

PROCESSOS UTILIZADOS PELO DNIT PARA COLETA DE DADOS NECESSÁRIOS PARA A CALIBRAÇÃO E AFERIÇÃO DO MODELO HDM-4 ÀS CONDIÇÕES DAS RODOVIAS BRASILEIRAS

Edwin Fernando Muñoz Pipicano
Sandro Scarpelini Vieira

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT

RESUMO

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT tem como missão implementar a política de infraestrutura de transportes contribuindo para o desenvolvimento sustentável do país e possui iniciativas estratégicas que visam atender os objetivos de tal missão. Uma dessas iniciativas está relacionada à expansão e aprimoramento da utilização da gerência de pavimentos, que conta atualmente com a plataforma do Sistema de Gerência de Pavimentos – SGP/DNIT e com o HDM-4 (*Highway Development and Management*), ferramenta de análise utilizada em diversas nações do mundo. Nesse contexto, e visando a calibração e aferição do HDM-4 às condições da rede rodoviária brasileira, o DNIT realizou uma ampla pesquisa entre os anos de 2013 e 2017. O objetivo da presente comunicação técnica é apresentar a descrição dos processos utilizados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT na obtenção dos dados necessários, tanto para a configuração e parametrização, quanto para à calibração do HDM-4.

1. INTRODUÇÃO

Manter a malha rodoviária do país em bom estado é fundamental para assegurar as condições adequadas de segurança e conforto aos usuários, bem como para proteger o patrimônio público. Com esse intuito, a gerência de pavimentos, e os sistemas computacionais que a integram, tem grande importância, contribuindo de modo significativo no aumento da eficiência das soluções de planejamento envolvidas nas atividades de manutenção rodoviária.

O DNIT tem como missão implementar a política de infraestrutura de transportes, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do país. Para tanto, possui iniciativas estratégica, das quais uma delas é a ampliação e aprimoramento da gerência de pavimentos, estruturada atualmente com a plataforma do Sistema de Gerência de Pavimentos – SGP/DNIT e com o HDM-4 (*Highway Development and Management*), ferramenta de análise utilizada por diversos países. Nesse contexto, e visando a calibração e aferição do HDM-4 às condições da rede rodoviária brasileira, uma vez que a ferramenta possui padrões genéricos predefinidos, o DNIT realizou uma ampla pesquisa entre os anos de 2013 e 2017. Desse modo, o objetivo da presente comunicação técnica é descrever, de modo geral, os processos utilizados na obtenção dos dados necessários, tanto para a configuração e parametrização, quanto para à calibração do HDM-4.

2. PROCESSOS PARA A COLETA DE DADOS PARA A CONFIGURAÇÃO E PARAMETRIZAÇÃO DO HDM-4

O HDM-4 fornece elementos para configuração e parametrização em concordância com as características locais de cada estudo. Nesse sentido, na pesquisa realizada pelo DNIT, e seguindo o volume 5 do manual do HDM-4 (Bennet e Greenwood, 2003a; Kerali, 2000;2001), realizou-se a revisão, validação e atualização dos resultados da Fase I, Níveis 1 e 2. Para tanto, utilizou-se várias fontes de dados, tanto existentes quanto de novos levantamentos em campo, de forma a atualizar a configuração e ajustar, às condições regionais, os seguintes parâmetros: Climas, Moedas, Modelos de fluxo de Tráfego e Velocidade, Catálogo de Intervenções, Frota Veicular e Taxa de Acidentes.

2.1. Climas

O impacto das condições climáticas é considerado por meio da variável Clima no HDM-4. Nesse sentido, aproveitando fontes de dados existentes consolidadas, definiu-se todos os parâmetros da configuração do HDM-4 conforme os climas definidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2018) e presentes no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BNMEP do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (INMET, 2018).

2.2. Moeda

Na versão mais recente do HDM-4, o Real (R\$) faz parte da lista de opções de configuração pertinentes às moedas, sendo necessário, apenas, selecioná-lo nas análises almeçadas.

2.3. Modelos de fluxo de tráfego

No HDM-4, a variação do fluxo de veículos é considerada através da definição da intensidade do fluxo, representado pelo número de horas por ano para cada nível de intensidade (Bennet e Greenwood, 2003a). No caso da pesquisa para calibração realizada no Brasil, os referidos períodos de intensidade foram definidos com os dados coletados em três campanhas de levantamentos de tráfego em 50 unidades de amostragem. Como resultado, após análise da variação horária, foram definidos os parâmetros dos modelos de fluxo de tráfego regionais, classificados em cinco grupos de intensidade de fluxo: Pista Simples Volume Baixo, Pista Simples Volume Baixo-Médio, Pista Simples Volume Médio, Pista Dupla Volume Baixo-Médio e Pista Dupla Volume Médio-Alto.

2.4. Modelos de fluxo-velocidade

Na pesquisa brasileira para calibração do HDM-4, tendo como base as metodologias do HDM-4 (Bennet e Greenwood, 2003a), o Manual de Capacidade e Nível de Serviço - HCM (HCM, 2010) e os padrões estabelecidos no Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (DNIT, 2006), foram definidos os limites de transição para as rodovias de pistas simples Classe I e II, e os valores dos parâmetros de fluxo-velocidade. No caso das pistas duplas, esses parâmetros foram definidos a partir dos níveis de serviço em diferentes regimes de velocidade, adotando-se como premissas: a capacidade última correspondente ao nível de serviço E, capacidade de fluxo livre correspondente ao nível A, e o fluxo nominal correspondente ao nível de serviço D, já que este último está mais próximo da capacidade última.

2.5. Catálogo de intervenções

Trata-se de padrões de trabalhos rodoviários inseridos pelo usuário no sistema HDM-4. No caso da configuração realizada no Brasil pelo DNIT, a base utilizada foi o “*Catálogo de soluções de Manutenção para Pavimentos Flexíveis para rodovias do DNIT*”, Relatório RT-002/2014 (DNIT, 2015) com valores atualizados por meio do Sistema de Custos Rodoviários – SICRO 2, tendo como data de referência: setembro de 2017.

2.6. Frota veicular

No HDM-4, a frota veicular é o parâmetro que representa as solicitações de carga sobre os pavimentos, considerando os diferentes tipos e classes de veículos, além de influenciar na estimativa dos custos dos usuários.

Na pesquisa para calibração do HDM-4 desenvolvida pelo DNIT, realizou-se uma análise exploratória de várias fontes de dados de fluxo de tráfego disponíveis e selecionou-se os dados do Plano Nacional de Contagem de Tráfego - PNCT como a fonte mais adequada para se determinar as classes de veículos representativas, levando em conta as características específicas dos veículos dos diversos fabricantes instalados no Brasil (DNIT, 2006).

Definidas as classes de veículos representativas, foram atualizados os parâmetros pertinentes, tais como: idade média; características físicas, de utilização, custos econômicos unitários dos veículos e dos seus componentes, dentre outros, com base nos dados disponibilizados pela Federação Nacional da Distribuição de Veículos do Brasil – Fenabrave e pela Associação Nacional de Veículos Automotores do Brasil – Anfavea.

2.7. Taxas de acidentes

As taxas de acidentes consideradas no modelo HDM-4 podem ser representadas por meio de um valor global ou serem definidas pelos tipos: com óbitos, com vítimas ou sem vítimas, impactando nos custos envolvidos nas análises.

Nesse sentido, na pesquisa para calibração do HDM-4 realizada pelo DNIT, tendo como base os dados do PNCT (PNCT, 2018) e os registros de acidentes do Departamento de Polícia Rodoviária Federal do Brasil, estimou-se as taxas de acidentes classificadas pelos tipos de acidentes descritos anteriormente e pelos seguintes tipos de rodovias: pista simples, dupla e/ou com múltiplas faixas.

3. PROCESSOS PARA A COLETA DE DADOS PARA A CALIBRAÇÃO DO HDM-4

A calibração dos modelos de deterioração do HDM-4, de forma geral, é realizada por meio da comparação da evolução real dos defeitos dos pavimentos com as previsões dos modelos intrínsecos da ferramenta (Kerali, 2003, Bennet e Greenwood, 2003a). Calibrar significa modificar as previsões dos modelos através de coeficientes numéricos (K_i) das curvas de deterioração, no intuito de minimizar a diferença entre os valores previstos e os observados.

Segundo Bennet e Greenwood (2003a) existem três níveis de calibração, a saber: Nível 1 – Aplicação básica, Nível 2 – Calibração e Nível 3 – Adaptação. Com a pesquisa para a calibração do HDM-4 concluída em 2017, o DNIT atualizou os níveis 1 e 2 e executou o nível 3. Vale destacar que o nível 3 contempla levantamentos de campo mais abrangentes, os quais demandam períodos mais longos de pesquisa (anos).

Diante do exposto, a seguir são apresentadas as atividades desenvolvidas para obtenção dos insumos necessários para a calibração do HDM-4 às características das rodovias brasileiras.

3.1. Seleção de Unidades de Amostragem (UA)

Para a seleção inicial dos trechos teste para a pesquisa, o DNIT analisou preliminarmente os dados funcionais e estruturais de aproximadamente 30.000km de rodovias federais, onde foram pré-selecionados segmentos candidatos de 1km com características pertinentes ao intervalo de início da fase de progressão de defeitos, situação adequada ao estudo. Em posse da localização de tais segmentos, o DNIT organizou campanha para a verificação “in loco” de suas condições, reduzindo, assim, o universo da amostra, onde foram excluídos aqueles trechos que, de algum modo, não deveriam ser aproveitados, seja por questões de segurança ou pelo estado da evolução dos defeitos. Após a verificação em campo, realizou-se um estudo estatístico

detalhado de modo a definir a seleção final de 50 unidade de amostragem – UA de 1 km representativas, que cobriram, de modo controlado, as condições das rodovias brasileiras, sendo essas resumidas pelas variáveis: tipo de superfície da rodovia, deflexão central e clima. A metodologia desenvolvida e aplicada na pesquisa em comento pode ser consultada em Rafiah e Bonjack (2017).

3.2. Levantamentos em Campo

Nas 50 UAs selecionadas, locadas com GPS de precisão, realizaram-se levantamentos de campo, em campanhas anuais ao longo de 5 anos, permitindo a avaliação, de modo incremental, da deterioração dos pavimentos, considerando o ciclo climático. Os levantamentos executados foram: medição do Índice de Regularidade Internacional - IRI, deflectometria com *Falling Weight Deflectometer* - FWD, medição do afundamento da trilha de roda – ATR, levantamento detalhado dos defeitos do pavimento, medições de macrotextura com mancha de areia e microtextura com pêndulo britânico, e inspeção dos dispositivos de drenagem.

De forma complementar, foram realizados estudos de tráfego e pesagens em três campanhas alternadas ao longo da pesquisa. Tais estudos englobaram contagens volumétricas e classificatórias manuais por 2 dias em períodos de 8 horas e automáticas por períodos de 24 horas durante 7 dias contínuos, além de pesagens em períodos de 8 horas durante 2 dias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram descritos, de modo geral, na presente comunicação técnica, os processos utilizados na obtenção dos dados necessários, tanto para a configuração e parametrização, quanto para à calibração do HDM-4. Cabe mencionar que esses procedimentos não representam uma forma única para obtenção dos objetivos de calibração e aferição, mas sim, a forma como foram executados pelo DNIT na pesquisa relatada.

Os dados obtidos por meio dos processos descritos nesta comunicação técnica devem ser processados com a finalidade da construção de um banco de dados que permita a estruturação do modelo de análise no HDM-4, o qual poderá ser utilizado futuramente para as simulações e análises de sensibilidade pertinentes ao processo de calibração.

De forma complementar, recomenda-se que a configuração dos parâmetros seja atualizada em períodos mínimos de um ano, contribuindo para a conservação da adequabilidade da ferramenta no âmbito de planejamento estratégico.

Por fim, é importante frisar que em pesquisas realizadas para o nível 3 de calibração do HDM-4, ou seja, com levantamentos de longa duração, torna-se fundamental o controle rigoroso das condições das Unidades de Amostragem para que os dados coletados possuam a devida qualidade e representem o comportamento real do pavimento ao longo do período de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bennet, C. R, e Greenwood, I. D. (2003a). *Volume 5: HDM-4 Calibration Reference Manual*. Internacional Study of Highway Development and Management Tools (ISOHDM), World Road Association (PIARC), ISBN: 2-84060-103-6.
- DNIT (2015). *Relatório Técnico – Catálogo de Soluções de Manutenção para Pavimentos Flexíveis*. Relatório RT-002/2014. Revisão 03. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Obtido em: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria

- de Planejamento e Pesquisa.
- DNIT (2006). *Manual de Estudos de Tráfego*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. .384 p. IPR., Publicação 723. Rio de Janeiro.
- IBGE (2018), *Climas Zonais*, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Obtido em: https://atlascolar.ibge.gov.br/images/atlas/mapas_brasil/brasil_clima.pdf.
- INMET (2018). *Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP*. Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasil. Obtido em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>
- Kerali, H. G. R. (2000). Volume 1: *Overview of HDM-4. Version 1.0*. Internacional Study of Highway Development and Management Tools (ISOHDM), World Road Association (PIARC).
- Kerali, H. G. R. (2001). *The rol of HDM-4 in road managment*. Proceedings, Firts Road Transportation Technology Conference in Africa. Ministry of Works, Tanzania. Pag. 320-333.
- Kerali, H. G. R. (2003). *Volume 1: Overview of the HDM-4 System*. Internacional Study of Highway Development and Management Tools (ISOHDM), World Road Association (PIARC).
- PNCT (2018). *Plano Nacional de Contagem de Tráfego*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Brasil. Obtido em: <http://servicos.dnit.gov.br/dadospnct>.
- Rafiah, R. e Bonjack, H. (2017). *Statistical Sampling and Calibration of Deterioration Curves in Pavement Management System – a Case Study in Brazil*. World Conference on Pavement and Asset Management – WCPAM.