

## **AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE PAVIMENTOS DIMENSIONADOS PELO MEDINA COM E SEM A UTILIZAÇÃO DE SUB-BASE**

DEYSEANE DA COSTA MENEZES<sup>1</sup>, GABRIELE DE CARVALHO MACHADO<sup>2</sup> e GESSYCA MENEZES COSTA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bacharel em Engenharia Civil, UNIT, Itabaiana-SE, deysecosta17@gmail.com;

<sup>2</sup>Bacharel em Engenharia Civil, UNIT, Itabaiana-SE, gabicarv0@hotmail.com;

<sup>3</sup>Mestre em Engenharia Civil, UFS, Aracaju-SE, eng.gessyca@gmail.com;

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
15 a 17 de setembro de 2021

**RESUMO:** O sistema de pavimentação no Brasil apresenta várias deficiências que ocasionam desconforto e falta de segurança para seus usuários, provocado, muitas vezes, por um dimensionamento que não analisa parâmetros importantes que asseguram um bom funcionamento durante a vida útil. O surgimento do método MeDiNa, considerado um método mecanístico-empírico, leva em consideração fatores que possibilitam confiabilidade para a execução do pavimento. Com isso, o presente artigo traz algumas estruturas dimensionadas através do método MeDiNa, as quais foram analisadas e comparadas entre si. Foram dimensionadas estruturas com diferentes materiais e com a presença ou não da camada de sub-base, para o mesmo trecho da BR-101/SE. As estruturas com materiais de resistência menores obtiveram camadas de revestimento maiores, já em relação a utilização da camada de sub-base não houve uma redução significativa na camada de revestimento, o que comprova que, neste caso, a sub-base não cumpre sua função no pavimento. Portanto, fatores como a qualidade dos materiais e a estrutura do pavimento influenciam diretamente no bom funcionamento do pavimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Software, dimensionamento, pavimentação.

### **STRUCTURAL EVALUATION OF PAVEMENT DIMENSIONED BY MEDINA WITH AND WITHOUT THE USE OF SUB-BASE**

**ABSTRACT:** The paving system in Brazil has several deficiencies that cause discomfort and lack of security for its users, often caused by a project that does not analyze important parameters that ensure a good functioning during its useful life. The emergence of the MeDiNa method, considered a mechanistic-empirical method, takes into account factors that enable reliability for the execution of the pavement. Thus, this article presents some structures dimensioned through the MeDiNa method, which were analyzed and compared among themselves. Were designed structures with different materials and with the presence or not of the sub-base layer for the same stretch of BR-101/SE. The structures with materials from lesser resistance obtained coating layer bigger, in regarding the use of the sub-base layer, there was no significant reduction in the coating layer, which proves that, in this case, the sub-base does not fulfill its role in the pavement. Therefore, factors such as the quality of materials and the structure of the pavement influence directly the good functioning of the pavement.

**KEYWORDS:** Software, pavement design, paving.

### **INTRODUÇÃO**

O setor de infraestruturas de transportes no Brasil é deficiente, visto que levantamentos periódicos feitos pela Confederação Nacional dos Transportes – CNT mostram que a maioria dos pavimentos brasileiros possuem baixo conforto ao rolamento, o que gera um alto custo com manutenção ou até recuperação de toda a malha viária. Com isso muitas das estradas não tem capacidade de atender as solicitações de transportes de cargas nacionais (BERNUCCI, 2008). De

acordo com a pesquisa da CNT em 2019, 75% da extensão avaliada apresenta sinais de desgastes, trinca em malha/remendo ou afundamento/ondulações/buraco.

O pavimento asfáltico, para ter um bom funcionamento, necessita de um dimensionamento adequado para garantir que as solicitações causadas pela repetição da passagem dos eixos dos veículos não gere problemas significativos durante o período de vigência do projeto (FRANCO, 2007).

A composição do pavimento tanto os materiais, como as camadas que o compõe são importantes na funcionalidade do mesmo. O revestimento é responsável pela impermeabilização, conforto no rolamento, resistência a derrapagem e aos esforços dos quais são solicitados. A base tem função de aliviar as tensões e distribuí-las, resistindo às tensões e as deformações, complementando a base, tem a sub-base, onde a principal função é reduzir a camada de base, gerando economia (NEPOMUCENO, 2019).

De acordo com Pinto (2016), o dimensionamento de um pavimento tem por objetivo atender as solicitações de carga do tráfego, segurança e conforto do usuário, evitando o trincamento excessivo no revestimento do pavimento gerado pela fadiga, além de minimizar o afundamento de trilha de roda.

O dimensionamento através do método mecanístico-empírico traz uma análise profunda do funcionamento da estrutura em conjunto para a sua vida útil, minimizando a degradação precoce da estrutura. A utilização desse método, visa melhorar os projetos de pavimentação em relação a eficiência estrutural, além de reduzir os custos com recapeamento (MORAIS, 2014). Diferente dos métodos empíricos que são baseados em experiências e situações específicas.

O Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos (MeDiNa) utiliza-se de uma metodologia que busca associar informações dos materiais utilizados na pavimentação, levando em consideração os fatores ambientais e o tráfego do local, através de constantes análises das camadas, determina as respectivas espessuras das camadas, onde serão calculados as tensões e deformações, comparando-as com os valores críticos que ocasionariam danos ao pavimento (CHIARELLO, 2019).

Foram analisadas estruturas projetadas através do MeDiNa, tendo como base materiais coletados no estado de Sergipe e Goiás, e do próprio banco de dados do software, através da variação da espessura das camadas internas de cada estrutura e retirada ou não da camada de sub-base. Com intuito de verificar como os materiais e cada camada interna influenciariam na espessura do revestimento, assim como no funcionamento do pavimento durante sua vida útil.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho compreende a avaliação de estruturas de pavimento pelo método mecanístico-empírico do MeDiNa na versão do software (v.1.1.3.0 – set/2019), utilizando quatro tipos de estruturas com cinco variações das suas camadas internas. A utilização do método MeDiNa no dimensionamento dessas estruturas permitiu encontrar as dimensões necessárias do revestimento asfáltico, para isso foi utilizado os dados que caracterizam os materiais e o tráfego local (número N).

O número N de  $8,9 \times 10^7$  utilizado foi retirado do trabalho de Bárbara e Carvalho (2019), que se refere a um trecho da BR-101 localizado no município de Itaporanga - SE, o qual caracteriza o tráfego como intenso e o período de vida útil do projeto foi de 10 anos. O tipo de via escolhido foi classificado como Sistema Arterial Primário, onde o MeDiNa considera a confiabilidade de 85%, limite de área trincada de 30% e deformação permanente de 13mm.

A estrutura 01 e 02 são formadas pelos mesmos materiais, no entanto a estrutura 02 não possui a camada de sub-base. Os materiais que compõem essas estruturas foram os mesmos utilizados no trabalho de Bárbara e Carvalho (2019), os quais utilizam dados retirados dos artigos de Santos (2009) e de Rocha e Rezende (2017), e do banco de dados do MeDiNa que possui todos os parâmetros necessários para o dimensionamento e a verificação da deformação. O material utilizado no subleito é classificado como uma argila siltosa encontrada no estado de Sergipe com coeficiente de Poisson de  $\mu=0,4$ . Na sub-base, apenas na estrutura 01, foi utilizado uma areia argilosa, solo encontrado no município de São Cristovão-SE. Já no material da base foi empregado cascalho com adição de 2% de cimento, proveniente do município de Ouro Verde de Goiás. Tanto o material da sub-base, como de base foi adotado o coeficiente de Poisson de  $\mu = 0,35$ , seguindo as recomendações de projeto de pavimentação do Departamento de Estradas e Rodagem - DER (2006). Na camada de revestimento foi empregado o Concreto Asfáltico de Petróleo, modificado, classe 3, onde tanto os parâmetros de resiliência como de deformação permanente foram do banco de dados do programa. Segundo as informações contidas no MeDiNa, a mistura asfáltica adotada possui coeficiente de Poisson de  $\mu=0,3$ ,

módulo de resiliência de 8000Mpa, tendo como parâmetros de resiliência K1 de  $1 \times 10^{-12}$  e K2 de -3,750. Os dados de entrada no software dos materiais das demais camadas estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Propriedades mecânicas empíricas dos materiais utilizados

Camada	Tipo	Coeficiente de Poisson	MR (Mpa)	Parâmetro de Resiliência			Deformação Permanente			
				K1	K2	K3	$\Psi$ 1	$\Psi$ 2	$\Psi$ 3	$\Psi$ 4
<b>Subleito</b>	Argilo Siltoso	0,4	193,2	150	-0,17	0,259	0,244	0,419	1,309	0,069
<b>Sub-base</b>	Areno - argiloso	0,35	168,9	229,6	0,013	0,264	0,1294	-0,0647	1,1	0,0735
<b>Base</b>	Cascalho + 2% cimento	0,35	725	3663,4	-0,04	0,952	0,0868	-0,2801	0,8929	0,0961

As demais estruturas, 03 e 04, foram utilizados os dados de materiais do próprio banco de dados do programa MeDiNa, o qual possui todos os parâmetros necessários para o dimensionamento e a verificação da deformação. Nos materiais das camadas internas foram adotados comportamentos não linear. A diferença da estrutura 03 e 04 é que na estrutura 04 não houve a utilização da camada de sub-base. O material do subleito foi o solo siltoso, na sub-base, solo brita-M3 e na base foi utilizado brita graduada (BGS) – C4, já na camada de revestimento utilizou-se o mesmo material das estruturas 01 e 02, o Concreto Asfáltico de Petróleo, modificado, classe 3, por ser a camada dimensionada pelo software. Os dados de entrada dos materiais utilizados estão descritos na Tabela 2, os valores do Módulo de resiliência não aparecem por ter sido considerado comportamento não linear.

Tabela 2: Propriedades mecânicas empíricas dos materiais utilizados

Camada	Tipo	Coeficiente de Poisson	Parâmetros de resiliência				Deformação Permanente			
			K1	K2	K3	$\Psi$ 1	$\Psi$ 2	$\Psi$ 3	$\Psi$ 4	
<b>Subleito</b>	Solo Siltoso	0,45	306,5	0,52	-0,309	0,244	0,419	1,309	0,069	
<b>Sub-base</b>	Solo Brita – M3	0,35	501,8	0,45	-0,46	0,27	-0,14	1,33	0,06	
<b>Base</b>	Brita graduada (BGS) - C4	0,35	1202	0,5	-0,02	0,101	-0,1825	0,9091	0,0753	

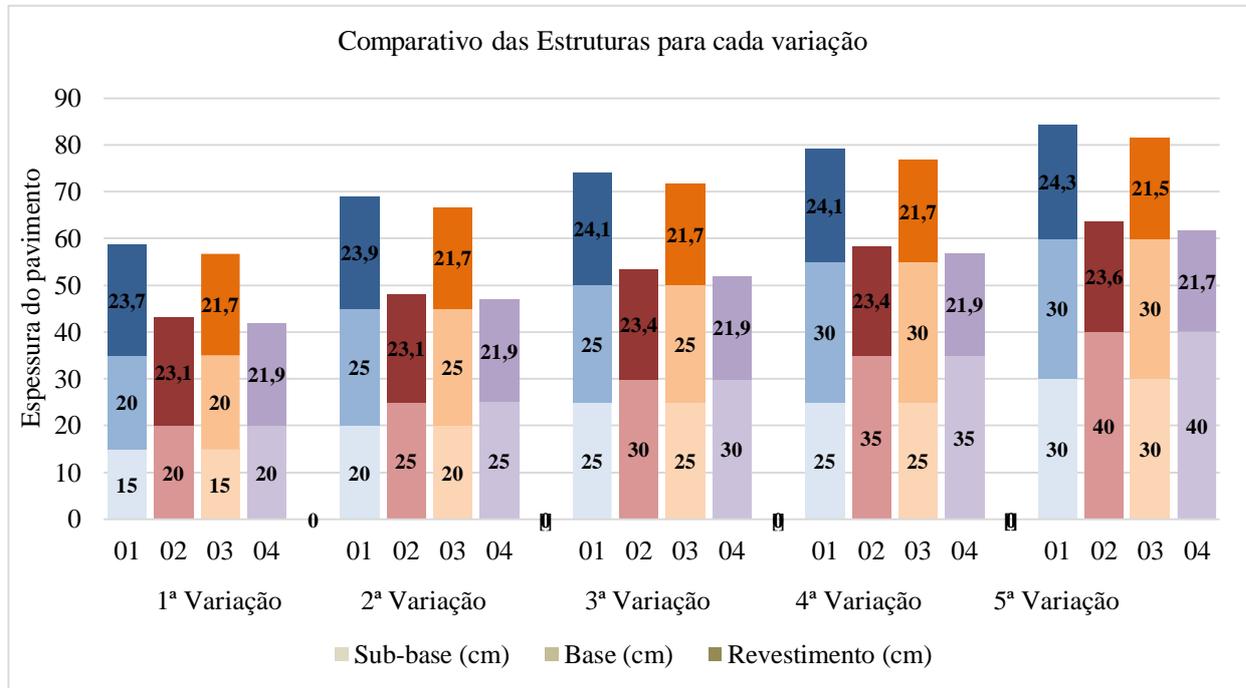
Segundo o DNIT (2006), as espessuras máximas e mínimas de compactação das camadas granulares são de 20 cm e 10 cm, respectivamente. Já a espessura construtiva mínima para estas camadas é de 15 cm. Porém, como foi verificado no artigo de Bárbara e Carvalho (2019), a utilização de 15 cm gerou uma estrutura com dimensões muito elevadas de revestimento asfáltico, levando isso em consideração foi empregado cinco variações de espessuras das camadas de sub-base e base, respectivamente, das estruturas 01 e 03, considerando (15cm e 20cm; 20cm e 25cm; 25cm e 25cm; 25cm e 30cm; 30cm e 30cm). Já para as estruturas 02 e 04 foram feitas variações de 5 cm em 5 cm apenas na camada de base, pois não possuem sub-base, iniciando com 20cm e finalizando com 40cm de espessura de base.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fez-se necessário adicionar 2 camadas de revestimento em todas as estruturas, pois o MeDiNa limita a espessura do revestimento a 15 cm. Após o dimensionamento da estrutura 01 e 02, observa-se que a camada de revestimento não sofreu variações significativas em comparação as feitas na base e sub-base do pavimento, conforme mostra no Gráfico 1. Nota-se também que quanto maior as dimensões das camadas internas em tais estruturas, maior foi a espessura do revestimento, isso se dá por conta da plasticidade dos materiais utilizados nas camadas internas, que acaba gerando grandes deformações permanentes, ficando ainda mais instáveis com o aumento das suas espessuras (NBR 6484:2001). Isso não acontece no método do DNER, pois a espessura do revestimento só depende do número N, se mantendo fixo independente dos materiais utilizados nas demais camadas (DNIT, 2006).

Já no dimensionamento das estruturas 03 e 04, ao contrário das demais estruturas, houve uma redução na espessura do revestimento com o aumento das dimensões das camadas internas, porém pouco significativa levando em consideração as variações feitas nas camadas de sub-base e/ou base do pavimento e só aconteceu na 5ª variação das duas estruturas, como pode ser observado no Gráfico 1.

Gráfico 1: Comparativo das estruturas



Vale ressaltar que em todas as estruturas durante as cinco variações, o afundamento de trilha e a porcentagem de área trincada estiveram dentro do limite de 13mm e de 30% permitidos pelo software.

Segundo DNIT (2006), a camada de sub-base é uma camada que auxilia a base por fatores técnicos e econômico, visto que geralmente possui um material com custo inferior ao utilizado na base e as normativas vigentes exigem parâmetros inferiores, entretanto, os resultados obtidos com a adição dessa camada não alteram significativamente as dimensões do revestimento, que seria um dos objetivos da utilização da mesma, diminuir as espessuras das camadas de base e de revestimento.

De acordo com os resultados obtidos por Bárbara e Carvalho (2019), onde foi utilizado os mesmos materiais para as estruturas 01 e 02 e considerando que os valores utilizado neste trabalho, são superiores que da estrutura por eles dimensionada, visando analisar a variação da camada de revestimento, confirma a observação feita acima. A camada de revestimento aumenta à medida que se aumenta as camadas inferiores e ao retirar a camada de sub-base, o que diminui a espessura da camada interna, gera uma redução na camada de revestimento.

Já para as estruturas 03 e 04, pode-se verificar que a adição da sub-base na terceira estrutura, proporcionou uma redução de 0,2 cm nas dimensões do revestimento, mas o afundamento de trilha de roda teve valores maiores que na estrutura 04, chegando a uma diferença de 0,4 a 0,6 mm, os quais estão dentro do limite estabelecido por Franco (2019), que é de 13mm.

Ao fazer o comparativo entre as estruturas que possuem sub-base (estruturas 01 e 03), verifica-se que a estrutura 03 possui as menores espessuras de revestimento, tendo uma variação de 2 a 2,8 cm entre as estruturas, isso acontece pois, conforme Frota (2007), os materiais utilizados no subleito e sub-base da estrutura 01 possuem maiores deformações que os da estrutura 03, por serem materiais argilosos.

Verificando as estruturas 02 e 04, as quais possuem apenas as camadas de base e revestimento, além do subleito, percebe-se que a estrutura 04 apresentou valores menores nas espessuras de revestimento, variando entre 1,2 e 1,9 cm, comparando as duas estruturas, conforme Frota (2007), isso

se deve devido os tipos de materiais utilizados nas estruturas, onde a base e o subleito da estrutura 04 possui menores deformações que os da estrutura 02.

## CONCLUSÃO

De acordo com as estruturas analisadas, a utilização da sub-base não reduziu a espessura de revestimento, a qual é uma de suas funções dentro do pavimento, e quando gerou uma redução, não foi significativa.

Os materiais utilizados nas camadas internas, suas resistências mecânica, durabilidade e elevada rigidez, influenciam diretamente na espessura da camada de revestimento, pois o aumento das suas espessuras não gerou uma melhor trabalhabilidade do pavimento.

Diante disso, pode-se concluir que a recomendação dos conceitos antigos voltados a adição da camada de sub-base com a intenção de diminuir a camada base e conseqüentemente o custo, não se aplicam para as estruturas analisadas neste trabalho, já que causa um efeito contrário, como visto nas estruturas 01 e 03. É recomendado fazer essa análise para outros tipos de estruturas com diferentes tipos de materiais para verificar se o comportamento visto neste estudo se confirma.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: Solo Sondagem de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro. 2001.
- BÁRBARA, L. G. V. S.; CARVALHO, V. S. C. Análise comparativa entre o método empírico do DNER e o mecanístico-empírico pelo MeDiNa para pavimentos flexíveis. Universidade Tiradentes, Aracaju, 2019.
- BERNUCCI, Liedi Bariani et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro, 2008.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Pavimentação. 3.ed. Rio de Janeiro, 2006.
- CHIARELLO, Gabriéli Pires et al. Avaliação estrutural e financeira de pavimento flexível dimensionado pelo método do DNER (1981) e MeDiNa (2019): estudo de caso da duplicação da BR 287-trecho Santa Cruz do Sul à Tabai/RS. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.
- CNT. Pesquisa de Rodovias – Relatório Gerencial. Brasília: Confederação Nacional do Transporte, SEST SENAT, 2019.
- DNER , 1996, Manual de Pavimentação. 2ª ed., Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Ministério dos Transportes.
- FRANCO, F. A. C. P. e MOTTA, L. G. MeDiNa – Método de Dimensionamento Nacional. Manual de Utilização. Versão 1.1.3.0. Rio de Janeiro, 2019.
- FRANCO, F. A. C. P. Método de dimensionamento mecanístico-empírico de pavimentos asfálticos – SisPav. 2007. 294 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – COPPE/ Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.
- FROTA, C. A. et al. Desempenho mecânico de misturas asfálticas confeccionadas com agregados sintéticos de argila calcinada. Cerâmica, v. 53, n. 327, p. 255-262, 2007.
- MORAIS, Vanessa Ariadne. Análise comparativa dos métodos de dimensionamento empírico e empírico-mecanístico de pavimentos flexíveis. 2014.
- NEPOMUCENO, D.V. Avaliação em campo de estrutura de pavimento incorporando solo estabilizado com escória KR sujeita à carregamento com simulador HVS e comparação com previsões de desempenho segundo o novo método brasileiro de dimensionamento MeDiNa. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2019.
- PINTO, Rodrigo Lemos. Comparação entre o dimensionamento de reforço de pavimentos asfálticos pelo método mecanístico-empírico e os métodos DNER-PRO 11/79 e DNER-PRO 269/94 para um segmento homogêneo da BR-222/CE e análise de sensibilidade do programa SisPavBR. 2016.
- ROCHA, M.T.; REZENDE, L.R. Estudo laboratorial de um solo tropical granular estabilizado quimicamente para fins de pavimentação. Revista Matéria, Goiânia, v.22, n.4, p. 1-25. 2017.
- SANTOS, W. J. Avaliação do uso de emulsão asfáltica na estabilização química de três solos de Sergipe. 2009. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, 2009.