

SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE PAVIMENTOS APLICADO A VIAS URBANAS DE CIDADES DE PEQUENO A MÉDIO PORTE

Fernando Manoel Lopes da Silva Fernandes¹
Sandra Oda²
Julia Furtado Guerini³

RESUMO: Atualmente, no Brasil, existe uma grande carência em relação à manutenção dos pavimentos, principalmente em pequenas cidades, onde não são direcionados recursos adequados e existe uma falta de conhecimento técnico nessa área. Devido a grande importância dos pavimentos na matriz de transportes brasileira, e a quantidade significativa de prejuízos provocada pelas condições inadequadas dos pavimentos, destaca-se a necessidade da execução de uma boa gerência da malha viária e, para isso torna-se essencial a introdução de conceitos e modelos de gerência de pavimentos nos órgãos responsáveis pela mesma. O trabalho foi realizado com o intuito de desenvolver uma ferramenta que sirva como um auxiliar na tomada de decisões em relação à manutenção e reabilitação de pavimentos, direcionado a vias urbanas de malhas de cidades de pequeno a médio porte. Tal ferramenta é um software desenvolvido em VBA, dentro do Excel, e que poderá ser utilizado como um Sistema de Gerência de Pavimentos, SGP, de forma simplificada, porém eficaz. Para o desenvolvimento da ferramenta foram considerados os conceitos de um SGP, seus componentes, os diversos modelos de análise e previsão de desempenho, assim como outros softwares da área. Após o desenvolvimento da ferramenta foi executado um estudo de caso, que teve como base a malha viária da Ilha do Fundão, o programa apresentou resultados satisfatórios e se mostrou promissor, existindo a possibilidade de implementação de diversas ferramentas dentro do mesmo, assim como outros modelos e um nível de decisão mais avançado.

Palavras-chave: gerência de pavimentos, software de gerência, manutenção e reabilitação, avaliação de pavimentos.

ABSTRACT: Currently in Brazil, there is a big lack of maintenance of pavements, especially in small cities, where adequate resources are not directed and there is a lack of technical knowledge in this area. Due to the great importance of pavements in the Brazilian transport matrix, and the significant amount of damage caused by inadequate pavement conditions, it is worth noting the need to perform a good management of our road network and the introduction of pavement management models and Technical concepts in the organizations responsible for it. The work was carried out with the aim of developing a tool that would serve as an aid in decision making in relation to the maintenance and rehabilitation of pavements, directed to urban roads of small to medium-sized cities. This tool will be the software developed in VBA, within Excel, and that can as a Pavement Management System, in a simplified but effective way. This will be shown the functioning of a Pavement Management System, its components, the various models of performance analysis and forecasting, as well as other software in the area. After the development of the tool, a case study was carried out, based on the road network of Ilha do Fundão, the program presented satisfactory results and was promising, with the possibility of implementing several tools within it, as well as others Models and a more advanced level of decision.

Keywords: pavement management, management software, maintenance and rehabilitation, pavement evaluation.

¹ Engenheiro Civil - e-mail: fernando.fernandes@poli.ufrj.br

² Prof. Dra - e-mail: sandraoda@poli.ufrj.br

³ Engenheira Civil. Departamento de Engenharia de Transportes. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. E-mail: - E-mail: j.f.guerini@poli.ufrj.br

INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário é hoje, no Brasil, o modo responsável pela grande maioria dos deslocamentos, sejam eles de carga (61,1%) ou passageiros (95%), segundo levantamento da Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2018). Considerando a grande quantidade de deslocamentos que se realizam todos os dias sobre a superfície de rolamento, os pavimentos se tornam de extrema importância na economia do país, independente do tipo, flexível, rígido ou semirrígido. Devido à exposição direta a fatores climáticos, grandes quantidades de cargas, deslocamentos repetitivos e outros, o pavimento possui uma vida útil limitada, e suas condições de uso diminuem gradativamente ao longo da sua vida útil, até atingir condições não adequadas. Quando o pavimento apresenta essas condições começam a surgir uma série de transtornos para os usuários, como aumento dos tempos de viagem, prejuízos nas cargas, aumentos dos custos de manutenção dos veículos, aumento no consumo dos veículos e outros inconvenientes. Para evitar esses transtornos e prejuízos foram realizados diversos estudos de técnicas e conceitos associados à manutenção dos pavimentos, sendo que o principal resultado foi denominado de Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), que tem como objetivo estabelecer as atividades de manutenção no momento adequado a fim de devolver as condições ideais ao pavimento ao menor custo possível.

Atualmente, o que se vê no Brasil é a inaplicabilidade desses conceitos e uma grande parte da malha viária sem qualquer tipo de gerência, claro que grandes rodovias, sob administração de concessionárias são uma exceção dessa realidade. Muitas vezes, as atividades realizadas são efetuadas sem planejamento e baseadas em decisões políticas e/ou desfundadas do ponto de vista técnico, o que gera grandes transtornos à população, provocando prejuízos dia após dia, além de desperdício dos recursos públicos. Pensando nisso foi que surgiu a ideia de criar uma ferramenta que auxilie os responsáveis pelos pavimentos das vias urbanas, de cidades de pequeno a médio porte. A ferramenta proposta é um software que visa auxiliar na tomada de decisão em relação às atividades de manutenção a serem realizadas em cada trecho, e também na priorização de quais trechos devem sofrer interferência. O programa utiliza como base os métodos e modelos recomendados pelos principais institutos da área, que foram escolhidos em função da realidade das vias a serem aplicadas. Essa ferramenta visa suprir uma carência existente na gerência de pavimentos, onde existe um déficit de visão técnica na maioria dos órgãos

responsáveis pela gerência de pavimentos de suas malhas viárias, assim contribuindo para a manutenção das condições de rolamentos dos pavimentos (FERNANDES, 2017).

SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

A gerência de pavimentos, de acordo com Haas, Hudson e Zaniewski (1994), é um processo que abrange todas as atividades envolvidas com o propósito de fornecer e manter pavimentos em um nível adequado de serviço. Envolve desde a obtenção inicial de informações para o planejamento e elaboração de orçamento até a monitorização periódica do pavimento em serviço, passando pelo projeto e construção do pavimento e sua manutenção e reabilitação (M&R) ao longo do tempo. Sendo assim um sistema de gerência de pavimentos (SGP) é um conjunto de ferramentas ou métodos para auxiliar os que tomam decisões a encontrar estratégias ótimas para construir, avaliar e manter os pavimentos em uma condição funcional aceitável, durante certo período de tempo, segundo definições da AASHTO (1993).

A função de um SGP é auxiliar nas tomadas de decisões, dar um retorno em relação às consequências dessas decisões, expandir seu escopo, aumentar a coordenação entre as atividades do gerenciamento de pavimentos e assegurar a consistência das decisões tomadas em diferentes níveis de gerência dentro da organização. Algumas das questões a serem resolvidas em um SGP, auxiliando assim o gestor na tomada de decisões são apresentadas a seguir (FERNANDES JR et al, 1999).

- a) O que precisa ser feito em uma determinada rede de pavimentos? (seleção da estratégia ótima);
- b) Como devem ser executados os serviços? (definição das atividades de M&R para cada seção);
- c) Quando serão necessárias intervenções para evitar a ruptura e prolongar a vida em serviço do pavimento?
- d) Onde se localizam os projetos prioritários? (pensar nas características de tráfego).

No desenvolvimento de um sistema de gerência de pavimentos, a primeira etapa consiste na definição das seções de análise, geralmente em função do volume de tráfego, do tipo de pavimento, do tipo e espessura de cada camada, do tipo de subleito e do estado de

conservação do pavimento. Na etapa seguinte, procede-se um levantamento da condição do pavimento, registrando-se as extensões e os níveis de severidade de cada forma de deterioração encontrada nas seções. Com base no inventário e na condição do pavimento, pode-se analisar, em nível de rede, diferentes estratégias de M&R (por exemplo, “não fazer nada”, “manutenção corretiva”, “manutenção preventiva”, “recapeamento”, “reconstrução”). Posteriormente, passa-se à análise em nível de projeto, que consiste na definição das atividades de manutenção e, quando for o caso, no dimensionamento dos reforços e na reconstrução. Finalmente, são realizadas as análises econômicas e de priorização.

Para um bom funcionamento e maior eficiência do SGP, a coleta de informações é de fundamental importância. Os dados necessários para efetiva avaliação e definição de estratégias alternativas, que irão afetar diretamente o resultado, são aqueles que caracterizam o pavimento quanto aos seus aspectos de desempenho (funcional, estrutural, operacional e de segurança), aliados à caracterização física dos pavimentos e ao volume de tráfego, por seção de análise (DNIT, 2011).

A Figura 1 mostra um fluxograma com o funcionamento de um SGP.



Figura 1 – Relação das estratégias de M&R com outras etapas do SGP.
Fonte: MAPC, 1986 apud FERNANDES JR. et al, 1999.

a) Dados relativos à caracterização física e histórica do pavimento

- Gerais: tipo de pavimento; larguras da pista e do acostamento; número de faixas de tráfego; caracterização climática;
- Tráfego e geometria: volume de veículos (VMD); sentido de fluxo; subidas e descidas; grau de curvatura horizontal; velocidade limite;

- Revestimento: tipos e espessuras;
 - Dados históricos: datas da construção, das atividades de M&R;
 - Parâmetros estruturais: número estrutural; deflexão; tipo, espessura, coeficiente estrutural das camadas; ISC do subleito; condições de drenagem.
- b) Dados relativos ao desempenho funcional
- Irregularidade: definida como conjunto de desvios da superfície viária em relação a um plano de referência, que afeta a qualidade de rolamento, a dinâmica dos veículos e a ação das cargas sobre a via.
 - Defeitos da superfície: identificação dos defeitos na superfície a partir de levantamento visual contínuo (LVC).
- c) Dados relativos ao desempenho estrutural: a principal forma de avaliação estrutural de um pavimento é a deflexão, medida em ensaios não destrutivos, por equipamentos como a viga Benkelman e o Falling Weight Deflectometer (FWD).
- d) Dados relativos ao desempenho operacional e da segurança: avaliação dos fatores de segurança é feita em relação à resistência à derrapagem e ao potencial de hidroplanagem.

AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS

De acordo com Haas, Hudson e Zaniewski (1994), a avaliação do pavimento é a principal etapa de um Sistema de Gerência de Pavimentos. É com base nos dados levantados através da avaliação funcional, estrutural e da superfície dos pavimentos que se realizam os diagnósticos e estratégias de intervenção, além de permitir estimar a vida restante de um pavimento que sofreu solicitações extremas ou para as quais não foi projetado (abalos sísmicos, inundação, excesso de carga ou problemas de natureza construtiva) e determinar possíveis necessidades de reforço estrutural caso o pavimento seja submetido a solicitações de tráfego maiores que aquelas para as quais fora dimensionado.

ÍNDICE COMBINADO DE DEFEITOS

O índice combinado de defeitos pode ser determinado através de avaliações subjetivas (feitas por painéis de avaliadores) ou calculado a partir de informações

detalhadas sobre a extensão e nível de severidade de diferentes formas de deterioração dos pavimentos (FERNANDES JR. et al., 1999).

A condição do pavimento pode ser quantificada, por exemplo, pelo Índice de Condição do Pavimento (ICP). Para o cálculo do ICP pode-se utilizar a equação 1, cujas variáveis D_{ij} e f_{ij} são, respectivamente, extensão e fator de ponderação do defeito i com o nível de severidade j (FERNANDES JR. et al., 1999).

$$ICP = 100 - \sum_i \sum_j D_{ij} \cdot f_{ij} \quad (1)$$

Este modelo matemático sugere que o pavimento parte de uma condição ótima, equivalente a 100 e cada defeito, segundo a severidade e extensão, representa um fator de redução da nota, apresentando piores índices de condição do pavimento. A tabela 1 apresenta o conceito dado ao pavimento em função do ICP. O ICP obtido além de representar quantitativamente a condição do pavimento serve também para dar uma ideia de quais intervenções são pertinentes e junto com outros fatores determinar a priorização de serviços (Figura 2).

Tabela 1: Índice de Condição do Pavimento.

ICP	Conceito
100-86	Excelente
85-71	Muito Bom
70-56	Bom
55-41	Regular
40-26	Ruim
25-11	Muito Ruim
10-0	Péssimo

Fonte: SHOJI (2000).

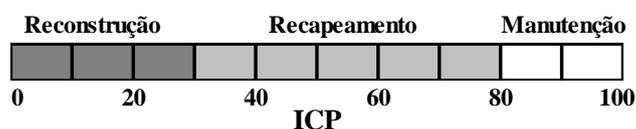


Figura 2 - Estratégia de M&R mais indicada em função do ICP.

Fonte: ASPHALT INSTITUTE (1981).

MÉTODOS DE PRIORIZAÇÃO DE INTERVENÇÕES DE MANUTENÇÃO

Na gerência de pavimentos, uma das questões de relevante importância é a priorização nas intervenções nos pavimentos. O que ocorre muitas vezes na prática, são

atividades de M&R selecionadas por pessoas sem conhecimentos técnicos, além de decisões tomadas algumas vezes na base de decisões políticas. Esse modo de operação acaba, na maioria das vezes, dando um fim inadequado aos poucos recursos disponíveis destinados à manutenção dos pavimentos. Os métodos de priorização em gerência de pavimentos são, segundo Fernandes Jr. e Pantigoso (1997), estudos que tem como objeto final, a ordenação dos projetos em escala de relevância reunidos até se esgotarem as previsões orçamentárias do planejamento anual, podendo ser definidos através de índices subjetivos ou calculados através da relação benefício-custo das intervenções. Fernandes Jr. e Pantigoso (1997) indicam uma relação inversa entre o Índice de Prioridade (IP) e o índice de condição do pavimento (ICP), como um parâmetro que representa a priorização, indicando, simplificadamente, quanto pior é a condição, maior é a prioridade, expressa pela equação 2:

$$IP = \frac{1}{ICP} \quad (2)$$

Em relação ao tráfego (VDM – volume diário médio), o efeito se dá pela relação representada pela equação 3:

$$IP = \frac{\sqrt{VMD}}{ICP} \quad (3)$$

O modelo desenvolvido por Tavakoli et al. (1992) determina o índice de prioridade (IP) em função do índice de condição do pavimento (ICP), fator de tráfego (TF), classe da via (FC), tipo (TR) e volume de tráfego e da manutenção do pavimento (MF), e é representado pela equação 4.

$$IP = \frac{1}{ICP} \cdot TF \cdot FC \cdot TR \cdot MF \quad (4)$$

O Fator de Tráfego, TF, varia de 10 a 100 de acordo com o VDM (Tabela 2).

Tabela 2: TF em função do VDM

VDM	TF
0 - 99	10
100 - 499	20
500 - 999	30
1000 - 1999	40
2000 - 4999	50
>5000	100

Fonte: adaptado de Tavakoli (1992).

O Fator de Classe, FC, varia de acordo com o tipo de via (Tabela 3).

Tabela 3: FC em função do tipo de via

FC	tipo de via
1,0	vias locais
1,1	vias coletoras
1,2	vias arteriais

Fonte: adaptado de Tavakoli (1992).

O Tipo de tráfego, TR, é igual a 1,1 para os trechos que servem de itinerário para ônibus ou onde existam prédios que atraem elevados fluxos de tráfego (escolas, hospitais, centros comerciais etc.), e 1,0 para os demais casos.

O Fator de Manutenção, MF, varia de 0 a 5, de acordo com a estratégia de manutenção/reabilitação adotada (Tabela 4), sendo valor mínimo para pouco ou nenhum investimento e máximo para custo elevado de manutenção e é obtido pela equação 5.

$$MF = \frac{1 + \text{índice de manutenção}}{10} \quad (5)$$

Tabela 4: Índice de manutenção em função da estratégia

Estratégia	Índice de manutenção
1A	0
A	1
B	2
C	3
D	4
E	5

Fonte: adaptado de Tavakoli (1992).

As estratégias de manutenção/reabilitação são selecionadas de acordo com o ICP, conforme apresentadas nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5: Codificação das estratégias

Estratégia	
1A	Não fazer nada
A	Manutenção de rotina
B	Manutenção preventiva
C	Ação emergencial
D	Reabilitação
E	Reconstrução

Fonte: adaptado de Tavakoli (1992).

Tabela 6: Estratégias recomendadas em função do ICP

ICP	Considerações	Opções
100 - 96	Nenhum defeito	1A
95 - 76	Nada	A
75 - 61	Valor normal/pequenos defeitos na superfície	A
	Preponderância de defeitos superficiais	B
60 - 51	Preponderância de defeitos superficiais	B
	Defeitos uniformemente distribuídos	C
	Preponderância de defeitos estruturais ou muita irregularidade (PSI < 2.0)	D
50 - 41	Realitivamente suave (PSI > 2.5)	C
	Irregular (PSI < 2.5)	D
40 - 26	Suave a irregular (PSI > 2.0)	D
	Muito irregular (PSI < 2.0)	E
25 - 0	Nada	E

Fonte: adaptado de Tavakoli (1992).

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE

CARACTERÍSTICAS

O software tem por principal objetivo ser uma ferramenta que auxilie na tomada de decisões do SGP, mais especificamente nas decisões que dizem respeito a manutenção e reabilitação dos pavimentos (FERNANDES, 2017). O foco é atender a cidades de pequeno a médio porte, e servir, de forma emergencial e provisória, como base para cidades que não possuem nenhum tipo de SGP e realizam a gestão dos seus pavimentos de forma equivocada, com manutenção sendo aplicada sem fundamentos técnicos, ocasionando desperdício de recursos, alocando-os em projetos e atividades que não são ideais. A grande maioria dessas cidades padece de informações a respeito da sua malha viária, muitas não têm um histórico dos seus pavimentos, nem mesmo o projeto original do pavimento. Outra característica comum é o baixo orçamento destinado à gerência dos pavimentos e o pouco investimento na M&R dos mesmos, o que impossibilita um levantamento que traga informações da atual situação do pavimento, principalmente no que diz respeito à condição estrutural, onde se faz necessário o uso de equipamentos específicos, que tem um custo relativamente alto, restringindo muitas vezes esse levantamento aos defeitos superficiais, que pode ser realizado sem uso de muitos recursos (FERNANDES, 2017).

Em função dessas restrições, o software foi desenvolvido de modo a atender, da forma mais correta e precisa possível, com a mínima alocação de recursos na análise dos pavimentos, e com uma interface simples, de fácil uso e entendimento, possibilitando

assim a introdução de um modelo técnico de gestão de pavimentos a lugares em que outrora executavam tal atividade de forma amadora, baseados em “achismos” e decisões infundadas, restringindo ao usuário a possibilidade de uma viagem confortável e fazendo mau uso dos recursos disponibilizados. Para que isso fosse possível foram considerados, como premissas do programa, os modelos e métodos que mais se adequam a essa realidade, que talvez mesmo sendo os mais simplificados, são utilizados amplamente em todo o mundo e apresentam resultados compatíveis com modelos muito mais sofisticados, mas que exigiriam grandes recursos para sua utilização, proporcionando assim uma solução confiável aliada a um baixo investimento (FERNANDES, 2017).

LINGUAGEM

O programa foi desenvolvido no VBA (Visual Basic for Applications), que é uma implementação do Visual Basic, da Microsoft, incorporada em todos os programas do pacote Office (Word, Excel, Power Point etc.), sendo uma linguagem de programação rica em funcionalidades e extremamente flexível (FERNANDES, 2017). Essa linguagem, quando utilizada junto ao Excel, tem recursos para agilizar e automatizar diversos processos nas planilhas de cálculos, navegação entre as mesmas, buscas mais detalhadas, permitindo que pastas de trabalho e planilhas enormes sejam gerenciadas de forma mais racional pelos usuários. Um dos seus principais usos é para automatizar tarefas repetitivas, como por exemplo, uma análise dos diversos trechos de uma malha viária com o cálculo dos diversos parâmetros que são necessários em um sistema de gerência de pavimentos (FERNANDES, 2017). Aliado a essa adaptabilidade aos cálculos necessários, outro fator que influenciou na escolha, é o fato de o Excel ser umas das principais ferramentas do mercado para armazenamento e organização de informações, servindo em muitos lugares como uma base para bancos de dados, sendo um programa de fácil entendimento e utilização, além de fácil acesso a empresas e órgãos públicos (FERNANDES, 2017).

MAPEAMENTO DA ÁRVORE DE PROCESSOS E DESENVOLVIMENTO DO ALGORITMO

O programa tem como primeira entrada de dados, as informações sobre a rede viária, onde será implementado o SGP, com informações gerais, como extensão total,

número de vias, assim como seus respectivos nomes, número de faixas de tráfego, largura das faixas, extensão, volume médio diário de tráfego e uma nomeação para os sentidos das vias. A rede viária deve ser dividida em trechos homogêneos, neste caso sendo feita a divisão por vias (FERNANDES, 2017). A partir desses dados iniciais, esses trechos, ou as vias por assim dizer, são divididos em subtrechos de extensão a ser definida pelo usuário, com um valor default de 200 metros. O programa gerará a partir das informações iniciais planilhas para cada trecho, que serão preenchidas pelo usuário com as informações a respeito das condições do pavimento, que por restrições financeiras já mencionadas anteriormente se limitarão a avaliação subjetiva do pavimento, através do Valor de Serventia Atual (VSA), ao levantamento dos defeitos do pavimento, que usará a metodologia de levantamento do SHRP, com a escolha por esse método também já explicada anteriormente, e um esquema de localização dos defeitos (FERNANDES, 2017).

A partir do preenchimento das informações referentes à avaliação dos pavimentos, o programa lerá todos os dados, calculando para cada subtrecho seu respectivo índice combinado de defeitos, no qual será utilizado como base para o cálculo o Índice de Condições do Pavimento (ICP), onde a avaliação para cada defeito será calculada de acordo com as extensões afetadas por cada nível de severidade registrado, além do número de ocorrências em determinados defeitos (FERNANDES, 2017). Com os Índices de condição dos pavimentos de cada subtrechos já calculados, o programa passará a etapa de priorização, onde através do modelo empírico de Tavakoli, com algumas pequenas adaptações necessárias, devido às características do sistema de gestão de pavimentos proposto, e que serão explicadas mais a frente, calculará o Índice de Priorização para cada trecho, ao final desta etapa, o programa irá gerar uma tabela dispondo os subtrechos ordenadamente em função da prioridade, informando seus índices de prioridade e seu índice de condição do pavimento (FERNANDES, 2017).

Já com os IP e ICP calculados é estabelecida a melhor estratégia de manutenção e reabilitação, onde o programa obedecerá três premissas, que servirão como uma árvore de decisões, ou um fluxograma, que serão fundamentais na escolha da melhor e mais adequada estratégia. Na primeira triagem, os subtrechos serão direcionados às estratégias de manutenção, reabilitação ou reconstrução, de acordo com o valor do seu ICP (FERNANDES, 2017).

Dentro das estratégias de M&R, será utilizada a árvore de decisões proposta por FERNANDES JR. e PANTIGOSO (1997), que indica qual a melhor atividade a ser

executada para cada defeito. A última análise a ser feita é referente à parte financeira, onde será verificado se o somatório dos custos das atividades de manutenção para cada defeito supera o custo de reabilitação, caso esse fato seja confirmado, a opção a ser adotada fica sendo a de reabilitação que trará um nível de serventia maior por um valor menor, lembrando que a comparação dos custos será feita a partir de cálculos que usaram como base os custos unitários por serviços, que já estão cadastrados no banco de dados, e que serão externados de fontes confiáveis, inseridos manualmente pelo usuário ou provenientes de atividades executadas anteriormente pela gerência de pavimentos. O output gera uma planilha com os subtrechos ordenados de acordo com a prioridade de execução das atividades de manutenção e reabilitação, com as respectivas atividades recomendadas, os custos das atividades para cada trecho, o custo parcial acumulado para a sequência dos trechos e o custo total. A Figura 3 mostra o fluxograma do funcionamento do software.



Figura 3 - Fluxograma do funcionamento do software.
Fonte: FERNANDES (2017).

DESENVOLVIMENTO DA INTERFACE GRÁFICA

De interface fácil e intuitiva (Figura 4), o programa possui apenas 4 botões na tela principal: o primeiro botão serve para inserir as informações iniciais a respeito da malha viária, o segundo gera as planilhas de levantamento de defeitos a serem alimentadas, já divididas em seções, faixas e sentidos da via, com apenas um clique, o terceiro botão faz com que o programa efetue os cálculos dos ICP e IP, e o último botão fornece o relatório final, com as seções dispostas na ordem de máxima prioridade, com os respectivos valores de ICP apresentados e com as atividades recomendadas (FERNANDES, 2017). Na tela principal também são fornecidas algumas linhas de instruções, para orientar o usuário, garantindo um perfeito funcionamento da ferramenta.

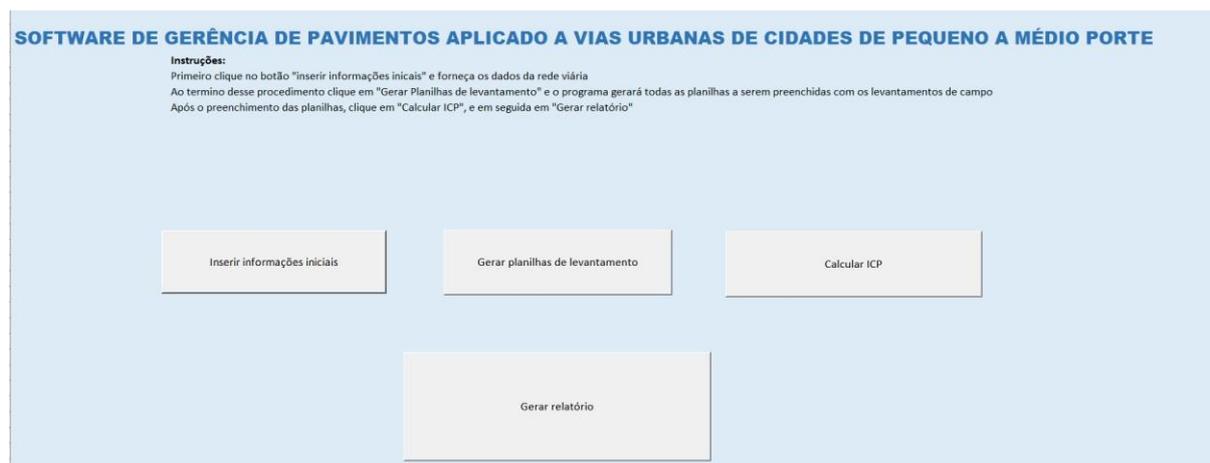


Figura 4 - Interface do software.
Fonte: FERNANDES (2017).

ESTUDO DE CASO

A região escolhida para o estudo de caso, onde será feita uma aplicação real do software em caráter experimental, é a Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que fica localizada na Ilha do Fundão, localizada no Rio de Janeiro, na região sudeste do Brasil.

LOCALIZAÇÃO

Localizada na margem oeste da baía de Guanabara, a ilha do Fundão faz limites com Ilha do Governador, Galeão, Maré e Caju, e tem acesso pelas principais vias do Rio de Janeiro, como Avenida Brasil, Linha Vermelha e Linha Amarela (Figura 5).

CARACTERÍSTICAS

A Ilha do Fundão foi criada a partir da execução de aterros de oito ilhas, possui uma área total correspondente a 5.238.337,82 metros quadrados e uma população de 1.556 pessoas. Além de abrigar a maior parte das unidades da UFRJ, a ilha também hospeda importantes empresas que estão instaladas no seu parque tecnológico. Nos horários de pico de trânsito existe também uma grande movimentação de veículos que utilizam a ilha para cortar caminho ou evitar engarrafamentos nos trechos adjacentes das vias expressas (FERNANDES, 2017). A ilha conta com linhas internas de ônibus que circulam 24 horas

por dia, todos os dias da semana, além das linhas regulares e de integração com o metrô. A malha viária tem uma extensão de pouco mais de 20 quilômetros, distribuídos em cerca de 40 vias.

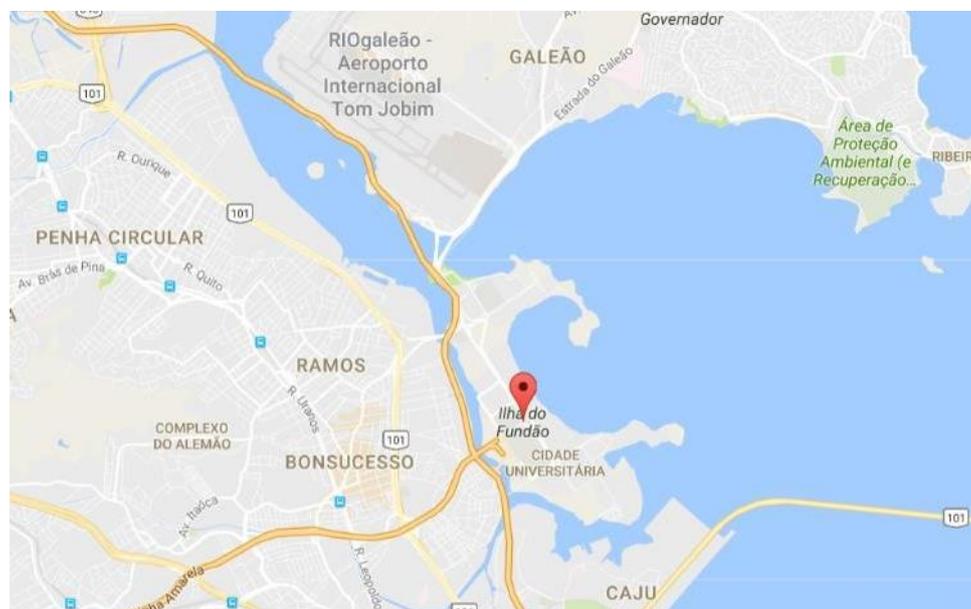


Figura 5 - Localização da Ilha do Fundão.
Fonte: Google Maps e Site da UFRJ

LEVANTAMENTO DE DADOS

O levantamento dos dados foi realizado por 2 grupos de alunos da disciplina Sistemas de Transportes III, nos períodos 2016-1 (30 alunos) e 2016-2 (56 alunos). Os dados levantados correspondem à contagem de tráfego e à avaliação de defeitos de campos (FERNANDES, 2017 e GUERINI, 2017). Os alunos receberam um treinamento antes da realização dos levantamentos de campo.

APLICAÇÃO DO PROGRAMA

Neste trabalho, para testar o programa foi selecionada a Avenida Horácio de Macedo, que é a principal via da Cidade Universitária. A via foi dividida em seções, que foram distribuídas aos alunos para o levantamento de dados, e a localização de algumas seções ao longo da via são mostradas nas Figuras 6 e 7. A Figura 8 e as Tabelas 7 e 8 mostram a aplicação do programa. Como o estudo de caso será aplicado apenas em uma das vias da malha viária, e

os valores do VDM de todas as seções dessa via são iguais, o fator de tráfego do modelo de priorização não irá influenciar no índice de prioridade (FERNANDES, 2017).



Figura 6 - Localização das seções de teste 33, 34, 35, 43, 44, 45 e 48.
Fonte: FERNANDES (2017).

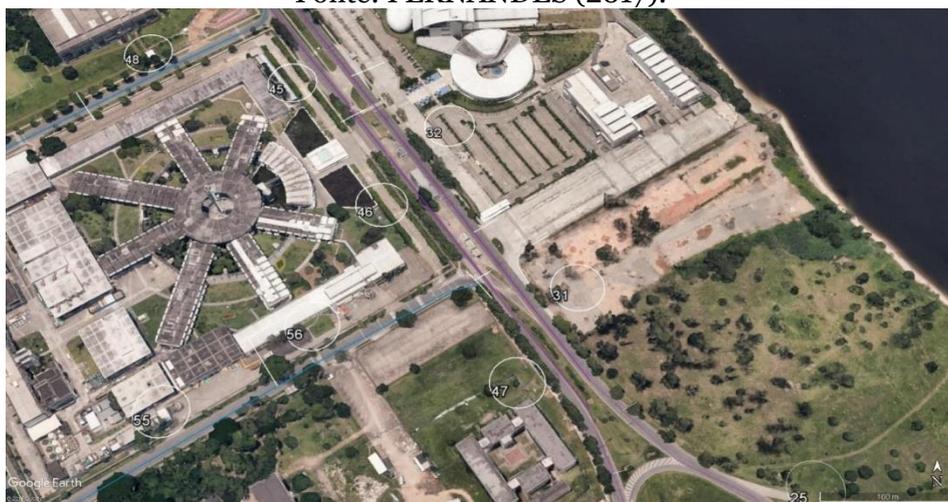


Figura 7 - Localização das seções de teste 25, 31, 32, 45, 46, 47 e 48.
Fonte: FERNANDES (2017).

Nome da via: Número de sentidos da via:

Largura das faixas (m): Volume médio diário de tráfego: Tipo da via:

Sentido 1

Referência do sentido: Nº de faixas: Extensão da faixa (m):

Numero de seções:

Sentido 2

Referência do sentido: Nº de faixas: Extensão da faixa (m):

Numero de seções:

Figura 8 - Tela de cadastramento de vias (Exemplo: Av. Horácio de Macedo).
Fonte: FERNANDES (2017).

Tabela 7: Exemplo da planilha de levantamento preenchida (Av. Horácio de Macedo, Seção 2 - Faixa 1).

	Início	+0	+20	+40	+60	+80	+100	+120	+140	+160	+180	
	Fim	+20	+40	+60	+80	+100	+120	+140	+160	+180	+200	
Trincas por fadiga	Baixa		0,25	0,25		0,5						0,007143
	Média						1	1	1	0,5		0,05
	Alta											0
Trincas em blocos	Baixa											0
	Média							1	2	3	1	0,033333
	Alta											0
Trincas nos bordos	Baixa											0
	Média											0
	Alta											0
Trincas longitudinais	Baixa	4										0,033333
	Média				4		5	4	6	5	3	0,45
	Alta											0
Trincas longitudinais fora	Baixa	5										0,041667
	Média			1	4		2	3	5	4	12	0,516667
	Alta											0
Trincas por reflexão	Baixa											0
	Média											0
	Alta											0
Trincas por reflexão	Baixa											0
	Média											0
	Alta											0
Trincas transversais (m)	Baixa	0,5			0,75							0,010417
	Média						1				2	0,05
	Alta											0
Remendos (m²)	Baixa											0
	Média											0
	Alta											0
Painéis (m²)	Baixa									1	1	0,019048
	Média											0
	Alta											0
Deformação permanente	Baixa	30	20			30						0,571429
	Média				25		40	20	10	10	30	1,928571
	Alta											0
Corrugação (m²)	Baixa											0
	Média											0
	Alta											0
Exsudação (m²)	Baixa	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5	2				0,014286
	Média								4	3	4	0,052381
	Alta											0
Agregados polidos (m²)	Baixa											0
	Média						20	20	20	20		0,380952
	Alta											0
Desgaste (m³)	Baixa											0
	Média	2	1		2	4						0,042857
	Alta			3			10	20	15	10	5	0,45
Bombeamento (m)	Baixa											0
	Média											0
	Alta											0
ICP												53,47917

Fonte: FERNANDES (2017).

Tabela 8: Relatório final gerado pelo programa, no exemplo da Av. Horácio de Macedo.

Via	Seção	Faixa	ICP	Estratégia	IP	Considerações	Atividades de M&R
Horácio de Macedo - Sentido1	2	1	53,48	C	0,905	Defeitos uniformemente distribuídos e relativamente suave	Remendos grandes; tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	2	2	53,65	C	0,902	Defeitos uniformemente distribuídos e relativamente suave	Remendos grandes; tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	24	2	58,46	C	0,828	Defeitos uniformemente distribuídos e relativamente suave	Remendos grandes; tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	22	1	59,83	C	0,809	Defeitos uniformemente distribuídos e relativamente suave	Remendos grandes; tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	2	3	62,72	B	0,579	Preponderancia de defeitos superficiais	Tapa-buracos; microrevestimento; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	36	1	63,84	B	0,569	Preponderancia de defeitos superficiais	Tapa-buracos; microrevestimento; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	36	2	63,84	B	0,569	Preponderancia de defeitos superficiais	Tapa-buracos; microrevestimento; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	21	1	64,90	B	0,559	Preponderancia de defeitos superficiais	Tapa-buracos; microrevestimento; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	23	1	65,36	B	0,555	Preponderancia de defeitos superficiais	Tapa-buracos; microrevestimento; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	42	1	65,89	B	0,551	Preponderancia de defeitos superficiais	Tapa-buracos; microrevestimento; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	20	2	67,67	B	0,536	Preponderancia de defeitos superficiais	Tapa-buracos; microrevestimento; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	1	1	71,10	B	0,511	Preponderancia de defeitos superficiais	Tapa-buracos; microrevestimento; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	1	3	72,86	B	0,498	Preponderancia de defeitos superficiais	Tapa-buracos; microrevestimento; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	23	2	73,44	B	0,494	Preponderancia de defeitos superficiais	Tapa-buracos; microrevestimento; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	6	2	74,65	B	0,486	Preponderancia de defeitos superficiais	Tapa-buracos; microrevestimento; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	6	1	75,02	A	0,323	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	1	2	75,23	A	0,322	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	42	2	78,54	A	0,308	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	6	3	78,67	A	0,308	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	38	1	81,96	A	0,295	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	36	3	82,90	A	0,292	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	25	2	83,03	A	0,291	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	20	1	84,61	A	0,286	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	21	2	85,57	A	0,283	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	4	1	86,71	A	0,279	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	19	1	87,76	A	0,276	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	4	3	89,61	A	0,270	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	3	3	89,97	A	0,269	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	45	3	90,00	A	0,269	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	32	3	90,20	A	0,268	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	5	3	90,44	A	0,268	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	3	2	91,25	A	0,265	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	4	2	91,28	A	0,265	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	3	1	91,30	A	0,265	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	43	2	91,47	A	0,265	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	5	2	91,49	A	0,265	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	5	1	91,90	A	0,263	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	19	2	92,08	A	0,263	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	37	1	92,85	A	0,261	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	24	1	92,88	A	0,261	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	32	2	93,30	A	0,259	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido2	32	1	93,70	A	0,258	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	45	2	94,54	A	0,256	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	44	1	94,73	A	0,255	Pequenos defeitos na superfície	Tapa-buracos; ações direcionadas
Horácio de Macedo - Sentido1	38	2	95,14	1A	0,127	Nenhum defeito	Nenhuma intervenção
Horácio de Macedo - Sentido1	26	1	95,72	1A	0,126	Nenhum defeito	Nenhuma intervenção
Horácio de Macedo - Sentido1	26	2	95,72	1A	0,126	Nenhum defeito	Nenhuma intervenção

Fonte: FERNANDES (2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O programa se mostrou eficaz em relação a sua proposta, que é de servir como um sistema de gerência de pavimentos para administradores de pequenas malhas viárias, que utilizam de modelos ultrapassados ou inadequados. Devido ao seu caráter acadêmico, em que o desenvolvimento ficou inteiramente por parte do aluno, sem qualquer tipo de consultoria e aporte financeiro, o programa possui certas limitações, como utilizar como premissas os modelos mais simplificados e não dar ao usuário a opção de outros modelos para utilização, mas esse fator não impede o bom funcionamento e a confiabilidade dos resultados emitidos.

Como melhorias futuras para o programa é necessária a inclusão de modelos mais complexos de análise dos pavimentos, assim como a implementação de um módulo de previsão do desempenho do pavimento ao longo do tempo, que permitiria a utilização de métodos de priorização mais avançados que levam mais fatores em consideração. Um módulo onde o usuário poderia realizar um planejamento financeiro anual ou plurianual também é desejável, pois junto com modelos de desempenho, permitiria maximizar a priorização das atividades de manutenção e reabilitação, fazendo melhor uso dos recursos disponíveis com o melhor retorno possível, possibilitando abranger uma maior área de intervenção ao longo do tempo. É pensado também uma integração com mapas digitais georreferenciados, através do uso de sistemas de informação geográfica (GIS), que é uma tecnologia que vem sendo cada vez mais difundida, com vários softwares já existentes no mercado.

REFERÊNCIAS

AASHTO. **Guide for Design of Pavement Structures**. American Association of State Highway and Transportation Officials. Appendix K: Typical Pavement Distress Type-Severity Descriptions. Washington, D.C., 1993.

ASPHALT INSTITUTE. **A Pavement Rating System for Low-Volume Asphalt Roads**. Information Series No. 169 (IS-169), Lexington, KY, 1981.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES – **Pesquisa CNT de Rodovias 2016 – Relatório Gerencial**. Confederação Nacional de Transportes. Disponível em: <http://pesquisarodovias.cnt.org.br/> Acesso em 30/05/2017.

DNIT. **Manual de Gerência de Pavimentos**. Publicação IPR 745. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, 2011. Disponível em: http://ipr.dnit.gov.br/publicacoes/745_Manual_de_Gerencia_de_Pavimentos.pdf

FERNANDES, F. M. L. da S. **Software de gerenciamento de pavimentos aplicado a vias urbanas de cidades de pequeno a médio porte**. Projeto de Graduação. Departamento de Engenharia de Transportes. Curso de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 106 p., 2017.

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

FERNANDES Jr., J. L.; PANTIGOSO, J. F. G. Compatibilização da gerência de pavimentos urbanos com as concessionárias de serviços públicos com o uso de SIG. In: **XI ANPET – Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes**. Rio de Janeiro, 1997.

GUERINI, J. F. **Proposta de Implantação de Sistema de Gerência de Pavimentos para a Ilha do Fundão**. Projeto de Graduação. Departamento de Engenharia de

Transportes. Curso de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 137 p., 2017.

HAAS, R.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI, J. P. **Modern Pavement Management**. Krieger Pub. Co., 1994.

MAPC. **Pavement Management - A Manual for Communities**. U. S. Department of Transportation. Metropolitan Area Planning Council, Boston, MA, 1986.

SHOJI, E. S. **Desenvolvimento de um Programa de Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos para Cidades Brasileiras de Médio Porte**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, EESC-USP, São Carlos, 2000.

TAVAKOLI, A.; LAPIN, M.S.; FIGUEROA, J.L. PMSC: Pavement Management System for Small Communities, **Journal of Transportation Engineering**, Vol 118, Nº 2, pp. 270-280, Cleveland, Ohio, 1992.