razão entre a frequência absoluta e o número de estações inventariadas. Já o Índice de Gravidade Individual (IGI) é

calculado como sendo o produto entre a frequência relativa e o fator de ponderação (localizado no Quadro 11) do defeito. Como o valor de trilha de rodas pode variar bastante de local para local, deve-se tratar estes dados estatisticamente com o auxílio da variância do mesmo. Primeiramente deve-se calcular a média aritmética dos valores das flechas internas medidas e, logo em seguida, a variância (o mesmo cálculo deve se proceder para as trilhas de roda externas). Ainda referente as trilhas de roda, as contribuições das flechas devem ser contabilizadas com seus determinados IGI, calculadas seguindo a regra contida no Quadro 11.

Por último, é calculado o IGG como sendo a soma de todos os IGI calculados até agora, isto é, referente a todos os tipos de defeitos, a média aritmética das trilhas externas e internas e a média aritmética da variância das trilhas externas e internas. Com o valor do IGG calculado, obtêm-se o conceito do pavimento avaliado, de acordo com o Quadro 12.

Quadro 12 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

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

Fonte: DNIT, 2003.

3.3.2. Levantamento Visual Contínuo – LVC

Para a realização da avaliação funcional da via e a obtenção do valor do IES pelo método do LVC para cada trecho avaliado, utilizou-se o método DNIT 008/2003-PRO em conjunto com o aplicativo para celulares gratuito *Google My Maps* onde, neste software, cada defeito era registrado e catalogado, a partir do GPS integrado em smartphones. Não foi utilizado nenhum tipo de veículo, isto é, a equipe de operação percorreu os trechos a pés, dessa forma foi possível uma maior precisão da localidade de cada defeito.

Os defeitos foram catalogados em campo com o auxílio do *Google My Maps* a partir da localização atual do GPS da seguinte forma: os defeitos pontuais da norma (panelas e remendos) eram adicionados com a ferramenta “Adicionar um novo ponto”, enquanto as extensões dos demais defeitos (trincas e deformações) utilizou-se da ferramenta “Adicionar uma nova linha” do mesmo aplicativo. Estas ferramentas podem ser vistas na Figura 11.

Figura 11 – Defeitos catalogados sendo adicionados pelo aplicativo Google My Maps



Fonte: Oliveira, Ribeiro e Ferreira, (2017).

Após a coleta em campo de cada defeito, foi exportado um arquivo com os dados do nome e descrição do defeito (ambos inseridos em campo), das coordenadas geográficas do defeito (obtida a partir do GPS do aparelho) e do tipo do defeito (extensão ou pontual). Este arquivo foi gerado no formato KML, a partir do próprio *website* do *Google My Maps* sendo logo em seguida transformado em um arquivo do tipo *shapefile* no *software* de georreferenciamento de licença aberta *QGIS*.

Com auxílio deste último, uma tabela de atributos foi gerada e exportada para uma planilha no Excel, onde se tornou possível calcular a quantidade por quilômetro das panelas e remendos e a porcentagem por quilômetro dos demais defeitos (trincas e deformações), ambos valores necessários para se determinar a gravidade do tipo de defeito sobre a via (mostrado no Quadro 5 da seção 2.4.2).

Com os valores de quantidade por Km e porcentagem por Km, tornou-se possível determinar a frequência de cada defeito segundo o Quadro 5 da seção 2.4.2, assim como os pesos para o cálculo do IGGE, segundo o Quadro 6 da seção 2.4.2. O cálculo do IGGE se procedeu segundo a norma. Por último, o ICPF deve ser então determinado como sendo a média aritmética da nota do trecho dada pelos técnicos que estão avaliando o trecho, segundo a

descrição detalhada encontrada no Quadro 4. Já com todos os resultados para IGGE e ICPF de todos os trechos em mãos, pode-se então determinar o valor de cada IES segundo o Quadro 7.

3.3.3. Irregularidade Longitudinal Internacional – IRI

A avaliação da irregularidade longitudinal internacional foi realizada a partir da utilização do aplicativo *RoadLab PRO*, que pode ser obtido gratuitamente dentro do *Google Play* para aparelhos com sistema operacional *Android*. Escolheu-se utilizar aplicativos para a determinação do IRI devido à falta de outros meios este fim. Além disso, tomou-se como base as recomendações das pesquisas realizadas por autores como Bisconsini (2016) e Oliveira *et al.* (2017), onde foi verificado e comprovado que as classificações do DNIT e destes aplicativos que utilizam-se de sensores, para uma mesma via avaliada, são condizentes entre si.

A escolha do suporte procedeu-se de acordo com recomendações de Bisconsini (2016), onde o equipamento deve ser rígido o suficiente para impedir qualquer tipo de movimento excedente do aparelho (além do próprio movimento provocado pelo pavimento), seja pela forma de construção (em balanço), pela flexibilidade do material ou pela presença de rótulas no suporte, como exibido na Figura 12.

Figura 12 – Smartphone fixado no painel do carro com o suporte do tipo magnético



Fonte: do autor.

Foi então escolhido um suporte do tipo magnético, onde uma chapa de material ferroso era fixada com uma fita especial na parte de trás do smartphone; o equipamento então foi fixado no painel do carro, com cuidado para o aparelho celular ficar totalmente na vertical. Testes de rigidez do suporte foram realizados em uma via irregular de paralelepípedos à velocidade constante e em arranques e freadas, onde notou-se que o mesmo não gerava “flutuações” excedentes.

O aplicativo foi então rodado em um *smartphone* fixado no painel de um veículo de passeio popular (Figura 12) que, devido a localização dos trechos e da alta incidência de veículos, trafegou com velocidade média de 40km/h em todos os trechos. Foram estudados os mesmos trechos usados para calcular o IRI e LVC, salvando-se as lombadas desses trechos, que poderia a vir alterar significativamente o valor de irregularidade obtido. Os dados então foram coletados pelo próprio aplicativo, por meio de tabelas do tipo CSV (*Comma-separated values*) ou valores separados por vírgulas, para então serem utilizados na escolha da alternativa de manutenção.

3.4. ESCOLHA DA ALTERNATIVA DE MANUTENÇÃO

A escolha da alternativa de manutenção para as vias devidamente avaliadas pelos métodos de avaliação contidos no tópico 3.3 foi feito de acordo o Quadro 10 da seção 2.6.1 do DERBA. Esta escolha se procedeu devido as alternativas de manutenção propostos pelo DERBA serem uma expansão das alternativas de manutenção da norma DNIT 009/2003 – PRO, com utilização do critério estrutural, IGG e IRI.

O Quadro 13 apresenta uma adaptação da tabela de escolha de manutenção do DERBA proposto pelo método descrito neste trabalho, onde o valor da condição estrutural foi substituído pelo IES do levantamento visual contínuo. Esta adaptação ocorreu devido à falta de equipamentos para avaliação estrutural em cidades de pequeno porte que é o foco deste trabalho, como no caso do município de Caraúbas/RN.

Quadro 13 – Catálogo de soluções para rodovias em CBUQ

CONDIÇÃO FUNCIONAL		IES				
		0	ATÉ 2	ATÉ 4	ATÉ 7	ATÉ 10
IGG $\leq$ 30		MR	MR	MR	MR	X
30 < IGG $\leq$ 80	IRI $\leq$ 3,5	MR	LA	H4	H6	X
	3,5 < IRI $\leq$ 4,5	H4	H4	H6	H7	X
	IRI > 4,5	H4	H4	REP + H6	REP + H7	REC
80 < IGG $\leq$ 160	IRI < 4,5	FS + H4	FS + H4	FS + H6	FS + H7	REC
	IRI > 4,5	FS + REP + H4	FS + REP + H4	FS + REP + H6	REC	REC
IGG > 160		REC	REC	REC	REC	REC

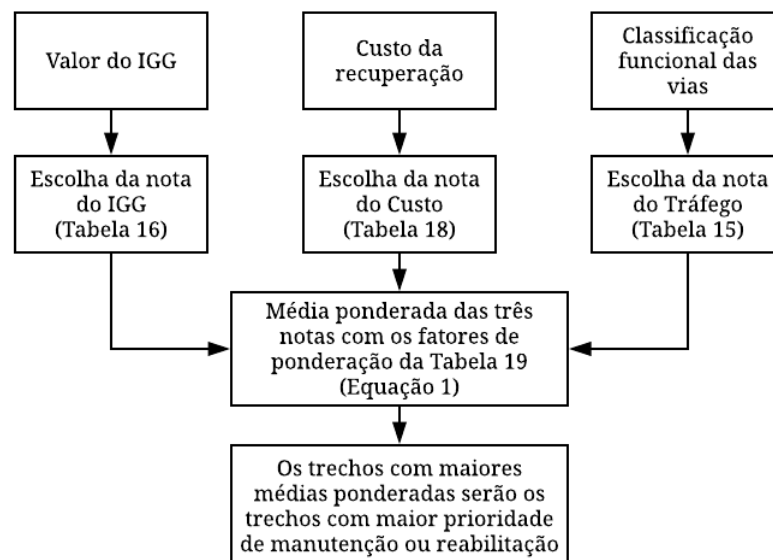
Fonte: DERBA, 2005. Adaptação: autor.

Tendo todas as informações necessárias (IGG, IRI e IES), montou-se a árvore de decisões do Anexo V para se determinar a escolha de alternativa de manutenção de forma simplificada.

3.5. HIERARQUIZAÇÃO DOS DEFEITOS

Sabendo-se das alternativas de manutenção a partir do catálogo de soluções para rodovias com CBUQ apresentadas do Quadro 13, é possível hierarquizar o estado das vias levando-se em consideração o nível de degradação dos trechos avaliados. Os critérios adotados pelo presente trabalho levaram em consideração em como se procede a escolha de manutenção para municípios de pequeno porte. Sendo assim, escolheu-se adotar os critérios de maior tráfego, maior quantidade de defeitos e menor custo de manutenção/recuperação. A hierarquização dos defeitos foi feita segundo o fluxograma da Figura 13.

Figura 13 – Fluxograma referente a hierarquização dos defeitos



Fonte: do autor.

Para se realizar a hierarquização dos defeitos foram cruzados em planilhas eletrônicas os dados dos critérios de maior quantidade de defeitos (obtido pelo valor do IGG), de maior tráfego (ao depender do tipo da via, caso se trate de uma via local, coletora, arterial ou expressa) e do menor custo. Este último será obtido através das planilhas das estimativas de custos para a região em questão, pela SEINFRA-CE (Secretaria de Estado da Infraestrutura do estado do Ceará), além de planilhas do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) e do SICRO 2 (Sistema de Custos Referenciais de Obras), estes dois últimos disponibilizados pela Caixa e DNIT respectivamente.

Após o cruzamento dos defeitos, os trechos serão escolhidos e hierarquizados de acordo com o seu grau de prioridade (como já citado, a maior prioridade estará com o trecho com maior tráfego, com a maior quantidade de defeitos e o menor custo possível), com utilização de fatores de ponderação para aumentar o peso dos critérios técnicos (IGG) e de tráfego, que são fatores de maior preponderância quando se relacionado com o custo para manutenção.

3.5.1. Critério de Maior Tráfego

Para seleção do critério de maior tráfego, as vias a serem avaliadas foram separadas de acordo com sua hierarquização de movimento, como explicado no tópico 2.3.1. Para isso foi verificado em campo os trechos mais solicitados da cidade, realizando-se contagem pelo período de 1 hora em horário de pico (das 12:00 às 13:00 horas nos dias úteis da semana) em cada trecho considerado. Para se realizar a estimativa diária, poderia ter sido multiplicado o volume de pico por 24 horas do dia, mas como o horário da madrugada possui pouca solicitação, resolveu-se multiplicar por um fator de 12.

Para se realizar a classificação, utilizou-se a Tabela 2, retirada da instrução para dimensionamentos de pavimentos flexíveis de número 02 do estado de São Paulo, como pode ser visualizado abaixo. Para os veículos leves foram considerados os veículos de passeio em geral e, para veículos pesados, considerou-se os demais veículos, como caminhões, ônibus, micro-ônibus, dentre outros.

Tabela 2 – Classificação funcional das vias a partir do volume de tráfego

Função predominante	Volume diário	
	Veículo Leve	Veículo pesado
Via local residencial	100 à 400	4 à 20
Via coletora	401 à 500	21 à 300
Via arterial	5001 à 10000	301 à 2000

Fonte: Prefeitura de São Paulo, 2004. Adaptação: autor.

Sabendo-se os trechos e suas respectivas classificações funcionais, foi então possível se determinar notas para cada classificação funcional das vias, segundo a Tabela 3.

Tabela 3 – Notas do método para o critério de maior tráfego

Hierarquia	Nota do Tráfego
Local	0,40
Coletora	0,60
Arterial	0,80
Expressa	1,00

Fonte: do autor.

Para a escolha das notas foi levado em consideração que trechos com maior fluxo de veículos (vias expressas e arteriais) recebem uma maior quantidade de viagens. Sendo assim, estes trechos serão considerados mais críticos por merecerem uma maior atenção das autoridades.

3.5.2. Critério de Maior Quantidade de Defeitos

Para seleção do critério de maior quantidade de defeitos, as vias a serem hierarquizadas foram separadas de acordo o IGG avaliado para cada trecho, calculado de acordo com o tópico 3.1.1. Sabendo-se das respectivas classificações do método, foi então possível se determinar as notas para cada estado da via contido no Quadro 12, variando desde a nota máxima (1,00) para o trecho com o maior número de defeitos, até a nota mínima (0,20) para o trecho com o menor número de defeitos, como pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4 – Notas do método para o critério de maior quantidade de defeitos

Classificação do IGG	Nota do IGG
$0 \leq \text{IGG} \leq 20$	0,20
$20 < \text{IGG} \leq 40$	0,40
$40 < \text{IGG} \leq 80$	0,60
$80 < \text{IGG} \leq 160$	0,80
$\text{IGG} > 160$	1,00

Fonte: do autor.

Para a escolha dos fatores de ponderação foi levado em consideração que uma maior classificação do IGG condiz com uma maior quantidade de defeitos e, dessa forma, devem receber maior atenção das autoridades.

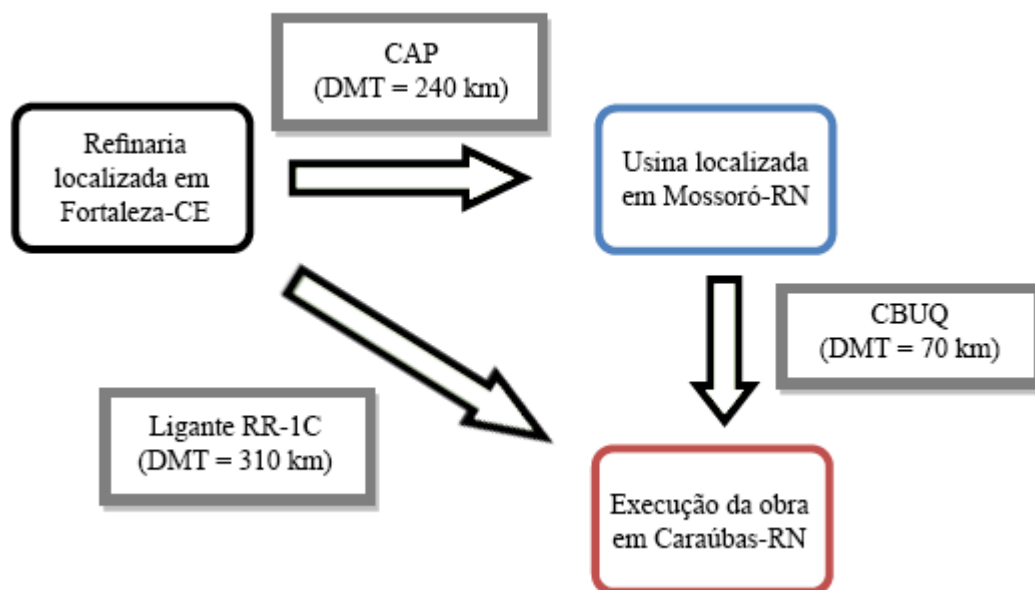
3.5.3. Critério de Menor Custo

Para a seleção do critério de maior custo, foram gerados orçamentos para as alternativas de manutenção do Quadro 13 baseados nas planilhas de referência de preços do SEINFRA-CE e SINAPI, do mês de dezembro de 2017. Para o orçamento, levou-se em consideração os seguintes parâmetros:

- Transporte de CBUQ entre as cidades de Mossoró/RN (onde está localizada a usina) e Caraúbas/RN (onde será executada a obra), isto é, 70 km;
- Os insumos (brita, areia e filler) localizados na própria cidade de Mossoró/RN;
- O cimento asfáltico de petróleo (CAP) será transportado para a usina em Mossoró de Fortaleza/CE, correspondendo uma distância de 240 km;
- Por último, o ligante para a imprimação será transportado diretamente de Fortaleza/CE para Caraúbas/RN, totalizando uma distância de 310km.

O esquema de transportes está exibido na Figura 14.

Figura 14 – Esquema de transporte e suas respectivas distâncias



Fonte: do autor.

Para efeito de consumos dos materiais a serem transportados, a composição (em peso) do CBUQ foi considerada conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Composição do CBUQ adotada no orçamento

Composição do CBUQ			
Item	Material	%	Consumo/m³ de CBUQ
1	CAP	6,00	0,1380 T
2	Filler	2,00	44,00 Kg
3	Brita	50,00	0,8960 m³
4	Areia	42,00	0,6160 m³

Fonte: PT1002686-22. Adaptação: autor.

Já com os orçamentos em mãos, foi então possível se determinar os fatores de ponderação para o custo por km de cada via. As faixas de custo por km (custo/km) foram escolhidas segundo os orçamentos, visto que a solução mais cara não foi maior que R\$500.000,00, como visto no Anexo VI. A Tabela 6 exhibe as notas para o critério de maior custo.

Tabela 6 – Notas do método para o critério de maior custo

Custo/km	Nota do Custo
0 – R\$100.000	1,00
R\$100.001 - R\$200.000	0,80
R\$200.001 - R\$300.000	0,60
R\$300.001 - R\$500.000	0,40
Maior que R\$500.000	0,20

Fonte: do autor.

A escolha das notas prestigiou o tipo de solução mais “barata”, já que este ponto de vista também é levado em consideração pelos órgãos públicos gestores. A título de exemplo, uma via com poucos defeitos com um tipo de solução que custa caro aos cofres públicos não deve ser colocado em prioridade em relação a uma via com muitos defeitos com um tipo de solução mais acessível ao órgão. Dessa forma, optou-se por dar a nota máxima (1,00) para o trecho menos oneroso possível e a mínima (0,20) para o trecho mais oneroso.

3.6. PRIORIZAÇÃO DOS TRECHOS CRÍTICOS

Para a realização da priorização dos trechos críticos foi desenvolvida uma equação com índices objetivos obtida através da correlação em média ponderada (Equação 3) de três critérios escolhidos como preponderantes para cidades de pequeno porte: o fator técnico (IGG), fator preço e fator tráfego. Cada critério, pontuado previamente com uma nota, possuirá seu próprio fator de preponderância perante aos demais, que levará em conta a sua relevância quando se comparado aos outros critérios. A Tabela 7 resume os fatores de ponderação adotados para os três critérios.

Tabela 7 – Fatores de ponderação para os três critérios

Critério	Fator de Ponderação
Maior IGG	1,00
Menor custo	0,80
Maior tráfego	1,00

Fonte: do autor.

A Equação 3 exibe o cálculo da ponderação dos defeitos para obtenção do IP.

$$IP = \frac{1,0 \times NotaIGG + 0,8 \times NotaCUSTO + 1,0 \times NotaTRÁFEGO}{1,0 + 0,8 + 1,0} \quad \text{Equação 3}$$

3.6.1. Exemplo de cálculo

Neste subtópico será apresentado um exemplo de cálculo do IP para um trecho fantasia, apenas a título de exemplificação. Como exemplo, tomemos a Tabela 8 que contém todos os dados de uma determinada via chamada de Trecho A (IGG, IES, IRI e classificação funcional).

Tabela 8 – Exemplo de cálculo com uma via fantasia

Trecho	IGG	IES	IRI	Classificação
A	65	2,5	3,2	Coletora

Fonte: do autor.

Entrando-se no Anexo V, percebe-se que o tipo de solução indicada para este caso é a aplicação de uma camada de CBUQ de 4 cm de espessura. E, de acordo com o Anexo VI, custará R\$272.869,56 para um trecho de 1 km. Com todos esses dados, pode-se consultar a Figura 13, que exibe o fluxograma de cálculo do IP para então montar a Tabela 9.

Tabela 9 – Cálculo do IP para o “Trecho A”

Trecho	Nota IGG	Nota Custo	Nota Tráfego	IP
A	0,6	0,6	0,6	0,6

Fonte: do autor.

Dessa forma, o IP para o Trecho A vale 0,6. Caso fosse calculado um outro trecho fantasia “B” com um valor de IP maior que o do trecho A, pode-se concluir que o trecho B possui prioridade maior que o trecho A.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. BALANÇO GERAL DAS VIAS DE CARAÚBAS/RN

A Tabela 10 apresenta as características da área de estudo, exibindo o comprimento total em metros de trechos pavimentados e não-pavimentados, além dos sete trechos a serem avaliados, totalizando cerca de 10% de toda malha viária com revestimento asfáltico da área de estudo (que totaliza em aproximadamente 11 km). A Tabela 10 foi obtida através do mapa da Figura 8 gerado pelo QGIS.

Tabela 10 – Comprimento total de todas as vias da cidade de Caraúbas/RN

Bairro	Pavimento			Total por bairro (m)
	Asfalto (m)	Calçamento (m)	Não-pavimentado (m)	
Aeroporto	625,14	0,00	4.505,78	5.130,92
Alto da Liberdade	386,1	4.463,88	5.027,09	9.877,07
Centro	2.819,29	6.572,71	248,32	9.640,32
Guido Gurgel	0,00	290,23	1.676,83	1.967,06
Haroldo Maia	0,00	0,00	2.369,47	2.369,47
Leandro Bezerra	0,00	7.138,02	1.4641,3	21.779,32
Nestor Fernandes	0,00	2.883,97	1.118,64	4.002,61
Sebastião Maltez	1.122,67	6.762,01	3.729,73	11.614,41
RN's	6.355,63	0,00	0,00	6.355,63
Total Geral (m)	11.308,83	28.110,82	33.317,16	72.736,81
Porcentagem (%)	15,55	38,65	45,80	100,00

Fonte: dos autores.

4.2. CLASSIFICAÇÃO FUNCIONAL

A classificação funcional das vias foi obtida através da metodologia apresentada. Este dado possui importância no quesito de entender como ocorrem as viagens na cidade, podendo avaliar os trechos mais solicitados, as interseções com maior número de acelerações e frenagens, dentre outros. A Tabela 11 exibe os trechos avaliados bem como a sua classificação em local, coletora ou arterial.

Tabela 11 – Classificação das vias segundo a contagem de veículos estimada

Trecho	Veículos Leves	Veículos Pesados	Classificação
RN233	828	132	Coletora
Aeroporto	218	13	Local
RN117	1176	216	Coletora
Centro 1	780	84	Coletora
Sebastião Maltez	852	60	Coletora
Centro 2	372	12	Local
Alto da Liberdade	312	24	Local

Em uma avaliação rápida, percebeu-se que a RN 117 possui o maior fluxo de veículos que todas as demais vias asfaltadas da cidade. Isto realmente ocorre na prática, onde os carros que se originam na cidade e se destinam a qualquer outra cidade em suas quatro saídas (na RN 233 e RN 117), sendo a cidade de Mossoró/RN (seguindo à Norte) a mais relevante entre as demais, trafegam por esta via. Além disso, como a via do Sebastião Maltez é a segmentação da RN 117 que transfere o fluxo desta para o Centro da cidade, também se espera um maior fluxo de carros trafegando pela mesma. Este fato pode ser visto na contagem de veículos da Tabela 11, onde a via do Sebastião Maltez figurou como sendo a segunda via com maior fluxo de veículos da cidade, seguida pela via da RN233 e Centro 1. Por último, as vias de acesso aos bairros Alto da Liberdade e Aeroporto foram avaliadas funcionalmente como sendo vias do tipo local com pouco tráfego, visto que estes bairros não são muito grandes e, dessa forma, não possuem muito fluxo de entrada e saída de veículos.

4.3. RESULTADO DOS LEVANTAMENTOS DE CAMPO

4.3.1. Índice de Gravidade Global – IGG

A Tabela 12 apresenta os valores de IGG para os trechos analisados pelos avaliadores, bem como a sua classificação. A quinta e última coluna é referente a nota de priorização do pavimento, que pode ser obtida através da Tabela 4.

Tabela 12 – Resultado da avaliação do IGG e sua nota de priorização

Trecho	Bairro	IGG	Classificação	Nota
1	RN 233	66	Regular	0,60
2	Aeroporto	63	Regular	0,60
3	RN 117	145	Ruim	0,80
4	Centro 1	0	Ótimo	0,20
5	Sebastião Maltez	0	Ótimo	0,20
6	Centro 2	195	Péssimo	1,00
7	Alto da Liberdade	0	Ótimo	0,20

Fonte: Oliveira, Ribeiro e Ferreira (2017)

O IGG das vias asfaltadas avaliadas variou desde 0 (ótimo) até 195 (péssimo), totalizando uma média aritmética de 67, o que classificaria as vias da cidade como sendo regulares. Em contrapartida, a maioria das vias se encaixaram na faixa entre "ótimo" e "regular", como pode ser visto na Tabela 12. Isto ocorre devido aos dois trechos (Centro 2 e RN 117) estarem com condições totalmente discrepantes com a realidade do restante da cidade. A Figura 15 exibe fotos de cada segmento.

Figura 15 – Fotos de cada trecho avaliado



(a) Trecho 1 – RN 233



(b) Trecho 2 – Aeroporto



(c) Trecho 3 – RN 117



(d) Trecho 4 – Centro 1



(e) Trecho 5 – Centro 2

Fonte: do autor.

Na Figura 15, podemos ver fotos dos trechos com melhores avaliações: as vias localizadas dentro dos bairros Centro 1 (trecho 4), Sebastião Maltez (trecho 5) e Alto da Liberdade (trecho 7). Esta boa avaliação decorre principalmente da idade de construção do pavimento, tendo este

sido construído no final do ano de 2016. Já as vias RN 117 e Centro 2 exibem um grande grau de deterioração: a primeira exibe uma grande quantidade de remendos, enquanto a segunda uma grande quantidade de agregados desprendidos e desgastes, além de afundamentos plásticos e de trilha de roda, o que gerou uma pontuação de IGG bastante alta.

4.3.2. Levantamento Visual Contínuo – LVC

Utilizando-se a metodologia proposta foi possível se determinar o IES, índice que resume a avaliação objetiva e subjetiva do método do LVC. A Tabela 13 mostra os valores para o IGGE, ICPF e IES, além do código e o conceito dos trechos analisados pelos avaliadores av.1 e av.2.

Tabela 13 – Resultado da avaliação do LVC

Trecho	Bairros	IGGE	ICPF av.1	ICPF av.2	ICPF Médio	IES	Código	Conceito
1	RN 233	69,4	3,0	2,0	2,5	8	E	Péssimo
2	Aeroporto	1,8	4,0	4,0	4,0	1	A	Ótimo
3	RN 117	53,9	1,0	0,0	0,5	5	D	Ruim
4	Centro 1	57,8	2,0	3,0	2,5	5	D	Ruim
5	Sebastião Maltez	26,8	5,0	5,0	5,0	2	B	Bom
6	Centro 2	0,0	5,0	5,0	5,0	1	A	Ótimo
7	Alto da Liberdade	0,0	5,0	5,0	5,0	1	A	Ótimo

Fonte: Oliveira, Ribeiro e Ferreira (2017)

A partir da Tabela 13, verifica-se que o índice objetivo IGGE variou entre 0 e 69,4. Os maiores valores de IGGE encontrados estão localizados em ambas as RNs e no trecho 4 localizado no bairro Centro, assim como também ocorreu no método do IGG. As vias com melhores avaliações foram as vias localizadas dentro dos bairros Aeroporto, Alto da Liberdade e Centro (trecho 6), possuindo IGGE igual ou muito próximo a 0. Ao relacionar-se o IGG com o IES de cada trecho avaliado, percebeu-se que o IES descreveu melhor a qualidade da maioria das vias analisadas.

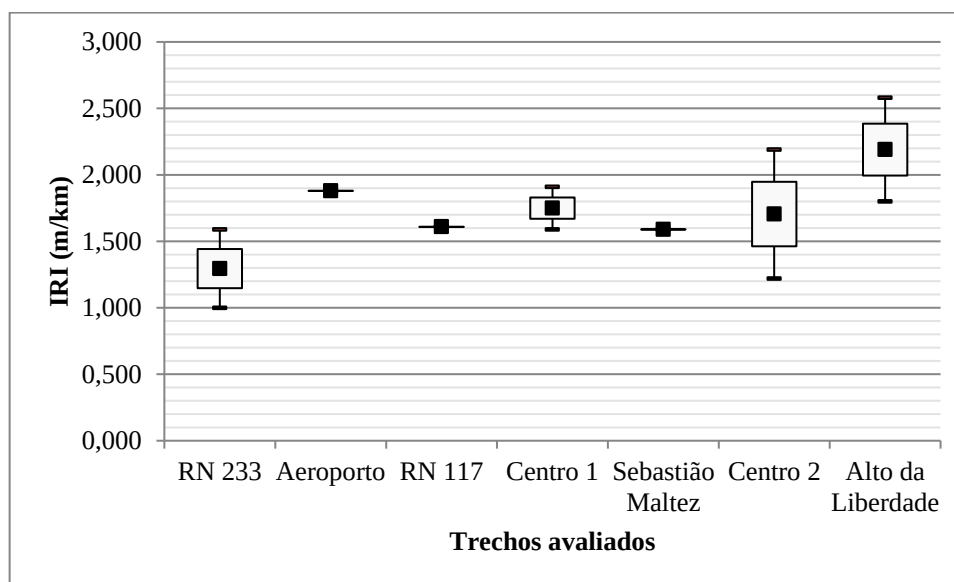
Em alguns trechos como o Sebastião Maltez e Aeroporto, a correlação entre o IGG e o IES não foi satisfatória, como exemplo pode-se citar que como desgaste não entra no cálculo do IGGE, o IES para o bairro Aeroporto ficou acima (melhor) do esperado. Em contrapartida, o valor do IES para o bairro Sebastião Maltez condissse melhor com as expectativas do que o próprio IGG, devido ao fato de pequenas panelas que não tinham sido inventariadas pelo segundo método citado acabaram por serem inventariadas pelo primeiro.

Em outras palavras, cerca de 31% de toda a malha avaliada da cidade de Caraúbas/RN possuíram avaliações positivas (entre ótimo e bom), enquanto cerca de 69% das vias inventariadas da cidade possuíram conceitos ruins ou péssimos perante esta avaliação.

4.3.3. Irregularidade Longitudinal Internacional – IRI

Com os dados obtidos pelo aplicativo *RoadLab PRO* para cada trecho avaliado foi gerado um gráfico do tipo *BoxPlot* (gráfico em caixas), exibido na Figura 16. Os dados foram dispostos desta forma para se verificar a variação de IRI que ocorre para o mesmo segmento.

Figura 16 – *BoxPlot* dos trechos avaliados



Fonte: do autor.

O gráfico do tipo *BoxPlot* exibe, além do valor médio do IRI, o valor mínimo e máximo obtido, assim como os quartis localizados entre a média e o ponto máximo e a média e o ponto mínimo. Este tipo de exibição facilita a visualização da dispersão dos dados obtidos, que pode indicar presença de defeitos pontuais em determinadas regiões (ocasionando um IRI maior) e regiões com condições melhores, sem defeitos (ocasionando um IRI menor).

Todos os trechos avaliados possuíam valores relativamente bons para o IRI que, de acordo com a Figura 6, se classificam como pavimentos novos e antigos. No geral, todos os pavimentos da cidade possuem baixo grau de irregularidade, visto que os pavimentos asfálticos dos bairros Aeroporto, Sebastião Maltez, Centro 1 e Alto da Liberdade são novos. O pavimento do bairro Aeroporto é relativamente mais antigo que o pavimento dos trechos citados acima, o seu índice de irregularidade baixo é um retrato da baixa solicitação dessa via em relação aos demais pavimentos. O pavimento do bairro Alto da Liberdade, por mais que tenha sido construído em 2016, apresentou o maior IRI de todos os trechos avaliados principalmente por conta de que o revestimento foi executado sobre uma ponte que apresenta mudanças de nível em alguns pontos.

Um fato a se notar no gráfico da Figura 16 foi que, devido à presença de defeitos na superfície dos pavimentos dos bairros RN 233 e Centro 2, tais como remendos e buracos, como evidenciado na Figura 15, os seus valores de IRI ficaram mais dispersos.

4.4. ESCOLHA DA ALTERNATIVA DE MANUTENÇÃO

A escolha para a alternativa de manutenção para cada trecho se procedeu segundo a árvore de decisão de solução do Anexo V, onde se entrou os dados de IGG, IRI e IES, para então se determinar como se realizaria a manutenção do mesmo. A alternativa de manutenção de cada trecho pode ser visualizada na Tabela 14.

Tabela 14 – Alternativa de manutenção para cada trecho avaliado

Trecho	Bairro	IGG	IRI	IES	Solução
1	RN 233	66	1,29	8	X
2	Aeroporto	63	1,88	1	MR
3	RN 117	145	1,61	5	FS+H7
4	Centro 1	195	1,75	5	REC
5	Sebastião Maltez	0	1,59	2	MR
6	Centro 2	0	1,70	1	MR
7	Alto da Liberdade	0	2,19	1	MR

Fonte: do autor.

Percebe-se que a maioria dos trechos avaliados possuem como solução apenas manutenção rotineira (MR), enquanto trechos mais críticos como o Centro 1 tem como solução a reconstrução completa do pavimento. Para o segmento da RN 117, o método gerou uma solução de se realizar uma fresagem no pavimento atual e, logo em seguida, aplicar-se uma camada de CBUQ de 8 centímetros. Este tipo de solução deve ser executado em concordância com Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) que, por sua vez, deve criar um plano de manutenção própria de sua rede de distribuição de água que está localizada sob a via, visto que intervenções que já se tornaram comuns nessa região acabam por acelerar o processo de deterioração do pavimento.

Segundo o método, a solução de manutenção para a RN233 deverá ser estudada de acordo com os defeitos que acometem o seu pavimento, além da solicitação imposta pelos veículos, drenagem, dentre outros fatores. Os principais defeitos inventariados pelo método do IGG e do LVC foram, em sua maior quantidade, trincas do tipo couro de jacaré. Dessa forma, pode-se optar por uma selagem de trincas nas regiões afetadas pelo defeito, visto que *in loco* não percebeu problemas com a drenagem do pavimento ou defeitos como panelas e afundamentos plásticos.

As soluções de manutenção rotineira (MR) devem ser estudadas para cada caso, visto que cada pavimento possui características únicas que os diferenciam dos demais, como o tipo de solicitação, o volume de tráfego, além de alguns possuírem trechos de travessia e outros não. Deve-se, então, realizar estudos preventivos para aumentar a vida útil desses pavimentos, além de evitar que, no futuro, estes necessitem de soluções mais onerosas.

4.5. HIERARQUIZAÇÃO DOS TRECHOS CRÍTICOS

Com o tipo de solução determinada, montou-se a Tabela 15 com todos os três critérios elencados para cada trecho, com os custos orçados para cada tipo de solução.

Tabela 15 – Trechos avaliados com seus respectivos IGG, custo e tráfego

Trecho	Bairro	IGG	Custo/km	Tráfego
1	RN 233	66	R\$ 272.869,56	Coletora
2	Aeroporto	63	R\$ 32.707,83	Local
3	RN 117	145	R\$ 318.417,16	Coletora
4	Centro 1	195	R\$ 323.599,96	Coletora
5	Sebastião Maltez	0	R\$ 32.707,83	Coletora
6	Centro 2	0	R\$ 32.707,83	Local
7	Alto da Liberdade	0	R\$ 32.707,83	Local

Fonte: do autor.

Com isso, tornou-se possível calcular a média ponderada das notas de cada critério assim, obtendo o trecho mais crítico da cidade (com a maior média ponderada), como pode ser visualizado na Tabela 16.

Tabela 16 – Hierarquização dos trechos

Prioridade	Trecho	Nota IGG	Nota Custo	Nota Tráfego	MÉDIA
1	Centro 1	1,00	0,40	0,60	0,69
2	Aeroporto	0,60	1,00	0,40	0,64
3	RN 117	0,80	0,40	0,60	0,61
4	RN 233	0,60	0,60	0,60	0,60
5	Sebastião Maltez	0,20	1,00	0,60	0,57
6	Centro 2	0,20	1,00	0,40	0,50
7	Alto da Liberdade	0,20	1,00	0,40	0,50

Fonte: do autor.

Como pode ser visto a cima, o trecho da RN 117, por mais que tenha o tipo de solução mais caro de todos, também possui o maior IGG de todos da cidade, além de ser uma via de alto volume de tráfego (coletora). Dessa forma, esta foi considerada como sendo a via com maior prioridade da cidade no quesito de se realizar manutenção. Sendo assim, é imprescindível uma

reconstrução do seu pavimento, que pode ser precedida de uma reciclagem do pavimento antigo ou não.

O trecho do Centro 1, por possuir uma das maiores solicitações de veículos da cidade, por ser um trecho de grande volume de viagens, aliado a seu alto valor de IGG, foi considerado como sendo um dos trechos prioritários da cidade. Para ele, a solução a ser tomada é a aplicação de uma camada de CBUQ de 8 centímetros, visto que não há grandes irregularidades ou afundamentos em sua estrutura, painéis ou outros defeitos que possam ter afetado a sua estrutura.

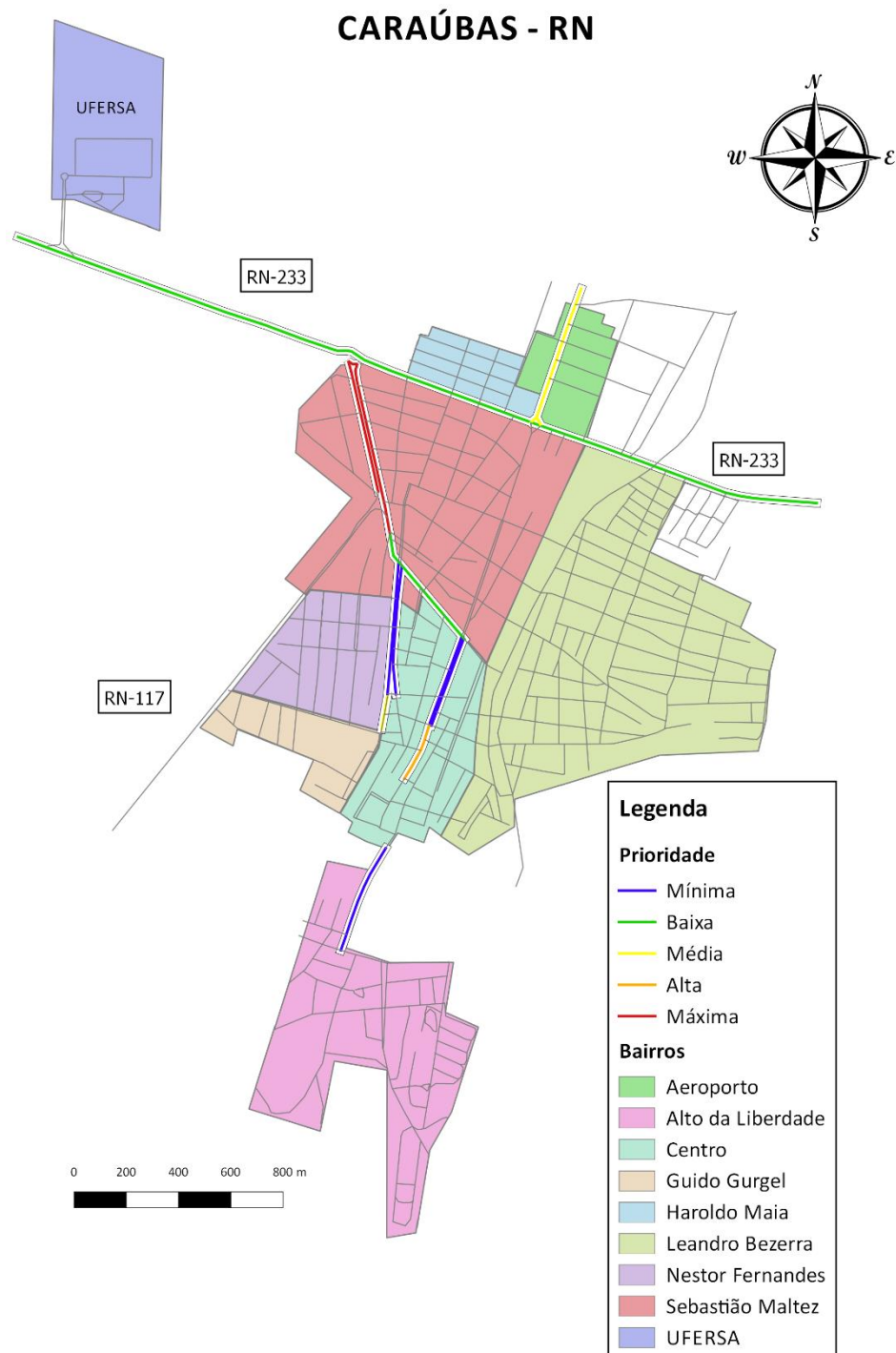
Já via asfaltada do bairro Aeroporto foi considerada como a terceira via com maior prioridade no quesito de tomada de decisão. Isto decorreu do alto valor de IGG e o baixo custo de solução, visto que o principal defeito da via é desgaste (devido a idade do pavimento), o que levou a altos valores de IGG e um baixo custo de solução (aplicação de um microrrevestimento de baixas dimensões).

Já o trecho da RN 233, como já discutido anteriormente, tem uma predominância de defeitos do tipo couro de jacaré, sem problemas de drenagem ou de afundamentos. Dessa forma, por possuir uma solução barata e com um baixo IGG, figurou apenas em quarta posição na hierarquização das vias. Contudo, deve-se fazer análises mais aprofundadas a fim de se evitar que as trincas se transformem em problemas maiores, como painéis, que podem pôr em risco a estrutura do pavimento, gerando soluções futuras mais caras para esta via.

As últimas posições da hierarquização ficaram com as vias mais novas da cidade: a via do bairro Sebastião Maltez, Centro 2 e Alto da Liberdade. Isto ocorreu devido ao baixo valor de IGG, além de necessitarem apenas de manutenções rotineiras para manutenção da vida útil de seu pavimento.

Dessa forma, gerou-se a ilustração da Figura 17 para mostrar os trechos mais críticos da cidade.

Figura 17 – Ilustração com a priorização dos trechos avaliados



Fonte: do autor.

5. CONCLUSÃO

O sistema de gerenciamento de pavimentos para vias urbanas é uma ferramenta que facilita a tomada de decisões a nível de rede, fazendo-se com que o ganho tanto em tempo quanto em gastos para os órgãos competentes seja imensurável.

Na primeira etapa do SGP, a etapa de avaliação, foram utilizados nesta pesquisa métodos para avaliação de pavimentos rurais preconizados pelo DNIT. Estes métodos de avaliação mostraram-se adaptáveis para vias urbanas, no quesito de que os valores encontrados corresponderam com a realidade, seja no seu caráter objetivo (IGG e IGGE), quanto no caráter subjetivo (ICPF).

No sentido de se aumentar ainda mais a agilidade do SGP, a utilização de *smartphones* e *softwares* para o auxílio na obtenção dos resultados, mostrou-se bastante eficaz e ágil, o que mostra que esses equipamentos ainda serão utilizados muitas vezes no futuro, seja para obtenção do IRI, IGG, IGGE, quanto para determinação de vários outros índices dos pavimentos.

Um ponto positivo para o método aqui desenvolvido, foi o fato da utilização de índices objetivos para diferentes fins: determinação da alternativa de manutenção ou reconstrução, com a utilização dos índices objetivos do IGG, IRI e IES, e hierarquização dos defeitos, com utilização de notas dadas para cada faixa de IGG (critério técnico), custo (critério econômico) e classificação funcional (critério de tráfego).

Além disso, a metodologia empregada bem como o uso das ferramentas escolhidas possibilitou aos avaliadores conhecerem ainda mais os problemas que acometem os pavimentos da cidade, além de entender o tráfego a nível de rede do município e as decisões específicas a serem tomadas para manutenção dos pavimentos. Dessa forma, estratégias poderão ser adotadas em parceria com órgãos no sentido de aproveitar ao máximo os recursos disponíveis, escolhendo pontos que necessitam de projetos executivos, bem como garantir uma vida útil maior do patrimônio público.

Por último, percebeu-se que o cálculo de priorização (ou hierarquização) se mostrou bastante contundente, visto que ambos os avaliadores, ao dar uma nota para o índice subjetivo do método do LVC, escolheram estes trechos como sendo os trechos mais críticos da cidade, por mais que estivessem levando em conta apenas o critério técnico.

Para que o método seja refinado e validado para aplicação em outras cidades com características semelhantes à de Caraúbas/RN, são necessárias informações e dados sobre as condições dos pavimentos ao longo do tempo. Sugere-se, portanto, a criação e a manutenção,

pelos municípios, de sistemas de gerência de pavimentos, com execução de avaliações periódicas da condição de seus pavimentos.

Sugere-se ainda, dessa forma, que em trabalhos futuros leve-se em consideração mais informações sobre os pavimentos, como a evolução de defeitos com o tempo para o critério técnico, as intervenções já realizadas nos pavimentos e, caso possível, avaliações estruturas do pavimento. Dessa forma, o processo de tomadas de decisões sobre as atividades de manutenção e reabilitação tornam-se cada vez mais eficientes, contribuindo, no geral, para o permanente aperfeiçoamento do Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos do Brasil.

REFERÊNCIAS

AASHTO. **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**. 6ª. ed. Washington DC: AASHTO, 2011.

APS, M.; BALBO, J. T.; SEVERI, A. A. AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EM VIAS URBANAS UTILIZANDO O MÉTODO DO PCI. **31 RAPv**, São Paulo, v. 1, n. 31, p. 17, Outubro 1998.

ASTM. **Standard practice for computing international roughness index of roads from longitudinal profile measurements**. ASTM International E192608. West Conshohocken, Philadelphia, USA, p. 16. 2015. (s.n.).

BARELLA, R. M. **CONTRIBUIÇÃO PARA A AVALIAÇÃO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS COM PERFILÔMETROS INERCIAIS**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP. São Paulo, p. 362. 2008. (s.n.).

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação Asfáltica: Formação básica para engenheiros**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Petrobras, 2008.

BERTOLLO, S. A. M. **Considerações sobre a Gerência de Pavimentos Urbanos em Nível de Rede**. Universidade de São Paulo. São Carlos, p. s.n. 1997. (s.n.).

BISCONSINI, D. R. **Avaliação da Irregularidade Longitudinal dos Pavimentos com Dados Coletados por Smartphones**. Universidade de São Paulo - USP. São Carlos, p. 208. 2016. (s.n.).

BRASIL. Lei nº 9.503, de 20 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, set. 1997.

BRASIL. **Relatório dos Levantamentos Funcionais das Rodovias Federais**. Brasil: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2013. 26 p.

CAMPOS, A. C. R. **MÉTODOS DE PREVISÃO DE DESEMPENHO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS: APLICAÇÃO E PROPOSIÇÃO DE CRITÉRIOS DE AJUSTE**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 273. 2004. (s.n.).

CUNHA, C. R. **DETERMINAÇÃO DE MODELO DE DETERIORAÇÃO DOS PAVIMENTOS PARA A MALHA RODOVIÁRIA ESTADUAL DO CEARÁ**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, p. 193. 2008. (s.n.).

DANIELESKI, M. L. **PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS URBANOS: APLICAÇÃO À REDE VIÁRIA DE PORTO ALEGRE**. UFRGS. Porto Alegre, p. 187. 2004.

DNIT. **DNIT 005/2003 - TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Terminologia**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR. Rio de Janeiro, RJ, p. 12. 2003. (s.n.).

DNIT. **DNIT 006/2003 - PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR. Rio de Janeiro, RJ, p. 10. 2003. (s.n.).

DNIT. **DNIT 008/2003 - PRO: Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e pavimentos semi-rígidos - Procedimento**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR. Rio de Janeiro, p. 11. 2003. (s.n.).

DNIT. **DNIT 009/2003 - PRO: Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR. Rio de Janeiro, p. 6. 2003. (s.n.).

DNIT. **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro: IPR, 2006. 278 p. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf>. Acesso em: 16 Jan 2018.

DNIT. **Manual de gerência de pavimentos**. Rio de Janeiro: IPR, 2011.

DURÁN, J. B. C.; JÚNIOR, J. L. F. **AVALIAÇÃO DO MÉTODO PCI E DO PROGRAMA PAVEAIR PARA A GERÊNCIA DE PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS. 44ª RAPv**, Foz do Iguaçu, 18 Ago 2015. 18.

FERNANDES JR, J. L. **Eficiência Econômica e de Engenharia para as rodovias: Uma Introdução ao HDM**. Escola de Engenharia de São Carlos. Araraquara, SP. 1997.

FERNANDES JR, J. L. **Sistemas de gerência de pavimentos urbanos para cidades de médio porte**. Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo, SP. 2001.

FERNANDES JR, J. L.; ODA, S.; ZERBINI, L. F. **Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos**. Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Transportes. São Carlos, SP, p. 127. 1999.

FERNANDES JR., J. L. **Eficiência econômica e de engenharia para as rodovias: Uma introdução ao HDM**. Escola de Engenharia de São Carlos - Departamento de Transportes. Araraquara, SP. 1997.

FORSLOF, L.; JONES, H. Roadroid: Continuous road condition monitoring with smartphones. **Journal of Civil Engineering and Architecture**, Riyadh, Saudi Arabia, v. 9, p. 485-496, 2015. ISSN DOI: 10.17265/1934-7359/2015.04.012.

FRANCO, F. A. C. D. P. **MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO MECANÍSTICO-EMPÍRICO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS - SISPAV**. COPPE. Rio de Janeiro, p. 318. 2007. (s.n.).

HANSEN, A. **APLICAÇÃO DE SIG EM SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS PARA A CIDADE DE MARINGÁ**. Universidade Estadual de Maringá - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Maringá, PR, p. 127. 2008.

IBGE. Censo Demográfico - 2010. **IBGE**, Brasília, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/caraubas/panorama>>. Acesso em: 15 Jan 2018.

IPEA. População e PIB das cidades médias crescem mais que no resto do Brasil, 2008. Disponível em: <<http://www.redbcm.com.br/arquivos/bibliografia/pesquisa%20ipea.pdf>>. Acesso em: 11 abr 2018.

NÓBREGA, E. S. **COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE RETROANÁLISE EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, p. 384. 2003.

NUNES, T. V. L. **Novo Método para Avaliação de Pavimentos Urbanos**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, p. 23. 2002. (s.n.).

NUNES, T. V. L. **MÉTODO DE PREVISÃO DE DEFEITOS EM ESTRADAS VICINAIS DE TERRA COM BASE NO USO DAS REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS: TRECHO DE AQUIRAZ - CE**. Universidade Federal do Ceará - UFC. Fortaleza, p. 134. 2003. (s.n.).

OLIVEIRA, F. A. D. D.; RIBEIRO, M. N. F.; FERREIRA, W. L. G. USO DE FERRAMENTAS DE GEORREFERENCIAMENTO PARA AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS URBANOS. **Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte**, Recife, PE, p. 11, out 2017. ISSN s.n.

OLIVEIRA, F. H. L. D. et al. ESTUDO DA CONDIÇÃO DA SUPERFÍCIE EM RODOVIAS DO ESTADO DO CEARÁ COM O USO DE SMARTPHONE. **XIX CILA**, Medellin, p. 12, 2017. ISSN s.n.

PONTES, C. A. M. **ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DE DEFEITOS DE SUPERFÍCIE EM TRECHOS DA MALHA RODOVIÁRIA DO ESTADO DO CEARÁ**. Universidade Federal do Ceará - UFC. Fortaleza, p. 126. 2012. (s.n.).

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **IP - 02 - Classificação das Vias**. São Paulo, SP. 2004.

SAMPEDRO, A.; CAMPOS, V. B. G. **AVALIAÇÃO E TRATAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DA INFRAESTRUTURA VIÁRIA URBANA QUE INFLUENCIAM A SEGURANÇA DO TRÁFEGO**. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, RJ, p. 12. 2006.

SAYERS, M. W.; KARAMIHAS, S. M. **The Little Book of Profiling**: Basic Information about Measuring and Interpreting Road Profiles. Ann Arbor, Michigan, EUA: University of Michigan, 1998.

SUCUPIRA, M. L. L. **APLICAÇÃO E ADAPTAÇÃO DA METODOLOGIA PAVER PARA PAVIMENTOS URBANOS DO CAMPUS DO PICI NA CIDADE DE FORTALEZA**. Universidade Federal do Ceará - UFC. Fortaleza, p. 235. 2006.

TAVAKOLI, A.; LAPIN, M. S.; FIGUEROA, J. L. PMSC: Pavement Management System for Small Communities. **Journal of Transportation Engineering**, Cleveland, Ohio, v. 118, n. 2, p. 270-280, 1992. ISSN s.n.

ZANCHETTA, F. **Sistema de gerência de pavimentos urbanos: avaliação de campo, modelo de desempenho e análise econômica**. Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 234. 2017.

ANEXOS

Anexo I – Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos (terminologia)

Quadro 14 – Codificação e classificação dos defeitos

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

Fonte: DNIT, 2003

Quadro 15 – Codificação e classificação de outros defeitos

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

Fonte: DNIT, 2003.

Anexo II – Planilha de ocorrência de defeitos do método do IGG

Nome da Rodovia:			Trecho:					Operador:				
			Subtrecho:					Revestimento tipo:				
(Data)	Folha: (ex: 1/10)		Estaca inicial:					Estaca final:				
Estação			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Faixa			D	E	D	E	D	E	D	E	D	E
Tipo	OK	Sem defeito										
1	F1	Fissuras										
(FCI)	TTC	Trincas transversais curtas										
	TTL	Trincas transversais longas										
	TLC	Trincas longitudinais curtas										
	TLL	Trincas longitudinais longas										
	TRR	Trincas isoladas retração										
2	J	Couro de jacaré										
(FCII)	TB	Trincas em bloco										
3	JE	Couro de jacaré com erosão										
(FCIII)	TBE	Trincas em bloco com erosão										
4	ALP	Afundamento plástico local										
	ATL	Afundamento plástico trilha										
5	O	Ondulação										
	P	Panela										
6	EX	Exsudação										
7	D	Desgaste										
8	R	Remendo										
	ALC	Afundamento consolidação local										
	ATC	Afundamento consolidação trilha										
	E	Escorregamento										
	TRI	Afundamento trilha interna (mm)										
	TER	Afundamento trilha externa (mm)										

Fonte: Bernucci *et al.*, 2003. Adaptação: autor.

Anexo III – Planilha para Levantamento Visual Contínuo

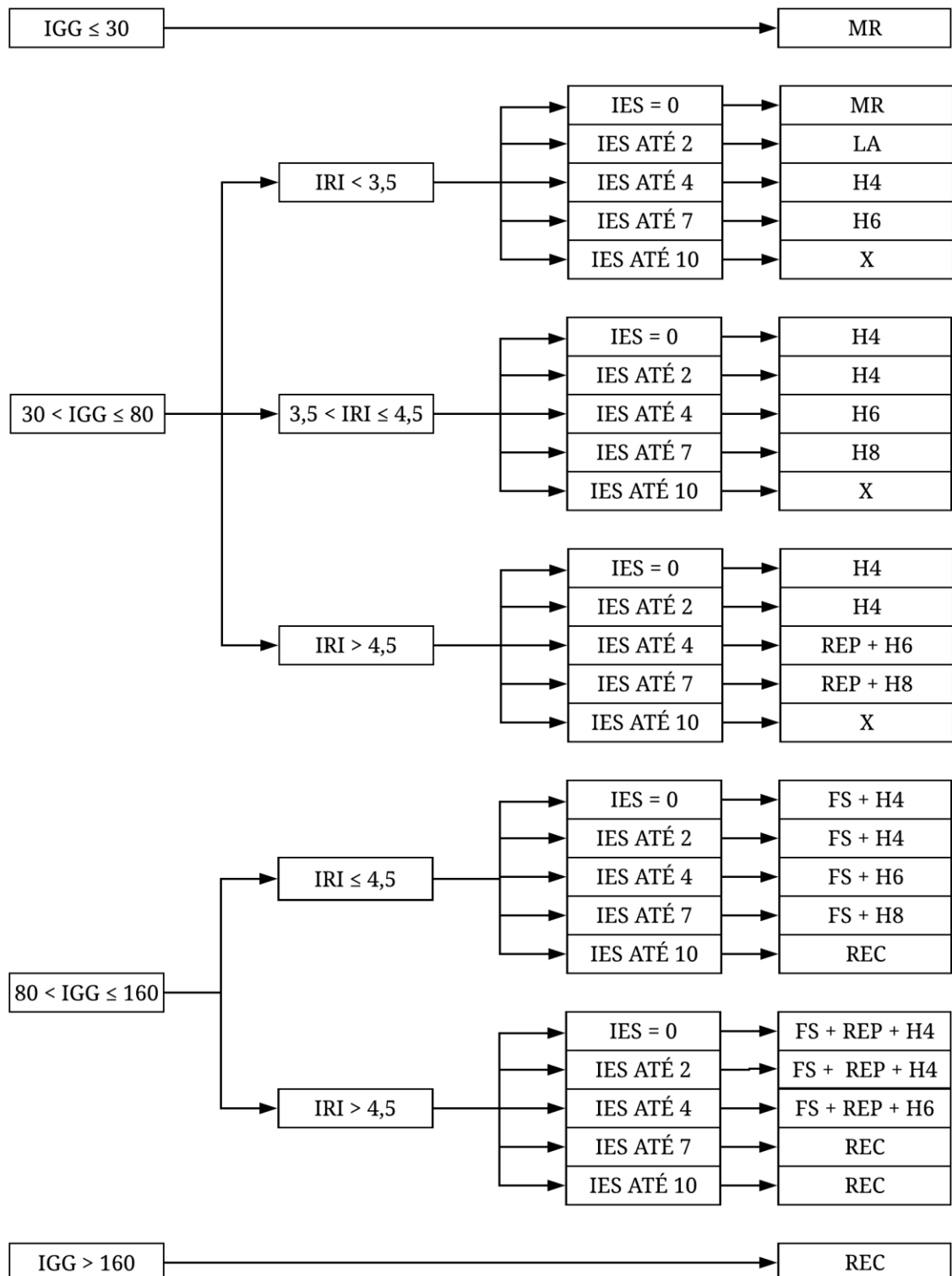
[illegible]

Fonte: DNIT, 2003.

[illegible]

Felipe Augusto Dantas de Oliveira, Página 74

Anexo V – Árvore de decisão de solução



Fonte: do autor.

Anexo VI – Orçamento referente ao mês de Dezembro/2017 para as alternativas de manutenção

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA

OBRA: Pavimentação
LOCAL: Rio Grande do Norte

DATA BASE: Dezembro de 2017
Num. Descrição

Un Quantit. Preço unit. (R\$)

1 MANUTENÇÃO ROTINEIRA C/ LAMA ASFÁLTICA - MR/LA

1.1	LAMA ASFÁLTICA GROSSA (GRANULOMETRIAS III E IV) AC/BC (MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS)	M2	7.000,0000	2.59
1.2	TRANSPORTE DOS INSUMOS - FILLER E CAP	TXKM	1,0000	1623.27
1.3	MATERIAIS - FILLER E CAP	UN	1,0000	12954.56

Trinta e dois mil setecentos e sete reais e oitenta e três centavos

2 MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO - MR

2.1	CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CBUQ COM ESPESSURA DE 2CM	M2	280,0000	99.22
2.2	TRANSPORTE DA EMULSÃO PARA PINTURA DE LIGAÇÃO - SEINFRA	T	1,0000	1103.00
2.3	TRANSPORTE DOS INSUMOS DA MISTURA ATÉ USINA	UN	1,0000	24942.64
2.4	PINTURA DE LIGACAO COM EMULSAO RR-1C	M2	7.000,0000	1.23
2.5	MATERIAIS - BRITA E CAP	UN	1,0000	12745.22

Setenta e cinco mil cento e oitenta e dois reais e quarenta e seis centavos

3 PAVIMENTAÇÃO EM CBUQ - H4

3.1	PINTURA DE LIGACAO COM EMULSAO RR-1C	M2	7.000,0000	1.23
3.2	TRANSPORTE DA EMULSÃO PARA PINTURA DE LIGAÇÃO - SEINFRA	T	1,0000	1103.00
3.3	CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ), CAMADA DE ROLAMENTO, COM ESPESSURA DE 4,0 CM - EXCLUSIVE TRANSPORTE. AF_03/2017	M3	280,0000	712.35
3.4	TRANSPORTE DA MASSA (CONCRETO ASFÁLTICO -CBUQ) ATÉ A OBRA	UN	1,0000	38755.92
3.5	TRANSPORTE DOS INSUMOS DA MISTURA ATÉ USINA	UN	1,0000	24942.64

Duzentos e setenta e dois mil oitocentos e sessenta e nove reais e cinquenta e seis centavos

4 PAVIMENTAÇÃO EM CBUQ - H6

4.1	PINTURA DE LIGACAO COM EMULSAO RR-1C	M2	7.000,0000	1.23
4.2	TRANSPORTE DA EMULSÃO PARA PINTURA DE LIGAÇÃO - SEINFRA	T	1,0000	1103.00
4.3	CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ), CAMADA DE ROLAMENTO, COM ESPESSURA DE 6,0 CM - EXCLUSIVE TRANSPORTE. AF_03/2017	M3	420,0000	683.03
4.4	TRANSPORTE DA MASSA (CONCRETO ASFÁLTICO -CBUQ) ATÉ A OBRA	UN	1,0000	38755.92
4.5	TRANSPORTE DOS INSUMOS DA MISTURA ATÉ USINA	UN	1,0000	24942.64

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA

OBRA: Pavimentação
LOCAL: Rio Grande do Norte

DATA BASE: Dezembro de 2017
Num. Descrição

Un Quantit. Preço unit. (R\$)

Trezentos e sessenta mil duzentos e oitenta e quatro reais e dezesseis centavos

5 PAVIMENTAÇÃO EM CBUQ - H7

5.1	PINTURA DE LIGACAO COM EMULSAO RR-1C	M2	7.000,0000	1.23
5.2	TRANSPORTE DA EMULSÃO PARA PINTURA DE LIGAÇÃO - SEINFRA	T	1,0000	1103.00
5.3	CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ), CAMADA DE ROLAMENTO, COM ESPESSURA DE 7,0 CM - EXCLUSIVE TRANSPORTE. AF_03/2017	M3	490,0000	675.11
5.4	TRANSPORTE DA MASSA (CONCRETO ASFÁLTICO -CBUQ) ATÉ A OBRA	UN	1,0000	38755.92
5.5	TRANSPORTE DOS INSUMOS DA MISTURA ATÉ USINA	UN	1,0000	24942.64

Quatrocentos e quatro mil duzentos e quinze reais e quarenta e seis centavos

6 REPERFILAGEM

6.1	REPERFILAGEM	UN	1,0000	104911.80
-----	--------------	----	--------	-----------

Cento e quatro mil novecentos e onze reais e oitenta centavos

7 FRESAGEM

7.1	Fresagem descontínua revest. betuminoso	M3	280,0000	162.67
-----	---	----	----------	--------

Quarenta e cinco mil quinhentos e quarenta e sete reais e sessenta centavos

8 RECONSTRUÇÃO - REC

8.1	Fresagem descontínua revest. betuminoso	M3	280,0000	162.67
8.2	REPERFILAGEM	UN	1,0000	104911.80
8.3	PINTURA DE LIGACAO COM EMULSAO RR-1C	M2	7.000,0000	1.23
8.4	TRANSPORTE DA EMULSÃO PARA PINTURA DE LIGAÇÃO - SEINFRA	T	1,0000	1103.00
8.5	CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ), CAMADA DE ROLAMENTO, COM ESPESSURA DE 4,0 CM - EXCLUSIVE TRANSPORTE. AF_03/2017	M3	140,0000	712.35
8.6	TRANSPORTE DA MASSA (CONCRETO ASFÁLTICO -CBUQ) ATÉ A OBRA	UN	1,0000	38755.92
8.7	TRANSPORTE DOS INSUMOS DA MISTURA ATÉ USINA	UN	1,0000	24942.64

Trezentos e vinte e três mil quinhentos e noventa e nove reais e noventa e seis centavos