



**CONSIDERAÇÕES SOBRE O IMPACTO DO MÉTODO DE AQUISIÇÃO DE DADOS
DA CONDIÇÃO DE VIAS URBANAS NA ESTIMATIVA DE CUSTOS DE
MANUTENÇÃO EM VALPARAÍSO DE GOIÁS, BRASIL**

Fabio Zanchetta

Universidade de Brasília

fabio.zanchetta@unb.br

Vítor Paiva Morais

Universidade de Brasília

vitormorais.engcivil@gmail.com

Eliane Viviani

Universidade Federal de São Carlos

eviviani@ufscar.br

José Leomar Fernandes Júnior

Universidade de São Paulo

leomar@sc.usp.br



CONSIDERAÇÕES SOBRE O IMPACTO DO MÉTODO DE AQUISIÇÃO DE DADOS DA CONDIÇÃO DE VIAS URBANAS NA ESTIMATIVA DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO EM VALPARAÍSO DE GOIÁS, BRASIL

F. Zanchetta, V. P. Morais, E. Viviani e J. L. Fernandes Júnior

RESUMO

A implantação e uso continuado de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos – SGPU auxilia e melhora a tomada de decisão em relação a escolha das intervenções de Manutenção e Reabilitação – M&R. Essa pesquisa analisou a influência do método de aquisição de dados da condição do pavimento na estimativa dos custos de M&R. Foram realizadas avaliações por caminhamento e por meio de filmagens (vídeo-registro). Em ambos os casos foi preenchido o mesmo formulário, um durante o caminhamento, e outro em escritório. O local do estudo foi o Município de Valparaíso de Goiás, no estado de Goiás, Brasil. A necessidade orçamentária para uma amostra de 78 segmentos de pista avaliados por vídeo-registro foi de R\$1.722.029, 74 e, por caminhamento, de R\$2.028.488,96, 17,8% mais oneroso. As intervenções do tipo Reforço Estrutural e Manutenção Corretiva foram as que apresentaram mais diferenças e, portanto, mais impactaram na estimativa do orçamento.

1 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 definidos 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 - SGP.

De acordo com Amekudzi e Attoh-Okine (1997), nas décadas seguintes ao *Road Test*, 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 Interrelacionamentos 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 brasileiros do Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR e de outros nove países. Seus resultados serviram de base para a terceira versão do software *Highway Development Management* – 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 gerências das vias urbanas pavimentadas nos municípios brasileiros.

Esta pesquisa visa fomentar a implementação e uso continuado de um SGPU em cidades brasileiras. Para tanto, teve como objetivo investigar e comparar a influência do método de aquisição de dados da condição funcional de vias urbanas pavimentadas na estimativa dos custos de Manutenção e Reabilitação – M&R. Foi realizado estudo de caso em uma amostra de segmentos de pista no município de Valparaíso de Goiás, no estado de Goiás, Brasil.

2 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 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 ocorrer, 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.

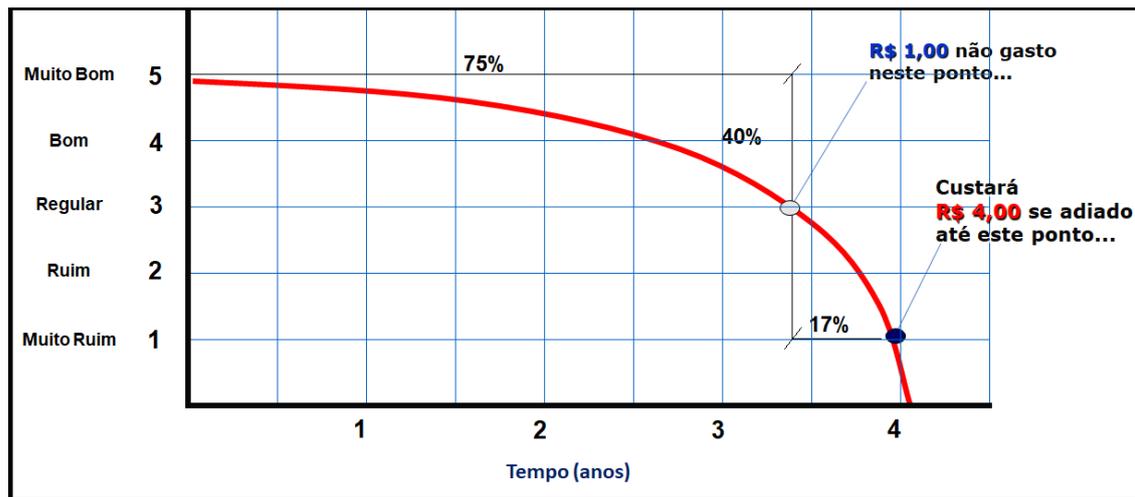


Fig. 1 Deterioração do pavimento e aumento de custos de M&R. (adaptado de Haas *et al.* 1994)

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 (*NYDOT*) 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 Georgia 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).

Diversas 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, 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 irregularidade longitudinal 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.

Em pesquisa realizada por Loprencipe et al. (2017), para implementar SGPU na cidade de Valentano, província de Viterbo, Itália, evidenciou-se 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).

Durante estudo para implementar SGPU em quatro vias urbanas na cidade de Patiala, Índia, conduzido por Chopra et al. (2017), foram analisados 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 condição do pavimento 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 SIG 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.

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 SGPU para municípios brasileiros. 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.



Fig. 2 Mapa da RIDE/DF e cidades limítrofes (Ministério Integração Nacional, 2018)

3.1 Avaliação da Condição do Pavimento

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 de pista 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 tem como origem a pesquisa de Pedroza, (2019), integrante deste grupo de pesquisa em gerência de pavimentos.

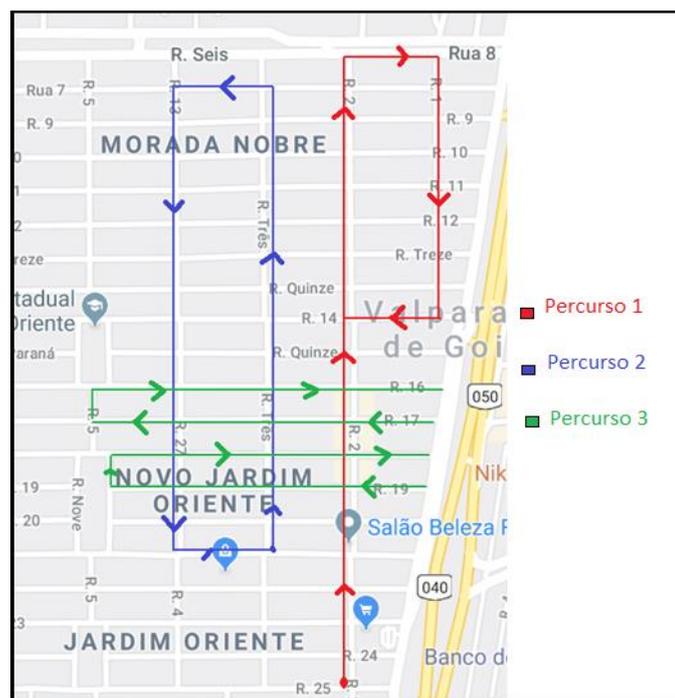


Fig. 3 Segmentos de pista avaliados (Adaptado de Pedroza, 2019)

3.2 Avaliação por caminhamento

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.

AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DA SEÇÃO				
Segmento de Pista:		Data Avaliação:		Pontos Dedutíveis
				BOA 1 a 3 Pontos
				REGULAR 4 a 6 Pontos
				RUIIM 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. Painelas (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"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ICP Subjetivo:
Muito Ruim 0 a 30	Ruim 30 a 50	Regular 50 a 70	Bom 70 a 90	Muito Bom 90 a 100	
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:			

Figura 4 – Planilha de avaliação da condição do pavimento. (Fonte: Zanchetta, 2017)

No formulário, o atributo “Segmento de Pista” é preenchido com um código único que identifica o segmento a ser avaliado, normalmente este código é atribuído automaticamente pelo SIG, quando este está disponível. “Data da Avaliação” o avaliador preenche durante a

avaliação da via urbana. “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.

Os “Tipos de Defeitos” são os mesmos 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 representa 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.

Após caminhar por todo o segmento de pista, o avaliador também o avalia 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 uma 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, além de rejuvenescer o ligante asfáltico, evitando que o excesso de água acelere seu processo de deterioração. Normalmente se aplica lama asfáltica ou microrrevestimento a frio.

A “Manutenção Corretiva” deve ser a alternativa escolhida quando o defeito é localizado, como trincas por fadiga, painelas ou afundamentos plásticos. Um remendo tem durabilidade, em geral, de uma a duas estações chuvosas. Por esse motivo, sugere-se que a MC deve ser aplicada em até, no máximo, 25% da área total do segmento de pista, pois além desta extensão, é mais eficiente um reforço estrutural (recapeamento).

O “Reforço Estrutural” é realizado se a estrutura do pavimento não está compatível com os esforços solicitantes oriundos do tráfego, o que pode ser verificado pela presença de defeitos de origem estrutural, como as trincas por fadiga, ou, ainda, em função da presença de diversos defeitos cuja soma das áreas seja superior a 25% da área total do segmento de pista. Em rodovias na área rural é comum que seja aplicada uma camada nova de revestimento sobre a camada existente. Em áreas urbanas, há necessidade de manutenção das cotas do topo do revestimento por causa das sarjetas, meio-fio e calçadas para pedestres. Assim, é mais comum que seja fresado o revestimento existente, com recomposição em Concreto Asfáltico Usinado à Quente - CAUQ. 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. Tanto o reforço estrutural quanto a reconstrução necessitam de avaliação estrutural, complementar à avaliação funcional, para fins de dimensionamento das camadas.

3.3 Avaliação por filmagem (vídeo-registro)

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.

4 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.

Houve similaridade entre os dois métodos de aquisição de dados em campo em relação à quantidade de segmentos de pista cujas M&R indicadas foram NF, MP e RC, porém, com diferenças nas indicações de MC e RF. 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 pelo vídeo-registro. 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 estão 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

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.

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.

Tabela 2 Composição dos serviços - TPU DER/SP Junho 2019

Código DER/SP	SERVIÇOS - TPU DER/SP JUNHO 2019	UNID	QUANT	PREÇOS (R\$)	
			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	10,72	10,72
	MICRORREVESTIMENTO A FRIO (MRF)				
23.06.04.99	MRF com polímero e fibra	m ²	1,0	27,42	27,42
	MANUTENÇÃO CORRETIVA (MC)				
23.10.01.99	Fresagem do revestimento e=7cm	m ³	0,07	189,05	13,23
37.02.25.99	Transporte material 1 ^a /2 ^a categoria até 15 km**	m ³ xkm	1,26	1,87	2,35
23.05.02.99	Pintura de ligação (RR-1C)	m ²	1	3,95	3,95
37.03.15.99	Camada revestim. panos s/dop e=7cm CBUQ	m ³	0,07	1378,99	96,52
	(serviço descontínuo)				116,07
37.03.01.99	Remendo pré-misturado a quente e=7cm	m ³	0,07	2176,00	152,32
	(serviço descontínuo)				
	REFORÇO ESTRUTURAL (RF)				
23.10.01.99	Fresagem da capa (e=7cm)	m ³	0,07	189,05	13,23
37.02.25.99	Transporte material 1 ^a /2 ^a categoria até 15 km**	m ³ xkm	1,26	1,87	2,35
23.05.02.99	Pintura de ligação (RR-1C)	m ²	1,0	3,95	3,95
23.08.03.03.99	Camada de revestimento (faixa C c/ DOP) 7cm	m ³	0,07	1304,93	91,34
					110,88
	RECONSTRUÇÃO (RC)				
23.10.01.99	Fresagem do revestimento (7cm)	m ³	0,07	189,5	13,26
37.02.25.99	Transporte material 1 ^a /2 ^a categoria até 15 km**	m ³ xkm	1,26	1,87	2,35
21.05.07	Demolição de pavimento flexível com transporte	m ³	0,2	38,91	7,78
23.04.03.01.99	BGS (brita graduada simples)	m ³	0,2	199,57	39,91
23.05.01.99	Pintura de impermeabilização (CM-30)	m ²	1	10,97	10,97
23.05.02.99	Pintura de ligação (RR-1C)	m ²	1	3,95	3,95
23.08.03.03.99	Camada de revestimento (faixa C c/ DOP) 7cm	m ³	0,07	1304,93	91,34
	** empolamento do material de 1^a/2^a categoria = 20%				169,58

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 1^a e 2^a 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 junho de 2019. 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\$1.304,93/m³) tem preço unitário inferior à serviços localizados como o remendo com pré-misturado à quente (R\$2.176,00/m³). A situação intermediária são remendos mais extensos (panos) com valor de R\$1.378,99/m³.

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\$1.722.029,74. Com base nos dados obtidos pelo método por caminhamento, a estimativa do custo de foi de R\$2.0208.488,96. Uma diferença de R\$306.459,22 (17,80%). 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.

5 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 diferença 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\$1.722.029,74. Com base nas avaliações realizadas por caminhamento, a estimativa foi de R\$ R\$2.0208.488,96. Logo, foi possível afirmar que o método de aquisição de dados impactou na estimativa orçamentária.

Para continuidade da pesquisa, sugere-se expandir a amostra e, ainda, comparar outros métodos de aquisição de dados em campo e, também, 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 e ao suporte financeiro por meio do Decanato de Pesquisa e Inovação (DPI) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. Agradecer também à Prefeitura Municipal de Valparaíso de Goiás.

6 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; Parida, M; Kwatra, N; Mandhani, J. (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.; Bryan, S.; Chilukuri, Br; kalyani, V.; Stevanovic, A. and Wu, J. (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.; Zaniewsk, 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., Jackson, H., Zaghoul, S., Bekheet, W., Jumikis, A., A., . (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 Mascio, 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.; X, Z.; Y, 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.