
DIMENSIONAMENTO DE REFORÇO DE PAVIMENTO PELO SOFTWARE MEDINA E SEU IMPACTO NOS SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE RODOVIAS DO DER/PR

DIMENSIONING OF PAVEMENT REINFORCEMENT BY MEDINA SOFTWARE AND ITS IMPACT ON DER/PR ROAD CONSERVATION SERVICES

Eloyse Piovezana Fernandes¹; Paulo Cesar Salatini²; Fernanda Brekailo³

¹ Engenheira Civil, Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná - DER/PR, eloysep_fernandes@hotmail.com

² Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná (DER/PR) – Superintendência Regional Norte, paulosalatini@der.pr.gov.br

³ Engenheira Civil, Universidade Estadual de Ponta Grossa, fernandabrekailo@gmail.com

RESUMO

O DER/PR realiza anualmente levantamento para identificar o estado de conservação do pavimento. O levantamento analisa visualmente a condição do pavimento e a classifica, sendo essa classificação determinante para o Programa Estadual de Recuperação e Conservação de Estradas Pavimentadas (PERC) definir os serviços de conservação que serão executados e a qual subprograma a rodovia será vinculada. Por ser realizado de maneira visual e superficial, em algumas rodovias a classificação não reflete as reais necessidades do pavimento. Isso gera divergências entre os serviços de conservação previstos e aqueles que se mostram necessários durante a execução, indicando que o programa não é apropriado para todas as rodovias que compreende. Essa pesquisa objetivou aplicar um método que permitiria a seleção dos serviços de manutenção a partir de uma análise mais completa e precisa. O método utilizado é o MeDiNa, que, através de seu programa computacional, proporciona uma avaliação estrutural por retroanálise, o cálculo de reforço quando necessário e a elaboração de projetos mais adequados às particularidades de cada rodovia. Com o cálculo dos reforços obtidos no software, foi possível compará-los aos serviços de conservação previstos em contrato e avaliar que, nos trechos em estudo, o que está previsto no programa de conservação não atende às necessidades da rodovia e outras medidas devem ser adotadas além do reforço do pavimento dimensionado.

Palavras-chave: Conservação rodoviária. Método MeDiNa. Retroanálise.

ABSTRACT

The Paraná State Highway Department conducts an annual study to identify the state of conservation of the pavement. The survey visually analyzes the condition of the pavement and classifies it, this classification being decisive for the State Program for the Recovery and Conservation of Paved Roads (PERC) to define the pavement conservation services that will be performed and to which subprogram the highway will be linked. It is performed in a visual and superficial way, on some roads the classification does not reflect the real needs of the pavement. This generates divergences between the planned conservation services and those that prove necessary during execution, indicating that the program is not appropriate for all the roads it comprises. This research aims to apply a method that, among other purposes, would allow the selection of maintenance services from a more complete and accurate analysis. The method used is MeDiNa, which, through its computational program, provides a structural evaluation by retro-analysis, the calculation of reinforcement when necessary and the elaboration of projects more suitable to the particularities of each highway. With the calculation of the reinforcements obtained in the software, it was possible to compare them to the conservation services provided for in the contract and to assess that, in all the sections under study, what is foreseen in the conservation program does not meet the needs of the highway and other measures must be adopted in addition to reinforcing the dimensioned pavement.

Keywords: Road conservation. MeDiNa Method. Retroanalysis.

1 INTRODUÇÃO

A capacidade de um pavimento de servir ao usuário de maneira confortável, segundo Bernucci *et al.* (2022), é denominada serventia. Ainda segundo os autores, o valor de serventia de um pavimento diminui ao longo do tempo devido, principalmente ao tráfego e às intempéries. Sendo assim, intervenções de conservação são essenciais para que o pavimento apresente bom desempenho constante.

O Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná (DER/PR), através do Sistema de Administração de Manutenção (SAM), realiza anualmente um levantamento para identificar o estado em que se encontra o pavimento de aproximadamente 10.000 km de rodovias. A partir deste levantamento, a condição do pavimento dessas rodovias é classificada em Péssima, Ruim, Regular, Boa ou Muito Boa, e com base nessa classificação, o Programa Estadual de Recuperação e Conservação de Estradas Pavimentadas (PERC) estabelece a qual subprograma de conservação cada rodovia será vinculada (PARANÁ, 2016).

O PERC tem como objetivo gerenciar a conservação da malha rodoviária pavimentada, e para isso conta com três subprogramas. O primeiro deles é o Conservação de Pavimento (COP), que utiliza de reparos localizados e correções superficiais descontínuas, microrrevestimentos e recapeamento de espessuras esbeltas para realizar ações de conservação em trechos ou segmentos descontínuos de rodovias. O segundo subprograma é o Conservação e Recuperação com Melhoria do Estado do Pavimento (CREMEP), que realiza serviços que elevam a condição do pavimento através da aplicação de soluções contínuas em revestimentos. O terceiro subprograma é o Conservação da Faixa de Domínio, que compreende a conservação dos elementos de drenagem, sinalização, segurança e controle da vegetação ao longo da faixa de domínio das rodovias sob responsabilidade do DER/PR (PARANÁ, 2020).

De acordo com a condição do pavimento verificada nas rodovias, cada subprograma tem seus serviços e despesas de manutenção estimados. No entanto, a partir da experiência vivenciada no órgão, foi possível perceber que, como a avaliação e classificação é realizada de maneira visual, os resultados são variáveis e subjetivos. Isso gera, muitas vezes, discrepâncias entre os valores e serviços estimados através da avaliação e aqueles que de fato se mostram necessários no momento da execução dos serviços de manutenção do pavimento, refletindo financeiramente nos contratos.

Ao observar esse problema, constatou-se a necessidade de alterações no modo de avaliação da rodovia e definição dos serviços de conservação e manutenção a serem executados. Sendo assim, o objetivo dessa pesquisa é apresentar um exemplo de aplicação de um método que, entre outras finalidades, permitiria a seleção dos serviços de manutenção de maneira mais completa e precisa.

O método utilizado é o método MeDiNa. O programa MeDiNa é composto por três ferramentas de rotina: uma de cálculo de tensões, deformações e deslocamentos (Análise Elástica de Múltiplas Camadas - AEMC), uma de retroanálise (BackMeDiNa), e uma de dimensionamento (FRANCO *et al.*, 2019). A partir de seu programa computacional, o método permite uma análise mais aprofundada do pavimento, baseada na avaliação estrutural realizada por retroanálise, cálculo reforço quando necessário, e elaboração de projetos mais adequados às particularidades de cada rodovia.

Para estabelecer um prazo para a manutenção e restauração do pavimento, é essencial que seja realizada sua avaliação estrutural. A rotina de retroanálise, permite, através de dados obtidos por meio de ensaios não destrutivos como o Falling Weight Deflectometer (FWD) e a Viga Benkelman (VB), diagnosticar de maneira precisa a condição estrutural do pavimento existente, para definir a melhor solução de restauração e o projeto de reforço adequado (FRANCO *et al.*, 2019).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com o DER/PR, o Sistema Rodoviário Estadual (SRE) é o conjunto das rodovias sob jurisdição do governo estadual, dentro do território do estado, que tem o objetivo de caracterizar a malha rodoviária. Segundo o SRE 2021, o estado do Paraná possui atualmente 12.205,79 km de rodovias estaduais, sendo 10.473,56 km de rodovias pavimentadas e administradas pelo DER/PR (PARANÁ, 2021).

O SAM (Sistema de Administração de Manutenção) é um conjunto de atividades sistematizadas utilizado pelo DER/PR desde 1981 para o planejamento, execução e controle dos programas de conservação de rodovias. É utilizado para o desenvolvimento e execução do plano anual de manutenção, elaboração do orçamento anual, e controle e avaliação do desempenho das atividades de manutenção das rodovias pertencentes ao SRE (PARANÁ, 2016).

Conforme descrito no projeto básico do subprograma CREMEP (PARANÁ, 2016), a condição do pavimento é avaliada por meio da atribuição de notas. As notas determinam o nível de esforço relacionado à manutenção daquela rodovia, sendo determinado como nível de esforço a quantidade de serviço que deverá ser aplicada durante o ano naquela rodovia. Com base no SAM, são determinados os serviços, materiais e custos necessários para a execução da conservação, de acordo com a condição do pavimento existente e outros fatores que forem julgados significativos. É estabelecido então o nível de esforço que será necessário em cada serviço para que a rodovia alcance novamente um estado adequado para uso. Quanto maior o nível de esforço, pior o estado de conservação da rodovia.

Um outro modo de determinar os serviços necessários na conservação de rodovias, é a partir dos resultados obtidos pelo FWD, que segundo Bernucci *et al.* (2006), é um equipamento utilizado na avaliação não destrutiva de pavimentos, medindo bacias de deflexão através da queda de um peso suspenso a certa altura, sobre amortecedores que comunicam o impacto a uma placa metálica apoiada sobre o pavimento no ponto de deflexão máxima.

De acordo com os mesmos autores, as vantagens do FWD são sua acurácia nas medições, a possibilidade de aplicação de vários níveis de carga, alta produtividade, o ensaio não ser influenciado pelo operador e o registro de temperatura e distância dos pontos de ensaio ser feito de maneira automática. Entretanto, o custo do equipamento, a necessidade de calibração sofisticada e as diferenças de resultados entre as marcas disponíveis no mercado, são destacados como sendo as principais desvantagens desse equipamento.

O método MeDiNa utiliza o FWD como base para seu processamento de dados. De acordo com Franco e Motta (2018), o programa computacional MeDiNa é um **software** de modelagem computacional que possibilita o dimensionamento mecânico-empírico e a verificação de estruturas de pavimentos. O programa é composto por três rotinas: uma de cálculo de tensões-deformações, uma de dimensionamento e uma de retroanálise.

A retroanálise caracteriza-se pela determinação analítica dos módulos elásticos de todas as camadas do pavimento e do subleito a partir das bacias deflectométricas, sendo a forma mais utilizada atualmente em vários países para o projeto de reforço (MEDINA; MOTTA, 2015). Assim, segundo Franco *et al.* (2019) foi criada uma rotina de retroanálise, denominada BackMeDiNa, que permite analisar todas as bacias levantadas em um segmento homogêneo de uma rodovia e, a partir desta análise fazer o diagnóstico estrutural e o projeto de reforço, quando pertinente.

3 METODOLOGIA

Para realizar o dimensionamento da camada de reforço do pavimento, foi necessário seguir algumas etapas. A Figura 1 ilustra as etapas da metodologia utilizada.

Figura 1 - Metodologia utilizada



Conforme contrato CO 090/2021, o Governo do Estado do Paraná contratou serviços técnicos especializados para a caracterização funcional e estrutural de rodovias sob administração do DER/PR. No âmbito da Superintendência Regional Norte, o levantamento, ainda em andamento, será realizado numa extensão de 2.188,46 km.

Entre outras informações, os serviços de caracterização têm entregue ao órgão dados como espessura e material das camadas do pavimento e bacias de deflexão, necessários para a retroanálise.

Primeiramente, foi selecionada a rodovia em que o método seria utilizado para esse estudo de caso. Após análise das rodovias já contempladas pelo levantamento, optou-se pela rodovia PR-090, devido à sua relevância na região, volume de tráfego e o fato de apresentar trechos distintos onde o programa de conservação atende às necessidades do pavimento e outros onde ele é insuficiente. A partir da seleção da rodovia, foram definidos os trechos a serem utilizados, com base na sua proximidade com os locais onde foram realizadas as sondagens do pavimento e a contagem de tráfego. Foi determinado que seriam analisados aproximadamente 5 km de pavimentos por trecho, o que resultou em 63 bacias de deflexão para cada pista de rolamento, por trecho. O Quadro 1 apresenta os trechos selecionados.

Quadro 1 - Trechos utilizados no estudo

TRECHO	RODOVIA	CÓDIGO TRECHO	MUNICÍPIO	TRECHO UTILIZADO		
				KM INICIAL	KM FINAL	EXTENSÃO
1	PR-090	090S0430EPR	Bela Vista do Paraíso – Alvorada do Sul	435,440	440,430	4,990
TRECHO	RODOVIA	CÓDIGO TRECHO	MUNICÍPIO	TRECHO UTILIZADO		
				KM INICIAL	KM FINAL	EXTENSÃO
2	PR-090	090S0450EPR	Alvorada do Sul - Porecatu	450,800	455,760	4,960

As figuras 2a e 2b mostram pontos da rodovia pertencentes aos Trechos 1 e 2, respectivamente.

Figura 2 - (a) Trecho 1 da PR-090; (b) Trecho 2 da PR-090



Após a definição dos trechos, deu-se início à análise e seleção dos dados provenientes do levantamento. De acordo com o método MeDiNa, para a realização da retroanálise é necessário subdividir cada trecho em segmentos homogêneos em ambos os sentidos da rodovia. Estes segmentos, entre outras particularidades, caracterizam-se por possuírem as mesmas espessuras de camadas e mesma relação de aderência entre elas. Sendo assim, foi dimensionada a extensão dos segmentos homogêneos de cada trecho conforme estabelece o método, e podem ser observadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Segmentos Homogêneos

TRECHO	RODOVIA	SEGMENTOS HOMOGÊNEOS	KM INICIAL	KM FINAL	EXTENSÃO (KM)	
1	PR-090	PISTA DIREITA	1	435,440	436,240	0,800
			2	436,240	436,880	0,640
			3	436,880	438,480	1,600
			4	438,480	440,000	1,520
			5	440,000	440,400	0,400
		PISTA ESQUERDA	6	440,430	439,470	0,960
			7	439,470	438,190	1,280
1	PR-090	PISTA ESQUERDA	8	438,190	436,990	1,200
			9	436,990	436,430	0,560
			10	436,430	435,470	0,960
2	PR-090	PISTA DIREITA	1	450,800	452,160	1,360
			2	452,160	453,200	1,040
			3	453,200	454,400	1,200
			4	454,400	455,760	1,360
		PISTA ESQUERDA	5	455,760	454,560	1,200
			6	454,560	453,280	1,280
			7	453,280	452,000	1,280
			8	452,000	450,800	1,200

O software BackMeDiNa fornece um arquivo modelo para inserção dos dados das bacias deflectométricas, onde foram inseridos os dados de cada segmento homogêneo, a partir do levantamento realizado por FWD. Um exemplo dessa planilha preenchida pode ser visto na Figura .

Além dos dados dessa planilha, é necessário informar ao software quais materiais compõem as camadas do pavimento e suas espessuras. Essas informações foram retiradas da sondagem realizada no pavimento. Além disso, deve-se indicar os valores de módulo de resistência e coeficiente de Poisson, que podem ser arbitrados a partir de literatura especializada, ou como neste caso, utilizados os valores fornecidos pelo software. A partir desses dados o programa computacional realiza a retroanálise.

Além da retroanálise, para o dimensionamento do reforço do pavimento é necessário informar dados da via e do pavimento existente. Para caracterizar a via, é necessário informar

qual o tipo de via, o Volume Médio Diário (VMD), o fator de veículo (FV), número N, porcentagem de veículos na faixa de projeto, taxa de crescimento e período de projeto.

Figura 3 - Exemplo de preenchimento da planilha modelo

Data de Execução	Temp. Do	Temp. Do	Carga	Estaca - N	Estaca - D	Estaca - F	Estaca - Tr	d0	d20	d30	d45	d60	d90	d120
18/12/2021	35	42	4100	1	0	LD	0	274	258	149	130	115	72	53
18/12/2021	35	42	4100	2	0	LD	0	548	326	262	218	181	83	51
18/12/2021	36	43	4100	3	0	LD	0	714	316	200	150	120	65	50
18/12/2021	36	43	4100	4	0	LD	0	563	310	210	169	139	68	45
18/12/2021	35	42	4100	5	0	LD	0	606	237	133	98	78	42	36
18/12/2021	36	43	4100	6	0	LD	0	871	358	203	143	112	76	60
18/12/2021	35	42	4100	7	0	LD	0	771	365	254	205	168	90	68
18/12/2021	35	42	4100	8	0	LD	0	797	327	188	135	108	47	45
18/12/2021	35	42	4100	9	0	LD	0	1007	385	229	162	119	64	54
18/12/2021	35	42	4100	10	0	LD	0	654	312	173	127	101	52	43
18/12/2021	36	43	4100	11	0	LD	0	953	429	242	167	121	46	31

Fonte: adaptado do *software* BackMeDiNa.

A rodovia em estudo pode ser classificada como sendo do sistema coletor secundário. A partir do contrato nº 090/2021, já apresentado anteriormente, foi obtido VMD igual a 1006 e FV igual a 10,414, e, com base nessas informações, o software calculou número N para o primeiro ano de projeto igual a $3,82 \times 10^6$ e igual a $2,19 \times 10^7$ para todo o período de projeto, como pode ser visto na Figura 2. Esse número corresponde às repetições equivalentes a um eixo padrão rodoviário que essa rodovia irá receber durante seu período de projeto.

Figura 2 - Dados do tráfego e da via no software

EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO	
DADOS DO TRÁFEGO	
Tipo de Via:	Sistema Coletor Secundário
VMD (1º ano):	1006
FV:	10,414
N anual (1º ano):	$3,82e+06$
% Veículos na faixa de projeto:	50
N Anual da faixa:	$1,91e+06$
Taxa de crescimento (%):	3,0
Período de projeto (anos):	10
N Total:	$2,19e+07$

Fonte: adaptado do *software* MeDiNa

Conforme o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT, foram considerados 50% de veículos na faixa de projeto, por se tratar de uma rodovia de pista simples. A taxa de crescimento adotada foi de 3% pois, conforme o mesmo manual, este é o valor comumente

adotado quando há falta de informações de variáveis socioeconômicas. Além disso, foi adotado período de projeto de 10 anos. Devido à proximidade entre os trechos em estudo, essas informações caracterizam ambos os trechos.

As demais informações necessárias também foram retiradas do levantamento realizado no CO 090/2021. Para caracterizar o pavimento existente, é necessário informar a espessura de fresagem, quando pertinente, porcentagem de área do pavimento trincada, Índice de Irregularidade Longitudinal (IRI) e idade do pavimento. Cada segmento apresentou valores próprios para porcentagem de área trincada e IRI. A idade do pavimento é de 25 anos para todos os segmentos. Um exemplo de como esses dados são inseridos e apresentados no software pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 - Inserção dos dados do pavimento existente no software

BASE DE DADOS	
Camada Asfáltica Superficial	

CAMADA ASFÁLTICA EXISTENTE	
Material	Camada Asfáltica Superficial
Parâmetros	
Espessura (cm)	5,0
Coeficiente de Poisson	0,30
Contato	Não Aderido
Módulo (MPa)	
Modelo Constituinte	Resiliente Linear
Módulo (MPa)	374
Características	
Espessura de fresagem (cm)	5,0
Espessura de campo (cm)	10,0
Área Trincada (%)	4,4
IRI (m/km)	2,8
Deflexão característica (0,01mm)	73
Idade do pavimento (anos)	25
Módulo mínimo (MPa)	112
Módulo máximo (MPa)	729
MR - Desvio Padrão (MPa)	195
Coef de Variação do Módulo (%)	22,3
Comentários	...

Fonte: adaptado do *software* MeDiNa

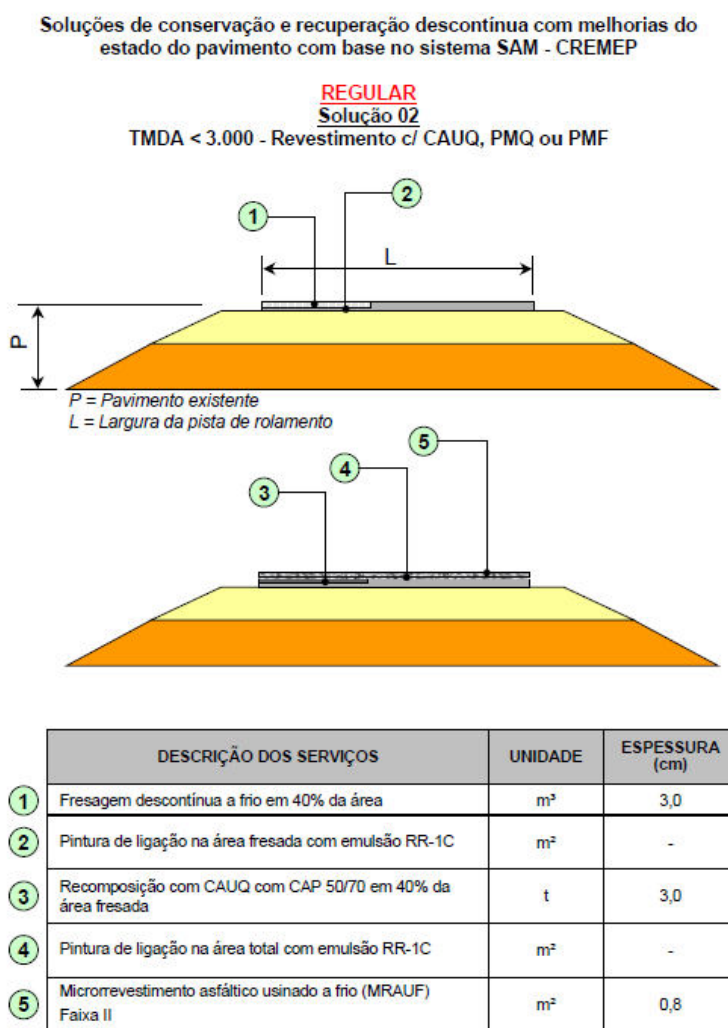
Os outros dados exibidos no software, como espessura da camada, coeficiente de Poisson, módulo e deflexão característica, foram retirados da retroanálise.

Todos esses dados foram inseridos no software MeDiNa, e foi obtido o dimensionamento da camada de reforço do pavimento de cada segmento homogêneo.

O Edital de Concorrência n° 096/2016, cujo objeto é a execução dos serviços de Conservação e Recuperação com Melhorias do Estado do Pavimento – CREMEP – SAM – Lote 05, ao qual pertence a rodovia em estudo, traz anexo o Projeto Básico de Engenharia que determina a solução a ser utilizada em cada rodovia deste lote. Para os trechos em estudo, o projeto determinou que receberiam fresagem de 3 centímetros, pintura de ligação

na área fresada, recomposição da área com concreto asfáltico de 3 cm, nova pintura de ligação e aplicação de 0,8 cm de microrrevestimento asfáltico usinado a frio, conforme Figura 6.

Figura 6 - Solução de manutenção prevista em contrato para os trechos em estudo



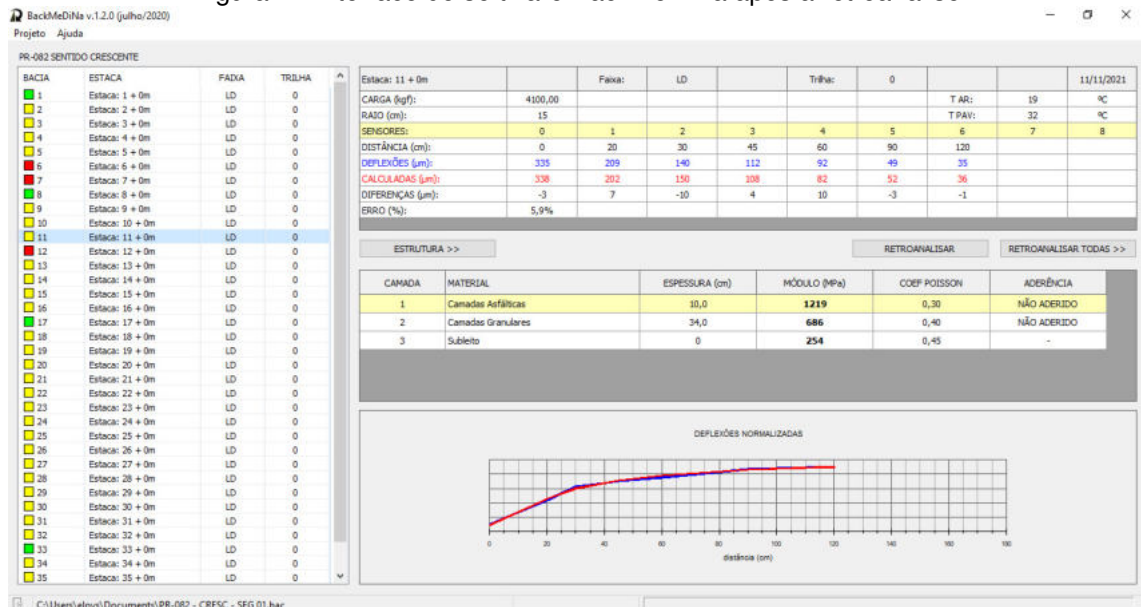
Fonte: DER/PR – Edital de Concorrência n° 096/2016 – Projeto Básico.

A partir dos resultados de reforço do pavimento sugeridos pelo MeDiNa, foi possível realizar a comparação entre esses resultados e os serviços previstos em contrato para esses trechos, e avaliar se o programa de conservação ao qual eles foram vinculados realmente atende a suas necessidades.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A retroanálise forneceu informações como a comparação entre as bacias levantadas em campo e as calculadas pelo software, o módulo de cada camada e apresentou um erro para cada bacia, como pode ser visto no exemplo da Figura 7. Os dados fornecidos pela retroanálise foram utilizados para alimentar o software MeDiNa no modo reforço.

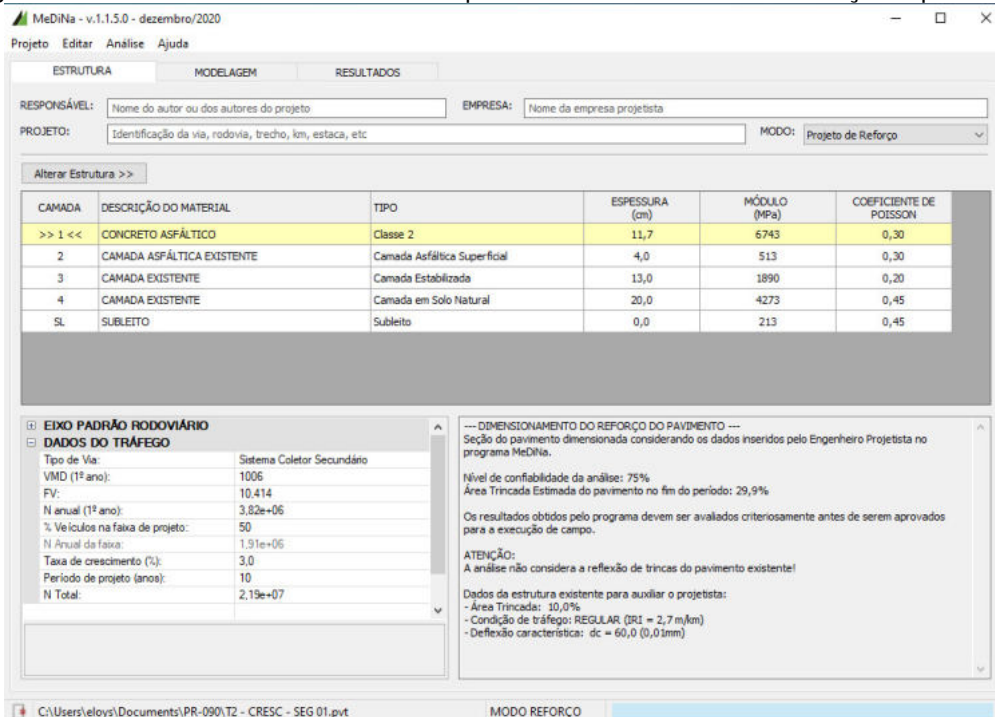
Figura 7 - Interface do software BackMeDiNa após a retroanálise



Fonte: adaptado do software BackMeDiNa.

As camadas de reforço asfáltico foram dimensionadas pelo programa computacional de modo a atender ao período de projeto de 10 anos e ao seu critério de parada de dimensionamento, que corresponde a 30% de área trincada. Ou seja, as espessuras de reforço foram calculadas pelo software de modo que, ao final do período de projeto, o pavimento apresente uma porcentagem de área trincada inferior a 30. Um exemplo de como esses dados são apresentados pelo software pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 - Interface do software MeDiNa após o dimensionamento do reforço do pavimento



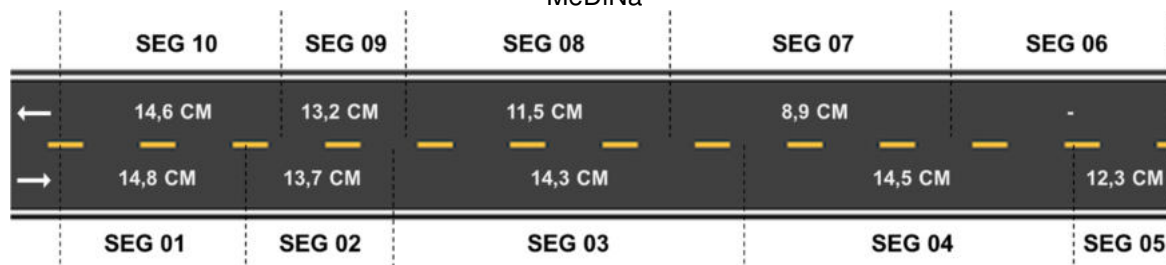
Fonte: adaptado do software MeDiNa

No software, o tráfego se mostrou elevado para a estrutura existente. Mesmo com a implementação de uma camada adicional, a estrutura atual chegaria ao final do período de projeto com uma porcentagem de área trincada muito maior do que o recomendado. Sendo assim, para atender ao critério de fadiga, foi necessário adotar 5 centímetros de fresagem na camada asfáltica existente em todos os segmentos, além do acréscimo da camada de reforço.

Para o Trecho 1, as espessuras de reforço dimensionadas variaram entre 8,9 e 14,8 centímetros. Entretanto, o segmento homogêneo nº 6 atingiu o limite previsto para a espessura da camada e não foi possível dimensionar o reforço. A Figura 9 ilustra os resultados obtidos no software.

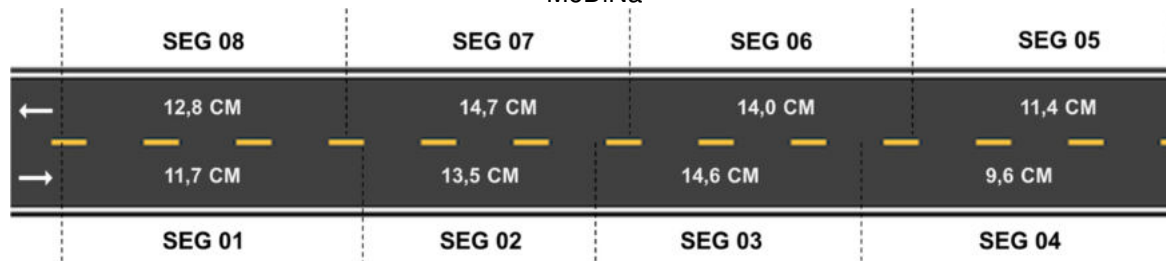
Para o Trecho 2, as espessuras de reforço dimensionadas variam entre 9,6 e 14,7 centímetros. A Figura 10 ilustra os resultados obtidos no software.

Figura 9 - Espessuras das camadas de reforço de cada segmento do Trecho 01 dimensionadas pelo MeDiNa



Fonte: A autora, a partir de dados do software MeDiNa.

Figura 10 - Espessuras das camadas de reforço de cada segmento do Trecho 02 dimensionadas pelo MeDiNa



Fonte: A autora, a partir de dados do software MeDiNa.

O Edital de Concorrência citado previa que os serviços seriam realizados nesta rodovia no ano de 2019, e foram realizados conforme previsto. No entanto, em 2021 um novo levantamento foi realizado no contrato CO 090/2021, determinando que deverá ser aplicada novamente a solução anteriormente utilizada.

Conforme preconiza o método de avaliação do SAM, descrito no Projeto Básico, os serviços a serem executados em cada trecho são selecionados a partir de uma lista padrão, e definidos de acordo com a condição do pavimento existente, o volume de tráfego e o tipo de revestimento asfáltico. Sendo assim, para algumas rodovias ele pode ser adequado, enquanto para outras não.

A partir dessas informações e dos dados obtidos no software, é possível fazer algumas constatações. Há grande probabilidade de que esses serviços de manutenção previstos em contrato não atendam às necessidades do pavimento e, em pouco tempo, sejam necessários novos serviços de manutenção, pois sua seleção não considera a análise da estrutura do

pavimento e houve grande diferença nos resultados de reforço obtidos no software, em comparação aos serviços anteriormente previstos.

O cálculo realizado pelo software consiste, basicamente, em verificar se as espessuras e materiais das camadas do pavimento são suficientes para suportar as solicitações durante todo o seu período de projeto. Por analisar a estrutura do pavimento e estender a análise para uma previsão futura, seus resultados são mais assertivos.

Assim como ocorreu com Serafim (2021), locais como o segmento homogêneo n° 6 do Trecho 1, que atingiu a espessura máxima de reforço permitida, nos mostra que, em alguns pontos, somente o reforço não seria suficiente, sendo preciso adotar outras medidas para que o pavimento atenda ao critério de fadiga durante todo seu período de projeto.

Por se tratar de pavimentos onde o volume de tráfego se mostrou alto para sua estrutura, os valores das espessuras de reforço dimensionadas também foram altos. De acordo com Serafim (2021), é possível diminuir os valores das espessuras dimensionadas com a adoção de outras medidas além do reforço, como, por exemplo, adicionar ao dimensionamento uma camada antirreflexão de trincas. Eliezer, Campo, Ishida (2018) afirmam que essa camada tem o objetivo de retardar a transferência das trincas presentes no pavimento existente para a camada adicional, e pode ser constituída, por exemplo, por uma camada intermediária SAMI (Stress Absorbing Membrane Interlayer) ou materiais geossintéticos.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo principal apresentar um exemplo de aplicação de um método que permitiria a seleção dos serviços de manutenção do pavimento rodoviário de maneira mais completa e precisa. Para isso, foi utilizado o método MeDiNa que, a partir de seu programa computacional, permite uma análise mais aprofundada do pavimento, baseada na avaliação estrutural realizada por retroanálise. A partir dos dados da retroanálise foi possível dimensionar as camadas de reforço do pavimento necessárias a cada segmento homogêneo de cada trecho estudado da PR-090.

Com base no dimensionamento do reforço realizado, foi possível comparar os serviços necessários aos trechos estudados com aqueles previstos no contrato de manutenção.

As espessuras das camadas de reforço dimensionadas nessa pesquisa são valores altos, mas dentro do esperado para uma rodovia com essas características, principalmente devido ao seu tráfego e estado de conservação.

Assim como pode ocorrer em outras rodovias, houve um segmento onde somente a adição de uma camada de reforço não foi suficiente, o que nos mostra que, em alguns casos, outras medidas devem ser adotadas.

Os resultados obtidos nessa pesquisa evidenciam as divergências existentes entre os serviços previstos, determinados por análise visual, e aqueles que realmente se mostram necessários quando é realizada uma avaliação estrutural do pavimento.

A aplicação do método MeDiNa nos trechos apresentados permitiu exemplificar um modo de obter informações do pavimento e sua estrutura de maneira mais completa, além do modo visual habitualmente utilizado.

Entretanto, a boa aplicabilidade do método e seus dados está sujeita à análise do engenheiro, que deve avaliar as particularidades de cada rodovia e determinar em quais rodovias o método deve ser aplicado.

Em algumas rodovias, principalmente as que possuem volume de tráfego baixo, o atual método pode ser suficiente. Nesses casos, o uso do método MeDiNa pode se mostrar inviável devido ao seu custo de aplicação, pois para que seja possível o emprego do método, é necessário que seja realizado previamente o levantamento de todos os dados necessários

para a caracterização da rodovia em que ele será aplicado. Para isso, é necessário realizar coleta de dados como volume de tráfego, realizar sondagens e ensaios para caracterização estrutural do pavimento, entre outros.

Porém, se aplicado em mais rodovias, e em associação à análise visual e outras medidas, o método MeDiNa possibilitaria definir os serviços de manutenção e conservação do pavimento de modo mais objetivo e assertivo, podendo aumentar a vida útil do pavimento e reduzir custos.

REFERÊNCIAS

BARCA, María Alonso; NOGUEIRA, Sara Pereira. **Análise das técnicas de conservação de pavimentos rodoviários**. Orientadora: Sandra Oda. 2015. 139 p. Projeto de Graduação – Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10015810.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2022.

BERNUCCI, L. L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 1 ed. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2006. 504 p.

BERNUCCI, L. L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 2 ed. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2022. 750 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **IPR 710 - Manual de Conservação Rodoviária**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-PRO 011 - Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis**. Rio de Janeiro, 1979.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNIT – IPR 723. **Manual de Estudos de Tráfego**. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Programa Estadual de Recuperação e Conservação de Estradas Pavimentadas**. Disponível em: <http://www.der.pr.gov.br/Pagina/Programa-Estadual-de-Recuperacao-e-Conservacao-de-Estradas-Pavimentadas#>. Acesso em: 12 jul. 2021.

ELIEZER, Daniel J.; CAMPO, Pedro S. P de; ISHIDA, Victor K. **Camadas de retardamento para propagação de trincas de reflexão**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4312000/mod_resource/content/1/Trabalho%201%200-%20Camadas%20de%20retardamento%20de%20reflex%C3%A3o%20de%20trincas.pdf. Acesso em: 18 set. 2022.

FRANCO, Filipe. A. C. P.; UBALDO, Mariluce O.; FRITZEN, Marcos A.; LIMA, Caroline D. A.; MOTTA, Laura M. G. **Análise de projeto de reforço utilizando o método M-E de dimensionamento nacional – MeDiNa**. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET, 33., 2019, Balneário Camboriú. Congresso... Balneário Camboriú. 12p. Disponível em: https://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Infraestrutura/Dimensionamento,%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20e%20Gest%C3%A3o%20de%20Pavimentos%20VI/6_448_AC.pdf. Acesso em 18 jul. 2021.

FRANCO, Filipe Augusto Cinque de Proença; MOTTA, Laura Maria Goretti da. **Guia para utilização de Método Mecânico-empírico Programas MeDiNa, AEMC e BackMedina – Manual de Utilização**. Rio de Janeiro: Convênio DNIT/COPPE, 2018. 70 p.

MEDINA, J.; MOTTA, L. **Mecânica dos Pavimentos**. 3a edição ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2015.

PARANÁ. **Edital** n. 096/2016. Edital de concorrência para execução dos serviços de Conservação e Recuperação com Melhorias do Estado do Pavimento – CREMEP – Superintendência Regional Norte do DER/PR – Londrina – Lote 05. Curitiba, 2016.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística. Departamento de Estradas de Rodagem. **Projeto Básico de Engenharia para Conservação e Recuperação Descontínua com Melhoria do Estado do Pavimento com Base no Sistema de Administração da Manutenção – CREMEP – SAM**. Curitiba, 2016.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística. Departamento de Estradas de Rodagem. **Avaliação da Malha Rodoviária**. Curitiba, 2019.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística. Departamento de Estradas de Rodagem. **Programa Estadual de Recuperação de Estradas Pavimentadas**. Curitiba, 2020.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística. Departamento de Estradas de Rodagem. **Sistema Rodoviário Estadual 2021**. Curitiba, 2021.

SERAFIM, Elisa Zulmira Coelho. **Simulação de projeto de reforço para pavimento rodoviário utilizando o novo método de dimensionamento nacional – Medina**. Orientadora: Maria Donato. 2021. 39f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de São João del-Rei, Minas Gerais, Ouro Branco. 2021. Disponível em: <https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ccivi/TCC/TCC-Elisa%20Z%20C%20Serafim-Site-V02.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2022.

TEIXEIRA, Rafael *et. al.* **Uma análise do custo unitário para conservação de um pavimento asfáltico levando em consideração sua degradação**. *In*: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 44., 2015, Foz do Iguaçu. Congresso... Foz do Iguaçu. 15p. Disponível em: http://sinicesp.org.br/44rapv/trabalhos/TrabalhoFinal_160.pdf. Acesso em: 18 jul. 2021.