

DESENVOLVIMENTO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO PARA CIDADES DE PEQUENO PORTE

Felipe Augusto Dantas de Oliveira
Wellington Lorrann Gaia Ferreira
Universidade Federal Rural do Semi-Árido

RESUMO

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 para cidades de pequeno porte (menores que 100 mil habitantes), que enfrentam a escassez de equipamentos, elevando os custos nas etapas de obtenção de dados e criação de um plano de manutenção. Além disso, desenvolveu-se um método para se hierarquizar as vias em mais prioritárias e menos prioritárias em relação aos trechos com maior e menor necessidade de manutenção respectivamente, levando-se em consideração as características técnicas, econômicas e de tráfego para cada trecho. No geral, observou-se que com auxílio dos métodos objetivos aqui desenvolvidos e empregados foi possível obter informações fundamentais para determinar alternativas de manutenção ou reabilitação adequadas, bem como classificar os segmentos em mais e menos críticos, além de se estimar o custo em unidade de quilômetro (km) para cada uma destes.

PALAVRAS-CHAVE: gerência de pavimentos, pavimentos urbanos, manutenção, índice de prioridade.

ABSTRACT

The goal of this work is to use free softwares and tools to develop a maintenance and rehabilitation plan for asphaltic roadways for small towns (less than 100 thousand inhabitants), which face the scarcity of equipment, raising costs in the stages of data collection and creation of a maintenance plan. In addition, a method was developed to hierarchize the routes in more priority and less priority in relation to the sections with greater and lesser maintenance respectively, taking into account the technical, economic and traffic characteristics for each stretch. In general, it was observed that with the help of the objective methods developed and employed, it was possible to obtain fundamental information to determine suitable maintenance or rehabilitation alternatives, as well as to classify the segments in more and less critical, besides estimating the cost in unit of (km) for each of these.

KEY WORDS: pavement management, urban pavements, maintenance, priority index.

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.

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 do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (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 descontínuo 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), aplicados em cidades de médio à grande porte.

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, o objetivo deste trabalho é desenvolver um plano de manutenção e reabilitação das vias com revestimento asfáltico para cidades de pequeno porte a partir da aplicação de métodos objetivos - como o método do IGG, LVC e IRI – e *softwares* e ferramentas gratuitas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema de Gerência de Pavimentos

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).

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.

2.2 Avaliação Funcional 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. Dentre os métodos normatizados pelo DNIT, pode-se citar o método de determinação do IGG (DNIT 006/2003 – PRO) que consiste em um método de avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos. Este método, por mais que seja para regiões rurais, vem sido amplamente utilizado para avaliações de pavimentos urbanos.

Enquanto o IGG realiza uma avaliação amostral de um trecho homogêneo de pavimento, o procedimento do LVC (DNIT 008/2003 – PRO) estuda todos os defeitos encontrados no trecho avaliado, assim como sua severidade. Com esses dados pode-se determinar subjetivamente o Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis (ICPF) e, objetivamente, o Índice de Gravidade Global Exedito (IGGE), para então obter o resultado do Índice do Estado de Superfície (IES), que leva em consideração os dois primeiros.

Dentre os métodos de avaliação funcional, o IRI possui posição de destaque por mensurar os defeitos de irregularidade que afetam o conforto e segurança dos motoristas. Em nosso país são utilizados basicamente quatro equipamentos para medir a irregularidade longitudinal de pavimentos: medidores do tipo resposta, nível e mira, *Dipstick* e o Merlin. Estudos recentes tentam consolidar um novo tipo de medidores do tipo resposta baseado na utilização de aplicativos para *smartphones*. No geral, várias pesquisas como as pesquisas Bisconsini (2016) e Oliveira et al. (2017) vêm atingido um grande volume de resultados satisfatórios, que em sua maioria apontam para correlações positivas quando se comparado com IRI obtidos por outros equipamentos, chegando a alcançar coeficientes de determinação comparativo em torno de 0,7. No estado atual, os *smartphones* são dispositivos de fácil acesso e aquisição, quando se comparado aos outros equipamentos tradicionais (como os perfilômetros inerciais), facilitando a coleta de dados em cidades de pequeno porte, por exemplo.

2.3. 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. Com as atividades de manutenção e reabilitação há um ganho na serventia do pavimento evitando a deterioração precoce, impedindo o aparecimento de defeitos mais severos, mantendo a estimativa de vida útil do pavimento.

Existem vários trabalhos na literatura com métodos distintos para se realizar um plano de manutenção e reabilitação, tanto em vias urbanas e rurais. Porém, todos estes métodos consideram a utilização de equipamentos caros, como equipamentos de avaliação estrutural por exemplo, que acabam onerando o processo, tornando inviável para cidades de pequeno porte.

2.3.1. 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. Enquanto que cidades de pequeno porte geralmente não possuem um sistema que gerencie seus pavimentos.

Alguns departamentos, como o Departamento de Infraestrutura de Transportes da Bahia (DERBA), especificam modelos de previsão de desempenho para pavimentos urbanos, como o seu 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 1 exibe o catálogo do DERBA para soluções em vias pavimentadas com CBUQ.

Quadro 1: Catálogo de soluções para rodovias em CBUQ

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

Onde FE é a razão entre deflexão característica (D_c) e a deflexão admissível (D_{adm}). E cada item da tabela possui os seguintes significados: Manutenção Rotineira (MR); Lama Asfáltica (LA); microrrevestimento asfáltico (MI); Aplicação de nova camada de CBUQ com espessura “n” (variando de 4 a 7 cm - Hn); reperfilagem e aplicação de camada de CBUQ com espessura (n) 5 ou 8 cm (REP + Hn); fresagem com espessura de 3cm/4cm e aplicação de camada de CBUQ; com espessura (n) de 3 a 8 cm (FS + 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 (FS + REP + Hn); Reconstrução do revestimento em CBUQ (REC); Solução a ser detalhada caso a caso (X).

2.3.2. 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 objetiva, relacionando vários fatores, que podem ser do tipo tráfego, custo, técnico, benefício, dentre outros.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O processo geral do trabalho seguiu as seguintes etapas contidos no fluxograma da Figura 1, que vai deste a caracterização das vias até a hierarquização dos trechos em mais e menos prioritários. Devido à escassez de equipamentos mais avançados em cidades de pequeno porte, optou-se por utilizar os parâmetros de IES, IGG e IRI, que podem ser obtidos com equipamentos de fácil acesso.

Por fim, 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 de manutenção ou reabilitação a mais barata possível.

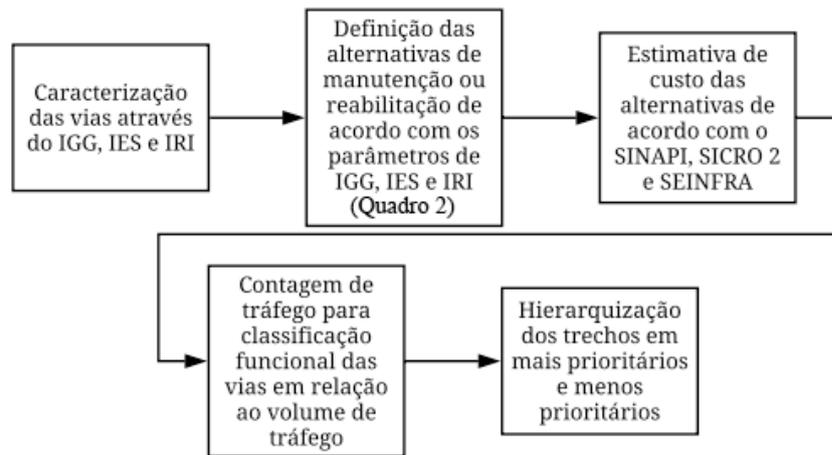


Figura 1: Etapas da execução do projeto

3.1. Caracterização da Área de Estudo

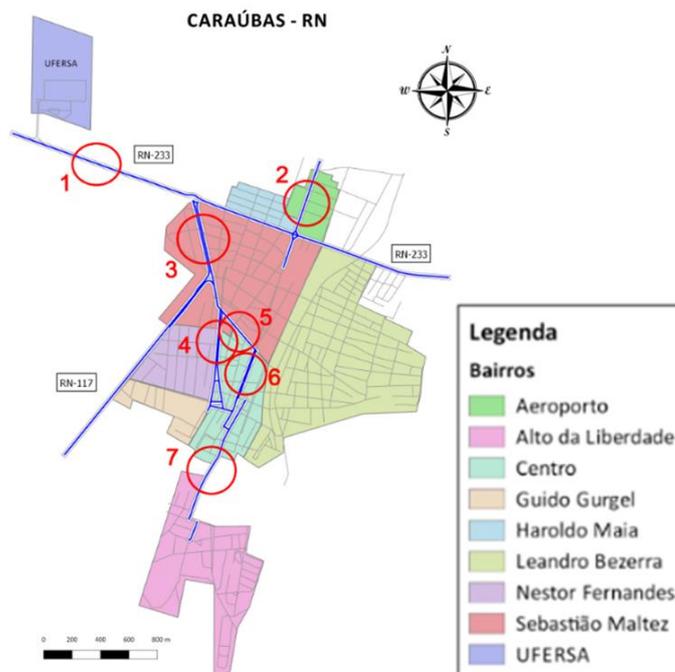


Figura 2: Ilustração dos bairros e trechos avaliados.

Para aplicação e validação do método, a cidade piloto escolhida foi a cidade de Caraúbas/RN que conta com cerca de 20 mil habitantes, sendo dividida em oito bairros: Aeroporto, Alto da Liberdade, Centro, Guido Gurgel, Haroldo Maia, Leandro Bezerra, Nestor Fernandes e Sebastião Maltez. O município conta com uma malha viária de 72km, sendo essa constituída de calçamento, revestimento asfáltico e vias em terreno natural. Além das vias da cidade, foram analisadas as RNs 233 e 117 que cortam a cidade de Caraúbas. Como essas rodovias ainda não se encaixam totalmente na divisão dos bairros já existentes e por terem um tráfego diferente do projetado para as vias urbanas, optou-se por analisá-las separadamente, a fim de uma classificação mais acurada das vias. A Figura 2 detalha os trechos avaliados da cidade, além de ilustrar a divisão dos bairros da mesma.

Os trechos circutados em vermelho da Figura 2 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.

3.2. Definição das Alternativas de Manutenção

O Quadro 2 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 no presente estudo. Ademais, considerando que para cidades de pequeno porte avaliar a condição estrutural por meio de levantamentos estruturais não seja algo tão comum, buscou-se usar parâmetros mais acessíveis para a realidade das cidades. A escolha de se substituir a coluna FC pela coluna IES se procedeu após o cruzamento dos tipos de manutenção/reabilitação indicados pelo método do LVC (Tabela 2 da norma DNIT008/2003 – PRO) com os valores do Quadro 1. Em resumo, uma atribuição de IES ruim (alta frequência de defeitos) indicará condições ruins, mesmo que a atribuição para valores de IGG e IRI sejam boas.

Quadro 2: Catálogo de soluções para rodovias em CBUQ proposto

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

Para isso, utilizou-se equipamentos gratuitos para a determinação do IGG e IES dos sete segmentos da Figura 2: o aplicativo para *smartphone Google My Maps*, para demarcação em campo dos pontos de cada defeito considerado como “ocorrência” e para demarcação de linhas de cada defeito considerado como “extensão”; e o *LibreOffice Calc* para importação dos dados do *Google My Maps* e cálculo dos índices propriamente ditos. Foram conduzidas medições do IRI dos pavimentos através da utilização de um aplicativo para *smartphone* gratuito para a plataforma Android (escolhida pela sua fácil acessibilidade), o *RoadLab PRO* (OLIVEIRA, 2018).

3.3. Hierarquização dos Defeitos

Após a medição dos índices em campo, a hierarquização dos defeitos foi feita segundo o fluxograma da Figura 3.

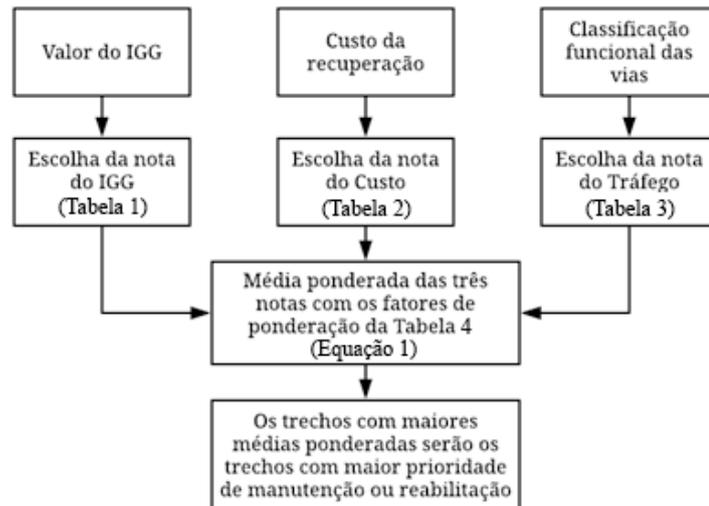


Figura 3: Fluxograma referente a hierarquização dos defeitos.

3.3.1. Critério da maior quantidade de defeitos (valor do IGG)

Para seleção do critério de maior quantidade de defeitos, as vias a serem hierarquizadas devem ser separadas de acordo com o IGG avaliado para cada trecho. Sabendo-se das respectivas classificações do método, pode-se atribuir notas para cada estado de conservação, 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 1.

Tabela 1: 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

3.3.2. Critério do Menor Custo (custo da recuperação)

As faixas de custo por quilômetro (custo/km) devem ser escolhidas segundo orçamentos gerados para o mês de estudo (devendo ser atualizado pelo órgão competente da cidade) segundo planilhas do SICRO 2, prestigiando o tipo de solução mais “barata” para a maior nota. Para a cidade de estudo, os valores de orçamento para as alternativas de manutenção do Quadro 2 não ultrapassaram valores acima de R\$500.000,00, sendo atribuído para este a nota mínima. Para as demais notas, as faixas de custo/km devem ser espaçadas igualmente. A Tabela 2 exibe as notas para o critério de maior custo.

Tabela 2: 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

3.3.3. Critério do Maior Tráfego (classificação funcional das vias)

Para seleção do critério de maior tráfego, deve-se verificar em campo os trechos mais solicitados da cidade a se estudar, realizando-se contagem de tráfego. Para a classificação,

utilizou-se o Quadro 3 retirado da instrução para dimensionamentos de pavimentos flexíveis 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.

Quadro 3: Classificação funcional das vias a partir do volume de tráfego

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

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

3.3.4. Priorização dos trechos críticos

Para a realização da priorização dos trechos críticos foi desenvolvida uma equação com índices objetivos obtidos através da correlação em média ponderada (Equação 1) 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 4 resume os fatores de ponderação adotados para os três critérios. A Equação 1 exibe o cálculo da ponderação dos defeitos para obtenção do IP.

Tabela 4: Fatores de ponderação para os três critérios

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

$$IP = \frac{1,0 \times Nota_{IGG} + 0,8 \times Nota_{CUSTO} + 1,0 \times Nota_{TRÁFEGO}}{1,0 + 0,8 + 1,0}$$

Equação 1

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a aferição do método desenvolvido neste trabalho tanto no quesito de se escolher a alternativa de manutenção/reabilitação quanto na hierarquização de defeitos, aplicou-se as técnicas de avaliação funcional do pavimentos (IGG, LVC e IRI) e das vias (contagem de tráfego) já descritas.

4.1. Classificação Funcional das Vias

Para a cidade de estudo, foi possível montar a Tabela 5, que exibe os trechos avaliados bem como a sua classificação em local, coletora ou arterial. Esta classificação se procedeu segundo

o Quadro 3, visto que cidades de pequeno porte não possuem plano diretor com a respectiva classificação das vias.

Tabela 5: Classificação das vias segundo a contagem de veículos

Trecho	Veículos Leves	Veículos Pesados	Classificação	Nota Tráfego
RN233	828	132	Coletora	0,60
Aeroporto	218	13	Local	0,40
RN117	1176	216	Coletora	0,60
Centro 1	780	84	Coletora	0,60
Sebastião Maltez	852	60	Coletora	0,60
Centro 2	372	12	Local	0,40
Alto da Liberdade	312	24	Local	0,40

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 (segundo à Norte) a mais relevante entre as demais, trafegam por esta via. Ainda na Tabela 5 pontuou-se os trechos com as notas da Tabela 3 segundo a sua classificação em local, coletora e arterial.

4.2. Classificação Funcional dos Pavimentos

A Tabela 6 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 1.

Tabela 6: 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

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". 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 4 exhibe fotos do melhor e do pior segmento.

Figura 4: Fotos do melhor e do pior trecho avaliado



(a) Trecho 4 – Centro 1



(b) Trecho 5 – Centro 2

Na Figura 4a, podemos ver o trecho com a melhor avaliação da cidade. Esta boa avaliação decorre principalmente da idade de construção do pavimento, tendo este sido construído no final do ano de 2016 (menos de 1 ano em relação a data da foto). Já a via em pior estado (Figura 4b) exibe um grande grau de deterioração: agregados desprendidos, desgastes e afundamentos plásticos e de trilha de roda.

Para os mesmos trechos, também foi possível se determinar o valor para o IES, referente a metodologia do LVC. A Tabela 7 mostra os valores para o IGGE, ICPF médio e IES, além do conceito dos trechos analisados pelos avaliadores av.1 e av.2.

Tabela 7: Resultado da avaliação do LVC

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

Em resumo, 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.

Por último, determinou-se o terceiro índice (IRI) para cada trecho avaliado com os dados obtidos pelo aplicativo *RoadLab PRO*. Na Figura 5 pode-se visualizar o gráfico do tipo *BoxPlot* (gráfico em caixas) com o intuito de se verificar a variação do IRI para um mesmo segmento.

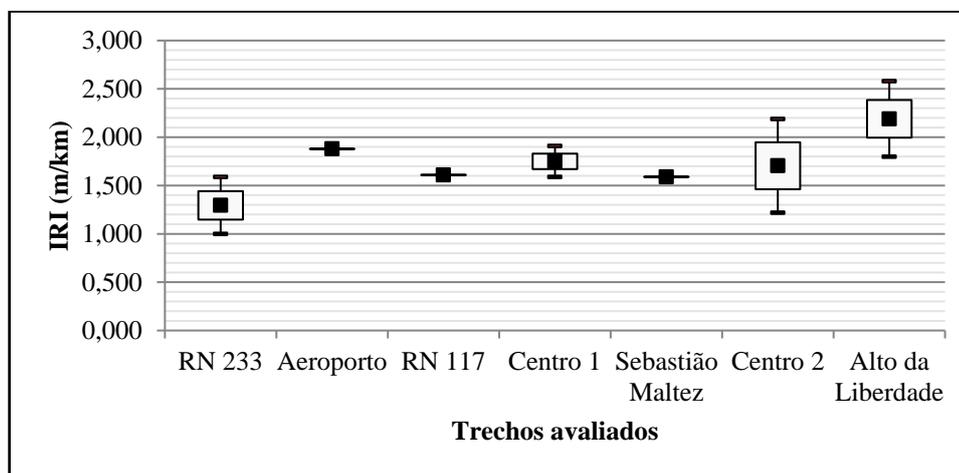


Figura 5: BoxPlot dos trechos avaliados

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 indica a presença de defeitos pontuais em determinadas regiões (ocasionando uma dispersão de IRI maior) e regiões com condições melhores, sem defeitos (ocasionando uma menor dispersão).

4.3. Escolha das Alternativas de Manutenção

A escolha para a alternativa de manutenção para cada trecho se procedeu segundo o Quadro 2, 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 8.

Tabela 8: 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

4.4. Hierarquização dos Trechos Críticos

Com o tipo de solução determinada, elencou-se todos os três critérios para cada trecho, com suas respectivas notas, segundo as Tabelas 1, 2 e 3. Com isso, tornou-se possível calcular a média ponderada das notas de cada critério, obtendo o trecho mais crítico da cidade (com a maior média ponderada), como pode ser visualizado na Tabela 9.

Tabela 9: Hierarquização dos trechos

Trecho	IGG	Custo	Tráfego	Nota IGG	Nota Custo	Nota Tráfego	Média
Centro 1	195	R\$ 323.599,96	Coletora	1,00	0,40	0,60	0,69
Aeroporto	63	R\$ 32.707,83	Local	0,60	1,00	0,40	0,64
RN 117	145	R\$ 318.417,16	Coletora	0,80	0,40	0,60	0,61
RN 233	66	R\$ 272.869,56	Coletora	0,60	0,60	0,60	0,60
Sebastião	0	R\$ 32.707,83	Coletora	0,20	1,00	0,60	0,57
Centro 2	0	R\$ 32.707,83	Local	0,20	1,00	0,40	0,50
Alto da Liberdade	0	R\$ 32.707,83	Local	0,20	1,00	0,40	0,50

Como pode ser visto na Tabela 9, o trecho do Centro 1, por possuir uma das maiores solicitações de veículos da cidade, com um custo de manutenção relativamente baixo, aliado a seu alto valor de IGG, foi considerado como sendo o trecho onde a verba do plano plurianual deve ser direcionada com maior prioridade. Logo em seguida, o segmento do Aeroporto aparece em segundo lugar na lista de prioridades, visto que o seu custo de manutenção é baixíssimo, com um IGG relativamente alto; seguido pelos trechos das RNs, devido ao seu alto custo de manutenção.

5. CONCLUSÕES

No sentido de se aumentar ainda mais a agilidade do SGP, a utilização de *smartphones* e *softwares* para o auxílio na obtenção dos resultados e desenvolvimento do método mostrou-se uma técnica bastante barata, eficaz e ágil, visto que a etapa de levantamento de dados foi realizada apenas com ferramentas gratuitas e dispensou a utilizações de equipamentos onerosos. Além de auxiliar na velocidade da coleta, a utilização de *smartphones* também teve grande impacto na manutenção no banco de dados dos defeitos inventariados, que pode ser explicado pela possibilidade de se coletar os dados com fotos e posicionamento via GPS (*Global Positioning System*) com a utilização de apenas um equipamento. Pelo baixo do custo e fácil aquisição nos dias atuais, a utilização dos *smartphones* para realização de todo o método foi fundamental, considerando que o enfoque do trabalho são as cidades de pequeno porte (que não dispõem de grandes orçamentos).

Outro ponto positivo para o método desenvolvido no presente trabalho, foi o fato da utilização de índices objetivos para diferentes fins. 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.

Percebeu-se que tanto o método empregado para escolha das alternativas de manutenção bem como o cálculo de priorização (ou hierarquização) se mostraram eficaz. Para o primeiro, mesmo com as considerações que foram feitas no método, os resultados obtidos foram coerentes com o estado das vias. Da mesma forma, pode-se concluir que a hierarquização se mostrou efetiva, visto que os avaliadores pontuaram com os piores índices subjetivos (ICPF) os mesmos trechos obtidos pelo método como sendo os trechos mais críticos da cidade, por mais que estivessem levando em conta apenas o critério técnico.

Sugere-se 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. Além disso, sugere-se a validação do método em outras cidades, com características semelhantes a cidade do estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- 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.).
- 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. 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- OLIVEIRA, Felipe Augusto Dantas de. Desenvolvimento de um Plano de Manutenção e Reabilitação das Vias da Cidade de Caraúbas/RN. 2018. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas/rn, 2018.
- 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.