

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O MÉTODO DE
DIMENSIONAMENTO DO DEPARTAMENTO NACIONAL DE
ESTRADAS DE RODAGEM (DNER) E O MÉTODO
MECANÍSTICO-EMPÍRICO MEDINA**

RENAN MARTINS BRITO

TRINDADE, GO
2023

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS TRINDADE
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O MÉTODO DE
DIMENSIONAMENTO DO DEPARTAMENTO NACIONAL DE
ESTRADAS DE RODAGEM (DNER) E O MÉTODO
MECANÍSTICO-EMPÍRICO MEDINA**

RENAN MARTINS BRITO

Trabalho de curso apresentado ao
Instituto Federal Goiano – Campus Trindade,
como requisito parcial para obtenção do Grau
de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Nicolas Hoannys Silva
Oliveira.

Trindade, GO
2023

PÁGINA DESTINADA A INSERÇÃO DA FICHA CATALOGRÁFICA

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

BB862e Brito, Renan Martins
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O MÉTODO DE
DIMENSIONAMENTO DO DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS
DE RODAGEM (DNER) E O MÉTODO MECANÍSTICO-EMPÍRICO
MEDINA / Renan Martins Brito; orientador Nicolas
Hoannys. -- Trindade, 2023.
37 p.

TCC (Graduação em Engenharia Civil) -- Instituto
Federal Goiano, Campus Trindade, 2023.

1. Método MeDiNa. 2. Método DNER. 3. Pavimentos
Asfálticos. 4. Estudo Comparativo e Dimensionamento.
I. Hoannys, Nicolas, orient. II. Título.

RENAN MARTINS BRITO

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O MÉTODO DE
DIMENSIONAMENTO DO DEPARTAMENTO NACIONAL DE
ESTRADAS DE RODAGEM (DNER) E O MÉTODO
MECANÍSTICO-EMPÍRICO MEDINA**

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em _____, pela Banca
Examinadora constituída pelos membros:

Eng. Civil e Mestranda Karolayne Peres de
Melo

Universidade Federal de Goiás

Eng. Civil Felipe Pacheco Gondim

Dioenge Engenharia e Construções

Prof. Esp. Nicolas Hoannys Silva Oliveira
Instituto Federal Goiano (IF Goiano/Trindade)

Trindade, GO
Fevereiro, 2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus por toda trajetória me concedida até aqui. Agradeço também ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Trindade, onde foi praticamente minha segunda casa, pelos ensinamentos fornecidos durante meu processo de graduação. Agradeço minha família por não ter me deixado desistir nos momentos de fraqueza, meus amigos que fiz na faculdade, em especialmente da minha turma, os quais me tiraram boas risadas e foram fundamentais nesse processo da minha vida. Por fim, mas não menos importante, meus sinceros agradecimentos ao meu orientador, Nicolas Hoannys, por ter aceitado o convite de fazer parte do maior desafio acadêmico e profissional da minha vida. Sou grato por sua atenção, paciência e pelo seu comprometimento comigo.

BIOGRAFIA DO ALUNO

Natural da cidade de Goiânia Goiás-GO. Graduando em Engenharia Civil pelo Instituto Federal Goiano – Campus Trindade. Em 2022 começou um estágio na empresa VR Engenharia, onde teve seu primeiro contato prático com a área de pavimentação. Obteve sua segunda experiência profissional pela EXXA Construtora e Incorporadora e, a partir dessa experiência, conheceu o ramo de construção de casas de alto padrão. Busca através deste, a conclusão do bacharelado em Engenharia Civil pela apresentação do trabalho em questão.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.Coefficiente de Poisson	28
Tabela 2.Espessura das camadas do pavimento	32
Tabela 3.Informações gerais sobre a descrição do pavimento	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Trecho na GO-156 – Perímetro Urbano de Anicuns	21
Figura 2. Diferença entre pavimento rígido e flexível.	22
Figura 3. Camadas de um pavimento.	23
Figura 4. Espessura mínima de revestimento betuminoso	25
Figura 5. Ábaco de determinação de espessura do pavimento.	26
Figura 6. Coeficiente de equivalência estrutural.	26
Figura 7. Determinação da espessura da camada de base.	30
Figura 8. Determinação da espessura da camada de sub-base	31
Figura 9. Características gerais da camada de revestimento proposto pelo software MeDiNa	32
Figura 10. Características gerais da camada de base proposto pelo software MeDiNa.	33
Figura 11. Características gerais da camada da sub-base proposto pelo software MeDiNa.	33
Figura 12. Características gerais da camada do subleito proposto pelo software MeDiNa.	33
Figura 13. Valores do módulo de resiliência de cada camada do pavimento.	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	14
2.1	Geral	14
2.2	Específicos	14
3	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
4	CAPÍTULO ÚNICO	17
	RESUMO	18
	ABSTRACT	19
4.1	Introdução	18
4.2	Justificativa e Relevância	19
4.3	Objetivos	19
4.3.1	Geral	19
4.3.2	Específicos	20
4.4	Metodologia	20
4.5	Revisão Bibliográfica	21
4.5.1	História dos Pavimentos	21
4.5.2	Pavimentos Asfálticos	22
4.5.3	Método do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER)	23
4.5.3.1	Índice de Suporte Califórnia (CBR)	24
4.5.3.2	Método de Cálculo do DNER	24
4.5.3.2.1	Cálculo do Número N	24
4.5.3.2.2	Cálculo das Camadas do Pavimento	25
4.5.4	MeDiNa	27
4.5.4.1	Módulo de Resiliência	27
4.5.4.2	Coefficiente de Poisson	28
4.5.5	Método de Dimensionamento Nacional (MeDiNa)	28

4.6 Resultados e Discussões	29
4.6.1 Análise do Método DNER	29
4.6.2 Análise do Método MeDiNa	32
4.6.3 Resultado do Comparativo Entre os Métodos	34
4.7 Conclusão	35
4.8 Referências Bibliográficas	35

RESUMO

O processo de desenvolvimento da infraestrutura, sobretudo no que diz respeito às rodovias, representa uma das prioridades mais significativas para um país. No Brasil, o modal rodoviário assume uma posição de destaque, sendo não apenas o mais demandado, mas também o mais significativo. Por essa razão, a criação e manutenção de estradas de alta qualidade e condições de tráfego adequadas tornam-se imperativas para assegurar conforto e segurança aos usuários. Nesse contexto, a adaptação dos métodos de dimensionamento torna-se crucial, visando garantir a durabilidade das estradas conforme estabelecido nos projetos. O Método do DNER desempenhou um papel fundamental no dimensionamento das estradas brasileiras ao longo dos anos. Contudo, diante do crescimento expressivo no setor rodoviário, novas técnicas e métodos se fizeram necessários, culminando no surgimento do Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos (MeDiNa) em 2014. Este método é baseado em um software homônimo e foi proposto pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). O presente estudo visa realizar uma comparação entre o método tradicional do DNER e o inovador Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos (MeDiNa). O objetivo é comparar os dois métodos, visando analisar qual obtém um dimensionamento mais adequado para o período de projeto proposto, 20 anos, aplicando esses métodos à rodovia GO-156 no perímetro urbano das cidades de Anicuns-GO e Americano do Brasil-GO. Os dados utilizados são fornecidos pela Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes (GOINFRA).

Palavras-chave: Pavimentos Asfálticos, Método DNER, Método MeDiNa, Estudo Comparativo e Dimensionamento.

ABSTRACT

The process of infrastructure development, particularly concerning highways, represents one of the most significant priorities for a country. In Brazil, the road transport mode takes a prominent position, being not only the most demanded but also the most significant. For this reason, the creation and maintenance of high-quality roads with suitable traffic conditions become imperative to ensure comfort and safety for users. In this context, the adaptation of sizing methods becomes crucial to guarantee the durability of roads as established in projects. The DNER Method has played a fundamental role in sizing Brazilian roads over the years. However, faced with substantial growth in the road sector, new techniques and methods became necessary, leading to the emergence of the Mechanistic-Empirical National Pavement Sizing Method (MeDiNa) in 2014. This method is based on a homonymous software and was proposed by the National Department of Transport Infrastructure (DNIT). This study aims to make a comparison between the traditional DNER method and the innovative Mechanistic-Empirical National Pavement Sizing Method (MeDiNa). The objective is to compare the two methods, analyzing which one provides more suitable sizing for the proposed design period of 20 years. These methods will be applied to the GO-156 highway in the urban areas of the cities of Anicuns-GO and Americano do Brasil-GO. The data used are provided by the Goiás State Infrastructure and Transportation Agency (GOINFRA).

Keywords: Asphalt Pavements, Comparative Study, DNER Method, MeDiNa Method and Sizing.

1 INTRODUÇÃO

O modal rodoviário é o mais utilizado no Brasil para trânsito de mercadorias e pessoas, porém é um dos principais problemas nacionais na infraestrutura, dispondo de uma ampla malha rodoviária. Esse modal é, dentre os existentes, o que possui a maior participação na matriz de transporte, apresentando números aproximados de 61% da movimentação de mercadorias e 95% da movimentação de passageiros (CNT, 2019).

Além disso, a infraestrutura é uma das principais bases socioeconômicas para o desenvolvimento de um país. Segundo Rigolon (1998), os investimentos em infraestrutura são responsáveis por ampliar a qualidade dos transportes, aumentando a produtividade dos fatores de produção privados e reduzindo os custos por unidade de insumo utilizado, impulsionando dessa forma o crescimento econômico. Assim, visto que qualquer atividade desenvolvida em determinada região necessita de condições mínimas para distribuição, quanto maiores os empecilhos encontrados na estruturação que dificultem a logística de escoamento do tráfego, mais encarecido ficará o serviço, de maneira que o mercado e a economia local serão gravemente impactados. Nesse contexto, é imprescindível para a construção de boas estradas e rodovias o dimensionamento correto dos pavimentos, garantindo a vida útil estabelecida em projeto.

O pavimento e os seus fatores de qualidade e durabilidade tornam-se preponderantes para proporcionar aos usuários das rodovias condições de conforto, trafegabilidade, segurança e gestão da distribuição de mercadorias. Posto esse fato, as rodovias brasileiras são dimensionadas para as solicitações de um eixo tipo de 8,2 toneladas e com o volume médio diário de veículos estipulado na classificação da via e nos estudos corroboradores da elaboração do projeto executivo.

Ao decorrer das décadas, foi verificado que o efeito de cisalhamento como, por exemplo, a ação das rodas dos veículos aplicadas às camadas do pavimento ao decorrer do tempo, não era o único motivo causador das patologias. O efeito cisalhante, que era o principal embasamento do método do DNER, não contemplava as disfunções provocadas pelos efeitos de fadiga, caracterizado pelas repetições de tensões e deformações sucessivas ao longo da vida útil (Pinto, 1991).

Tornou-se então necessário o desenvolvimento de uma nova metodologia de dimensionamento de pavimentos que descreva de forma verossímil o comportamento dos materiais e sua durabilidade. O Método de Dimensionamento Nacional (MeDiNa), assim chamado em homenagem ao Engenheiro e professor Jacques de Medina, trata-se de um

modelo mecanístico-empírico, que possibilita um dimensionamento a partir de modelos de previsão da vida útil dos materiais empregados, ao analisar o conjunto dos materiais constituintes e considerar um conjunto de variáveis, tais como as características elásticas de cada material (Franco, 2000).

Dessa forma, esse estudo pretende avaliar comparativamente os resultados obtidos no dimensionamento do um método semiempírico (DNER) e um empírico-mecanístico (MeDiNa) para a análise do efeito das sobrecargas de veículos comerciais no desempenho de um pavimento flexível, localizado na rodovia GO-156 no perímetro urbano nas cidades de Anicuns e Americano do Brasil, estado de Goiás e com dados fornecidos pela Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes (Goinfra).

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

O objetivo desse estudo é elaborar uma análise comparativa entre o método de dimensionamento de pavimentos flexíveis proposto pelo engenheiro Murilo Lopes de Sousa, conhecido como método DNER, e o novo método mecanístico-empírico, chamado de Método de Dimensionamento Nacional (MeDiNa), proposto pelo professor Jacques de Medina.

2.2 Específicos

- 1) Apresentar os métodos do DNER e MeDiNa, ressaltando as vantagens do último método;
- 2) Realizar o dimensionamento do pavimento da rodovia GO-156, no perímetro urbano das cidades de Anicuns e Americano do Brasil, localizadas no estado de Goiás. O trabalho será conduzido utilizando os métodos DNER e MeDiNa, com base nos dados fornecidos pela Goinfra.
- 3) Desenvolver uma análise comparativa dos pavimentos dimensionados, considerando os impactos de cisalhamento e fadiga ao longo do período de projeto de 20 anos.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência CNT Transporte Atual. Pesquisa CNT de Rodovias indica que 57% dos trechos apresentam problemas. Disponível em:

<https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/pesquisa-cnt-rodovias-2018-indica-57-trechos-apresentam-problemas>. Acesso em: 25 maio. 2023.

BALBO, José Tadeu. Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008

CHEVALLIER, R. **Roman Roads**. Berkeley, Califórnia. 1976

CHIARELLO, Gabriéli Pires; PASCOAL, Paula Taiane; SANTOS, Thaís Aquino; PEREIRA, Deividi da Silva; BARONI, Magnos; GERGING, Rafael Parmeggiani. **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**. Departamento de Transportes, Universidade Federal de Santa Maria, 2019.

COUTINHO, João Camilo Penna. **Dimensionamento de pavimento asfáltico: comparação do método do DNER com um método mecanístico-empírico aplicada a um trecho**. Dissertação de Mestrado, Engenharia Geotécnica, Universidade Federal de Ouro Preto. 2011.

DNER. **Método de projeto de pavimentos flexíveis**. Ministério dos Transportes. Dep. Nacional de Estradas de Rodagem. 1981.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de pavimentação. Publicação IPR-697**. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. 2006.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – NORMA DNIT 172/2016 – ME. **Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2006.

FRANCO, Filipe Augusto Cinque de Proença. **Método de Dimensionamento Mecanístico-Empírico de Pavimentos Asfálticos - SISPAV**, 2007, 294p. Tese (Doutorado em ciências em engenharia civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

FRITZEN, Marcos Antônio. **Desenvolvimento e Validação de Função de Transferência para Previsão do Dano por Fadiga em Pavimentos Asfálticos**, 2016, 262p. Tese (Doutorado em ciências em engenharia civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Master Plate. Diferença entre pavimento rígido e flexível. Disponível em:

<https://masterplate.com.br/diferenca-entre-pavimento-rigido-e-flexivel/#:~:text=Uma%20grande%20diferen%C3%A7a%20entre%20o,causa%20de%20sua%20textura%20rugosa>. Acesso em: 26 nov. 2023

MEDINA, Jacques.; MOTTA, Laura Maria Goretti. **Mecânica dos pavimentos**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, Interciência, 2005.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3ª Edição, Oficina de textos. 2006. São Paulo – SP, Brasil.

PITANGUI, Lara Cordeiro. **Análise comparativa do método do DNER com o método mecanístico-empírico MeDiNa**. Monografia de Projeto Final em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 93p. 2019.

PORTO, Arthur Araujo. **Método de Dimensionamento DNIT x Método Mecanístico Empírico: Comparação direta da simulação do desempenho mecânico de um trecho de rodovia**. Trabalho de conclusão de curso, Engenharia Civil, Centro Universitário Christus, 2021.

SILVA, Daniel Cardoso; BARBOSA, Diego Souza. **Análise comparativa entre o novo método de dimensionamento nacional de pavimentos – Medina e o método do DNER**. Trabalho de conclusão de curso, Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, 2021.

SOUZA, Murilo Lopes de. **Método de projeto de pavimentos flexíveis**. Rio de Janeiro, IPR, 1981.

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DO DNER COM O MÉTODO MECANÍSTICO-EMPÍRICO MEDINA

Comparative Study Between the DNER Sizing Method and the Mechanistic – Empirical Method MEDINA

Renan Martins Brito ¹, Nicolás Hoannys Silva Oliveira ²

<p>Espaço restrito aos editores de layout da REEC.</p> <p>PALAVRAS CHAVE:</p> <p>Pavimentos Asfálticos; Método DNER; Método MEDINA; Dimensionamento; Estudo Comparativo;</p> <p>KEYWORDS:</p> <p><i>Asphalt Pavements; DNER Method; MEDINA Method; Sizing; Comparative Study.</i></p>	<p>RESUMO: O processo de desenvolvimento da infraestrutura, sobretudo no que diz respeito às rodovias, representa uma das prioridades mais significativas para um país. No Brasil, o modal rodoviário assume uma posição de destaque, sendo não apenas o mais demandado, mas também o mais significativo. Por essa razão, a criação e manutenção de estradas de alta qualidade e condições de tráfego adequadas tornam-se imperativas para assegurar conforto e segurança aos usuários. Nesse contexto, a adaptação dos métodos de dimensionamento torna-se crucial, visando garantir a durabilidade das estradas conforme estabelecido nos projetos. O Método do DNER desempenhou um papel fundamental no dimensionamento das estradas brasileiras ao longo dos anos. Contudo, diante do crescimento expressivo no setor rodoviário, novas técnicas e métodos se fizeram necessários, culminando no surgimento do Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos (MeDiNa) em 2014. Este método é baseado em um software homônimo e foi proposto pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). O presente estudo visa realizar uma comparação entre o método tradicional do DNER e o inovador Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos (MeDiNa). O objetivo é comparar os dois métodos, visando analisar qual obtém um dimensionamento mais adequado para o período de projeto proposto, 20 anos, aplicando esses métodos à rodovia GO-156 no perímetro urbano das cidades de Anicuns-GO e Americano do Brasil-GO. Os dados utilizados são fornecidos pela Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes (GOINFRA).</p> <p>ABSTRACT: <i>The process of infrastructure development, particularly concerning highways, represents one of the most significant priorities for a country. In Brazil, the road transport mode takes a prominent position, being not only the most demanded but also the most significant. For this reason, the creation and maintenance of high-quality roads with suitable traffic conditions become imperative to ensure comfort and safety for users. In this context, the adaptation of sizing methods becomes crucial to guarantee the durability of roads as established in projects. The DNER Method has played a fundamental role in sizing Brazilian roads over the years. However, faced with</i></p>
---	---

	<p><i>substantial growth in the road sector, new techniques and methods became necessary, leading to the emergence of the Mechanistic-Empirical National Pavement Sizing Method (MeDiNa) in 2014. This method is based on a homonymous software and was proposed by the National Department of Transport Infrastructure (DNIT). This study aims to make a comparison between the traditional DNER method and the innovative Mechanistic-Empirical National Pavement Sizing Method (MeDiNa). The objective is to compare the two methods, analyzing which one provides more suitable sizing for the proposed design period of 20 years. These methods will be applied to the GO-156 highway in the urban areas of the cities of Anicuns-GO and Americano do Brasil-GO. The data used are provided by the Goiás State Infrastructure and Transportation Agency (GOINFRA).</i></p>
Contato com os autores:	
<p>¹ e-mail: renan.brito@estudante.ifgoiano.edu.br (R. M. Brito) Graduando em Engenharia Civil, Discente no Instituto Federal Goiano Campus Trindade (IFGoiano).</p> <p>² nicolas.hoannys@ifgoiano.edu.br (N. H. S. Oliveira) Engenheiro Civil formado pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás, PUC-GO, especialista em Estruturas e Fundações (Cambury) e Docência Universitária (FABEC), Docente do Instituto Federal Goiano Campus Trindade (IFGoiano).</p> <p>ISSN: 2179-0612 © 2017 REEC - Todos os</p>	
direitos reservados.	

4.1 INTRODUÇÃO

O modal rodoviário é o mais utilizado no Brasil para trânsito de mercadorias e pessoas, porém é um dos principais problemas nacionais na infraestrutura, dispendo de uma ampla malha rodoviária. Esse modal é, dentre os existentes, o que possui a maior participação na matriz de transporte, apresentando números aproximados de 61% da movimentação de mercadorias e 95% da movimentação de passageiros (CNT, 2019).

Além disso, a infraestrutura é uma das principais bases socioeconômicas para o desenvolvimento de um país. Segundo Rigolon (1998), os investimentos em infraestrutura são responsáveis por ampliar a qualidade dos transportes, aumentando a produtividade dos fatores de produção privados e reduzindo os custos por unidade de insumo utilizado, impulsionando dessa forma o crescimento econômico. Assim, visto que qualquer atividade desenvolvida em determinada região necessita de condições mínimas para distribuição, quanto maiores os empecilhos encontrados na estruturação que dificultem a logística de escoamento do tráfego, mais encarecido ficará o serviço, de maneira que o mercado e a economia local serão gravemente impactados. Nesse contexto, é imprescindível para a construção de boas estradas e rodovias o dimensionamento correto dos pavimentos, garantindo a vida útil estabelecida em projeto.

O pavimento e os seus fatores de qualidade e durabilidade tornam-se preponderantes para proporcionar aos usuários das rodovias condições de conforto, trafegabilidade, segurança e gestão da distribuição de mercadorias. Posto esse fato, as rodovias brasileiras são dimensionadas para as solicitações de um eixo tipo de 8,2 toneladas e com o volume médio diário de veículos estipulado na classificação da via e nos estudos corroboradores da elaboração do projeto executivo.

Ao decorrer das décadas, foi verificado que o efeito de cisalhamento como, por exemplo, a ação das rodas dos veículos aplicadas às camadas do pavimento ao decorrer do tempo, não era o único motivo causador das patologias. O efeito cisalhante, que era o principal embasamento do método do DNER, não contemplava as disfunções provocadas pelos efeitos de fadiga, caracterizado pelas repetições de tensões e deformações sucessivas ao longo da vida útil (Pinto, 1991).

Tornou-se então necessário o desenvolvimento de uma nova metodologia de dimensionamento de pavimentos que descreva de forma verossímil o comportamento dos materiais e sua durabilidade. O Método de Dimensionamento Nacional (MeDiNa), assim chamado em homenagem ao Engenheiro e professor Jacques de Medina, trata-se de um modelo mecanístico-empírico, que possibilita um dimensionamento a partir de modelos de previsão da vida útil dos materiais empregados, ao analisar o conjunto dos materiais constituintes e considerar um conjunto de variáveis, tais como as características elásticas de cada material (Franco, 2000).

Dessa forma, esse estudo pretende avaliar comparativamente os resultados obtidos no dimensionamento de um método semiempírico (DNER) e um empírico-mecanístico (MeDiNa) para a análise do efeito das sobrecargas de veículos comerciais no desempenho de um pavimento flexível, localizado na rodovia GO-156 no perímetro urbano nas cidades de Anicuns e Americano do Brasil, estado de Goiás e com dados fornecidos pela Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes (Goinfra).

4.2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Um sistema de transporte eficiente e de alta qualidade não apenas impulsiona o progresso do setor produtivo, mas também traz inúmeros benefícios para toda a sociedade. Segundo a economista Juliana Trece (2020), o impacto do setor rodoviário na economia pode chegar a aproximadamente 29%, uma vez que esse modal viabiliza a interligação entre mercados produtores e consumidores, promovendo o fluxo gradual da economia.

No entanto, a realidade das estradas e rodovias brasileiras, na sua maioria, não condiz com um estado adequado de conservação para atender aos diversos fluxos de tráfego. Conforme dados fornecidos pela Confederação Nacional do Transporte (CNT) em 2018, dos 107.161 km de rodovias avaliadas, incluindo toda a malha rodoviária federal e os principais trechos estaduais pavimentados, 57% apresentam algum tipo de deficiência, classificando-se como estado regular, ruim ou péssimo.

Diante desse cenário, torna-se evidente a urgência de investimentos significativos na considerável parcela de trechos que se encontra em condições inadequadas. Além disso, é imperativo realizar um novo estudo sobre métodos de dimensionamento mais eficazes, visando assegurar uma maior durabilidade dos pavimentos em conformidade com suas principais exigências mecânicas.

Em resumo, este estudo busca compreender as principais distinções entre o inovador método MeDiNa e o antigo método normativo DNER, destacando suas vantagens. O objetivo é garantir a viabilidade no contexto rodoviário, proporcionando uma experiência aprimorada para os usuários e oferecendo serviços e produtos de qualidade para a sociedade em geral.

4.3 OBJETIVOS

4.3.1 GERAIS

O objetivo desse estudo é elaborar uma análise comparativa entre o método de dimensionamento de pavimentos flexíveis proposto pelo engenheiro Murilo Lopes de Sousa, conhecido como método DNER, e o novo método mecanístico-empírico, chamado de Método de Dimensionamento Nacional (MeDiNa), proposto pelo professor Jacques de Medina.

4.3.2 ESPECÍFICOS

- Apresentar os métodos do DNER e MeDiNa, ressaltando as vantagens do último método;
- Realizar o dimensionamento do pavimento da rodovia GO-156, no perímetro urbano das cidades de Anicuns e Americano do Brasil, localizadas no estado de Goiás. O trabalho será conduzido utilizando os métodos DNER e MeDiNa, com base nos dados fornecidos pela Goinfra.
- Desenvolver uma análise comparativa dos pavimentos dimensionados, considerando os impactos de cisalhamento e fadiga ao longo do período de projeto de 20 anos.

4.4 METODOLOGIA

Este estudo tem como principal propósito realizar o dimensionamento de um pavimento semirrígido, cujas bases granulares são reforçadas, utilizando os métodos do DNER e MeDiNa. O objetivo central é conduzir uma análise de forma abrangente e uma caracterização detalhada do pavimento, assegurando sua durabilidade ao longo do período de projeto de 20 anos, conforme estipulado pela GOINFRA para o trecho em questão.

Inicialmente, foi conduzida uma revisão bibliográfica dos métodos teóricos e dos ensaios necessários para a avaliação e cálculos pertinentes. Esse processo englobou a análise estrutural não destrutiva, abordagem mecanística-empírica, módulo de resiliência, Índice de Suporte Califórnia e os fatores preponderantes de cada metodologia de análise e cálculo, a saber, DNER e MeDiNa.

Os dados de ensaios foram fornecidos pela GOINFRA, referentes à obra GO-156 no perímetro urbano nas cidades de Anicuns e Americano do Brasil, estado de Goiás. Concluída em 2018 pela empresa vencedora de um processo licitatório, conforme ilustrado na Figura 1. Embora os dados de tráfego específicos não tenham sido fornecidos, foi disponibilizado o valor do número $N = 4,35 \times 10^7$, representando o número de repetições dos tipos de eixos de veículos ao longo do período desejado de projeto.

No processo de dimensionamento, foram fornecidos dados provenientes dos ensaios do Índice de Suporte Califórnia (ISC) ou CBR, juntamente com o Módulo de Resiliência. O dimensionamento final do projeto foi executado e calculado utilizando o método DNER, e este será reproduzido neste artigo, servindo como meio de validação e comparação.

Por fim, a próxima etapa envolverá a integração da revisão bibliográfica, culminando no dimensionamento do pavimento semirrígido pelo método Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, bem como no dimensionamento pelo método mecanístico-empírico utilizando o software MeDiNa. Posteriormente, será realizada uma comparação abrangente entre os métodos adotados.

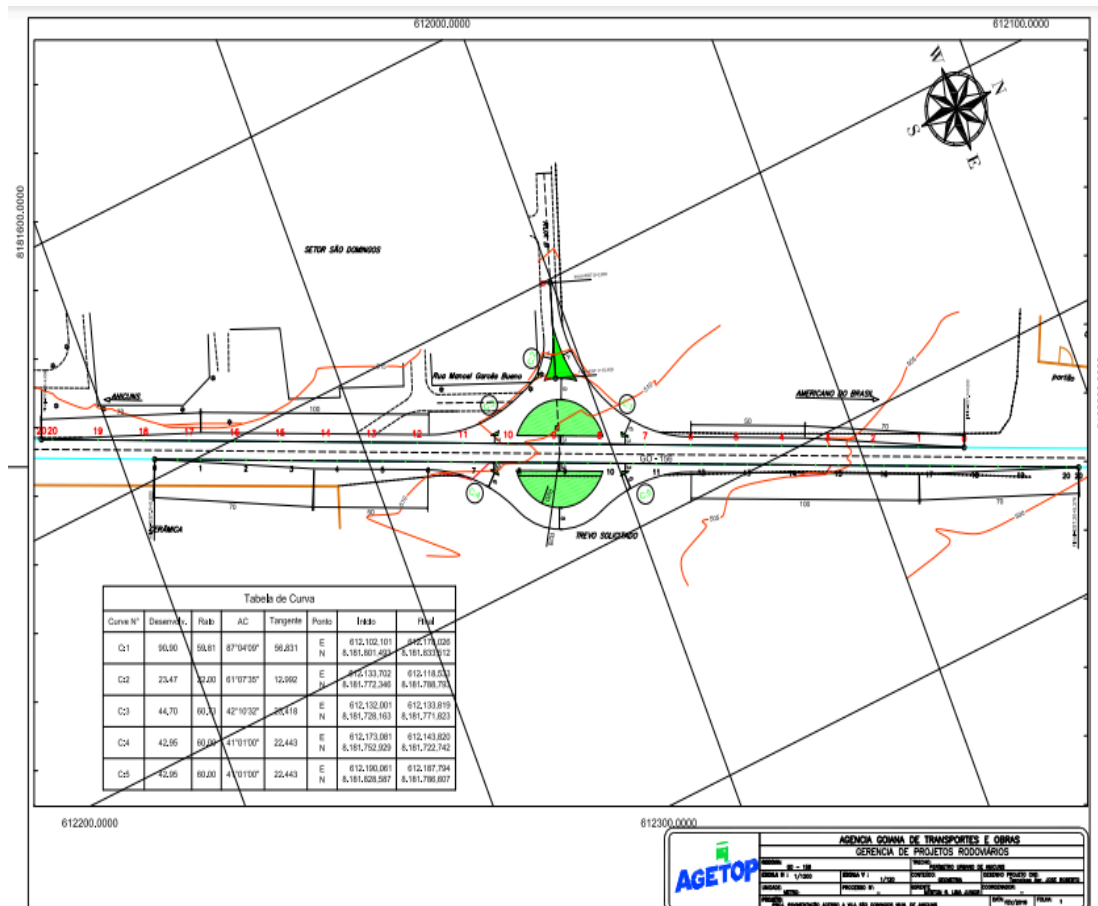


FIGURA 1 – Trecho na GO-156 – Perímetro Urbano de Anicuns

Fonte: GOINFRA (2018)

4.5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.5.1 HISTÓRIA DOS PAVIMENTOS

Os povos da antiguidade, impelidos pela necessidade de cultivar e expandir seus territórios, conceberam as estradas. Os Egípcios foram pioneiros nessa empreitada, criando ligações entre locais e implementando inovações como drenos laterais e revestimento primário. A primeira via pavimentada do mundo surgiu no Egito, por volta de 2500 a.C., com o propósito de construir as Grandes Pirâmides (Balbo, 2007).

Ainda segundo Balbo (2007), entre 300 a.C. e 200 d.C., os romanos desenvolveram técnicas avançadas na construção de estradas, com aplicações militares e comerciais por toda a Europa. Júlio César, na Roma Antiga, foi responsável pelas primeiras restrições de tráfego, proibindo veículos com rodas no centro da cidade. Na época, já existiam ruas de mão única e estacionamentos para carroças.

Assim como nos dias atuais, as estradas romanas possuíam uma fundação e uma camada de superfície, adaptadas aos materiais disponíveis e à qualidade do terreno natural. Embora não houvesse uma construção padronizada, características comuns eram identificadas, conforme Chevallier (1976).

Bernucci et al. (2006) relatam que durante o governo de Mem de Sá, terceiro governador-geral do Brasil, foi aberto o primeiro caminho para ligar São Vicente ao Planalto Piratininga. A primeira estrada pavimentada no Brasil surgiu em 1861, durante o governo de Dom Pedro II: a Estrada União e Indústria, conectando Petrópolis (RJ) a Juiz de Fora (MG). Construída por colonos alemães, a rodovia foi pavimentada pelo método de macadame, utilizando pequenas pedras comprimidas para encaixar umas nas outras.

Atualmente, conforme dados da Confederação Nacional dos Transportes (CNT), dos mais de 1,7 milhão de km de estradas federais e estaduais no Brasil, apenas 213,5 mil são pavimentados, correspondendo a 12% do total. Os 1,3 milhão restantes são de terra batida, cascalho ou outros acabamentos precários, dificultando o tráfego de automóveis e caminhões. Essa realidade é comumente, especialmente em um país fortemente dependente do modal rodoviário.

4.5.2 PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Os pavimentos asfálticos são divididos em três tipos, sendo eles: Flexíveis, Rígidos e Semirrígidos. Os flexíveis, o mais comum nas estradas brasileiras, são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos. Na maioria das vezes, é composto, por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito como demonstra a Figura 2, que também apresenta a composição dos pavimentos rígidos, onde base e revestimento exercem um único papel. Essas camadas repousam sobre o subleito, que diz respeito ao terreno delimitado para construção da estrada, após a conclusão dos cortes e aterros, sendo este a fundação do pavimento (Bernucci et al. 2006).

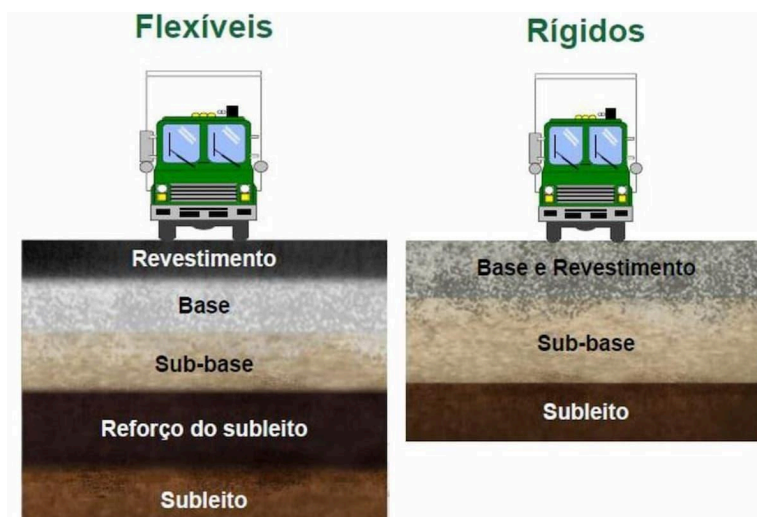


FIGURA 2 – Diferença entre pavimento rígido e flexível

FONTE: <https://masterplate.com.br>

O pavimento rígido é aquele que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação as suas camadas de base e sub-base, conseguindo absorver praticamente todas as tensões provenientes do carregamento ao qual o pavimento está sendo submetido (DNIT, 2006a). É composto por uma camada única de concreto armado ou cimento asfáltico de concreto (CAC). Segundo a Norma do DNIT

– 068/2004 o pavimento rígido deve ser construído em grandes placas, unidas por juntas de dilatação para permitir a expansão e contração térmica.

Segundo o Manual Pavimentos Flexíveis e Rígidos do DER-Paraná (2008), pavimentos semirrígidos caracterizam-se por uma base reforçada quimicamente. São compostos de: Revestimento, Base com reforço químico, Sub-Base Granular, Reforço do Subleito e Subleito, Figura 3. Além disso, da mesma maneira como nos pavimentos flexíveis, os Semirrígidos também são revestidos de material asfálticos. A grande diferença se dá na presença de ligantes hidráulicos (cimento Portland ou cal hidratada) em sua base, a fim de se alcançar uma camada com rigidez suficiente para resistir às cargas de tráfego de projeto.



FIGURA 3 – Camadas de um pavimento semirrígido
FONTE: DER-PR, 2008

4.5.3 MÉTODO DO DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER)

O Método do DNER é comumente empregado no dimensionamento de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Essa abordagem foi inicialmente introduzida no Brasil pelo engenheiro Murilo Lopes de Souza, que refinou os conceitos do método, fundamentando-se principalmente no trabalho "Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume", desenvolvido pela USACE, e nos resultados obtidos na Pista Experimental da American Association of State Highway and Transportation Officials (AASTHO). Este método é caracterizado por dois parâmetros principais: o Índice de Suporte Califórnia (ISC), como denominado pela norma brasileira, ou California Bearing Ratio (CBR), e o volume de tráfego, representado por um número padrão de eixos, durante o período de projeto (MARQUES, 2014).

Entretanto, ao longo dos anos, foram identificadas deficiências no Método do Departamento Nacional de Estradas e Rodagens (DNER). Uma lacuna significativa está relacionada à falta de consideração dos efeitos da fadiga nos revestimentos asfálticos, resultando em seu desgaste prematuro e prejudicando as camadas inferiores (FRANCO, 2007 citado por CHIARELLO et al., 2019).

Por ser uma adaptação do método americano, alguns parâmetros relevantes, como solo e clima, foram analisados de maneira genérica (Silva, 2018). Além disso, a determinação do eixo padrão rodoviário brasileiro, como um eixo simples de rodas duplas que transmite ao pavimento uma carga de 8,2 toneladas de força, foi estabelecida em uma época que não considerava a evolução do tráfego ao longo dos anos, resultando em uma maior transmissão de cargas nas estruturas do pavimento e,

consequentemente, em sua deterioração mais acelerada, levando em consideração também os excedentes de cargas não monitorados nas rodovias (CHIARELLO et al., 2019).

4.5.3.1 ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (CBR)

Conforme indicado no Manual de Pavimentação do DNIT (2006), o ensaio de CBR visa determinar a relação entre a pressão necessária para promover a penetração de um pistão em um corpo de prova de solo e a pressão necessária para obter a mesma penetração em uma brita padronizada.

De acordo com a norma DNIT 172/2016 – Determinação do Índice de Suporte Califórnia (ISC), o ensaio de CBR compreende três etapas distintas: a primeira consiste na moldagem do corpo de prova, envolvendo a compactação da amostra com o número apropriado de golpes e camadas correspondentes à energia desejada. A compactação pode ser realizada com energia normal (12 golpes/camada), intermediária (26 golpes/camada) ou modificada (55 golpes/camada). Na segunda etapa, ocorre o processo de expansão, onde as amostras são imersas em água por 96 horas (4 dias). Cada corpo de prova é equipado com a haste de expansão, e um extensômetro registra as medidas das expansões a cada 24 horas. A terceira e última etapa refere-se ao teste de penetração, que compreende a drenagem dos corpos de prova por 15 minutos, seguida pelo rompimento do corpo de prova por meio da penetração de um pistão cilíndrico, a uma velocidade de 1,27 mm/min. Durante esse processo, um anel dinamômetro na prensa registra os valores necessários para o cálculo das pressões de cada penetração.

No que diz respeito aos materiais integrantes do pavimento, são adotados coeficientes de equivalência estrutural com base nos resultados obtidos na Pista Experimental da AASHTO. O Manual de Pavimentação do DNIT (2006) estabelece critérios para os materiais do subleito, materiais para reforço do subleito, materiais para sub-base e materiais para base, com valores mínimos referenciais para C.B.R. e expansão. Importante ressaltar que, neste artigo, são seguidas as recomendações de ensaio de CBR do DNIT, que apresentam algumas divergências em relação à norma NBR 9895:2017 (ABNT).

4.5.3.2 MÉTODO DE CÁLCULO DO DNER

O método de dimensionamento do DNER considera as características elásticas dos materiais de pavimentação e as cargas transmitidas pelo tráfego. Ele baseia-se em aspectos como o volume e o tipo de tráfego, análise das propriedades mecânicas dos materiais e no coeficiente de equivalência estrutural de um material, que é um valor empírico definido como a relação entre as espessuras de uma base granular e de uma camada de material considerado.

4.5.3.2.1 CÁLCULO DO NÚMERO N

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), o pavimento é dimensionado em função do número equivalente (N). Esse valor “N” é o número equivalente de operações do eixo simples padrão durante o período de projeto e o parâmetro de tráfego usado no dimensionamento.

Diante disso, esse valor N, definido pela Equação 1, é dependente de parâmetros como o valor estimado do volume médio diário de veículos que trafegam na rodovia, o período projetado de vida útil que se deseja adotar, e fatores de eixo e veículos que são valores que multiplicado pelo número de veículos, fornece o número de eixos correspondentes.

$$N = 365 \times VDM \times P \times FV \times FR \quad \text{Eq. [1]}$$

Onde:

N: Número de repetições de cargas referentes ao eixo-padrão;

VDM: Volume Diário Médio (veículos que passam por uma seção completa da via);

P: Período de projeto (período de tempo decorrido em anos);

FV: Fator de veículo, um número que multiplicado pelo número de veículos que operam, dá, diretamente, o número de eixos equivalentes ao eixo padrão;

FR: Fator Regional ou Climático;

FONTE: Balbo (2007)

4.5.3.2.2 CÁLCULO DAS CAMADAS DO PAVIMENTO

O revestimento é responsável por proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego, de modo a evitar a ruptura do próprio revestimento por esforços repetidos de tração na flexão. Assim como mostra na Figura 4, se o número N for um valor menor ou igual a 10^6 , é recomendável pelo Manual de Pavimentações do DNIT (2006), que se faça tratamentos superficiais betuminosos nesse revestimento. No entanto, se o valor permanecer entre 10^6 e 5×10^7 , a espessura poderá variar entre 5 cm até 10 cm. Caso esse valor seja superior 5×10^7 , é recomendável utilizar-se uma espessura mínima de revestimento igual a 12,5 cm.

N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

FIGURA 4 - Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso

FONTE: Manual de Pavimentação - 2006 - DNIT

Posteriormente, definidos os valores estatísticos de CBR do subleito e do reforço do subleito caso o $CBR \leq 2$, o dimensionamento é realizado com base no ábaco apresentado na Figura 5, tendo-se sempre em conta que, para as camadas de base e de sub-base, são exigidos no método

valores mínimos de CBR, respectivamente, de 80% e 20%. A partir disso, o dimensionamento é feito na solução sucessiva das inequações 1, 2 e 3, as quais determinam a espessura de material que deve estar sobre uma camada do pavimento considerando parâmetros de tráfego e de suporte dos materiais constituintes. De acordo com Balbo (2007), os métodos de dimensionamento que empregam o conceito do Fator de Equivalência de Cargas (FEC) consideram todos os efeitos resultantes repetição de cargas de eixos de diversas configurações, transformando-os em repetições do eixo-padrão equivalente, visto que os efeitos destrutivos causados ao longo do tempo, podem ser causados por veículos diferentes. Assim, por meio do FEC, todo o tráfego será convertido em um número N de repetições equivalentes ao eixo-padrão.

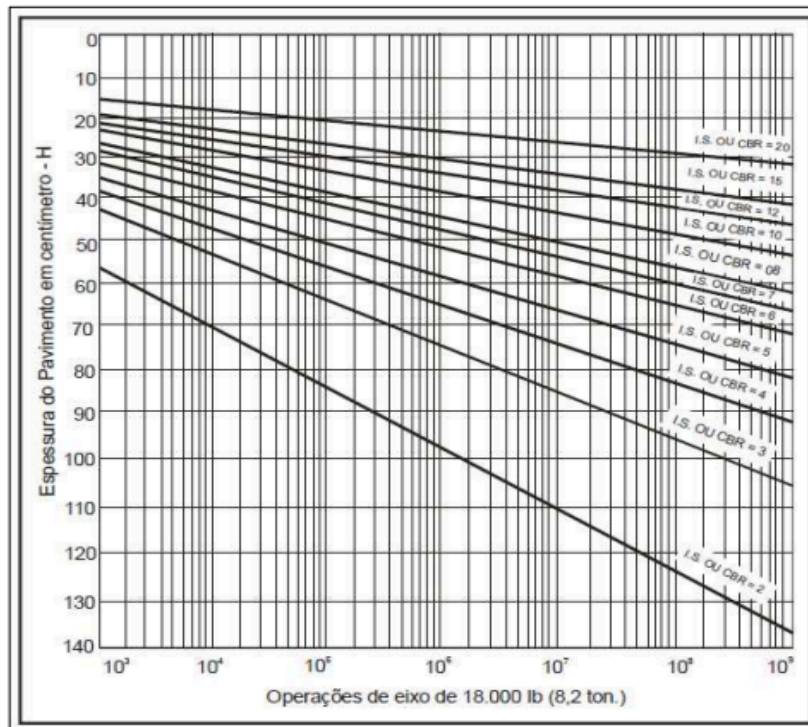


FIGURA 5 – Ábaco de determinação de espessuras do pavimento
FONTES: Manual de Pavimentação - 2006 – DNIT

A Figura 6 mostra os valores que devem ser adotados para os coeficientes estruturais das camadas de acordo com a composição do pavimento.

Componentes do pavimento	Coefficiente K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
Camadas granulares	
1,00	
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm	1,70
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 kg/cm e 28 kg/cm	1,40
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 kg/cm e 21 kg/cm	1,20

FIGURA 6 – Coeficiente de Equivalência Estrutural

FONTE: Manual de Pavimentação – 2006 – DNIT

$$RK_r + BK_b \geq H_{20} \quad \text{Eq. [2]}$$

$$RK_r + BK_b + h_{20} \times K_s \geq H_n \quad \text{Eq. [3]}$$

$$RK_r + BK_b + h_{20} \times K_s + h_n \times K_{ref} \geq H_m \quad \text{Eq. [4]}$$

FONTE: SOUZA (1981)

Onde:

R – Espessura do revestimento;

K_r – Coeficiente de equivalência estrutural do revestimento;

B – Espessura da camada de base;

K_b – Coeficiente de equivalência estrutural da base;

H_{20} – Espessura do pavimento necessária para proteger a sub-base;

h_{20} – Espessura da camada de sub-base;

Ks – Coeficiente de equivalência estrutural da sub-base;

H_n – Espessura de pavimento necessária para proteger o reforço de subleito;

h_n – Espessura do reforço do subleito;

K_{ref} – Coeficiente de equivalência estrutural do reforço de subleito;

H_m – Espessura total de pavimento que é necessária para proteger um subleito com CBR =

m%.

É de extrema importância ressaltar que como previsto no Manual de Pavimentação do DNIT (2006), para as camadas granulares a espessura mínima exigida deve ser de 15 cm.

4.5.4 MEDINA

Os métodos mecanísticos-empíricos fundamentam-se em modelos teóricos que descrevem o comportamento estrutural das diversas camadas que compõem os pavimentos. A calibração das propriedades mecânicas dos materiais pode ser realizada por meio de abordagens empíricas ou ensaios laboratoriais (Balbo, 2007).

Adicionalmente, de acordo com Fonseca (2013), o modelo mecanístico-empírico oferece a vantagem de possibilitar o dimensionamento através de modelos preditivos da vida útil dos materiais utilizados, considerando uma análise abrangente das características elásticas de cada componente. Uma distinção notável em relação ao modelo do DNER é a capacidade de otimizar a estrutura, tirando proveito da resistência individual de cada camada contra os efeitos degradativos gerados pelas cargas do tráfego, conforme preconizado no Manual do DNIT (2006).

Nesse contexto, a AASTHO (1986) destaca diversas vantagens ao empregar o método mecanístico no dimensionamento de pavimentos flexíveis, incluindo uma gestão mais eficiente dos materiais disponíveis, maior confiabilidade no projeto, equilíbrio entre custo e benefício das obras, e uma maior capacidade de prever as implicações de novas configurações de carregamento.

4.5.4.1 MÓDULO DE RESILIÊNCIA

De acordo com o manual do (DNIT, 2018), é a relação entre a tensão pulsante, no caso a tensão principal maior ou tensão vertical (σ_1), aplicada repetidamente na amostra e a correspondente deformação vertical recuperável ou resiliente (ϵ_r), (Equação 5).

Na mecanística dos pavimentos, o Módulo de Resiliência é empregado em teorias elásticas lineares e não-lineares aplicadas no cálculo da resposta física de pavimentos estruturados como um sistema de camadas (Sant'anna, 2002).

Para a obtenção do módulo, é utilizado o ensaio triaxial de cargas repetidas que se baseia na finalidade de reproduzir, em laboratório, as condições de carregamento das cargas de tráfego na estrutura do pavimento no campo. Segundo o (DNIT, 2008), ele é útil para a determinação de propriedades mecânicas do solo que são utilizadas para prever o desempenho dos materiais e para calcular a resposta estrutural do pavimento.

$$Mr = \frac{\sigma_1}{\epsilon_r} \quad \text{Eq. [5]}$$

Onde:

MR – Módulo de Resiliência;

σ_1 – Tensão de Desvio;

ϵ_r – Deformação Resiliente;

4.5.4.2 COEFICIENTE DE POISSON

O coeficiente de Poisson, é o parâmetro que determina o quanto o material se deforma no sentido horizontal em relação à deformação no sentido do carregamento (MARANGON, 2018). A Tabela 1 apresenta as faixas de variação do coeficiente de Poisson para os materiais de pavimentação

Ainda segundo o (DNIT, 2018), o coeficiente de Poisson é calculado quando se mede os deslocamentos horizontal e vertical e varia de acordo com o comprimento de medida dos sensores de deslocamento: sensor interno no meio do diâmetro e sensor a um quarto do diâmetro. Para cada um dos 15 ciclos de carga deve-se calcular os coeficientes de Poisson instantâneo ou total.

TABELA 1 – Coeficiente de Poisson	
MATERIAL	COEFICIENTE DE POISSON
CBUQ	0,32 a 0,38
Concreto Cimento Portland	0,15 a 0,20
BGS, MH e BC	0,35 a 0,40
CCR e BGTC	0,15 a 0,20
SC e SMC	0,20 a 0,30
SCA	0,25 a 0,30
Solo Arenoso	0,30 a 0,35
Areia Compactada	0,35 a 0,40
Solo Fino	0,40 a 0,45

FONTE: Aatoria própria (2023)

4.5.5 MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO NACIONAL (MEDINA)

Com o constante aumento do tráfego nas variadas estradas brasileiras, aliado às mudanças nas configurações dos veículos em relação ao número de eixos e as cargas transportadas, está se tornando necessária uma renovação no método de dimensionamento de pavimentos.

O Método de Dimensionamento Nacional (MeDiNa), recebe esse nome em homenagem ao professor Jacques de Medina, grande percursor da mecânica de pavimentos no Brasil. O programa é fruto do Termo de Execução Descentralizada celebrado 2015 a 2018 e foi desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR) e pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), contando com contribuições do Centro de Pesquisas da Petrobrás (CENPES) e de universidades nacionais (MOTTA, 2018).

Para aplicação desse método mecanístico, foi desenvolvido um software, específico para essa finalidade, conhecido também como MEDINA. Segundo o DNIT 2006, se trata de um programa computacional de suporte lógico que realiza a verificação do dimensionamento de estruturas de pavimentos mecanístico-empírico, por meio da rotina AEMC de análise de múltiplas camadas. resultando dessa forma, a análise desse sistema por meio do processamento dos cálculos matemáticos que são obtidos a partir da entrada de dados no software.

De acordo com Silva, Godoi e Holz (2019), este programa elaborado possui uma coligação com o atual método do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. A grande diferença entres os modelos de dimensionamento é que esse software analisa parâmetros de deformidade através de elementos finitos.

4.6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos a partir das análises feitas pelo método de dimensionamento do DNER e pelo MeDiNa e ao final, será feito um comparativo entre ambos os métodos.

4.6.1 ANÁLISE DO METODO DNER

A seguir são apresentados os resultados obtidos por meio dos dados disponíveis no projeto executivo, para o dimensionamento preposto através do método do DNER.

Foi necessário buscar os dados de estudo para a pesquisa de tráfego sobre o trecho, situado na GO-156 no perímetro urbano nas cidades de Anicuns e Americano do Brasil, estado de Goiás. Estes dados foram fornecidos pela Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes (GOINFRA).

Como previsto anteriormente, o número N para a obtenção das espessuras da camada do pavimento foi de $4,35 \times 10^7$. Dessa forma, utilizando a Figura 4, já exibida, podemos concluir que o revestimento possuirá uma camada de 10 cm de espessura de concreto betuminoso.

Diante disso, com o valor definido do nosso número N do eixo-padrão e com a espessura do revestimento, é necessário utilizar o ábaco em determinação com os valores de CBR de cada camada do pavimento.

Dessa forma, para o cálculo da espessura da camada de base, será consultado o ábaco da Figura 5 em conjunto com o CBR da camada. Como no projeto não foi fornecido o valor, foi considerado o valor mínimo de 80 % para a base, assim como previsto pela norma do DNIT.

Assim, relacionando o valor do nosso número do eixo-padrão N com o valor do CBR da camada inferior que se deseja calcular, como mostra a Figura 7, temos uma espessura aproximada para a camada de sub-base igual a 29 cm.

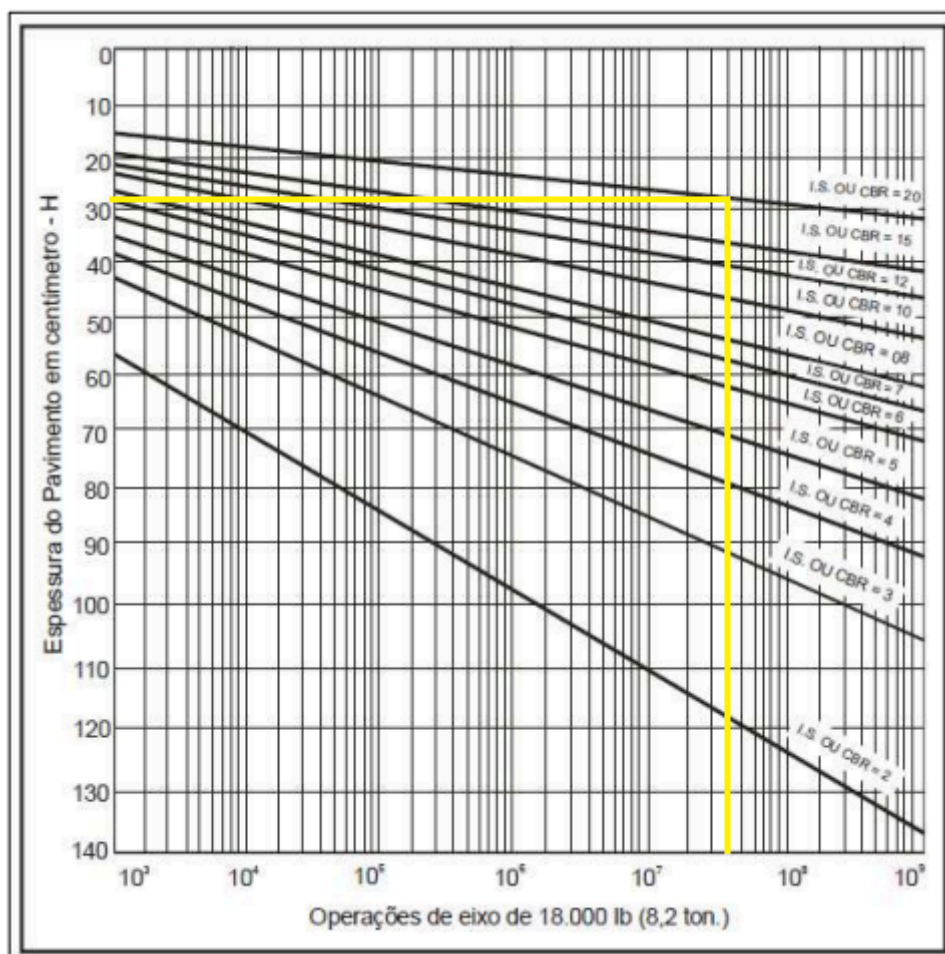


FIGURA 7 – Espessura da camada de base

FONTE: Autoria própria (2023)

De acordo com a Figura 5, sabendo que nossa camada de base é solo cimento e nosso material é concreto betuminoso, obtemos o valor de $K_b = 1,7$ e o valor de $K_r = 2$.

Com os valores dos coeficientes estruturais da base e do revestimento definidos, será necessário então calcular o valor da espessura da base pela equação 2, já apresentada anteriormente.

$$RK_r + BK_b \geq H_{20}$$

$$10 \times 2 + B \times 1,7 \geq 29$$

$$20 + 1,7 \times B \geq 29$$

$$B \geq 5,3 \text{ cm}$$

O valor calculado da espessura da base foi de 5,3 centímetros.

De maneira análoga, para o cálculo do valor da camada de sub-base do pavimento, será necessário consultar o ábaco da Figura 5 em conjunto com o CBR da camada. Também foi considerado o valor de CBR mínimo 20 % por não ter sido disponibilizado no projeto.

Então, fazendo a ligação entre o CBR e o número N da mesma maneira anterior, como mostra a Figura 8, temos uma espessura aproximada igual a 53 cm.

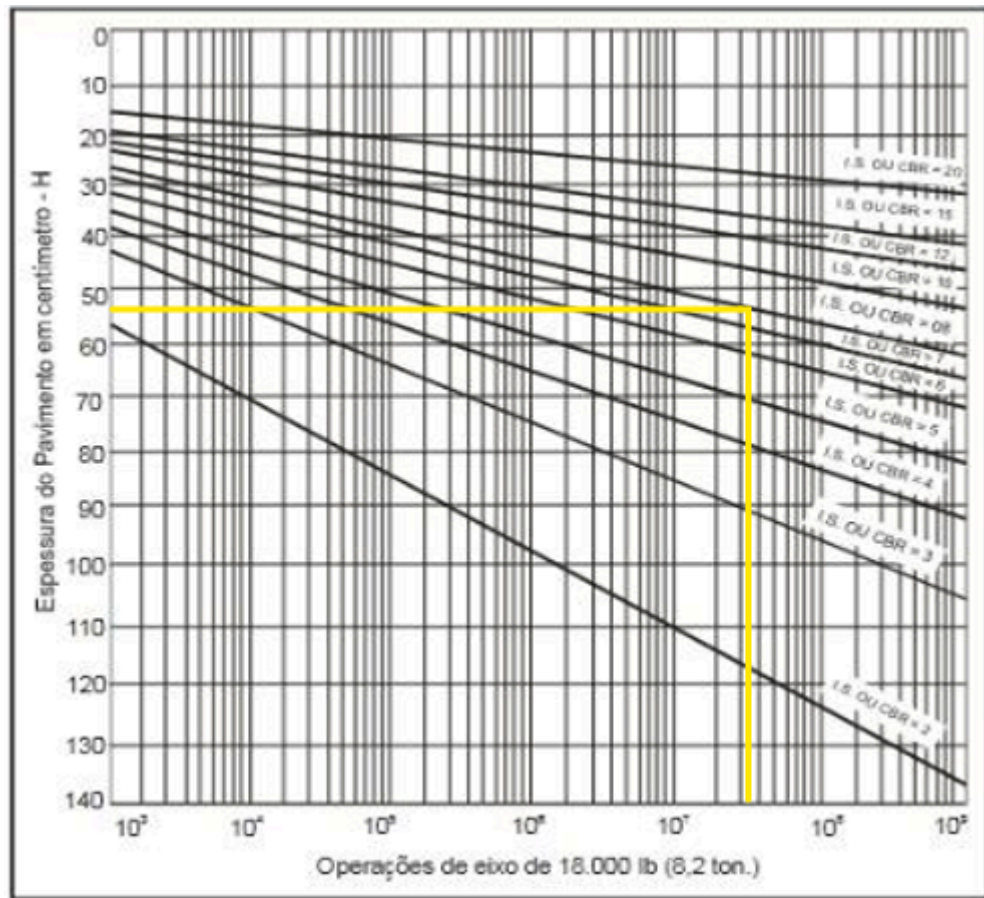


FIGURA 8 – Espessura da camada de sub-base
FONTE: Aatoria própria (2023)

Calculando então o valor da espessura da sub-base pela equação 3, já apresentada anteriormente, temos que:

$$\begin{aligned}
 RK_r + BK_b + h_{20} \times Ks &\geq H_n \\
 10 \times 2 + 15 \times 1,7 + h_{20} \times 1 &\geq 53 \\
 20 + 25,5 + h_{20} &\geq 53 \\
 h_{20} &\geq 7,5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Com os valores apresentados, obteve-se que o valor da espessura da camada de base teria que ser maior ou igual a 5,3 centímetros. No entanto, a norma prevê que a espessura mínima das camadas seja adotada como 15 centímetros. O valor da espessura da camada do sub-base foi igual a 7,5 cm, mas será adotado o valor mínimo de 15 cm.

Portanto, a configuração do pavimento ficou disposta da seguinte maneira, conforme a Tabela 2:

TABELA 2: Espessura das camadas do pavimento	
CAMADA DO PAVIMENTO	ESPESSURA (cm)
Revestimento ou rolagem	10
Base	15
Sub-Base	15
Reforço do subleito	Não houve necessidade visto que $CBR \text{ do subleito} \geq 2$

FONTE: Autoria própria (2023)

4.6.2 ANÁLISE DO MÉTODO MEDINA

Para a análise do dimensionamento preposto pelo método MeDiNa, para o perímetro urbano da cidade de Anicuns-GO, localizado na GO-156, será utilizado os seguintes dados fornecidos pela GOINFRA como mostra a Tabela 3. Além disso, será mantido os valores do número $N = 4,35 \times 10^7$ e o valor do período de projeto de 20 anos.

TABELA 3: Informações gerais sobre a descrição do pavimento			
CAMADA	MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)
Revestimento	Concreto Asfáltico	RJ CAP 50/70 #12,5 mm Sepetiba	15
Base	Solo Cimento	Brita Graduada Gnaisse C7	15
Sub-Base	Solo fino, siltoso ou argiloso	Solo Argiloso LG'(1)	15
Subleito	Solo Compactado	Solo Siltoso NS'	-

FONTE: Autoria própria (2023)

Com os dados lançados no software, é possível obter as seguintes características para a camada de revestimento, como mostra a Figura 9:

Materiais	
1 - CONCRETO ASFÁLTICO: RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	
Propriedades	Modelos
Tipo de CAP = CAP 50/70 - PG 64-16	Ensaio de Fadiga
Massa específica (g/cm^3) = 2,4	-Modelo: $k1 \cdot (et \wedge k2)$
Resistência à tração CD (MPa) = 1,91	-Coeficiente de Regressão (k1): $\geq 3,0e-13$
Teor de asfalto (%) = 6,0	-Coeficiente de Regressão (k2): $\geq -3,78$
Volume de vazios (%) = 5,0	-Classe de Fadiga: ≥ 1
Faixa Granulométrica = #12,5mm	-FFM (100 μ a 250 μ): $\geq 0,73$
Abrasão Los Angeles (%) = 40,0	Flow Number Mínimo
Norma ou Especificação = DNIT ES 31	- Condição de Tráfego Normal: ≥ 274 ciclos
	- Condição de Tráfego Severa: ≥ 741 ciclos

FIGURA 9: Características gerais da camada de revestimento proposto pelo software MeDiNa

FONTE: Autoria própria (2023)

Para a camada de base, como mostra a Figura 10:

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Graduada - Gnaisse C7

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Brita Graduada	Ensaio de Deformação Permanente
Massa específica (g/cm ³) = 2,244	Modelo: $ep = \psi_1 \cdot (s_3^{\psi_2}) \cdot (sd^{\psi_3}) \cdot (N^{\psi_4})$
Umidade Ótima (%) = 5,7	Coefficiente de Regressão (k1 ou ψ_1): 0,0775
Energia Compactação = Modificada	Coefficiente de Regressão (k2 ou ψ_2): -0,2304
Abrasão Los Angeles (%) = 43,0	Coefficiente de Regressão (k3 ou ψ_3): 1,1428
Norma ou Especificação = DNIT ES 141	Coefficiente de Regressão (k4 ou ψ_4): 0,0857

FIGURA 10 – Características gerais da camada de base proposto pelo software MeDiNa

FONTE: Autoria própria (2023)

Para a camada de sub-base, como mostra a Figura 11:

3 - SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO: Solo Argiloso LG'(1)

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Argila de Ribeirão Preto - SP	Ensaio de Deformação Permanente
Grupo MCT = LG'	Modelo: $ep = \psi_1 \cdot (s_3^{\psi_2}) \cdot (sd^{\psi_3}) \cdot (N^{\psi_4})$
MCT - Coeficiente c' = 1,81	Coefficiente de Regressão (k1 ou ψ_1): 0,206
MCT - Índice e' = 1,08	Coefficiente de Regressão (k2 ou ψ_2): -0,24
Massa específica (g/cm ³) = 1,665	Coefficiente de Regressão (k3 ou ψ_3): 1,34
Umidade Ótima (%) = 24,0	Coefficiente de Regressão (k4 ou ψ_4): 0,038
Energia Compactação = Normal	
Norma ou Especificação = DNIT ES 139	

Figura 11 – Características gerais da camada de sub-base proposto pelo software MeDiNa

FONTE: Autoria própria (2023)

Para o subleito, como mostra a Figura 12:

4 - SUBLEITO: Solo Siltoso NS'

Propriedades	Modelos
Descrição do Material = Solo siltoso Papucaia - RJ	Ensaio de Deformação Permanente
Grupo MCT = NS'	Modelo: $ep = \psi_1 \cdot (s_3^{\psi_2}) \cdot (sd^{\psi_3}) \cdot (N^{\psi_4})$
MCT - Coeficiente c' = 1,00	Coefficiente de Regressão (k1 ou ψ_1): 0,244
MCT - Índice e' = 1,68	Coefficiente de Regressão (k2 ou ψ_2): 0,419
Massa específica (g/cm ³) = 1,8	Coefficiente de Regressão (k3 ou ψ_3): 1,309
Umidade Ótima (%) = 13,0	Coefficiente de Regressão (k4 ou ψ_4): 0,069
Energia Compactação = Normal	
Norma ou Especificação = DNIT ES 137	

Figura 12 – Características gerais do subleito proposto pelo software MeDiNa

FONTE: Autoria própria (2023)

Além disso, o software também nos forneceu que o valor de confiabilidade da análise foi de 95 %, que o afundamento da trilha de roda foi de 2,4 mm e que área trincada estimada decorrente dos efeitos de fadiga foram de 29,7 % ao fim do período de projeto estipulado, que foram 20 anos.

4.6.3 RESULTADOS DO COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS

Com base nos resultados obtidos e na comparação entre os métodos DNER e MeDiNa, destacam-se as seguintes considerações: no dimensionamento pelo DNER, a espessura da camada de revestimento foi estabelecida em 10 cm, enquanto as camadas de base e sub-base atenderam ao valor mínimo de 15 cm, conforme as diretrizes normativas. Por outro lado, utilizando o método MeDiNa, observou-se que as espessuras para a base e sub-base permaneceram inalteradas, enquanto a espessura do revestimento aumentou para 15 cm, representando um acréscimo de 5 cm em relação ao método anterior. Isso implica um possível aumento nos custos, porém, segundo o método, proporcionará maior durabilidade e confiabilidade ao longo do tempo, mitigando os efeitos de fadiga e, conseqüentemente, reduzindo as patologias que levam à deterioração do pavimento.

Além disso, é importante ressaltar que o método DNER não considera o comportamento dos materiais e o efeito de fadiga do pavimento, o que resulta em uma estimativa menos precisa da estrutura ideal para atender ao tempo de projeto desejado. Por outro lado, o MeDiNa, ao incorporar modelos de curva de fadiga e deformação permanente, assegura um desempenho superior ao longo da vida útil do pavimento, proporcionando maior confiabilidade a longo prazo.

Outro fator deficiente do método do DNER é a não consideração do módulo de resiliência das camadas do pavimento. A GOINFRA nos forneceu o valor do módulo de resiliência da camada de revestimento, sendo $Mr = 8289 \text{ MPa}$ e para as camadas de base, sub-base e subleito o valor do módulo de resiliência foram, respectivamente, iguais a 350, 250 e 189 MPa. Na Figura 13, mostra o resumo dos valores, aplicados ao método de dimensionamento do MeDiNa.

Estrutura do pavimento

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência
1	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	15,0	Resiliente Linear MR = 8289 MPa
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaïsse C7	15,0	Resiliente Linear MR = 350 MPa
3	SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO Solo Argiloso LG'(1)	15,0	Resiliente Linear MR = 250 MPa
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa

Figura 13 – Valores do módulo de resiliência de cada camada do pavimento

FONTE: Aatoria própria (2023)

Portanto, embora haja semelhanças nas espessuras das camadas de pavimento entre os métodos do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) e o Método de Dimensionamento Nacional (MeDiNa), é evidente que o DNER, por ser um método mais antigo, não abrange aspectos cruciais, como os valores do módulo de resiliência e os efeitos de fadiga ao longo dos anos, ressaltando que o estudo foi realizado em um pavimentos semirrígidos com reforço da base por material cimentado, conferindo maior rigidez à estrutura e influenciando nos efeitos de fadiga e cisalhamento. Podendo, então, haver diferentes interpretações de acordo com os trechos de rodovias

e os seus respectivos resultados de ensaios, recomenda-se um estudo abrangente de casos diversos de composições distintas do pavimento para uma fundação teórica mais adequada.

4.7 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos pelos dois métodos de dimensionamento, torna-se evidente que o método adotado pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), que utiliza o critério de CBR, revela algumas limitações em considerar aspectos cruciais, resultando em uma eficácia inferior nos dias atuais quando comparado ao MeDiNa, que considera o efeito de fadiga, principal fator do surgimento de patologias que deterioram o pavimento, inviabilizando o tempo de vida de projeto.

Embora as espessuras calculadas pelos métodos DNER e MeDiNa não apresentem uma discrepância significativa, observa-se uma notável diferença na camada de revestimento. Enquanto o método DNER sugere uma espessura de 10 cm, o MeDiNa propõe 15 cm. Sendo o revestimento na composição do pavimento responsável direto por receber as cargas dinâmicas da sua utilização, repassando as camadas inferiores por efeito de bulbo de tensões, quanto maior a espessura do pavimento mais resistente as microfissuras. Lembrando que o tempo de vida de um pavimento é dado pela capacidade de suportar o tráfego disposto em cálculo de dimensionamento, ou seja, a capacidade de resistir aos esforços solicitantes. Quanto às camadas de base e sub-base, ambos os métodos convergem para a espessura mínima exigida pela norma, estabelecida em 15 cm, em estudo com materiais semelhantes. Contudo, a disparidade entre os dimensionamentos reside na incapacidade do método DNER em abordar adequadamente os danos causados pelo efeito de fadiga e área trincada ao longo da vida útil dos pavimentos.

O método MeDiNa, ao se fundamentar em teorias e cálculos matemáticos que consideram o comportamento do pavimento com base no tráfego e no período de projeto desejado, emerge como uma abordagem mais confiável em comparação ao método tradicional do DNER. Um estudo conduzido pelo DNIT incluiu um comparativo financeiro entre as estruturas determinadas pelos dois métodos, utilizando dados do sistema de custos referenciais de obras (SICRO) para o estado do Pará em janeiro de 2021. Este estudo revelou que o dimensionamento pelo método MeDiNa resultou em um custo 41% superior em relação ao método DNER.

Destaca-se, igualmente, a relevância do monitoramento contínuo proposto pelo MeDiNa, o qual viabiliza uma avaliação mais precisa do desempenho do pavimento ao longo do tempo. Essa abordagem oferece valiosas sugestões para estudos futuros. Ao analisar o dimensionamento de um pavimento, torna-se imperativo realizar uma análise abrangente de diversos fatores, buscando um equilíbrio entre custos e estados limites de serviço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência CNT Transporte Atual. **Pesquisa CNT de Rodovias indica que 57% dos trechos apresentam problemas.**

Disponível

em:

<https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/pesquisa-cnt-rodovias-2018-indica-57-trechos-apresentam-problemas>.

Acesso em: 25 maio. 2023.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica**: materiais, projetos e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008.

CHEVALLIER, R. **Roman Roads**. Berkeley, Califórnia. 1976

CHIARELLO, Gabriéli Pires; PASCOAL, Paula Taiane; SANTOS, Thaís Aquino; PEREIRA, Deividi da Silva; BARONI, Magno; GERGING, Rafael Parmeggiani. **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 Tabaí/RS**. Departamento de Transportes, Universidade Federal de Santa Maria, 2019.

COUTINHO, João Camilo Penna. **Dimensionamento de pavimento asfáltico: comparação do método do DNER com um método mecanístico-empírico aplicada a um trecho**. Dissertação de Mestrado, Engenharia Geotécnica, Universidade Federal de Ouro Preto. 2011.

DNER. **Método de projeto de pavimentos flexíveis**. Ministério dos Transportes. Dep. Nacional de Estradas de Rodagem. 1981.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de pavimentação. Publicação IPR-697**. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. 2006.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – NORMA DNIT 172/2016 – ME. **Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2006.

FRANCO, Filipe Augusto Cinque de Proença, **Método de Dimensionamento Mecanístico-Empírico de Pavimentos Asfálticos** - SISPAV, 2007, 294p. Tese (Doutorado em ciências em engenharia civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

FRITZEN, Marcos Antônio. **Desenvolvimento e Validação de Função de Transferência para Previsão do Dano por Fadiga em Pavimentos Asfálticos**, 2016, 262p. Tese (Doutorado em ciências em engenharia civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Master Plate. **Diferença entre pavimento rígido e flexível**. Disponível em: <https://masterplate.com.br/diferenca-entre-pavimento-rigido-e-flexivel/#::~:~:text=Uma%20grande%20diferen%C3%A7a%20entre%20o.causa%20de%20sua%20textura%20rugosa>. Acesso em: 26 nov. 2023

MEDINA, Jacques.; MOTTA, Laura Maria Goretti. **Mecânica dos pavimentos**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, Interciência, 2005.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3ª Edição, Oficina de textos. 2006. São Paulo – SP, Brasil.

PITANGUI, Lara Cordeiro. **Análise comparativa do método do DNER com o método mecanístico-empírico MeDiNa**. Monografia de Projeto Final em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 93p. 2019.

PORTO, Arthur Araujo. **Método de Dimensionamento DNIT x Método Mecanístico Empírico: Comparação direta da simulação do desempenho mecânico de um trecho de rodovia**. Trabalho de conclusão de curso, Engenharia Civil, Centro Universitário Christus, 2021.

SILVA, Daniel Cardoso; BARBOSA, Diego Souza. **Análise comparativa entre o novo método de dimensionamento nacional de pavimentos – Medina e o método do DNER**. Trabalho de conclusão de curso, Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, 2021.

SOUZA, Murilo Lopes de. **Método de projeto de pavimentos flexíveis**. Rio de Janeiro, IPR, 1981.



ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ao 08 dia do mês de Dezembro de 2023, às 20 horas e 30 minutos, na presença da Banca Examinadora presidida pelo Professor Nicolas Hoannys Silva Oliveira e composta pelos avaliadores:

1. Karolayne Peres de Melo
2. Felipe Pacheco Gondim

o aluno **Renan Martins Brito** apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DO DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER) E O MÉTODO MECANÍSTICO-EMPÍRICO MEDINA como requisito curricular indispensável para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil pelo Instituto Federal Goiano Campus Trindade.

A Banca Examinadora deliberou e decidiu pela APROVAÇÃO (APROVAÇÃO/ REPROVAÇÃO) do referido trabalho, divulgando o resultado formalmente ao aluno e demais presentes e eu, na qualidade de Presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais examinadores e pelo aluno.

Trindade-GO, 08 de 12 de 2023

Nicolas Hoannys Silva Oliveira
Presidente da Banca Examinadora

Karolayne Peres de Melo
Avaliador 01



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS TRINDADE




Avaliador 02


Renan Martins Brito

Documento Digitalizado Público

Ata de Defesa do Trabalho de Conclusão de Curso

Assunto: Ata de Defesa do Trabalho de Conclusão de Curso
Assinado por: Nicolas Hoannys
Tipo do Documento: Documentos
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Público
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Nicolas Hoannys Silva Oliveira, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO, em 13/12/2023 16:20:36.

Este documento foi armazenado no SUAP em 13/12/2023. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 553532

Código de Autenticação: def5ed2dfe



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Renan Martins Brito

Matrícula:

2019108200840089

Título do trabalho:

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DO DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER) E O MÉTODO MECANÍSTICO-EMPÍRICO MEDINA

RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 18 /03 /2024

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Goânia-GO

18 /03 /2024

Local

Data

Renan Martins Brito

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Nicolas Giovanni Silva Oliveira

Assinatura do(a) orientador(a)