

Modelo de priorização para auxílio à tomada de decisão em gerência de pavimentos

Luis Fernando Sequinel (UEL) sequinelutf@gmail.com

Alana Dias de Oliveira (UEL) alanadioliva@hotmail.com

Cílio José Volce (UEL) cjvolceuel@yahoo.com.br

Heliana Barbosa Fontenele (UEL) heliana@uel.br

Resumo:

A baixa qualidade dos pavimentos urbanos reflete na necessidade de diversas obras de manutenção e reabilitação (M&R) que demandam altos valores de recursos públicos. Porém, a escassez desses recursos resulta na impossibilidade da execução integral desses serviços. Assim, surge a necessidade de instrumentos técnicos e objetivos que auxiliem os gestores na escolha da execução da intervenção em uma via em detrimento de outra. Desta forma, este trabalho tem como objetivo elaborar um Índice de Priorização de vias para intervenções de manutenção no pavimento com auxílio da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão Construtivista. Os critérios escolhidos para compô-lo foram: Condição do Pavimento; Estratégia de Manutenção; Idade do Pavimento e Classificação Funcional da Via. Conclui-se que a metodologia multicritério foi eficaz no desenvolvimento de um instrumento que poderá ser amplamente utilizado em um Sistema de Gerência de pavimentos urbanos como apoio à decisão dos gestores.

Palavras chave: Índice de Prioridade, MACBETH, pavimentos urbanos.

Prioritization model to aid in decision making in pavements management

Abstract

Low quality of urban pavements reflects the need for several maintenance and rehabilitation (M&R) actions that demand large ammounts of public resources. However, the shortage of these resources results in the impossibility of full execution of these services. Thus, there is a need for technical and effective instruments to help managers choose which road to carry out the intervention. In this way, this work aims to elaborate a Prioritization Index of roads for maintenance interventions in the pavement with the help of Multicriteria Methodology for Decision Aid – Constructivist. The criteria chosen to compose it were: Pavement Condition; Maintenance Strategy; Pavement Age and Functional Classification of the Road. It is concluded that the multicriteria methodology was effective in the development of an instrument that could be widely used in a Management System of urban pavements to support managers' decision.

Key-words: Article, CONBREPRO, Formatting

1. Introdução

A questão do sistema público viário é tratada de forma coadjuvante em relação às outras esferas de atuação do poder público. Isso porque, nas inúmeras subdivisões de área, as vias públicas dão assistência ao desempenho de outras funções da cidade. De acordo com Serafini e Gonçalves (2005), manter a qualidade e o melhor desempenho das vias exige elevados níveis de investimento. Entretanto, os responsáveis por esse controle, órgãos públicos e concessionárias, nem sempre possuem recursos suficientes para a execução dos reparos nos pavimentos com a frequência exigida.

Por outro lado, o capital existente é investido de maneira errada devido à falta de planejamento adequado. Para Mikolaj e Remek (2016), essa inconsistência resulta em crescente degradação, diminuição da durabilidade do pavimento e perda no controle dos custos e encargos referentes à Manutenção e Reabilitação (M&R). Por isso, surge a necessidade de ferramentas objetivas para auxiliar aos gestores definir as prioridades de investimentos nas atividades de M&R. A implantação de um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) pode ser uma opção para este auxílio.

Com princípios na abordagem sistêmica, o SGP faz uma interação entre todos os setores envolvidos: planejamento, projeto, construção, manutenção e reabilitação das estruturas do pavimento (LI, 2017). Em locais onde a malha viária já está totalmente pavimentada, o SGP pode apresentar componentes para avaliar a condição dos pavimentos facilitando o planejamento das futuras intervenções (corretivas, preventivas, de reforço ou até mesmo de reconstrução). Assim, este artigo tem o objetivo de elaborar um índice de priorização de vias para atividades de M&R.

2. Sistema de Gerência de Pavimentos

O principal objetivo de um SGP é obter o melhor investimento dos recursos orçamentários com o intuito de garantir um pavimento seguro e economicamente compatível aos usuários. Conforme Bodi e Balbo (1998), os órgãos públicos municipais brasileiros possuem poucos recursos destinados ao sistema de infraestrutura viária e por esse motivo, a maioria das vias encontra-se danificada, causando grande impacto sobre os custos dos veículos, aumento de tempo de percurso e redução da segurança dos que transitam nestas pistas.

Além disso, pode-se acrescentar a falta de uma política de otimização de recursos e estabelecimento de prioridades dos trechos que necessitam de intervenção de M&R. O SGP se desenvolve num conjunto de atividades coordenadas com foco na utilização de informações verdadeiras e confiáveis, além de critérios de decisão para produzir uma Estratégia de M&R de pavimentos que gere o máximo de retorno possível para os recursos disponíveis (SHANIN E WALTHER, 1990).

A elaboração de um SGP exige uma análise profunda e um conhecimento completo do ambiente estudado, ou seja, da estrutura do órgão (público ou privado) responsável pela tomada de decisão. Um sistema de gerenciamento deve começar necessariamente, pela integração e racionalização das situações atualmente existentes (MOKOLAJ E REMEK, 2016).

3. Modelos de Priorização

As ações de M&R são necessárias quando os pavimentos atingem níveis inaceitáveis de acordo com o padrão de qualidade requerido para aquele componente de infraestrutura. A disponibilidade de fundos e limitação ou restrição de orçamentos são pré-requisitos para

realização das intervenções. Por isso devem-se definir prioridades que ditem como, quando e quais trechos serão beneficiados.

A priorização envolve a definição e o uso de um índice, geralmente denominado Índice de Prioridades (IP), na qual os projetos candidatos à manutenção são ordenados em função das condições físicas do pavimento e da disponibilidade de recursos para a intervenção.

A definição das vias prioritárias a sofrerem intervenções de M&R pode envolver itens como inventários, relatórios, análises e julgamentos simples ou até mesmo um grande banco de dados, modelos de deterioração, métodos computacionais entre outros. Dentre as técnicas existentes, destacam-se o modelo empírico desenvolvido por Tavakoli *et al.* (1992) e o modelo estatístico elaborado por Bodi e Balbo (1998).

3.1 Modelo de Tavakoli

Nos estudos sobre Gerência de Pavimentos, o modelo de Tavakoli compõe um sistema de organização que relaciona os trechos viários com o intuito de avaliar sua condição atual (TAVAKOLI *et al.*, 1992). Este modelo é baseado em uma fórmula que contextualiza as taxas de deterioração e níveis de M&R para a verificação dos custos orçamentários necessários à recomposição do mesmo. O IP desenvolvido é inversamente proporcional ao Índice de Condição do Pavimento (ICP), à Classe da Via, ao Tipo de Tráfego e ao Fator de Manutenção.

De acordo com Becker (2012), a estrutura do modelo é composta por sete módulos: a. Inventário; b. Levantamento de defeitos; c. Manutenção/Reabilitação; d. Custos unitários; e. Taxas de deterioração; f. Ordem de prioridades e objetivos; e g. Módulo de backup.

O inventário constitui no levantamento da malha viária urbana (ou rural), identificação da seção, características geométricas do pavimento e acostamento, sistema de drenagem, tráfego, e banco de dados históricos. O próximo passo é a geração do ICP a partir da verificação dos defeitos e classificação por meio da severidade e da porcentagem da área atingida.

Posteriormente, na etapa de priorização e metas, são ordenadas as intervenções em cada trecho para incluir na equação de determinação do Índice de Priorização. Os resultados do cálculo do Índice variam de 0 a 0,01, sendo que 0 é interpretado como “sem necessidade de intervenção rápida” e 0,01 como “com necessidade prioritária de intervenção”. O modelo ainda estima automaticamente o orçamento de M&R para os trechos utilizando a estrutura encontrada pelos módulos de inventário, manutenção/reabilitação e custos unitários.

3.2 Modelo de Bodi & Balbo

O modelo de Bodi & Balbo (BODI E BALBO, 1998), foi desenvolvido por meio de um modelo computacional que utilizava valores de tráfego e Valor de Serventia Atual (VSA) da malha viária da cidade de São Paulo para que se pudesse chegar aos trechos sujeitos à priorização de intervenções de M&R.

O modelo priorizou somente as intervenções de reforço de pavimentos, o que simplificou os trabalhos de priorização que puderam ser realizados unicamente por meio do levantamento do VSA. Dessa forma, foi verificada a possibilidade de se correlacionar os dados levantados em campo como os custos, dimensões físicas dos trechos, VSA, Volume Diário Médio (VDM) total e segregado para vinculá-los aos resultados de priorização obtidos mediante o modelo, tais como benefício do usuário ou benefício-custo de uma intervenção de manutenção (SERAFINI E GONÇALVES, 2005).

Foram desenvolvidos cinco modelos que são simplificados em relação aos modelos computacionais tradicionais, pois utilizam funções logarítmicas para desenhar equações de regressão linear múltipla facilitando a determinação da relação Benefício/Custo (B/C) de uma intervenção de M&R em relação às variáveis independentes. As funções logarítmicas possibilitam o cálculo do B/C por qualquer técnico habilitado caso disponha das informações como VSA e VDM, por exemplo.

As diferenças dos custos orçamentários são calculadas em cada trecho verificando a irregularidade do pavimento no período atual e a simulação da irregularidade no período após a intervenção de Manutenção em 5 anos. A escala varia em relação aos modelos gerados, podendo tomar como referência dos valores de volume médio diário de tráfego na via analisada. Assim, os menores valores do Índice de Priorização (IP) calculado são interpretados como sem necessidade de intervenção rápida e os maiores com necessidade prioritária de intervenção.

3.3 Outros modelos de Priorização

Nos últimos anos diversos autores desenvolveram ferramentas visando o auxílio à tomada de decisão para intervenções nos pavimentos, utilizando diversas metodologias. Para a definição de pesos racionais de importância de fatores de classificação de prioridade de manutenção do pavimento, Ramadhan *et al.* (1999) desenvolveram um índice com base no Método de Análise Hierárquica (AHP). Os fatores utilizados foram a Classe da via, a Condição do pavimento, Tráfego operacional, Qualidade da condução, Condição de segurança, Custo de manutenção e a Importância geral da via para a comunidade.

Também utilizando a AHP, Furtado (2014) desenvolveu uma ferramenta para priorização de investimentos rodoviários, baseadas na opinião de 4 grupos de avaliadores: Engenheiros rodoviários, Acadêmicos, Órgãos e Diversos. Os critérios encontrados foram divididos em três níveis de importância, sendo os principais (nível 1) Aspectos Sociais com peso de 44,80%, Aspectos Operacionais com 20,10%, Aspectos Econômicos com 18,0% e Aspectos Logísticos com 17,10%.

Com a integração de métodos de avaliação multicritério e Sistema de Informação Geográfica (SIG), Lima *et al.* (2009) apresentaram um modelo de priorização de vias baseados na Localização da via, Condição do pavimento, Hierarquia, e Custos de estratégias de manutenção previstas, os quais foram combinados pelos métodos *Weighted Linear Combination* (WLC) e *Ordered Weighted Average* (OWA) possibilitando a geração de uma ferramenta de análise espacial.

4. Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão Construtivista

A metodologia MCDA-C é uma derivação da tradicional MCDA cujo objetivo é apoiar os decisores na solução de problemas complexos, conflituosos e incertezas. A complexidade dá-se pelo envolvimento simultâneo de muitas variáveis tanto qualitativas quanto quantitativas, explicitadas ou não.

Utilizando a MCDA-C, Enslinn *et al.* (2010) criaram um modelo de avaliação de empresas terceirizadas na área de telecomunicações, ilustrando o perfil de impacto, resultado numérico da avaliação permitindo ao gerente compreender as consequências dessas ações. Ainda, Lyrio *et al.* (2008) criaram um modelo para avaliação do grau de transparência das demonstrações financeiras de uma instituição pública, dividido em duas áreas: publicação e compreensão.

O método MACBETH é uma aplicação do MCDA-C que permite avaliar opções levando em

conta múltiplos critérios. A origem de seu nome vem do inglês *Mesuring Attractivness by a Category Based Evaluation Technique*, ou em português, medir a atratividade por uma técnica de avaliação baseada em categorias (COSTA E VANSNICK, 1995). Os critérios para a tomada de decisão podem ser ponderados, realizando o julgamento de atratividade par a par, sendo o primeiro mais atrativo que o segundo. Essa atratividade é julgada entre muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte ou extrema.

Além disso, a performance de cada critério pode ser pontuada. Para isso, são definidos os níveis de performance e entre esses, os níveis de referência, adotando os níveis neutro (menor performance desejada para o critério) e superior (máxima performance desejável para o critério), os quais recebem pontuação ancorada (referência). A pontuação dos demais níveis é obtida pelo julgamento de atratividade par a par entre eles. O decisor deve expressar a diferença de atratividade entre dois níveis “a” e “b” (“a” mais atrativo que “b”), com base na escala semântica do método (COSTA *et al.*, 2013).

Nesta pesquisa foi utilizado o software M-MACBETH para a elaboração do índice de priorização das vias candidatas à manutenção e reabilitação.

5. Método de Pesquisa

O procedimento experimental da pesquisa foi dividido em 2 etapas, sendo a primeira a definição dos critérios para a formação do índice e a segunda a elaboração do Índice de Priorização com auxílio do software M-MACBETH.

5.1. Definição dos critérios para a formação do Índice de Priorização (IP)

Para o desenvolvimento do IP de acordo com a MCDA-C foi necessário estabelecer os critérios que comporiam o índice. Para isso, foi realizado um *brainstorming* em que os participantes foram os próprios autores (decisores). A pergunta respondida no *brainstorming* foi: “Qual critério deve ser considerado relevante para priorizar a manutenção do pavimento de uma via em relação à outra?”

As respostas foram classificadas por ordem de importância de forma consensual entre os participantes. Para cada item, definiu-se níveis de desempenho a fim de mensurar a performance do referido critério.

5.2. Elaboração do Índice de Priorização (IP)

Esta etapa iniciou-se com a escolha dos níveis de referência de cada critério, sendo escolhido o nível neutro (tendo pontuação ancorada em 0) e o nível superior (com pontuação ancorada em 10). Com isso, a pontuação dos demais níveis foi obtida por meio de julgamentos de diferença de atratividade realizadas no software M-MACBETH. Na Figura 1 está exemplificada a matriz de julgamento para um dos critérios selecionados (Idade).



The screenshot shows the 'FATOR IDADE' window in the M-MACBETH software. It displays a comparison matrix with values 10, 8, 6, 4, 2 on the top and left. The matrix cells contain qualitative judgments: 'nula', 'fraca', 'moderada', 'positiva', 'mfort-extr', 'mod-fort', 'forte', 'nula', 'fraca', 'nula'. To the right, an 'Escala actual' column shows values 13, 10, 6, 0, -3. Further right, a vertical scale lists qualitative levels: 'extrema', 'mt. forte', 'forte', 'moderada', 'fraca', 'mt. fraca', 'nula'. At the bottom, a green message states 'Julgamentos consistentes'.

Figura 1 – Exemplo de matriz de julgamento do software M-MACBETH

Na sequência foi realizado o julgamento de juízo de valor entre os critérios para se definir o peso de ponderação de cada um deles na composição final do IP. Com os pesos de cada critério definidos, o IP foi criado por meio de uma combinação linear ponderada, representada da equação 1.

$$IP = \sum_{i=0}^n p_i a_i \quad (1)$$

em que IP : Índice de Priorização;
 p_i : peso de ponderação do critério i ;
 a_i : pontuação do critério i ;

6. Resultados e Discussões

6.1. Critérios do Índice de Priorização (IP)

Os critérios definidos para a formação do IP foram:

- Condição do pavimento: a ser obtido por meio do Índice de Condição do Pavimento (ICP) variando de 0 a 100;
- Estratégias de Manutenção: definidas em função do ICP do pavimento, conforme apresentado por Becker (2012) e descrito na Tabela 1;

ICP	Opções	Estratégia	Intervenções
96-100	1A	Fazer Nada	Nenhuma
61-95	A	Manutenção Rotineira	Tapa-Buracos
51-60	B	Manutenção Preventiva	Tapa-Buracos Microrevestimento Fresagem de 4 cm da superfície, e
26-50	C	Reabilitação	Recobrimento de 4 cm da superfície com CAUQ Remoção e substituição de toda a estrutura do pavimento por:
0-25	D	Reconstrução	4 cm CAUQ 23 cm BGS 21 cm SOLO SELECIONADO CBR=4%

Fonte: Adaptado de Becker (2012)

Tabela 1 – Estratégias de Manutenção em função do ICP

- Idade do Pavimento: idade (em anos) considerada a partir da data da última intervenção do pavimento;
- Classificação funcional da via: Arterial, Coletora ou Local.

Na figura 2 é representado os níveis de desempenho de cada um dos critérios.

Critério	Níveis de desempenho
Condição do pavimento (ICP)	0
	5
	50
	75
	100
Idade do pavimento (anos)	2
	4
	6
	8
	10
Estratégia de Manutenção	Fazer Nada
	Manutenção Rotineira
	Manutenção Preventiva
	Reabilitação
	Reconstrução
Classificação funcional da via	Arterial
	Coletora
	Local

Figura 2 – Níveis de desempenho dos critérios

6.2 Pontuação dos critérios

Na tabela 2 são representados os níveis de referência de cada critério. Os considerados como nível neutro (NN) receberam pontuação 0 e os níveis superiores (NS) receberam pontuação 10.

Critério	Níveis de referência
Condição do pavimento (ICP)	50 (NS)
	75 (NN)
Idade do pavimento	4 anos (NN)
	8 anos (NS)
Estratégias de Manutenção	Manutenção Rotineira (NN)
	Manutenção Preventiva (NS)
Classificação funcional da via	Arterial (NS)
	Coletora (NN)

Fonte: próprio autor (2018)

Tabela 2 – Níveis de referência dos critérios

Após os julgamentos realizados no M-MACBETH, foram definidas as pontuações para os diferentes níveis de desempenho em todos os critérios. Nos casos em que os níveis de desempenho são quantitativos, as pontuações são obtidas pelas equações representadas nas tabelas 3 e 4. Já no caso dos níveis qualitativos, cada nível de desempenho possui uma pontuação específica, sem possibilidade de interpolações, conforme tabelas 5 e 6.

ICP	Pontuação (A)
0 a 25	$A = -0,4608 \cdot ICP + 61,51$
25 a 50	$A = -1,5996 \cdot ICP + 89,98$
50 a 75	$A = -0,40 \cdot ICP + 30$
75 a 100	$A = -0,833 \cdot ICP + 62,50$

Fonte: próprio autor (2018)

Tabela 3 – Pontuação dos níveis de desempenho do critério Condição do Pavimento

Idade do pav. (ID)	Pontuação Idade (B)
Até 2 anos	-3
2 a 4 anos	$B = 1,5 \cdot ID - 6$
4 a 6 anos	$B = 3 \cdot ID - 12$
6 a 8 anos	$B = 2 \cdot ID - 6$
9 a 10 anos	$B = 1,5 \cdot ID - 2$
Maior que 10 anos	B = 13

Fonte: próprio autor (2018)

Tabela 4 – Pontuação dos níveis de desempenho do critério Idade do Pavimento

Estratégia de Manutenção	Pontuação Manutenção (C)
Fazer Nada	C= -15
Manutenção Rotineira	C= 0
Manutenção Preventiva	C= 10
Reabilitação	C= 25
Reconstrução	C= 40

Fonte: próprio autor (2018)

Tabela 5 – Pontuação dos níveis de desempenho do critério Estratégias de Manutenção

Classificação da via	Pontuação Classificação funcional (D)
Arterial	D= 10
Coletora	D= 0
Local	D= -10

Fonte: próprio autor (2018)

Tabela 6 – Pontuação dos níveis de desempenho do critério Classificação Funcional da Via

Com os julgamentos de diferença de atratividade entre os critérios no software M-MACBETH, foi definido o peso de cada um para a ponderação no IP global, conforme apresentado na Tabela 7. Com esses pesos, o IP pode ser calculado conforme a equação 2.

Crítérios	Pesos (%)
Índice de Condição do Pavimento	45,00
Estratégia de Manutenção	34,00
Classificação funcional da via	4,00
Idade do Pavimento	17,00

Fonte: próprio autor (2018)

Tabela 7 – Peso de ponderação entre os critérios do IP

$$IP = 0,45A + 0,17B + 0,34C + 0,04D \quad (2)$$

em que *IP*: Índice de Priorização;

A: pontuação do critério Condição do Pavimento;

B: pontuação do critério Idade do Pavimento;

C: pontuação do critério Estratégia de Manutenção;

D: pontuação do critério Classificação Funcional da Via;

Os Índices de Prioridades dos trechos são dados em valores numéricos, variando de -20,02 a 43,89, sendo que -20,02 é interpretado como sem necessidade de intervenção rápida e 43,89 com necessidade prioritária de intervenção de M&R. Desta forma, quanto maior o valor de IP, maior será a prioridade da via para as intervenções.

5. Considerações finais

Nesta pesquisa foi possível concluir que a MCDA-C permitiu transformar as características qualitativas das vias em escalas cardinais, e ordenar e atribuir pesos aos critérios, traduzindo a opinião dos julgadores de maneira satisfatória, possibilitando o desenvolvimento de um índice de priorização de vias candidatas à manutenção.

Assim, o IP proposto tem como principal vantagem a praticidade, pois as informações relativas aos indicadores considerados não são complexas e muito menos de difícil acesso. A avaliação da superfície do pavimento para a determinação do ICP é o que demandará mais recursos (financeiro e tempo), podendo ser aplicado, desde que a escala considerada seja de 0 a 100, tanto avaliações objetivas quanto subjetivas.

Portanto, considerando a escassez de recursos para investimentos em manutenção da malha pavimentada, o modelo proposto serve como amparo técnico objetivo para justificar os investimentos, reforçando a eficiência, a isonomia e a eficácia da gerência de pavimentos. Assim, é um instrumento promissor para o apoio à decisão dos gestores em um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos.

Referências

- BECKER, V. E. G.** Aplicação do modelo de Tavakoli para gerência de manutenção de pavimentos em cidade de médio porte. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- BODI, J.; BALBO, J. T.** Modelos para Priorização de Serviços de Manutenção de Pavimentos Urbanos, 31^a Reunião Anual de Pavimentação, São Paulo, 1998.
- COSTA, C. A. B.; ANGULO-MEZA, L.; OLIVEIRA, M. D.** O método MACBETH e aplicação no Brasil, *Engevista*, Lisboa, vol. 15, nr. 1, 2013, pg. 3-27.
- COSTA, C. A. B.; VANSNICK, J. C.** Uma nova abordagem ao problema da construção de uma função de valor cardinal: MACBETH, *Investigação Operacional*, Lisboa, vol. 15, 1995, pg. 15-35.
- COSTA, C. N. B.; SILVA, M. B. F. A.** Modelo multicritério de avaliação de capacidade Empreendedora em empresas de base tecnológica, *Engevista*, Lisboa, vol. 10, nr. 1, 2008, pg. 4-14.
- ENSSLINN, L.; GIFFHORN, E.; ENSSLIN, S. R.; PETRI, S. M.; VIANNA, W. R.** Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio a decisão construtivista, *Pesquisa Operacional*, vol. 30, nr. 1, 2010, pg. 125-152
- FURTADO, G. R.** Priorização de investimentos rodoviários: Estudo de caso BR-040, BR-116 e BR-381. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.
- LI, H.** Application of analytic hierarchy process in network level pavement maintenance decision-making, *International Journal of Pavement Research and Technology* (2017), doi:10.1016/j.ijprt.2017.09.015.
- LIMA, P. L.; RAMOS, R. A. R.; JUNIOR, J. L. F.** Uma abordagem multicritério para a priorização de vias pavimentadas. *Revista Transportes*, vol. 17, nr.1, 2009, pg. 27-38.
- LYRIO, M. V. L.; BROTTI, V.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.** Proposta de um modelo para avaliar o grau de transparência das demonstrações financeiras publicadas por uma instituição pública de Ensino superior brasileira: a abordagem multicritério de apoio a decisão construtivista, *Revista Unb Contábil*, vol. 11, nrs. 1-2, 2008, pg. 170-186.
- MIKOLAJ, J.; REMEK, L.** Road network management: Repair action plans for self-governing regions, *Procedia Engineering*, [s.l.], vol. 153, 2016, pg.577-583.
- RAMADHAN, R. H.; WAHHAB, H. I. A.; DUFFUA, S. O.** The use of an analytical hierarchy process in pavement maintenance priority, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol 5, nr. 1, 1999, pg. 25-39.
- SERAFINI, L.; GONÇALVES, F.P.** Critérios para priorização de intervenções de manutenção em pavimentos rodoviários, *Revista Teoria e Prática na Engenharia Civil*, Passo Fundo, vol. 5, nr. 7, 2005, pg.73-85.



VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ponta Grossa, PR, Brasil, 05 a 07 de dezembro de 2018

SHAHIN, M. Y.; WALTHER, J. A. Pavement Maintenance Management for Roads and Streets Using the PAVER System, 1st ed. US Army Corps of Engineering; 1990.

TAVAKOLI, A.; LAPIN, M. S.; FIGUEROA, J. L. PMSC: Pavement Management System for Small Communities, Journal of Transportation Engineering, Cleveland, Ohio, vol. 118, nr. 2, 1992, pg 270-280.