

ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BRASIL: DNIT E MEDINA

COMPARATIVE ANALYSIS OF FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN METHODS IN BRAZIL: DNIT AND MEDINA

Fernanda Ferreira Alves¹

Gledsa Alves Vieira²

Lauane Tameirão Chaves³

Vanessa Rodrigues Sampaio Pereira⁴

RESUMO

Este artigo objetiva analisar, na bibliografia, cinco estudos de caso que comparam os métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis, o CBR do DNIT e o Novo Método Nacional de Dimensionamento, o MeDiNa. O dimensionamento foi realizado em pavimentos existentes, considerando ambos os métodos, e avaliando sua viabilidade em relação à durabilidade e espessura das camadas de pavimento. Os resultados indicaram que o MeDiNa oferece soluções mais eficazes, apresentando uma menor taxa de ruptura e uma melhor adaptação às condições de tráfego. Casos como os das rodovias GO-70 e AL-145, o MeDiNa não apenas reduziria as espessuras das camadas, mas também proporcionaria uma economia significativa nos custos de construção. A análise revelou que a transição para o MeDiNa pode melhorar substancialmente a qualidade das rodovias brasileiras, alinhando-se às melhores práticas internacionais e atendendo às crescentes demandas do setor de transporte. Essa mudança é essencial para a segurança dos usuários e a longevidade das estruturas do pavimento.

Palavras-chave: Dimensionamento; Pavimento; MeDiNa.

¹ Bacharel em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Graduanda em Engenharia Civil pela UFVJM – Contato: fernanda.ferreira@ufvjm.edu.br

² Doutora em Engenharia civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e professora Adjunta do Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia (ICET) da UFVJM – Contato: gledsa.vieira@ufvjm.edu.br

³ Bacharel em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Graduanda em Engenharia Civil pela UFVJM – Contato: lauane.chaves@ufvjm.edu.br

⁴ Bacharel em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Graduanda em Engenharia Civil pela UFVJM – Contato: vanessa.sampaio@ufvjm.edu.br

ABSTRACT

This article aims to analyze, through the literature, five case studies comparing flexible pavement design methods: the DNIT's CBR method and the New National Pavement Design Method, MeDiNa. The pavement design was carried out on existing pavements, considering both methods and assessing their feasibility in terms of durability and pavement layer thickness. The results indicated that MeDiNa provides more effective solutions, presenting a lower failure rate and better adaptation to traffic conditions. In cases such as highways GO-70 and AL-145, MeDiNa would not only reduce layer thickness but also generate significant cost savings in construction. The analysis revealed that transitioning to MeDiNa can substantially improve the quality of Brazilian highways, aligning with international best practices and meeting the growing demands of the transportation sector. This shift is essential for user safety and the longevity of pavement structures.

Keywords: Design; Pavement; MeDiNa

1. INTRODUÇÃO

O rodoviário desempenha um papel fundamental no progresso socioeconômico do país e é responsável pela expansão de mercados e a mobilidade de cargas e passageiros (CNT, 2024). No entanto, o transporte rodoviário enfrenta desafios devido a precariedade da malha rodoviária que apresenta muitos pavimentos com deterioração precoce comprometendo a segurança e a eficiência do tráfego (Franco; Motta, 2020). Esta situação pode ser atribuída à falta de investimentos na infraestrutura de transporte ao longo das últimas décadas, sendo crucial a implementação de métodos de dimensionamento adequados para garantir a durabilidade e a funcionalidade das estradas.

A metodologia atualmente utilizada no Brasil para o dimensionamento de pavimentos flexíveis baseia-se em abordagens empíricas desenvolvidas pelo antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), hoje conhecido como Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT). Este método foi estabelecido a partir de estudos realizados na década de 1960. Por se tratar de uma abordagem antiga, ele contempla intervenções específicas para diferentes localidades, considerando as condições climáticas semelhantes às regiões para as quais foi originalmente projetado (Bernucci et al., 2008).

No entanto, com o avanço da tecnologia e da compreensão do comportamento dos materiais, surgiu a necessidade de métodos mais sofisticados. Neste contexto, foi desenvolvido o Método Nacional de Dimensionamento (MeDiNa), que incorporou princípios que combinam abordagens mecânicas e empíricas para permitir uma análise mais completa do comportamento das camadas do pavimento (Franco; Motta 2020).

A transição para o método MeDiNa no Brasil representa uma oportunidade relevante para aprimorar a qualidade e durabilidade das rodovias, por meio de um dimensionamento mais preciso. Essa mudança pode levar a projetos mais eficientes e capazes de atender às crescentes demandas do setor de transporte.

2. OBJETIVO

Realizar uma análise comparativa entre os métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis do DNIT e o método mecanístico-empírico (MeDiNa). A pesquisa busca avaliar a viabilidade do método mecanístico-empírico, sua influência nas espessuras das camadas de revestimento e na durabilidade dos pavimentos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. CLASSIFICAÇÃO E ESTRUTURA DO PAVIMENTO

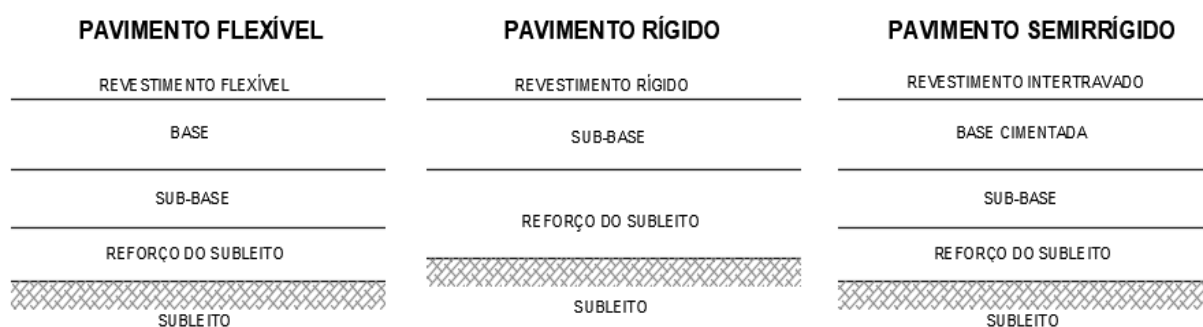
O pavimento é uma estrutura composta por diversas camadas de espessura finita, construída sobre uma superfície de terraplenagem, com a finalidade de suportar os esforços gerados pelo tráfego de veículos e as condições climáticas e proporcionar aos usuários, de maneira semelhante, uma melhoria nas condições de rolamento, garantindo conforto, eficiência e estabilidade (Bernucci et al, 2008).

O Manual de Pavimentação do DNIT (2006) classifica os pavimentos em três categorias gerais: flexíveis, semi-rígidos e rígidos. Os pavimentos rígidos são compostos principalmente

de concreto, projetados para suportar cargas pesadas e resistir a deformações, enquanto os pavimentos semi-rígidos possuem uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias.

Pavimentos asfálticos ou flexíveis, são formados basicamente por uma mistura constituída de agregados, filer e ligantes asfálticos. Este tipo de pavimento é composto por quatro camadas principais: camada de revestimento asfáltico, camada de base, camada de sub-base e reforço do subleito. O subleito, por sua vez, é considerado a fundação. O revestimento asfáltico pode ser formado por uma camada de rolamento, que está em contato direto com os pneus dos veículos, além de camadas intermediárias ou de ligação, que são frequentemente chamadas de binder (Bernucci et al., 2008).

Figura 1 - Estrutura dos pavimentos



Fonte: Autores (2024).

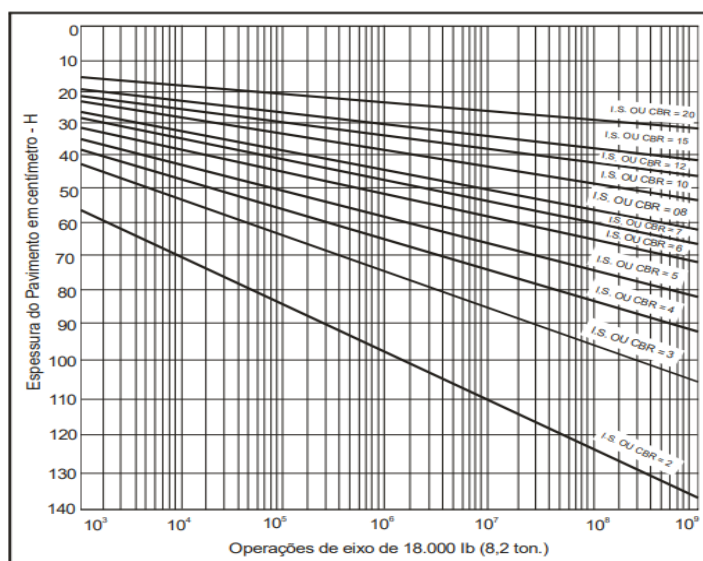
Em sua maioria, as estradas brasileiras são formadas pelos pavimentos asfálticos. A estrutura desse tipo de pavimento é delineada para receber e transmitir os esforços de forma a minimizar a pressão nas camadas inferiores, que geralmente possuem menor resistência (Baldo, 2007). Nessa classificação, todas as camadas apresentam deformação elástica significativa sob a carga aplicada, resultando na distribuição da carga em parcelas aproximadamente equivalentes ao longo dos estratos (DNIT, 2006).

3.2. MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS NO BRASIL

De acordo com Balbo (2007), o dimensionamento de um pavimento envolve a definição da espessura das camadas a serem aplicadas e a distinção dos materiais a serem empregados. Por consequência, é possível construir uma estrutura apta para sustentar o carregamento provocado por um determinado volume de tráfego, tendo em conta as condições climáticas da região em que se encontra.

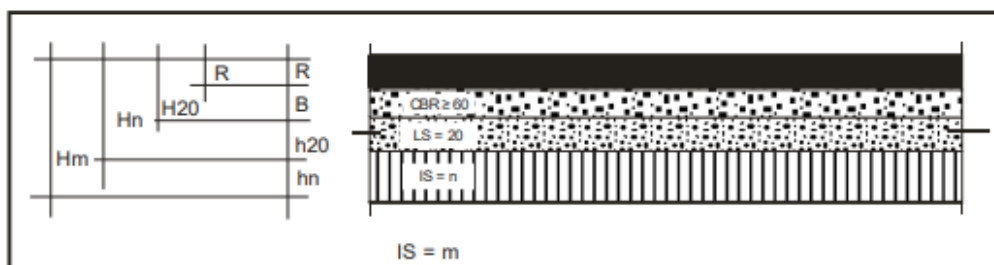
Em 1961, o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), criou o primeiro método para o dimensionamento de pavimentos flexíveis. Esse modelo foi inspirado nas pesquisas de Porter, realizadas na década de 1930, na Divisão de Rodagem da Califórnia. No final da década de 1950, o engenheiro Murillo Lopes de Souza adaptou essas diretrizes às condições do Brasil, recebendo reconhecimento e legalização pelo DNER em 1961. No decorrer dos anos, essa norma passou por diversas alterações até a versão de 1981, que é o método empírico utilizado no país atualmente pelo DNIT (Trichês, 2013).

Para pavimentos flexíveis, o dimensionamento é realizado a partir de uma caracterização mínima dos materiais que irão compor as camadas do pavimento, considerando-se também o efeito do tráfego representado pelo número equivalente (N) de operações de um eixo tomado como padrão, durante o período de projeto escolhido. Com o número N e o valor do CBR do subleito conhecidos, o dimensionamento é feito utilizando ábacos disponibilizados pelo DNER. As camadas de base e sub-base são dimensionadas considerando os valores mínimos de CBR para cada uma delas: a base deve ter um $\text{CBR} \geq 80\%$ e a sub-base, um $\text{CBR} \geq 20\%$. Com o CBR do subleito e o número N determinados, pode-se calcular a espessura total do pavimento, representada por Hm, conforme demonstrado na figura 2 (DNER, 1981).

Figura 2 - Ábaco para determinação da espessura do pavimento

Fonte: Manual de Pavimentação - DNIT (2006).

Quando se utiliza um reforço no subleito, o processo é semelhante, mas emprega-se o CBR do reforço para determinar a espessura resultante da soma das camadas de base, sub-base e revestimento, o H_n . Em seguida, com o CBR da sub-base, que em projetos é considerado como 20%, e o número N , define-se a espessura resultante da soma da base e do revestimento, H_{20} . A espessura da camada de revestimento varia de acordo com o número N . Além disso, os coeficientes estruturais (K) são determinados com base no tipo de material a ser utilizado (DNER, 1981).

Figura 3 - Ábaco para determinação da espessura do pavimento

Fonte: Manual de Pavimentação - DNIT (2006).

3.2.1. Métodos Empírico e Mecanístico-Empírico

3.2.1.1. Método Empírico

Nesse método, o dimensionamento de pavimentos é realizado determinando-se a capacidade de suporte do subleito e dos materiais granulares, medida pelo ensaio de California Bearing Ratio (CBR). Esse ensaio, é basicamente um teste de penetração que avalia as características mecânicas do solo e dos materiais constituintes do pavimento (Souza, 1981).

Entre as vantagens da abordagem empírica, destaca-se a simplicidade dos ensaios, que não requerem equipamentos complexos. No entanto, esse método possui limitações, especialmente diante do surgimento de novos materiais e mudanças nas condições de tráfego e clima. Além disso, a abordagem trata o pavimento como uma estrutura única, desconsiderando o comportamento elástico-linear das camadas individuais (Bezerra, 2004).

3.2.1.2. Método Mecanístico-Empírico

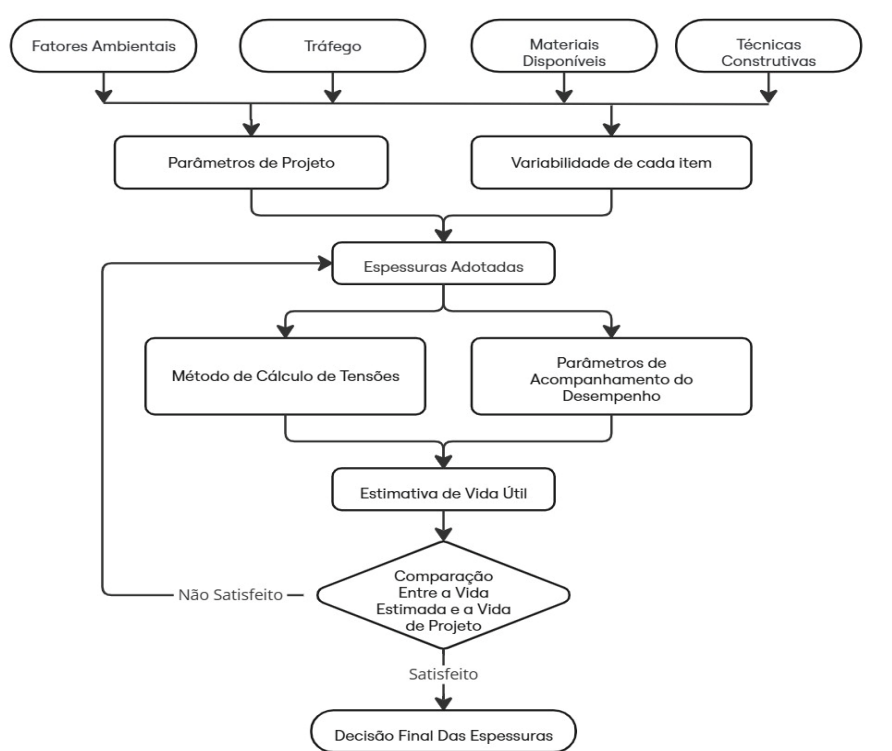
O método Mecanístico-Empírico surgiu da necessidade de examinar as tensões, deformações e deslocamentos do pavimento, aspectos que eram subestimados na metodologia empírica. A realização de ensaios de caracterização, em conjunto com as análises das tensões e deformações do sistema de camadas da estrutura do pavimento, tornou-se essencial para o aprimoramento dos métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis (Motta, 1991).

A adoção de um método mecanístico-empírico envolve desafios como a calibração e validação dos resultados, a identificação dos dados de entrada, a definição de critérios para a avaliação do pavimento, a criação de um plano e um cronograma de implementação, além da necessidade de alocação de recursos para pesquisas, equipamentos e treinamentos. A primeira Conferência Internacional sobre Dimensionamento Estrutural de Pavimentos Asfálticos, realizada em Michigan em 1962, é reconhecida como um marco na aplicação do princípio

empírico-mecanicista no projeto de pavimentos. Nas décadas seguintes, houve uma evolução no dimensionamento de pavimentos flexíveis, que passou de uma abordagem puramente empírica para a abordagem empírico-mecanicista que conhecemos hoje (Haas et al., 2007).

De acordo com Motta e Medina (2005), o procedimento para qualquer dimensionamento de pavimentos a partir do método mecanicista-empírico pode seguir o fluxograma apresentado na figura (4).

Figura 4 - Fluxograma de Dimensionamento Mecanístico-Empírico



Fonte: MOTTA, MEDINA (2005).

Nos Estados Unidos os pavimentos são dimensionados pelo Mechanist-Empirical Pavement Design Guide - MEPDG (Guia de Dimensionamento Mecanístico-Empírico de Pavimentos). Nesse método desenvolvido em 2004 pela AASHTO, o desempenho do pavimento asfáltico é medido em termos de deformação permanente (afundamento de trilha de roda), trincamento por fadiga, trincamento térmico e nível de irregularidade (Franco, 2007).

Desde a década de 80, muitos países têm se dedicado ao desenvolvimento de métodos de dimensionamento de pavimentos, variando em complexidade. Exemplos incluem o PAVIFLEX em Portugal, o ALIZE na França, o CIRCLY na Austrália, o Guia de Projeto da AASHTO, o LEDFAA e o FEAFAA da FAA nos Estados Unidos, além do FEPAVE, do catálogo de estruturas (Motta, 1991), o PAVE (Franco, 2000), o SisPav (Franco, 2007) e, mais recentemente, o Método MeDiNa (TED 682/2014, IPR, COPPE) no Brasil.

3.2.1.3. Método MeDiNa

O Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos - MeDiNa é baseado no mesmo método mecanístico do sistema operacional SisPav (Método de dimensionamento mecanístico-empírico de pavimentos asfálticos), desenvolvido por Franco (2007), em sua tese de doutorado para o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). O principal objetivo do trabalho foi desenvolver uma contribuição ao dimensionamento de pavimentos asfálticos, integrando dados detalhados de tráfego, condições ambientais e características dos materiais disponíveis. Esta abordagem foi implementada através de uma interface de fácil utilização, com entrada de dados simplificada e com valores sugeridos para anteprojetos (Franco, 2007).

Esse método analítico utiliza recursos computacionais combinados com a teoria da elasticidade e uma análise não-linear simplificada, considerando o pavimento dividido em três subcamadas.

Segundo Franco (2007), o método considera as características de ensaios de laboratório, clima, materiais de pavimentação e de tráfego. Ainda leva em conta as seguintes variáveis:

- na análise do tráfego para os diversos eixos com variação lateral;
- variação sazonal do tráfego ao longo do período de projeto;
- materiais com comportamento elástico linear e não linear;
- modelos de previsão de danos desenvolvidos a partir da base de dados de resultados de ensaios brasileiros;

- parâmetros dos materiais de pavimentação e bacias de deformação calculadas para controle de execução no campo; e
- análise de confiabilidade.

O MeDiNa, realiza a verificação do dimensionamento das estruturas de pavimentos asfálticos, sendo um método mecanístico-empírico que homenageia o engenheiro Jacques de Medina, um grande precursor da mecânica dos pavimentos no Brasil (DNIT, 2020). O software analisa tensões e deslocamentos em toda a estrutura do pavimento, além de avaliar os danos causados pelas cargas do tráfego em cada camada. Esses danos se manifestam como fissuras na superfície do revestimento e afundamentos nas trilhas de roda (Venescau, 2022).

Os critérios de parada do MeDiNa são fundamentais para garantir a eficácia da análise de dimensionamento das estruturas de pavimentos. Esses critérios estabelecem as condições sob as quais o software interrompe o processo de simulação, assegurando que os resultados obtidos sejam confiáveis e representativos do desempenho real do pavimento ao longo do tempo. Entre os principais critérios de parada, destacam-se a taxa de ruptura antes do período de projeto e o afundamento da trilha de roda (ATR). Assim, o manual de utilização do programa MeDiNa define que cada tipo de via possui critérios de parada específicos, bem como os graus de confiabilidade das análises realizadas, conforme demonstrado no quadro abaixo.

Quadro 1 - Critérios e a confiabilidade de cada tipo de via

TIPO DE VIA	CONFIABILIDADE	ÁREA TRINCADA	DEF. PERMANENTE
Sistema Arterial Principal	95%	30%	10mm
Sistema Arterial Primário	85%	30%	13mm
Sistema Arterial Secundário	75%	30%	20mm
Sistema Coletor Primário	85%	30%	13mm
Sistema Coletor Secundário	75%	30%	20mm
Sistema Local	65%	30%	20mm

Fonte: Adaptado de Manual de Utilização do programa MeDiNa (2020).

De posse desses critérios, é possível analisar o desempenho da estrutura do pavimento de modo detalhado e fundamentado, garantindo que o dimensionamento das estruturas de pavimentos seja realizado de maneira eficiente e adequada às especificidades de cada tipo de via. Isso contribui para a longevidade e segurança das rodovias.

4. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho consistiu na realização de pesquisas bibliográficas, fundamentadas em dados já existentes sobre o tema. Foram consultadas teses, dissertações e outros estudos relacionados ao dimensionamento de pavimentos flexíveis, com ênfase na comparação entre o novo método de dimensionamento, denominado MeDiNa, e o método tradicionalmente utilizado no Brasil.

Foram selecionados quatro trabalhos, totalizando cinco estudos de caso que comparam o método de dimensionamento empírico do DNIT com o método empírico-mecanicista MeDiNa, com o objetivo de verificar a eficácia em pavimentos flexíveis:

1. Análise Comparativa entre o Método MeDiNa e o Método CBR para Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis - Luís Augusto de Assis Peixoto;
2. Método Nacional de Dimensionamento de Pavimentos - MeDiNa: Avaliação da Duplicação da AL-145 - José Emerson Gonçalves da Silva;
3. Comparações dos Métodos de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis: DNER (1981) e MeDiNa - Thiago Ferreira dos Santos;
4. Avaliação da Implementação do Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis pelo Método MeDiNa no Contexto Brasileiro - Bárbara Ribeiro Costa.

O primeiro estudo utilizou o método CBR para analisar um trecho da Rodovia Estadual GO-070, que parte da cidade de Goiânia e atravessa diversos municípios goianos, conectando-se à BR-070/GO, que liga o estado de Goiás ao Mato Grosso. O objetivo principal foi realizar

simulações no MeDiNa com diferentes materiais e espessuras das camadas de pavimento, comparando essas simulações com a configuração implementada no local de estudo, a fim de verificar se atendiam aos critérios de desempenho do software.

O segundo estudo optou por uma avaliação do projeto de aperfeiçoamento e restauração do segmento da rodovia entre a BR 423 / Delmiro Gouveia e a AL-220, a obra de duplicação da rodovia AL-145 em Alagoas. A obra da rodovia foi planejada utilizando o Método Empírico do DNIT (Método DNER) e o trabalho citado se propôs a avaliar e reprojetar a rodovia utilizando o novo Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos, o MeDiNa.

O terceiro estudo de caso consiste também em uma comparação entre o método de dimensionamento vigente no Brasil desde 1981, DNER e o novo método, o MeDiNa. Para este trabalho foi realizada uma análise inicial para o contorno rodoviário que se inicia no entroncamento do contorno norte da Rodovia BR-158 e se estende até a PR-473, incluindo uma interseção, com o objetivo de se prolongar até o município de Vitorino/PR.

O último estudo apresentou uma comparação no dimensionamento de estruturas de pavimento em duas rodovias: BR-280/SC e SC-281. O estudo da BR-280/SC foi realizado no Lote 22, abrangendo o trecho entre Porto São Francisco do Sul e a divisa SC/PR, passando pela BR-101 e chegando a Jaraguá do Sul, em Santa Catarina. O projeto visava implantar um contorno norte em pista dupla entre Guaramirim e Jaraguá do Sul, entre os km 50,74 e 74,58.

A rodovia SC-281 se estende entre os municípios de São Pedro de Alcântara e Angelina, totalizando 22.836 m. Este segmento inicia-se no km 23,050, logo após a travessia urbana de São Pedro de Alcântara e termina no km 45,913, no entroncamento com a SC-108. Classificada como um Sistema Arterial Principal conforme o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (DNIT, 2010), a seção transversal do pavimento apresenta uma pista de rolamento simples, composta por duas faixas de 3,25 m de largura e acostamentos pavimentados de 1,50 m cada.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela (1) mostra os resultados de pesquisas que compararam os métodos de dimensionamento de pavimentos rodoviários utilizados pelo DNIT e pelo MeDiNa. Para cada um dos estudos de caso, a tabela apresenta as especificações das rodovias avaliadas, incluindo a classificação do tráfego, o prazo do projeto e os índices de ruptura determinados pelo software MeDiNa.

Tabela 1 - Resultados: Comparações entre o método DNIT e MeDiNa

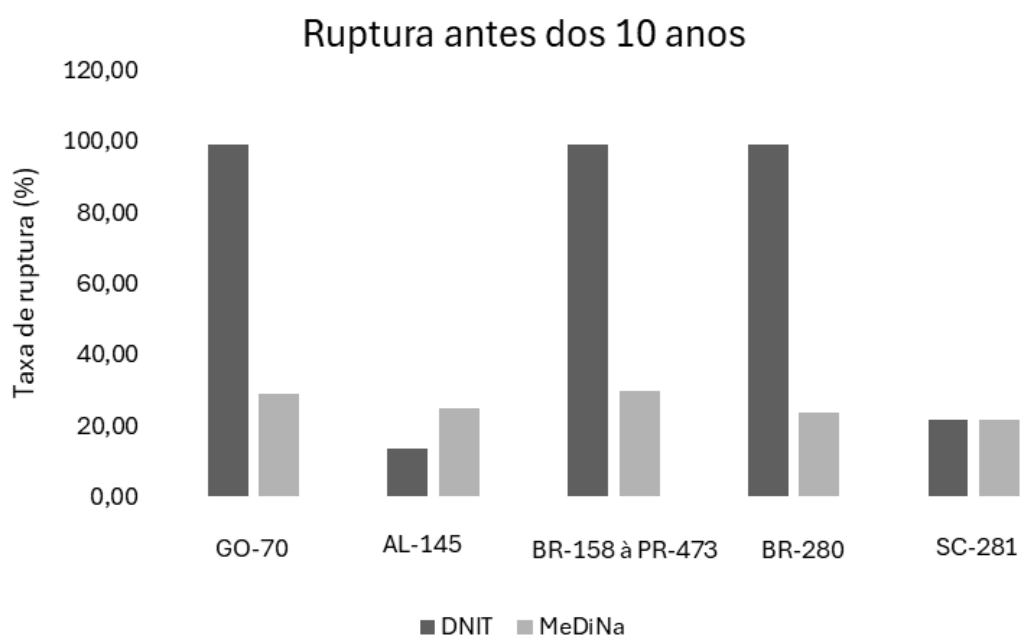
DNIT										MeDiNa					
Estudo de caso	N	Tráfego	Ruptura antes do período de projeto					Ruptura antes do período de projeto					Base - base (cm)		
			Período de projeto (anos)	ATR (mm)	Revestimento (cm)	Base (cm)	Sub-base (cm)	ATR (mm)	Revestimento (cm) (rolamento)	Revestimento (cm) (intermediário)					
Rodovia GO-70	2,3 X 10 ⁶	Pesado	10	99,0	6,30	10,0	15,0	15,0	28,71	3,40	9,5	8,7	15,0	-	
Rodovia AL-145	1,3 X 10 ⁶	Médio	10	13,6	8,0	4,0	20,0	15,0	24,80	7,1	5,0	-	10,0	10,0	
Rodovia BR-158 até a PR-473	4,84 X 10 ⁶	Pesado	10	99,0	4,9	10,0	17,0	22,0	29,60	2,00	5,0	5,0	18,6	22,0	
Rodovia BR-280/SC	2,38 X 10 ⁶	Muito pesado	10	99,0	9,20	12,5	15,0	28,0	23,47	5,43	4x5,0	-	15,0	-	
Rodovia SC-281	3,02 X 10 ⁶	Médio	10	21,55	7,35	5,0	17,0	15,0	21,45	5,35	5,0	-	15,0	-	

Fonte: Autores (2024).

Para realização da análise comparativa, os autores inicialmente, alimentaram o software do MeDiNa com os parâmetros reais utilizados no projeto original, empregando a metodologia do DNIT. O objetivo desse processo foi avaliar a eficácia do dimensionamento implementado na construção das estruturas de pavimentos em cada segmento rodoviário analisado.

Após essa etapa, realizou-se um novo dimensionamento, adotando o método mecanístico-empírico MeDiNa. Para esse dimensionamento, buscou-se adequar a estrutura do pavimento para cada tipo de tráfego, considerando melhorias e aumento do tempo de vida útil do pavimento. Ao comparar os parâmetros de dimensionamento utilizados pelos dois métodos, foi possível identificar algumas distinções significativas.

Para tráfegos pesados ou muito pesados, como nas rodovias GO-70, BR-158 até a PR-473 e BR-280/SC, o MeDiNa indicou altos índices de ruptura, chegando a 99% antes do final do período de projeto. Isto sugere que o dimensionamento pelo método do DNIT foi ineficaz em preservar a estrutura em relação aos efeitos da fadiga. O gráfico a seguir ilustra a taxa de ruptura antes do período de projeto observada nas rodovias, destacando a diferença entre os métodos de dimensionamento.



Fonte: Autores (2024).

A nova estrutura proposta para o trecho GO-70 mostrou uma alternativa de dimensionamento que resultou em uma diminuição tanto nos materiais utilizados quanto nos custos, sem comprometer o desempenho. As camadas de revestimento, binder e base

apresentaram espessuras de 9,5 cm, 8,7 cm e 15 cm, respectivamente. Consequentemente, a taxa de ruptura no final dos 10 anos foi menor, atingindo aproximadamente 28,71%. Além disso, o valor do ATR ao final do período ficou em torno de 3,40 mm, atendendo os limites estabelecidos. Essa configuração estrutural, apresentou resultados significativamente melhores quando comparada ao dimensionamento realizado pela metodologia do DNIT. Esse fato é corroborado por outros estudos na literatura, como o de Coutinho (2011), que, ao final de sua pesquisa, afirmou que o método mecanístico empírico possui uma capacidade superior de descrever o desempenho funcional e estrutural de um pavimento.

Em relação à Rodovia BR-158 até a PR-473, o autor apresentou uma análise detalhada das estruturas projetadas. A estrutura projetada pelo método do DNIT foi constituída por uma camada de revestimento de 10 cm, a camada de base com 17 cm e a camada de sub-base com 22 cm. Essa estrutura foi analisada pelo software MeDiNa, que indicou que o pavimento apresentou ruptura antes do período final de projeto de 10 anos, com percentual de área trincada de 99% e uma ATR de 4,9 mm.

Como o dimensionamento pelo método empírico não atendeu aos critérios mínimos exigidos pelo MeDiNa, foi realizado um novo dimensionamento. Para a nova estrutura, as espessuras das camadas foram ajustadas para 10 cm na camada de revestimento, 18,6 cm para camada de base e 22 cm para camada de sub-base. Essa nova configuração estrutural resultou em uma ruptura antes do período de 10 anos de 29,6% e uma ATR de 2 mm.

O estudo de caso da Rodovia BR-280 apresenta um dimensionamento de estrutura de pavimento pelo método do DNIT. A estrutura é composta por uma camada de 12,5 cm de revestimento, 15 cm de espessura na camada de base e 28 cm de espessura na camada sub-base. O investimento estimado para essa estrutura seria de R\$1.875.205,62 por km.

Para avaliar o desempenho da estrutura supracitada, foi utilizado o software MeDiNa. Os resultados indicaram que, se executada, essa estrutura teria uma área trincada de 99% antes do término do período de projeto, com uma ATR de 9,20 mm.

Diante desse cenário, uma nova estrutura foi proposta para o pavimento. No entanto, a estrutura sugerida apresentou uma espessura 21% maior (conforme tabela 1) do que a estrutura

dimensionada pelo método tradicional, resultando em um custo total de R\$1.882.558,80 por km. Neste caso, o método MeDiNa seria mais oneroso, porém o pavimento atenderia às condições de tráfego.

No caso da Rodovia AL-145, o dimensionamento realizado pelo DNIT foi adequado para atender à demanda de tráfego, atendendo aos critérios estabelecidos pelo MeDiNa. Contudo, visando otimizar as camadas dos materiais, deixando-as mais delgadas e aumentando a durabilidade, foi feito um novo dimensionamento.

A nova estrutura pode ser observada na tabela 1, onde o revestimento ficou com 5 cm de espessura, a base e sub-base foram reduzidas e ficaram com 10 cm de espessura cada. A taxa de ruptura foi de 24,80% para um período de projeto de 10 anos e ATR de 7,1 mm.

Sob a perspectiva orçamentária, a obra teve um valor global de venda de R\$7.364.162,70. Com a diminuição das espessuras das camadas do pavimento, sugerida pelo novo dimensionamento, o autor aponta que o custo do projeto poderia ser reduzido em R\$160.000,00, o que representa uma diminuição de 2,2% no preço total da obra.

Pelo método do DNIT, o autor apresentou duas estruturas para a Rodovia SC - 281. A Estrutura 1 é composta por uma camada de revestimento de 5 cm, uma camada de base de 17 cm e uma camada de sub-base de 15 cm. O custo estimado para essa estrutura foi de R\$480.843,93 por km. Ao analisar essa estrutura no software MeDiNa, constatou-se um desempenho satisfatório, apresentando ao final de 10 anos uma área trincada de 21,55% e ATR de 7,35 mm.

A Estrutura 2 foi composta por uma camada de revestimento de 5 cm e uma camada de base de 22 cm. O custo estimado foi de R\$399.428,93 por km, cerca de 20% a menos em comparação com a primeira estrutura proposta. Além disso, ao ser analisada pelo MeDiNa, a estrutura demonstrou um desempenho superior, com um percentual de ruptura ao final do tempo de projeto de 18,85% e ATR 6,24 mm.

Segundo o autor, todas as estruturas dimensionadas pelo método do DNIT para a Rodovia SC-281 atenderam de modo satisfatório aos critérios de desempenho, apresentando uma área trincada menor que 30% e ATR menor que 10 mm. Entretanto, para otimizar

financeiramente as estruturas, o autor decidiu dimensionar uma nova estrutura utilizando o MeDiNa.

A composição da nova estrutura consiste em 5 cm para a camada de revestimento e 15 cm da camada de base. Os resultados mostraram uma área trincada de 21,45% e uma ATR de 5,35 mm. O investimento necessário para essa estrutura seria de R\$327.695,38 por km, resultando em uma economia de quase R\$72 mil por km.

6. CONCLUSÃO

A análise comparativa entre os métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis, utilizando o método tradicional do DNIT e o Método Nacional de Dimensionamento (MeDiNa), revela resultados significativos que evidenciam a eficácia do MeDiNa em diversas situações.

No caso da Rodovia GO-70, o dimensionamento pelo DNIT indicou uma ruptura de 99% antes do final do período de projeto, com espessuras de revestimento e camadas inferiores que se mostraram insuficientes para suportar o tráfego pesado. Em contraste, o MeDiNa sugeriu uma configuração em que o índice de ruptura atendeu ao critério estabelecido, e demonstrou uma melhor adaptação às condições reais de tráfego.

Para a Rodovia AL-145, o método do DNIT se mostrou apropriado para o tráfego classificado como médio, apresentando uma taxa de ruptura de 13,6%. Em contrapartida, o MeDiNa otimizou essa estrutura ao reduzir as espessuras das camadas do pavimento, resultando em uma economia de R\$160.000,00.

De maneira semelhante, na Rodovia SC-281, o método do DNIT também atendeu satisfatoriamente às necessidades do tráfego estudado. No entanto, uma nova estrutura foi dimensionada pelo MeDiNa, cuja configuração mostrou ser eficiente e ainda poderia reduzir os custos em R\$72.000,00 por km.

As Rodovias BR-280/SC e BR-158 até a PR-473, pelo método DNIT, apresentaram uma ruptura de 99%, destacando a ineficácia do dimensionamento sob condições de tráfego pesado e muito pesado. O MeDiNa, por outro lado, propôs uma estrutura que se mostrou mais alinhada

às exigências estruturais.

Esses resultados destacam a necessidade de uma transição para métodos de dimensionamento mais avançados como o MeDiNa, que não apenas oferece uma análise mais precisa das tensões e deformações, mas também se adapta às especificidades de cada rodovia. A implementação do MeDiNa pode contribuir significativamente para a durabilidade e segurança das rodovias brasileiras, promovendo um desenvolvimento mais sustentável e eficiente no setor de transporte. Para que essa mudança ocorra de forma efetiva, é essencial investir em capacitação técnica e em tecnologias que suportem essa nova abordagem, garantindo que os profissionais estejam preparados para enfrentar os desafios da infraestrutura rodoviária moderna.

7. REFERÊNCIAS

AASHTO. *Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide*. American Association of State Highway and Transportation Officials, 2019.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica**: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação Asfáltica**: Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras Abeda, 2008.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de pavimentação**. Rio de Janeiro: IPR, 2006a. 274 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Manual de Ajuda - Programa MeDiNa**: Versão 1.1.9. 2023.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT- TED 682/2014: **Execução de estudos e pesquisa para elaboração de método mecanístico - empírico de dimensionamento de pavimentos asfálticos - Manual de Utilização do programa MeDiNa**. 2020.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT: **MeDiNa**. disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/medina>. Acesso em: 10 out. 2024.

CNT, Confederação Nacional do Transporte. **O maior e mais completo estudo sobre infraestrutura rodoviária no Brasil**. Brasília: CNT, 2024.

COSTA, B. R. **Avaliação da Implementação do Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis pelo Método MeDiNa no Contexto Brasileiro**. Orientadora: Profa. Liseane Padilha Thives, Dra. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Centro Tecnológico Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. 2021.

COUTINHO, J. Dimensionamento de Pavimentos: Uma Análise Crítica. **Revista Brasileira de Engenharia Civil**, 2011.

COUTINHO, J.C.P. **Dimensionamento de Pavimento Asfáltico: Comparação do Método do DNER com um Método Mecânico - Empírico aplicada a um trecho**. Mestrado Profissional em Engenharia Geotécnica. Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Ouro Preto, 2011.

FRANCO, F. A. C. de P. **Método de dimensionamento mecânico-empírico de pavimentos asfálticos - SISPAV**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE, Rio de Janeiro, Brasil, 2007.

FRANCO, A., & Motta, M. **Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos: Avanços e Desafios**. Engenharia de Transportes, 2020.

HAAS, R. et al. Mechanistic-empirical pavement design: evolution and future challenges. **Annual Conference Transportation Association of Canada**. Saskatoon, Canadá, 2007.

MOTTA, L. M. G. da. **Método de dimensionamento de pavimentos flexíveis: critério de confiabilidade e ensaio de cargas repetidas**. 366p. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE, Rio de Janeiro, Brasil, 1991.

NETO, R. S. B. **Análise comparativa de pavimentos dimensionados através dos métodos empírico do DNER e mecânico e proposta de um catálogo simplificado de pavimentos para a região de Campo Grande (MS)**. 2004. 169p. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

PEIXOTO, L. A. de A. **Análise Comparativa Entre o Método MeDiNa e o Método CBR para dimensionamento de pavimentos flexíveis**. Orientador: Prof. Dr. João Paulo Souza Silva. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Transportes) - Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal de Goiás. 2023.

RODRIGUES, J. K. G. **Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos - MeDiNa**. UFCG. 2022.

SANTOS, T. F. **Comparações dos métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis: DNER (1981) e MEDINA**. Orientadora: Profa. Dra. Luciana Rohde. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Centro Tecnológico Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. 2022.

SILVA, J. E. G. **Método Nacional de Dimensionamento de Pavimentos - Medina, Avaliação da Duplicação da AL - 145**. Orientador: David Anderson Cardoso Dantas. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Campus do Sertão, Universidade Federal de Alagoas - UFAL, 2018.

SOUZA, M. L. de. **Método de projeto de pavimentos flexíveis**. 3 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro, IPR., 1981. (IPR. Publ. 667).

VENDRUSCULO, J. I. et al. **Comparação entre pavimentos dimensionados com os métodos do DNER (1981) e MeDiNa (2018): Estudo de caso com solos de subleito da cidade de Santa Maria/RS**. In: 32º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte, ANPET, 2018, Gramado. Anais Eletrônicos. p. 1-10.