

Concilium Journal



Published under the following license: [Atribuição-Não-Comercial-Compartilhamento](#).

Referência

ZANCHETTA, Fábio *et al.* Estimation of intervention costs on urban pavements depending on the data acquisition method. **Concilium**, [S. l.], v. 23, n. 7, 2023. DOI: <https://doi.org/10.53660/CLM-1231-23E27A>. Disponível em: <https://clium.org/index.php/edicoes/article/view/1231>. Acesso em: 23 nov. 2023.

Estimation of intervention costs on urban pavements depending on the data acquisition method

Estimativa dos custos de intervenção em pavimentos urbanos em função do método de aquisição de dados

Received: 2023-04-08 | Accepted: 2023-05-10 | Published: 2023-05-15

Fábio Zanchetta

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9249-5594>
Universidade de Brasília - UnB, Brasil
E-mail: fabio.zanchetta@unb.br

Vítor Paiva Moraes

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7731-8994>
Universidade de Brasília - UnB, Brasil
E-mail: vitor Moraes.engcivil@gmail.com

Eliane Viviani

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9003-3095>
Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, Brasil
E-mail: eviviani@ufscar.br

José Leomar Fernandes Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0702-4596>
Universidade de São Paulo - USP, Brasil
E-mail: leomar@sc.usp.br

ABSTRACT

The maintenance of the road network in Brazilian municipalities is commonly carried out through emergency repairs and resurfacing, whose effectiveness is questionable. The decision-making process can be improved by implementing and continuously using an Urban Pavement Management System - UPMS. This research aims to analyze the influence of the pavement condition data acquisition method on the estimation of maintenance and rehabilitation costs. Assessments were carried out by walking, considered as a reference by the main road agencies, and by filming with a camera fixed to the outside area of a car. In both cases, the same form was filled out. The study site was the municipality of Valparaíso de Goiás, in the state of Goiás, Brazil. Using the video-registration method, the budgetary need for the 78 evaluated segments of pavement was R\$2,270,569.60, and through walking surveys, it was R\$2,767,870.40, 21% more, demonstrating the impact of the walking survey method on the estimation of M&R costs.

Keywords: Urban pavement management system; Data acquisition; Economic analysis.

RESUMO

A conservação da malha viária dos municípios brasileiros é comumente realizada por reparos emergenciais e recapamentos, cuja eficiência é questionável. O processo de tomada de decisão pode ser melhorado com a implantação e uso continuado de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos – SGPU. Essa pesquisa

tem como objetivo analisar a influência do método de aquisição de dados da condição do pavimento na estimativa de custos de manutenção e reabilitação. Foram realizadas avaliações por caminhamento, considerada como referência pelos principais organismos rodoviários, e por meio de filmagens com câmera fixada na área externa de um automóvel. Em ambos os casos foi preenchido o mesmo formulário. O local do estudo foi o Município de Valparaíso de Goiás, no estado de Goiás, Brasil. Pelo método de vídeo-registro a necessidade orçamentária para os 78 segmentos de pista avaliados foi de R\$2.270.569,60 e, por caminhamento, de R\$2.767.870,40, 21% a mais, evidenciando o impacto do método de caminhamento na estimativa dos custos de M&R.

Palavras-chave: Sistema de gerência de pavimentos urbanos; Aquisição de dados; Análise econômica.

INTRODUÇÃO

As vias pavimentadas representam um importante patrimônio de uma sociedade, sejam rodovias rurais ou pavimentos urbanos. Portanto, devem ser preservadas. Nos municípios brasileiros, a manutenção das vias pavimentadas é comumente realizada com operações tapa-buracos e recapeamentos. Para aumentar a eficiência da tomada de decisão, a melhor alternativa é a implantação e uso continuado de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos – SGPU.

Durante o *AASHO Road Test*, realizado nos Estados Unidos, nas décadas de 1950/60, foram desenvolvidos experimentos para acompanhar a deterioração de diversas estruturas de pavimentos de comportamento flexível e de comportamento rígido. O objetivo foi entender os efeitos dos esforços solicitantes do tráfego no desempenho daquelas estruturas. Como parte dos resultados do *Road Test*, foram desenvolvidos indicadores da condição do pavimento, especialmente da condição funcional (Carey e Irick, 1960). Com base nesses indicadores, foram desenvolvidos procedimentos racionais para a tomada de decisão pelos gestores dos organismos rodoviários, dando origem aos conceitos que culminaram na concepção dos sistemas de gerência de pavimentos.

De acordo com Amekudzi e Attoh-Okine (1997), nas décadas seguintes, algumas agências implantaram SGP como resultado dos esforços de entusiastas do novo modelo de tomada de decisão. Adicionalmente, o governo dos Estados Unidos passou a exigir um SGP como parte dos critérios para acesso a recursos financeiros federais para conservação da malha viária.

No Brasil, a gerência de pavimentos teve seu início pela malha viária federal. A Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes - GEIPOT realizou a Pesquisa de Inter-relacionamentos de Custos Rodoviários – PICR, entre 1975 e 1984, por meio de um convênio entre o Governo do Brasil e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Participaram deste projeto técnicos do Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR e de outros nove países. Seus resultados serviram de base para a terceira versão do software *Highway Development Managment* – HDM-3. Ao longo do tempo foram elaborados documentos técnicos para orientar a coleta de dados da condição funcional e estrutural do pavimento. Também foram desenvolvidos

modelos para análise econômica e priorização de vias sob condições de restrição orçamentária. Algumas dessas atualizações foram requeridas pelo Banco Mundial, para que fosse possível financiar obras viárias no Brasil. (Brasil - DNIT, 2011).

Apesar do papel importante do Brasil no desenvolvimento dos SGP utilizados em vários países do mundo, ainda é incipiente, no Brasil, a prática da gerência de pavimentos. Há pouco investimento na manutenção preventiva, faltam modelos de desempenho e intervenções de manutenção e reabilitação com inclusão de análises econômicas. Nas áreas urbanas é ainda mais crítica a situação, em virtude da falta de normas/procedimentos que auxiliem a gestão racional dos recursos financeiros. Portanto, a presente pesquisa é fundamental para a mudança de paradigma na gerência das vias urbanas pavimentadas nos municípios brasileiros.

REVISÃO DE LITERATURA

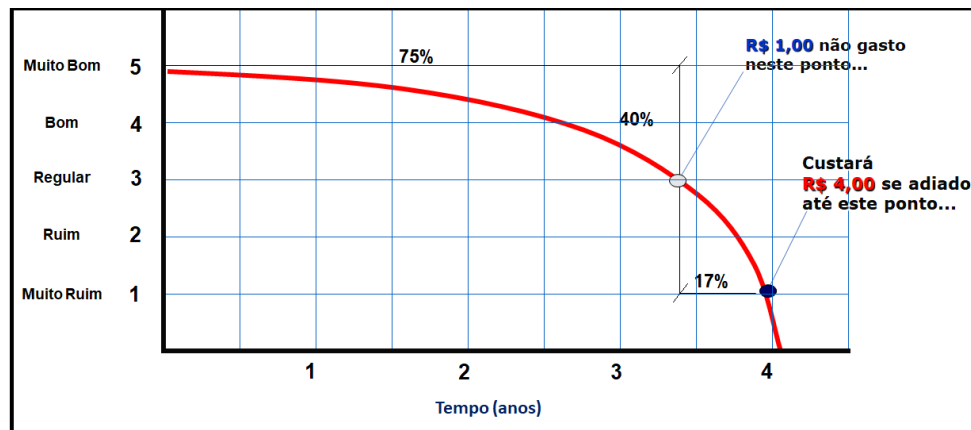
De acordo com Haas *et al.* (1994), a condição da infraestrutura viária pode se deteriorar em função de diversos fatores, tais como a falta de um sistema de gerenciamento, planejamento financeiro de longo prazo (por parte do governo), incapacidade de reação à deterioração do sistema viário e limitação de conhecimento técnico para a tomada de decisão referente às atividades de manutenção e reabilitação. A função de um Sistema de Gerência de Pavimentos - SGP é melhorar a eficiência da tomada de decisão, além de possibilitar a realimentação dos dados, indicar os prazos e a ordem de prioridade que as ações devem suceder, mantendo as vias na melhor condição possível, ao menor custo.

Os pavimentos precisam ser gerenciados, não apenas mantidos. Conforme apresentado por Shahim (1994), a gerência de pavimentos pode ser entendida como “investida agora ou pague muito mais depois”. Na Figura 1 pode-se observar esse conceito. A cada unidade monetária não investida no momento adequado, os custos podem quadruplicar em pouco tempo.

O departamento de transportes de New Jersey (*NJDOT*) estabeleceu uma estratégia de preservação do pavimento com ênfase na manutenção preventiva, em oposição a abordagem existente de “primeiro o pior”. O estado de Nova York analisou duas alternativas de gerência de pavimentos durante um período de 24 anos. Na primeira alternativa, com manutenções preventivas, preenchimento e selagem de trincas nos anos 4, 8, 16 e 20, e uma camada de reforço estrutural em concreto asfáltico com espessura de 4cm nos anos 12 e 24. A segunda alternativa não previa nenhuma manutenção preventiva e uma completa reconstrução ao final de 24 anos. O resultado da análise mostrou que a primeira alternativa é 3,65 vezes mais econômica e, selar trincas, em geral, aumenta a vida útil em até 4 anos. No estado de Michigan, um estudo em um período de 5 a 7 anos concluiu que selar trincas aumenta a vida útil do pavimento em 3 anos.

O departamento de transportes da Geórgia desenvolveu seu programa de manutenção preventiva no início dos anos 80. Foram gastos cerca de US\$200 milhões em preservação a cada ano. Após 25 anos de programa, os gastos são 2,5 vezes menores do que no início do programa. Um período relativamente longo é necessário até que o benefício de um programa de manutenção preventiva apresente resultados em termos de melhoria da condição do pavimento (HELALI 2005).

Figura 1 - Desempenho do pavimento e custos de M&R



Fonte: Adaptado de Haas *et al.* 1994

Atualmente, várias agências têm restrições orçamentárias. Meneses e Ferreira (2015) consideram que é necessário buscar metodologias e tecnologias inovadoras e mais econômicas para SGP (e SGPU) em nível de rede e em nível de projeto. Portanto, eles propuseram uma ferramenta multi-objetivo de auxílio à decisão (MODAT). Essa ferramenta visa minimizar os custos de M&R e maximizar o valor residual dos pavimentos. O conceito foi testado usando um conjunto de dados da maior concessionária em Portugal (Estradas de Portugal S.A.). MODAT foi testado em quatro conjuntos de dados de rodovias e a otimização foi alcançada. Esses resultados podem ser aplicados a qualquer rodovia que tenha as mesmas condições, como qualidade, estrutura do pavimento, fundação do pavimento, tráfego e clima.

O valor disponível para manutenção viária costuma ser inferior ao necessário. Esse tipo de problema envolve tempo, materiais, projeto, orçamento, recursos humanos e tomada de decisão. Benefícios otimizados podem ser obtidos usando critérios racionais, especialmente em países em desenvolvimento, como a Índia, onde as cargas de tráfego são elevadas e geralmente acima do limite máximo permitido. Além disso, existem técnicas inadequadas de projeto, construção e manutenção (Chopra *et al.*, 2017). Situação semelhante pode ser encontrada no Brasil.

Em estudo para implantação de SGPU na cidade de Uintah, Utah, nos Estados Unidos, conduzido por Cottrell *et al.* (2009), destacaram a necessidade de priorizar a manutenção

preventiva e a falta de recursos humanos e financeiros. Em áreas urbanas, avaliações da condição funcional é mais comum.

Alguns autores (La Torre *et al.*, 2002; Zanchetta, 2017, Loprencipe *et al.*, 2017, Wang *et al.*, 2020) consideram que a avaliação funcional por meio do International Roughness Index - IRI não é adequada para áreas urbanas. Isso porque esse método foi desenvolvido para ser executado em estradas rurais a uma velocidade de 80km/h, o que é incomum em áreas urbanas. Além disso, considerando as velocidades de operação dos veículos nas cidades, a rugosidade não é um parâmetro importante.

Segundo Wang e Smadi (2011), em estudos realizados nos Estados Unidos, a prática para se obter dados sobre o estado do pavimento é examinar imagens de sua superfície, manualmente ou com o auxílio de equipamentos computacionais. Os afundamentos podem ser obtidos com equipamento de avaliação transversal a laser ou outra metodologia baseada em laser com aquisição multiponto. O desafio restante é identificar outros defeitos, como trincas.

A pesquisa realizada por Loprencipe *et al.* (2017), para implementar SGPU na cidade de Valentano, província de Viterbo, Itália, mostra que existem poucas aplicações de gerência de pavimentos em áreas urbanas. O mais comum é a adaptação do método *Pavement Condition Index - PCI*, elaborado por Shahim e Kohn (1979), formalizado na ASTM D 6433-2018 (American Society for Testing and Materials).

Um estudo para implementar SGPU em quatro vias urbanas na cidade de Patiala, Índia, conduzido por Chopra *et al.* (2017), analisou os resultados econômicos comparando duas estratégias diferentes para intervenções de M&R. Concluiu-se que a intervenção desencadeada pela condição do pavimento requer três vezes menos recursos do que a intervenção no pavimento desencadeada por uma estratégia programada (cronograma fixo de intervenções). Assim, é importante desenvolver um índice de pavimentação de baixo custo, rápido e com repetibilidade.

Uma vez que os dados de campo foram coletados, eles podem ser analisados e exibidos dinamicamente com o auxílio de um Sistema de Informações Geográficas - SIG, conforme apresentado por Fernandes Jr., Lopes e Pfaffenbichler (2012) em um estudo de caso para implantação de SGPU na cidade de São Carlos, no estado de São Paulo, Brasil.

Hadidi *et al.* (2016) analisaram a utilidade do GIS como ferramenta para SGPU em Amã, Jordânia. Eles explicam que os dados de condição do pavimento devem ser coletados, capturados, gerenciados e analisados em formato detalhado.

MÉTODO

Esta pesquisa faz parte de um projeto mais amplo, a ser realizado durante um período de três anos, com financiamento do Governo Federal, por meio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Processo:439506/2018-2, cujo objetivo é

propor um método de avaliação da condição dos pavimentos urbanos e fomentar a implantação e uso continuado de Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos – SGPU para municípios brasileiros de pequeno e médio porte.

Nesta etapa do projeto, foi realizado estudo de caso no município de Valparaíso de Goiás, no estado de Goiás, Brasil. Este município faz parte da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal – RIDE/DF, com área de 61,5 km² e população de 165 mil habitantes. Na Figura 2 pode-se observar sua localização.

Figura. 2 - Mapa da RIDE/DF e cidades limítrofes



Fonte: Ministério da Integração Nacional, 2018

A avaliação da condição funcional das vias urbanas foi realizada por dois métodos. O primeiro método é por caminhamento ao longo de todo o segmento e com o preenchimento de um formulário. O segundo método se baseia em realizar filmagens das vias e, posteriormente, preencher o mesmo formulário, porém, no escritório.

Foram selecionados 78 segmentos de pista para a avaliação em campo pelos dois métodos. As avaliações ocorreram nos bairros Morada Nobre, Novo Jardim Oriente e Jardim Oriente, conforme a Figura 3. Vale destacar que os resultados das avaliações em campo têm como origem a pesquisa de Pedroza (2019), integrante deste grupo de pesquisa em gerência de pavimentos.

O formulário utilizado neste artigo, na avaliação por caminhamento, é o mesmo formulário aplicado em outras pesquisas deste Grupo de Pesquisa e também é utilizado pela Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil – NOVACAP em seu SGPU, desde 2010. Na Figura 4 pode-se observar o formulário.

No formulário, o atributo “Segmento de Pista” é preenchido com um código único que identifica o segmento a ser avaliado. Para a “Data da Avaliação”, o avaliador preenche com o dia em que realizou a avaliação. “Pontos Dedutíveis (boa, regular e ruim)” é uma orientação para o avaliador, de modo a auxiliá-lo na indicação de quantos pontos devem ser deduzidos para cada defeito identificado, em função de sua severidade e extensão.

Figura 3 - Segmentos de pista avaliados



Fonte: Adaptado de Pedroza, 2019

Os “Tipos de Defeitos” são os 15 apresentados no Manual de Identificação de Defeitos (*Distress Identification Manual, Federal Highway Administration - FHWA*, 2014). A “Severidade” observada em campo pode ser classificada em “Baixa, Média ou Alta”.

Na célula abaixo de cada possível nível de severidade, o avaliador irá preencher com uma estimativa, em porcentagem, da área que esta combinação de tipo de defeito e severidade representam em relação à área total do segmento de pista. Os “Pontos Dedutíveis (0 – 10)” seguem o mesmo princípio do método ASTM 6433 – D (2018), do *Pavement Condition Index – PCI*.

A nota inicial do segmento de pista é igual a 100, da qual é subtraído o valor do somatório dos pontos deduzidos de todos defeitos. Cada defeito possui um peso (ponderação) diferente, de modo que, o valor máximo de pontos a serem deduzido não ultrapassa 100. Essa é a avaliação objetiva do pavimento.

O avaliador também avalia o pavimento subjetivamente, atribuindo uma nota de 0 a 100. O estado de condição do pavimento varia de “Muito Ruim” até “Muito Bom”. Ao final, o avaliador indica se é necessária avaliação complementar e qual a M&R mais adequada. As opções são “Nada a Fazer – NF”, “Manutenção Corretiva – MC”, “Manutenção Preventiva – MP”, “Reforço Estrutural – RF” e “Reconstrução – RC”.

“Nada a Fazer” se aplica na situação em que o pavimento está em condição ótima, e pode-se postergar a M&R, ou se a época de aplicar a MP já passou. “Manutenção Preventiva” é indicada para vias em fase inicial de vida útil. O objetivo é selar trincas e fissuras na superfície do pavimento, evitando que o excesso de água acelere seu processo de deterioração. Normalmente se aplica lama asfáltica nos acostamentos e microrrevestimento a frio nas faixas de rolamento.

A “Manutenção Corretiva” deve ser a alternativa escolhida quando o defeito é localizado, como trincas por fadiga, trincas longitudinais, panelas ou afundamentos plásticos. “Reforço Estrutural” é realizado se a estrutura do pavimento não está compatível com os esforços solicitantes oriundos do tráfego.

Em rodovias é comum que seja aplicada uma camada sobre a camada existente. Em áreas urbanas, em função da necessidade de manutenção das cotas do topo do revestimento (por causa das sarjetas, meio-fio, calçadas) é mais comum que seja fresado o revestimento existente, com recomposição em CBUQ. A “Reconstrução” é a alternativa de custo mais elevado, pois requer a demolição de toda estrutura do pavimento, revestimento e base e, eventualmente, nova homogeneização, correção de umidade e compactação do subleito. Em seguida, todas camadas são construídas novamente.

O método por vídeo registro utiliza um veículo trafegando nos trechos selecionados na velocidade média de 20 km/h. A filmagem foi realizada com uma câmera GoPro Hero 4 fixada no capô do carro por um suporte fixo de ventosa. As filmagens dos segmentos de pista foram realizadas na resolução de 4K, formato 16:9 e 60 *frames* por segundo.

Os vídeos foram armazenados em cartão de memória para posterior transferência para o computador. No escritório, a partir dos vídeos, é preenchido o mesmo formulário da Figura 4. Os defeitos da superfície do pavimento dos segmentos de pista foram identificados quanto ao tipo, nível de severidade e extensão.

De acordo com Haas *et al.* (1994), a condição da infraestrutura viária pode se deteriorar em função de diversos fatores, tais como a falta de um sistema de gerenciamento, planejamento financeiro de longo prazo.

Figura 4 – Formulário para avaliação da condição do pavimento

AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DA SEÇÃO					
Segmento de Pista:		Data Avaliação:		Pontos Dedutíveis	
				BOA 1 a 3 Pontos	
				REGULAR 4 a 6 Pontos	
				RUIM 7 a 10 Pontos	
TIPO DE DEFEITO	SEVERIDADE			Pontos Dedutíveis 0 - 10	
	Baixa	Média	Alta		
1. Trincas por Fadiga (m ²)					
2. Trincas em Blocos (m ²)					
3. Defeitos nos Bordos (m)					
4. Trincas Longitudinais (m)					
5. Trincas por Reflexão (m ²)					
6. Trincas Transversais (m)					
7. Remendos (m ²)					
8. Panelas (m ²)					
9. Deformação permanente (m ²)					
10. Corrugação (m ²)					
11. Exsudação (m ²)					
12. Agregados Polidos (m ²)					
13. Desgaste (%)					
14. Desnível Pista Acostamento (m)					
15. Bombeamento (m ²)					
<input type="checkbox"/> Muito Ruim 0 a 30	<input type="checkbox"/> Ruim 30 a 50	<input type="checkbox"/> Regular 50 a 70	<input type="checkbox"/> Bom 70 a 90	<input type="checkbox"/> Muito Bom 90 a 100	ICP Subjetivo:
Aceitável: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		M & R Prevista: <input type="checkbox"/> NF <input type="checkbox"/> MC <input type="checkbox"/> MP <input type="checkbox"/> RF <input type="checkbox"/> RC			
Observações:					
Avaliação Compl.: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		Responsável:			

Fonte: Zanchetta, 2017

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A avaliação em campo por caminhamento foi realizada por dois avaliadores, sendo um professor universitário com experiência em SGPU e um aluno de graduação em engenharia civil, com conhecimento prévio dos conceitos de gerência de pavimentos. Antes da ida ao campo, houve

uma etapa de treinamento, cujo fito foi padronizar conceitos e critérios para aumentar a consistência das avaliações. O preenchimento dos formulários, a partir das filmagens, foi realizado apenas pelo aluno de graduação. A avaliação por caminhamento foi realizada nos dias 31/05/2019 e 04/06/2019, durante o período diurno, com clima ensolarado. A filmagem (vídeo-registro) foi realizada na tarde de 09/06/2019, também em um dia ensolarado.

As indicações de atividades de M&R apresentaram razoável convergência entre os dois métodos de aquisição de dados. As M&R mais indicadas tanto por caminhamento quanto por vídeo-registro foram “Nada a Fazer” e “Manutenção Corretiva”. “Reconstrução” teve 1 indicação por caminhamento e 2 pelos vídeos. A diferença mais significativa foi para “Reforço Estrutural”, com 12 indicações na avaliação por caminhamento e 6 com base na análise dos vídeos. Essa diferença tem potencial para impactar nas estimativas de custos de M&R. Mais detalhes são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Indicação de manutenção e reabilitação de acordo com o método

Método de avaliação	Tipo de atividade de Manutenção e Reabilitação (M&R)				
	NF	MP	MC	RF	RC
Caminhamento	32	15	18	12	1
Filmagem	33	15	22	6	2

Fonte: Os próprios autores

A fim de se obter a estimativa de custos de manutenção e reabilitação para a amostra de 78 segmentos de pista avaliados, foram definidas composições de serviços, conforme apresentado na Tabela 2.

Os segmentos de pista foram organizados e numerados de 1 a 78. O comprimento de cada segmento foi estimado pelo Google Maps e a largura média foi estimada em 7 metros, possibilitando calcular a área de cada segmento. Considerou-se nessa pesquisa que manutenção corretiva, quando indicada, é aplicada em 15% da área total do segmento, pois acima disso o segmento necessita de outro tipo de intervenção, mais abrangente. As demais M&R são aplicadas em 100% da área do segmento.

Como não houve ensaio de laboratório para aferição das massas específicas dos materiais soltos e compactados, foi adotado um empolamento de 20% para fins de estimativa de volumes de transporte de material de 1ª e 2ª categoria, para uma distância de 15 km. A espessura considerada para o concreto asfáltico foi de 7 cm, independentemente do tipo de serviço. Para camada de base a espessura foi de 20 cm. Com base nessas premissas, cada alternativa de M&R corresponde a um valor em reais por metro quadrado (R\$/m²). A referência para a composição de serviços e definição dos preços unitários é a Tabela de Preços Unitários do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – TPU DER/SP, data base de setembro de 2022.

Na Tabela 2 há 3 opções para serviços de aplicação de revestimento em CBUQ. A diferença entre eles está na produtividade das equipes em campo, o que se reflete nos preços unitários. Camadas contínuas (R\$1.902,77/m³) tem preço unitário inferior à serviços localizados como o remendo com pré-misturado à quente (R\$3.263,37/m³). A situação intermediária são remendos mais extensos (panos) com valor de R\$2.008,66/m³.

Tabela 2 - Composição dos serviços

Código	TPU DER/SP Setembro 2022	UNID	QUANT	PREÇOS (R\$)	
DER/SP				para 1 m ²	P.U. P.T.
Nada a Fazer (NF)			não se aplica		
Manutenção Preventiva (MP)					
23.06.05.99	Lama asfáltica	m ²	1,0	15,11	15,11
Microrrevestimento à Frio (MRF)					
23.06.04.99	MRF com polímero e fibra	m ²	1,0	36,68	36,68
Manutenção Corretiva (MC)					
23.10.01.99	Fresagem do revestimento e=7cm	m ³	0,07	381,35	26,69
37.02.25.99	Transp. Mat. 1ª/2ª categ. até 15 km**	m ³ xkm	1,26	3,42	4,31
23.05.02.99	Pintura de ligação (RR-1C)	m ²	1	5,34	5,34
37.03.15.99	Revestim. panos s/dop 7cm CBUQ	m ³	0,07	2.008,66	140,61
	(serviço descontínuo)				176,95
37.03.01.99	Remendo pré-misturado quente 7cm	m ³	0,07	3.263,37	228,44
Reforço Estrutural (RF)					
23.10.01.99	Fresagem da capa (e=7cm)	m ³	0,07	381,35	26,69
37.02.25.99	Transp. Mat. 1ª/2ª categ. até 15 km**	m ³ xkm	1,26	3,42	4,31
23.05.02.99	Pintura de ligação (RR-1C)	m ²	1,0	5,34	5,34
23.08.03.03.99	Revestimento (faixa C c/ DOP) 7cm	m ³	0,07	1.902,77	133,19
					169,53
Reconstrução (RC)					
23.10.01.99	Fresagem do revestimento (7cm)	m ³	0,07	381,35	26,69
37.02.25.99	Transp. Mat. 1ª/2ª categ. até 15 km**	m ³ xkm	1,26	3,42	4,31
21.05.07	Demol. de pavim. Flex. c/ transporte	m ³	0,2	66,43	13,29
23.04.03.01.99	BGS (brita graduada simples)	m ³	0,2	308,70	61,74
23.05.01.99	Pintura de impermeab. (CM-30)	m ²	1	13,93	13,93
23.05.02.99	Pintura de ligação (RR-1C)	m ²	1	5,34	5,34
23.08.03.03.99	Revestimento (faixa C c/ DOP) 7cm	m ³	0,07	1.902,77	133,19
** empolamento do material de 1ª/2ª categ. 20%					258,49

Fonte: Tabela de Preços Unitários do DER/SP – Setembro de 2022

Conforme os resultados das indicações de M&R e, utilizando as quantidades e preços unitários da Tabela 2, foi possível estimar os valores necessários para realizar as intervenções nos 78 segmentos de pista em função de cada método de aquisição de dados da condição do pavimento.

Com base nas premissas apresentadas, o custo de intervenção de acordo com os dados obtidos mediante análise dos vídeos foi de R\$2.270.569,60. Com base nos dados obtidos pelo método por caminhamento, a estimativa do custo de foi de R\$2.767.870,40. Uma diferença de R\$497.300,80 (21,90%). Essa diferença permite inferir que a análise dos vídeos resultou em valor subestimado para a etapa de necessidade orçamentária da gerência de pavimentos em nível de rede. Mais detalhes podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3: Comparação de custos de M&R

Aquisição de dados por caminhamento					
Tipo de M&R	NF	MP	MC	RF	RC
Nº de segmentos	32	15	18	12	1
Custo (R\$)	0,00	36,68	228,44	169,53	258,49
Custo Total (R\$)					2.767.870,40
Aquisição de dados por vídeo-registro					
Tipo de M&R	NF	MP	MC	RF	RC
Nº de segmentos	33	15	22	6	2
Custo (R\$)	0,00	36,68	228,44	169,53	258,49
Custo Total (R\$)					2.270.569,60

Fonte: Os próprios autores

CONCLUSÕES

Neste artigo foi analisado o efeito do método de aquisição de dados da condição funcional de pavimentos urbanos na estimativa de custos de manutenção e reabilitação – M&R. Um método foi por caminhamento ao longo de todo o segmento de pista e preenchimento de um formulário. O outro método foi por filmagem (vídeo-registro) dos mesmos segmentos de pista, com posterior preenchimento do mesmo formulário, no escritório.

Este estudo foi realizado no Município de Valparaíso de Goiás, estado de Goiás, Brasil. A partir dos defeitos identificados na superfície do pavimento, considerando seu tipo, severidade e extensão, cada segmento de pista teve uma indicação de intervenção (M&R). As possíveis M&R são nada a fazer, manutenção preventiva, manutenção corretiva, reforço estrutural e reconstrução.

De acordo com os resultados obtidos, foi possível verificar que as atividades de manutenção e reabilitação – M&R mais frequentes foram “Nada a Fazer” e “Manutenção Corretiva”, o que sugere que a malha viária ainda está em boas condições. O “Reforço Estrutural” foi a M&R que apresentou a diferença mais importante, sendo 12 indicações para os dados obtidos

por caminhamento e 6 por vídeo-registro, o que evidencia que alguns tipos de defeitos ou seus níveis de severidade e extensão podem ser de difícil visualização nos vídeos.

As diferenças nas indicações de reforço estrutural e manutenção corretiva se refletiram na estimativa de custos para cada método. Com a análise dos vídeos, o valor total estimado para realizar as M&R para os 78 segmentos de pista foi de R\$2.270.569,60. Com base nas avaliações realizadas por caminhamento, a estimativa foi de R\$ R\$2.767.870,40, com aumento de 21,90% na estimativa dos custos de M&R. Logo, foi possível afirmar que o método de aquisição de dados impactou na estimativa orçamentária.

Para continuidade da pesquisa, sugere-se expandir a amostra, coletar dados em outras localidades e, ainda, incluir análises espaciais com a utilização Sistema de Informação Geográfica - SIG, incrementando a análise e apresentação dos dados.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Universidade de Brasília – UnB pelo auxílio e infraestrutura disponibilizados para a realização desta pesquisa. Agradecer também à Prefeitura Municipal de Valparaíso de Goiás pela participação ativa nesta pesquisa, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e ao Decanato de Pesquisa e Inovação – DPI/UnB pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

AMEKUDZI, A. A.; ATTOH-OKINE, N. O. (1997) Institutional Issues in Implementation of Pavement Management Systems by Local Agencies. **Transportation Research Record 1524**. TRB. National Research Council. Washington, D.C.

ASTM - **American Society for Testing and Materials D 6433 (2018)**. Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys.

BRASIL, DNIT/IPR (2011) **Manual de Gerência de Pavimentos**. Brasil, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria Executiva, Instituto de Pesquisas Rodoviárias - Rio de Janeiro, 2011. 189p. (IPR. Publ. 745).

BRASIL, Ministério da Integração Nacional (2018). Disponível em: http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=ad54e03d-3b2b-469f-8215-c50050eca9cd&groupId=63635, acessado em 08/09/2018.

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

CHOPRA, T. *et al.* (2017). Development of Pavement Maintenance Management System (PMMS) of Urban Road Network Using HDM-4 Model. **International Journal of Engineering & Applied Sciences (IJEAS)**. Vol. 9, Issue 1 (2017) 14-31.

COTTRELL, W. D. *et al.* (2009). Transportation Infrastructure Maintenance Management: Case Study of a Small Urban City. **Journal of Infrastructure Systems (ASCE)**.

FERNANDES JÚNIOR, JL, LOPES, SB, PFAFFENBICHLER, PC (2012). Dynamic Modeling of Urban Pavement Management System Directly Connected to a GIS. **International Journal of Pavement**, Volume 11, Number 1-2-3, September 2012.

FHWA (2014) **Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program**. Office of Infrastructure Research and Development Federal Highway Administration. FHWA-HRT-13-092 (Revisado em 2014).

HAAS, R.; HUDSON, R. W.; ZANIEWSKI, J. (1994) **Modern Pavement Management**. Editora Krieger Publishing Company, Malabar, Florida.

HADIDI, T. *et al.* (2016). Utilizing Geographic Information System as a Tool for Pavement Management System. **International Journal of Applied Mathematics, Electronics and Computers. Advanced Technology and Science**. IJAMEC, 2016, 4(4), 96-100.

HELALI, K. *et al.* (2005). Potential Benefits of Integrating Preventive Maintenance Into New Jersey Pavement Management System. **Transportation Research Board, Annual Meeting CD-ROM**.

LA TORRE, F. BALLERINI, L., DI VOLO, N. (2002). Correlation Between Longitudinal Roughness and User Perception in Urban Areas. **Transportation Research Board - 3643**.

LOPRENCIPE, G., PANTUSO, A. and DI MASCIIO, P. (2017). Sustainable Pavement Management System in Urban Areas Considering the Vehicle Operating Costs. **Journal Sustainability**.

MENESES, S.; FERREIRA, A. (2015). Flexible Pavement Maintenance Programming Considering the Minimisation of Maintenance and Rehabilitation Costs and the Maximisation of the Residual Value of Pavement. **International Journal of Pavement Engineering**. Vol. 16, No. 7, 571-586. Taylor & Francis Group.

PEDROZA, R.A.Q. (2019). Sistema de Gerência de Pavimentos com Análise Comparativa entre Avaliações Funcionais por Vídeo Registro e Método do Caminhamento. **Monografia de Projeto Final**, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 94 págs.

SHAHIN, M. Y. (1994) **Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots**. Editora Chapman & Hall, New York, NY.

WANG, H.; XU, Z.; YUE, L. (2020). Comparing of Data Collection for Network Level Pavement Management of Urban Roads and Highways. **Journal of Advanced Transportation**.

WANG, K.C.P; SMADI, O. (2011). Automated Imaging Technologies for Pavement Distress Surveys, Transportation Research Circular E-C156, **Transportation Research Board, Washington DC**.

ZANCHETTA, F. (2017) Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos: Avaliação de Campo, Modelo de Desempenho e Análise Econômica. **Tese de doutorado**. Departamento de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 234p.