



ISSN: 2447-5580

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/index>



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

ANÁLISE DE VIABILIDADE DA MANUTENÇÃO DE ESTRADAS COM SOFTWARE PARA GERENCIAMENTO DE PISO: APLICAÇÃO DO HDM-4 NA RODOVIA BR 010 / MA

FEASIBILITY ANALYSIS OF ROADS MAINTENANCE WITH SOFTWARE FOR FLOOR MANAGEMENT: APPLICATION OF HDM-4 ON HIGHWAY BR 010 / MA

Marlice Magalhães Ramos¹, André Luís de Oliveira Cavaignac², & José Manuel Mayor Gonzalez^{3*}

¹ Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. ² Universidade Ceuma. Universidade Federal do Maranhão

³ Instituto Politécnico da Guarda.

¹ marlicemr@hotmail.com ² andreluiscavaignac@gmail.com ³ speedy.gonzalez.51@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido em: 05.03.2020

Aprovado em: 30.04.2020

Disponibilizado em: 01.06.2020

PALAVRAS-CHAVE:

Rodovias; Gestão; Pavimento; Conservação; Manutenção.

KEYWORDS:

Highways; Management; Conservation; Maintenance.

*Autor Correspondente: Cavaignac, A. L. de O.

RESUMO

O momento oportuno para as intervenções, com processo racional de seleção dos trechos prioritários, gera uma alocação de investimentos eficaz, priorizando manutenções preventivas e pequenas correções e trazendo benefícios para toda a sociedade. Neste trabalho se fez um estudo das manutenções da rodovia BR 010, no Estado do Maranhão no segmento km 260,8 ao km 319,8 - de suma importância para a economia da região, com objetivo de estudar o grau de eficiência das intervenções nos últimos 10 anos, em manter a rodovia em boas condições de trefgabilidade. Para tal, foi utilizado o Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) como ferramenta para melhor monitorar e administrar recursos para a infraestrutura rodoviária. Identificaram-se as anomalias existentes no segmento em estudo, relatando as causas do seu surgimento. Em seguida, através do SGP, propôs-se uma solução para a correção dos problemas encontrados, buscando o melhor custo benefício. A alternativa que apresenta a melhor Taxa Interna de Retorno - TIR (Internal Rate of Return) é o CREMA 2. No primeiro trecho a TIR é de 288,2, sendo 68% maior que a Restauração e 107% maior que a Reconstrução. No segundo trecho a TIR é de 388,6, sendo 72% maior que a Restauração e 198% maior que a Reconstrução. Comprovou-se a necessidade de

uma política continuada de investimentos e uma gestão eficaz dos recursos públicos, corroborando a hipótese de que as intervenções foram insuficientes e que a implantação do SGP é de fundamental importância para se ter interferências no momento adequado, e gerando menor gasto público.

ABSTRACT

The opportune moment for interventions, with a rational selection process for priority stretches, generates an effective investment allocation, prioritizing preventive maintenance and small corrections and bringing benefits to the whole society. In this work, a study was carried out on the maintenance of the BR 010 highway, in the State of Maranhão, in the km 260.8 to km 319.8 segment - of paramount importance for the region's economy, in order to study the degree of efficiency of interventions in the last 10 years, in keeping the highway in good conditions of trefgability. To this end, the Pavement Management System (SGP) was used as a tool to better monitor and manage resources for the road infrastructure. Anomalies existing in the segment under study were identified, reporting the causes of their appearance. Then, through the SGP, a solution was proposed to correct the problems encountered, seeking the best cost benefit. The alternative that presents the best Internal Rate of Return - TIR (Internal Rate of Return) is CREMA 2. In the first stretch, the TIR is 288.2, 68% higher than Restoration and 107% higher than Reconstruction. In the second section, the IRR is 388.6, 72% higher than Restoration and 198% higher than Reconstruction. The need for a continued investment policy and an effective management of public resources has been proven, corroborating the hypothesis that interventions were insufficient and that the implementation of the SGP is of fundamental importance to have interference at the appropriate time, and generating less expenditure public.



INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de dimensões continentais e que possui como principal modal de transportes o rodoviário. Esse aspecto acarreta uma contínua e crescente necessidade de investimento nessa área. As rodovias têm um papel fundamental na economia do país e sua importância nas trocas econômicas entre as diversas regiões, justifica plenamente a busca de uma melhor compreensão do comportamento de pavimentos rodoviários (Meza López, 2010).

Comparados com outras obras da construção civil, os pavimentos têm vida útil curta e isso se dá, principalmente, devido à repetição das cargas e do clima. Desde a abertura ao tráfego são acumulados defeitos estruturais e funcionais, e quando estes atingem valores críticos são necessárias intervenções corretivas ou restaurações. A perda da serventia e da capacidade de suporte ao longo do tempo, bem como a influência da passagem do tráfego, são avaliadas num sistema de gestão de pavimentos, nas várias etapas de vida de serviço de um trecho, de forma periódica, e a partir de julgamentos das características dos vários aspectos do comportamento do pavimento avaliado, tomam-se as decisões de intervenção. Estas vão desde a manutenção preventiva até a reconstrução total quando o fim da vida útil se torna evidente pela gravidade dos defeitos encontrados na superfície do pavimento (Fonseca, 2013).

No que diz respeito às rodovias federais, tem-se contratos de recuperação, implantação, conservação e manutenção de rodovias, que são administrados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) – Autarquia Federal vinculada ao Ministério dos Transportes, Portos e Aviação. O DNIT tem como objetivo implementar a política de infraestrutura do Sistema Federal de Viação (SFV), compreendendo sua operação, manutenção, restauração ou reposição, adequação de capacidade e ampliação, mediante construção de novas vias e terminais (BRASIL, 2005). Os recursos para a execução das obras são da União. Ou seja, o órgão é gestor e executor – sob a jurisdição do Ministério de Infraestrutura - das vias navegáveis, ferrovias e rodovias federais, instalações de vias de transbordo e de interface intermodal e instalações portuárias fluviais e lacustres (BRASIL, 2011).

Percebe-se que muitas vezes se demora a corrigir pequenos defeitos que surgem no pavimento, ocasionando o aparecimento de patologias maiores. Se a intervenção ocorre no momento oportuno, ainda no início do surgimento das anomalias, o custo de manutenção é menor, bem como o tempo de intervenção na rodovia também. Têm-se, então, pequenas manutenções preventivas e corretivas, em vez da grande quantidade de restaurações nas estradas federais. Além disso, é menor o desconforto causado aos usuários devido às máquinas que estão trabalhando juntamente com o tráfego, por se tratar de pequenas intervenções que necessitam de um prazo menor de execução.

De acordo com Macea-Mercado, et al., (2016), um país que não mantém a infraestrutura rodoviária em bom estado e deixa suas vias deteriorarem, tem sobre custos que podem variar de 1% a 3% do seu Produto Interno Bruto. Aramayo, et al., (2019), por exemplo, relata que as atividades de manutenção de estradas urbanas geralmente são realizadas sem planejamento adequado, isto é, empírica e incorretamente, o que reflete negativamente, uma vez que um



aumento na taxa de deterioração do pavimento tem como consequência, aumento de custos para usuários e gestão pública.

No contexto econômico atual, as intervenções além de serem tardias, acabam sendo insuficientes pela falta de recursos financeiros disponíveis para a solução do problema. Neste sentido, surgem os programas do tipo Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) como ferramenta para melhor monitorar e administrar recursos para a infraestrutura rodoviária. Assim, o objetivo desse estudo é demonstrar, com a utilização do SGP, que as intervenções feitas na BR 010/MA, segmento km 260,8 ao km 319,8, foram insuficientes e que a necessidade atual é de uma intervenção mais robusta, de forma gerenciada, para que a rodovia se mantenha em boas condições de trafegabilidade no menor custo possível.

METODOLOGIA

Identificaram-se as anomalias existentes no segmento em estudo, relatando-se as prováveis causas do seu surgimento. Em seguida, através do SGP, propôs-se uma solução para a correção dos problemas encontrados, procurando a melhor relação custo/benefício. Por fim, mostrou-se através de gráficos e quadros as vantagens de uma intervenção preventiva ou corretiva no início do problema, divergindo do sistema atual de intervenções rodoviárias no segmento pesquisado.

Seguindo as premissas de Marconi & Lakatos (2003), a abordagem metodológica utilizada foi a exploratória, pois, antes de iniciarmos o estudo de caso foi feita a coleta de dados com a pesquisa bibliográfica e documental que foi desenvolvida com base em livros, artigos científicos, instruções de serviço, especificações de materiais, especificações técnicas, relatórios e Manuais de Procedimentos. As etapas foram, numa primeira fase, a pesquisa bibliográfica sobre o tema - etapas a e b, seguidas dos levantamentos em campo e aplicação do SGP, como se descreve a seguir:

- a) Pesquisa Bibliográfica sobre Sistemas de Gerenciamento de Pavimentos e as principais técnicas corretivas utilizadas nas rodovias federais brasileiras.
- b) Levantamento do inventário de informações junto ao DNIT do segmento objeto do estudo de caso, coletando os dados disponíveis notadamente de irregularidade longitudinal, de levantamentos visuais contínuos e de deflexão.
- c) Recolher informações de levantamentos do trecho selecionados, provenientes de dados históricos ou das opiniões de técnicos especialistas, para determinar o Índice de Condição do Pavimento Flexível (ICPF).
- d) Verificar através de dados históricos as intervenções feitas e comparar com as soluções propostas, estabelecendo uma relação entre a época da intervenção ideal e a época da intervenção real e as consequências da existência dessa lacuna.
- e) Sugerir intervenções futuras através do SGP

Os resultados recolhidos foram analisados através de gráficos e quadros, de modo a facilitar a visualização dos mesmos e a correlação com o objetivo do estudo.



ESTUDO DE CASO – CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO PARA A APLICAÇÃO DO HDM-IV

Para a implantação do SGP é necessário um sistema de referência (SNV – Sistema Nacional de Viação); avaliação dos pavimentos; determinação das prioridades e; elaboração de programa plurianual de investimentos. A coleta de dados deve ser minuciosa, confiável e periodicamente atualizada (BRASIL, 2003).

O atual SGP do DNIT é atualizado para pavimentos flexíveis e semirrígidos. No caso de estruturas de pavimentos em concreto de cimento Portland, ainda não se dispõem de catálogos técnicos específicos. No levantamento de dados, faz-se a divisão em subtrechos homogêneos, cuja codificação representa a região estudada, a estrutura do pavimento, o volume de tráfego atuante (Volume Médio Diário – VMD), o índice de Irregularidade Superficial (IRI- *International Roughness Index*), a deflexão do pavimento e o Índice de Gravidade Global (IGG) (BRASIL, 2011). No quadro 1 temos exemplo de utilização do SNV para o código 010 B MA 0450/0460.

Quadro 1. Código de Identificação dos trechos do SNV

010	B	MA	0450 / 0460
Nº da BR	Indica Trecho Federal	Unidade da Federação	Nº do trecho (crescente no sentido do SNV – não volta à zero nas divisas estaduais)

Fonte: BRASIL, (2011). Manual de Gerência de Pavimentos.

A avaliação do pavimento consiste em verificar suas condições funcionais, estruturais e operacionais. A avaliação funcional é a conceituação das irregularidades do pavimento e diz respeito ao conforto do usuário devido à conservação da pista de rolamento. É feita através do Valor de Serventia Atual (VSA), do Levantamento Visual Contínuo (LVC), do Índice de Condição do Pavimento Flexível (ICPF), do Índice de Gravidade Global (IGG) e do Índice de Irregularidade Internacional (IRI). A avaliação estrutural, durante o período de projeto, mede a capacidade do pavimento em resistir aos esforços impostos pelo tráfego e está associada ao conceito de capacidade de carga. As condições operacionais do pavimento dizem respeito ao tráfego a que está solicitado. Sua análise é feita através do VMD, com determinação da taxa anual de crescimento.

Após a avaliação dos pavimentos, os dados levantados são inseridos no software de gerenciamento. O presente estudo de caso adotou o SGP *Highway Development & management 4 - HDM IV*, software disponível no escritório central do DNIT, em Brasília-DF. O SGP pode ser em nível de rede, quando estuda uma grande área ou malha viária, onde se situam muitas rodovias; ou em nível de projeto, quando se observa mais detalhadamente um determinado trecho do pavimento. Este estudo considerou o SGP em nível de projeto, aplicado a uma rodovia federal de grande importância, a BR-010 - Belém-Brasília, num segmento de solicitações extremas de carga e tráfego, no Estado do Maranhão, nordeste brasileiro, entre as cidades de Imperatriz e Açailândia.

Foi definido um segmento da rodovia BR 010 para estudo, considerando os códigos SNV iniciais e finais do trecho. O segmento estudado inicia no código 010BMA0450 e termina no 010BMA0460. O trecho 0450 corresponde ao fim da travessia urbana de Imperatriz (Km



Citação (APA): Ramos, M. M., Cavaignac, A. L. de O., & Gonzalez, J. M. M. (2020). Análise de viabilidade da manutenção de estradas com software para gerenciamento de piso: aplicação do HDM-4 na rodovia BR 010 / MA. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(3), 75-87.

260,8) até o entroncamento com a MA-125 para Cidelândia (km 295,2). O trecho 0460 vai do entroncamento com a MA-125 para Cidelândia (km 295,2) até o entroncamento com a BR-222 em Açailândia (km 319,8).

O motivo da escolha desse segmento foi a importância econômica para o escoamento da produção da região e a necessidade de melhoramentos, tendo em vista o incremento no transporte de cargas pesadas. Tem-se o tráfego de pessoas que moram em cidades vizinhas e trabalham em Imperatriz – segunda maior cidade do Estado e Portal da Amazônia. Destaca-se, ainda, o fluxo de veículos que transportam carvão para as siderúrgicas da cidade de Açailândia; o fluxo de caminhões madeireiros da região norte (região amazônica), além dos caminhões articulados utilizados no transporte de toras de eucalipto para abastecer a indústria de papel e celulose localizada em Imperatriz, cuja média diária é de 100 carretas nesse segmento.

Apesar de todo esse tráfego pesado, não há balanças rodoviárias instaladas na rodovia dentro do estado do Maranhão, fato observado também nas fronteiras com os Estados do Tocantins e Pará. Percebe-se também que os veículos de passeio têm muita dificuldade de ultrapassar as carretas, por ser um trecho em pista simples.

Os dados levantados pela Coordenação de Gerência de Manutenção e Restauração Rodoviária (CGMRR) do DNIT, em julho de 2016, revelaram que a maior parte do segmento estudado se encontra com o Índice da Condição da Manutenção regular. Isso significa que é necessária a correção de pontos localizados ou recapeamento, pois o pavimento se encontra trincado, com panelas e remendos pouco frequentes e com irregularidade longitudinal e transversal.

Em outubro de 2016, foi feito um levantamento visual contínuo pela empresa Supervisora Hollus/Astep, prestadora de serviço do DNIT, na BR 010, do km 253,6 ao km 378,7. Com base nos dados coletados, pode-se inferir que do km 260,8 ao km 319,8, 37,29% do segmento possui ICPF 2; 43,39% possui ICPF 3; 18,30% ICPF 4 e 1,02% ICPF 5. Isso significa que 1,02% do segmento está ótimo; 18,30% bom e 80,68% regular. Esses resultados corroboram o levantamento feito em julho de 2016. Houve um pequeno agravamento no estado de conservação do pavimento, tendo em vista que o trecho ficou sem nenhum contrato de manutenção de agosto de 2016 a janeiro de 2017 e considerando que o período chuvoso da região é de outubro a maio (Ramos, 2018)

Nesse mesmo LVC (de outubro de 2016), constatou-se que 3,33% do segmento apresentava buracos ou panelas; 48,33% com necessidade de execução de remendos profundos; 100% do segmento com trincamento; roçada ruim em 81,67%; drenagem regular em 71,67% e sinalização regular em 93% do trecho.

Ainda segundo Ramos (2018), no período de 27 de setembro a 04 de outubro de 2016, o DNIT esteve no km 260,8 com uma balança móvel para detectar eventuais sobrepesos nas cargas transportadas. Os dados levantados apontaram que 32,43% dos veículos pesados estavam acima do peso regulamentar. Em maio de 2017 a Supervisora Holus/Astep fez furos de sondagem para caracterização das camadas do pavimento e determinação do CBR do



segmento estudado. Foram encontrados os seguintes resultados para CBR: (i) Subleito: 36,9%; (ii) Sub-base: 63,3%; (iii) Base: 97,9%.

Com esses resultados pode-se verificar que as camadas subjacentes ao revestimento flexível possuem um bom suporte de carga. No entanto, todo o segmento se encontra trincado e, em pontos de maior frenagem dos veículos, já se apresentam afundamentos em trilha de roda. Na pesagem verificou-se que há um índice muito alto de sobrepeso por eixo dos veículos que trafegam nessa rodovia, mas além disso investigou-se também a eficiência dos dispositivos de drenagem ao longo do segmento.

Observou-se que algumas erosões começaram a surgir próximo aos acostamentos, devido a bueiros trabalhando acima de sua capacidade. Ao longo de todo o segmento a drenagem é regular, e como ficou muito tempo sem contrato de manutenção, surgiram erosões e trincas no concreto dos dispositivos de drenagem.

No Sistema de Gestão de Pavimentos, HDM IV, é necessário nomear cada trecho inserido de acordo com o SNV. O trecho em estudo se subdivide em dois segmentos: (i) Segmento 1: 010BMA0450 – Fim da Travessia Urbana de Imperatriz (km 260,8) ao Entroncamento com MA-125 para Cidelândia (km 295,2), com extensão de 34,4 km; (ii) Segmento 2: 010BMA0460 - Entroncamento com MA-125 para Cidelândia (km 295,2) ao Entroncamento BR 222 (A) (Açailândia) (km 319,8), com extensão de 24,6km.

Em ambos os segmentos, considerou-se VMD de 8.077 veículos, dado obtido com a contagem de tráfego feita pela empresa Hollus/Astep, em novembro de 2016. A contagem foi feita durante três dias consecutivos, nos dois sentidos de tráfego. Considerou-se um crescimento anual do tráfego de 3%.

O HDM IV exige também o preenchimento da porcentagem de cada tipo de veículo que passa pela rodovia. Como a contagem por tipo de veículo foi feita em números absolutos, separamos então os grupos de veículos, conforme demonstrado no quadro 2.

Quadro 2. Porcentagem de veículos que trafegam na BR-010/MA

Tipo de veículo	Quantidade	%
Carros de passeio	14522	60
Ônibus urbano e interurbano	228	1
Ônibus grande	557	3
Semirreboque	3566	14
Caminhão pequeno	1421	6
Caminhão médio	1780	7
Caminhão grande	2157	9
TOTAL	24231	100

Fonte: Ramos (2018). Adaptado.

Por meio do Levantamento Visual Contínuo verificou-se que ambos os segmentos se encontram completamente trincados, com desgaste em 20% de sua extensão e drenagem regular; e, conforme já descrito anteriormente, em alguns pontos a drenagem é insuficiente. Os afundamentos em trilha de roda encontrados foram da ordem de 15mm.



Citação (APA): Ramos, M. M., Cavaignac, A. L. de O., & Gonzalez, J. M. M. (2020). Análise de viabilidade da manutenção de estradas com software para gerenciamento de piso: aplicação do HDM-4 na rodovia BR 010 / MA. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(3), 75-87.

O segmento 1 apresentou mais painelas que o segmento 2. O número de painelas por km no segmento 1 foi em torno de 5, enquanto o segmento 2 apresentou em média 2 painelas por km. O Quadro 3 demonstra os dados inseridos no SGP.

Quadro 3. Dados de alimentação do HDM IV

Segmento	Dado inserido	
	Descrição	Valor
010BMA0450	Extensão	34,4km
	VMD	8077
	CBR do Subleito	36,9%
	Trincas	100%
	Desgaste	20%
	Painelas /km	5
	Drenagem	Regular
	Afundamento em trilha de roda	15mm
	Espessura da última camada	7cm (CBUQ)
	Última intervenção	2015
	Crescimento do tráfego	3% ao ano
010BMA0460	Extensão	24,6km
	VMD	8077
	CBR do Subleito	36,9%
	Trincas	100%
	Desgaste	20%
	Painelas /km	2
	Drenagem	Regular
	Afundamento em trilha de roda	15mm
	Espessura da última camada	7cm (CBUQ)
	Última intervenção	2015
	Crescimento do tráfego	3% ao ano

Fonte: Ramos (2018). Adaptado.

Para a análise econômica e custos financeiros considerou-se a Taxa de Retorno de 12% ao ano, por ser a taxa mínima aceitável para um empreendimento viável. O período de análise considerado foi de 20 anos, por ser a média adotada pelo DNIT para vida útil dos pavimentos. Quanto aos valores financeiros adotados, considerou-se a tabela de custos médios gerenciais do DNIT SICRO 2, mês base setembro de 2016, por ser a última tabela atualizada na época da inserção dos dados. O Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) é uma ferramenta criada pelo DNIT para manter atualizada a definição de custos e referenciar a elaboração dos orçamentos de projetos rodoviários e licitação de obras. Nessa tabela têm-se os valores por km para cada solução adotada para a manutenção do pavimento.

Quanto aos valores financeiros adotados, considerou-se a tabela de custos médios gerenciais do DNIT SICRO 2, mês base setembro de 2016, por ser a tabela mais atual na época da inserção dos dados.



TABELA DNIT SICRO

As soluções constantes na tabela SICRO e que foram adotadas como cenários para a avaliação pelo Programa HDM IV serão discutidas abaixo.

Conservação Rotineira

A Conservação Rotineira Pista Simples, com valor de R\$ 51,1x10³/km/ano, foi adotada como alternativa base, ou seja, será parâmetro balizador de avaliação das demais soluções. Ela comporá também as soluções de CREMA 1 e CREMA 2.

A Conservação Rotineira consiste em manutenção e conservação dos pavimentos. Com recuperação de defeitos como afundamentos, desagregações, escorregamento de massa, exsudações, fissuras, painéis e buracos, trincas, por meio da execução de reparos localizados, superficiais e profundos, selagem de trincas etc.

Consiste ainda na conservação da faixa de domínio, mantendo-a limpa, controlando a vegetação, limpando e conservando a drenagem, as defensas e guarda-corpos e executando caiação nos dispositivos de drenagem.

CREMA 1

O CREMA 1 é um Contrato de Restauração e Manutenção, que contempla restauração a cada dois anos, conjugada com conservação rotineira, com valor de R\$ 308x10³/km/ano. Tem como finalidade obras de recuperação funcional do pavimento das pistas de rolamento, associadas a serviços de manutenção do pavimento e conservação da faixa de domínio, em conformidade com o projeto respectivo. Os serviços de recuperação devem ser realizados no primeiro ano de contrato e consistem em:

- a) Execução de concreto asfáltico;
- b) Execução de lama asfáltica;
- c) Execução de micro revestimento asfáltico;
- d) Execução de tratamento superficial duplo;
- e) Fresagem do revestimento existente, ou seja, corte do pavimento antigo, ou parte dele, por processo mecânico a frio;
- f) Reciclagem de base sem adição ou com adição de material fresado do revestimento, laterita, pedra britada, cimento, cal etc., resultando em nova camada de base devidamente compactada;
- g) Recuperação de defeitos: desagregação, escorregamento de massa, exsudação, fissuras, painéis e trincas;
- h) Recuperação de pontos localizados com nítida deficiência estrutural e afundamentos.

CREMA 2

O CREMA 2 é Contrato de Restauração e Manutenção, que contempla restauração a cada cinco anos, conjugada com conservação rotineira, com valor de R\$ 624x10³/km/ano. Tem como finalidade obras de restauração da rodovia, bem como serviços de manutenção e



conservação, em conformidade com o respectivo projeto. Os serviços de restauração devem ser executados no primeiro ano de contrato e consistem basicamente em:

- a) Recuperação estrutural ou funcional, ou rejuvenescimento das faixas de tráfego, incluindo sinalização provisória;
- b) Restauração ou implantação de terceiras faixas, limitas à plataforma existente;
- c) Recuperação estrutural ou funcional, ou implantação de acostamentos;
- d) Implantação ou recuperação dos dispositivos de drenagem superficial – sarjetas, valetas, descidas d'água e meio-fio;
- e) Implantação de drenos longitudinais profundos;
- f) Implantação ou recuperação de bueiros;
- g) Obras de melhoramentos de travessias urbanas, tais como recuperação dos pavimentos de acessos, interseções ou vias laterais;
- h) Intervenções de recuperação ambiental, tais como recomposição vegetal, contenção de taludes e erosões, drenagem e obras de arte correntes (bueiros).

Restauração

A Restauração é executada no início do período de análise, sem conservação rotineira, com valor de R\$ 1.174x10³/km/ano. Tem como finalidade a recuperação ou reforço de um pavimento, uma obra-de-arte ou outra parte componente de corpo estradal, cujas condições estejam comprometendo o fluxo de tráfego ou sua segurança.

Reconstrução

A Reconstrução é executada no início do período de análise, sem conservação rotineira, com valor de R\$ 2.357x10³/km/ano. São obras com o objetivo de reestruturar o pavimento, mais especificamente a adição e/ou a substituição de camadas estruturais do pavimento, bem como do revestimento, de tal forma que a estrutura resultante possa suportar a repetição das cargas por eixo incidentes, em condições de segurança e conforto para o usuário, durante o novo período de projeto estabelecido.

INTERVENÇÕES EXECUTADAS *VERSUS* SOLUÇÃO ENCONTRADA NO SGP

Foram inseridos todos os dados e se rodou as cinco soluções descritas na tabela DNIT SICRO. O cenário que apresentou o melhor custo/benefício para ambos os segmentos foi o CREMA 2, com a maior taxa interna de retorno. Nos últimos dez anos, o segmento estudado teve apenas Conservação Rotineira e CREMA 1 como solução de manutenção. Nas Figuras 1, 2 e 3, vemos claramente que o trecho se encontra bastante deteriorado em decorrência da manutenção não adequada.



Figura 1. Trincas tipo couro de crocodilo na trilha de roda



Fonte: Ramos (2018). Adaptado.

Figura 2. Afundamento em trilha de roda



Fonte: Ramos (2018). Adaptado.

Figura 3. Trincas, buracos, escorregamento, afundamento em trilha de roda, bombeamento (subida) de finos.



Fonte: Ramos (2018). Adaptado.



A figura 4 mostra o resumo dos indicadores econômicos das soluções analisadas. Pode-se observar que as alternativas CREMA 1 e Conservação (Base Alternative) não foram consideradas como solução pelo SGP, porque o trecho já apresenta problemas na estrutura do pavimento e essas alternativas não possuem intervenções estruturais.

Figura 4. Resumo dos Indicadores Econômicos

HDM - 4 Economic Indicators Summary

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Study Name: Análise Sepção Km 260,8 ao Km 319,8 BR 010

Run Date: 02-08-2017

Currency: Real (millions)

Discount Rate: 12,00%.

Section: ENTR MA-125 (P/CIDEL-NDIA) - ENTR BR-222(A) (AÃAIL-NDIA)

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Costs (C)	Decrease in User Costs (B)	Net Exogenous Benefits (E)	Net Present Value (NPV = B + E - C)	NPV/Cost Ratio (NPV/RAC)	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP)	Internal Rate of Return (IRR)
Base Alternative	10.516	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
CREMA 1	10.516	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	zero cost	No Solution
CREMA 2	39.866	29.350	29.350	886.761	0.000	857.411	21,507	29,213	288,2 (1)
RESTAURAA+O	38.159	0.000	27.643	874.958	0.000	847.315	22,205	zero cost	171,6 (1)
RECONSTRUA+O	60.067	49.551	49.551	834.079	0.000	784.528	13,061	15,833	138,9 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

HDM - 4 Economic Indicators Summary

Section: FIM TRAV URB IMPERATRIZ - ENTR MA-125 (P/CIDEL-NDIA)

Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Costs (C)	Decrease in User Costs (B)	Net Exogenous Benefits (E)	Net Present Value (NPV = B + E - C)	NPV/Cost Ratio (NPV/RAC)	NPV/Cost Ratio (NPV/CAP)	Internal Rate of Return (IRR)
Base Alternative	14.706	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
CREMA 1	14.706	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	zero cost	No Solution
CREMA 2	108.154	93.448	93.448	1.314.924	0.000	1.221.476	11,294	13,071	388,6 (1)
RESTAURAA+O	53.360	0.000	38.655	1.285.683	0.000	1.247.029	23,370	zero cost	226,1 (1)
RECONSTRUA+O	92.312	77.606	77.606	1.283.004	0.000	1.205.398	13,058	15,532	130,5 (1)

Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900

Fonte: Autores, 2020.

A alternativa que apresenta a melhor Taxa Interna de Retorno – TIR (*Internal Rate of Return*) é o CREMA 2. No primeiro trecho a TIR é de 288,2, sendo 68% maior que a Restauração e 107% maior que a Reconstrução. No segundo trecho a TIR é de 388,6, sendo 72% maior que a Restauração e 198% maior que a Reconstrução.

A melhor solução então é aquela que traz o melhor retorno do investimento. No caso de manutenção das rodovias, consideramos como retorno do capital investido os benefícios oriundos da rodovia bem conservada, tais como: redução do tempo de viagem, diminuição do custo do frete, menor custo de manutenção periódica da rodovia, etc. Portanto, a solução apresentada é o CREMA 2, que traz intervenção estrutural a cada 5 anos, com intervalos de manutenções periódicas de conservação da rodovia.



CONCLUSÃO

Pelo levantamento realizado, verificou-se que o trecho de pavimento tomado para estudo se encontra trincado, com surgimento de panelas e apresentando irregularidade longitudinal e transversal. Cerca de 80% do trecho apresentou Índice de Condição de Pavimento Flexível (ICPF) regular, significando que são necessárias correções de pontos localizados ou recapeamento do pavimento. Constatou-se também que a roçada está ruim, a drenagem e a sinalização regulares e que 100% do trecho apresenta trincas em diferentes níveis de criticidade.

Os principais problemas encontrados no trecho, além das trincas que se estendem em sua totalidade, são afundamentos em trilhas de roda, buracos, desgaste do pavimento com aparecimento dos agregados, bombeamento de finos, remendos e drenagem obstruída.

Como origem se pode destacar a ausência de um plano eficaz e contínuo de conservação e manutenção, gerando falta de limpeza dos dispositivos de drenagem, escoamento ineficiente das águas pluviais e excesso de peso na rodovia, gerando falta de suporte das camadas subjacentes e aparecimento de trincas e afundamentos.

Essa situação é o retrato de uma gestão ineficiente e uma política descontinuada de investimentos em infraestrutura, gerando contratos que servem para “apagar incêndios”, com correção tardia dos defeitos, o que onera mais ainda o custo da manutenção.

Pelo estudo apresentado, pode-se observar que as intervenções feitas na rodovia nos últimos dez anos foram insuficientes, considerando que foram executadas apenas Conservação Rotineira e CREMA 1 e o Sistema de Gerenciamento de Pavimentos apresentou como melhor solução o CREMA 2, ou seja, melhor custo benefício, com a maior Taxa Interna de Retorno. Foram inseridos os dados coletados no programa HDM IV, chegando-se às seguintes soluções para o segmento: (i) Restaurações a cada cinco anos, com reforço de base, (ii) correção de defeitos do pavimento, como fresagens, para acompanhar o crescimento anual do tráfego e, nesse intervalo, (iii) conservação rotineira, com roçada, limpeza dos dispositivos de drenagem, selagem de trincas e demais atividades pertinentes à conservação do pavimento.

Deste modo fica destacada a importância de um Sistema de Gestão bem aplicado, no qual se tenha manutenções preventivas e pequenas correções, com interferências no momento adequado, gerando menor gasto aos cofres públicos, aos usuários da rodovia e aos consumidores finais por reduzir o custo dos fretes. Medidas desse quilate podem resultar em menor impacto ao meio ambiente, pois tem-se menos asfalto usinado, menos emissão de monóxido de carbono pelos veículos, menos uso de jazidas de solo, dentre outros benefícios.

As medidas propostas são as que conduzem a um investimento mínimo para um benefício máximo, o que se reflete numa economia tanto para o Estado, que poupa na obra, como para o usuário que poupa no custo de operação e manutenção do seu equipamento.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aramayo, L. S. J., & Fontenele C. A. P. (2019). Escala visual para evaluación de pavimentos urbanos: uma validación em oficina. *Revista Ingeniería de Construcción*. 34(1). Santiago, Abril 2019. Disponível em https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=50718-508... Acesso em 23/04/2020.

BRASIL (2003). Norma DNIT 007/2003-PRO - Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semirrígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos, Procedimento. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria de Planejamento e Pesquisa, Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa, Instituto de Pesquisas Rodoviárias.

BRASIL (2003). Norma DNIT 008/2003-PRO - Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos, Procedimento. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria de Planejamento e Pesquisa, Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa, Instituto de Pesquisas Rodoviárias.

BRASIL (2003). Norma DNIT 009/2003-PRO”, Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos, Procedimento - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria de Planejamento e Pesquisa, Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa, Instituto de Pesquisas Rodoviárias.

BRASIL (2005). Manual de Conservação Rodoviária. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria de Planejamento e Pesquisa, Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2 ed., 564p.

BRASIL (2011). Manual de Gerência de Pavimentos. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria Executiva, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 189p.

Fonseca, L. F. S. (2013). Análise das soluções de pavimentação do programa CREMA 2ª etapa do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Projeto aplicado (mestrado), UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia Civil, 226p.

Lakatos, E. M., & Marconi, M. A. (2003). Fundamentos da metodologia científica, Atlas. São Paulo-SP.

Macea-Mercado, L. F., Morales, L., & Márquez-Díaz, L. G. (2016). Un Sistema de Gestión de Pavimentos basado em nuevas tecnologías para países em vía de desarrollo”. *Revista Ingeniería, Investigación y Tecnología*. 17(2). México abr/jun 2016. Disponível em <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=arttext&pid=S1405-7>. Acesso em 23/04/2020.

Meza López, J. M. (2010). Modelagem do trincamento de misturas asfálticas pelo método dos elementos discretos. Projeto aplicado (mestrado), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, 114p.

Ramos, M. M. (2018). Gerenciamento de pavimentos flexíveis – acompanhamento de um caso real de estudo: Rodovia BR 010/MA. Projeto aplicado (mestrado), Instituto Politécnico da Guarda, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, 206p.

