

**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS MACEIÓ  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ANDERSON PEDRO SILVA PEREIRA  
JEFFERSON DE PAIVA RIBEIRO QUEIROZ**

**Apresentação e análise dos métodos de dimensionamento de  
pavimento CBR/DNIT e MeDiNa**

**Maceió - AL**

**2022**

**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS MACEIÓ  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ANDERSON PEDRO SILVA PEREIRA  
JEFFERSON DE PAIVA RIBEIRO QUEIROZ**

**Apresentação e análise dos métodos de dimensionamento de  
pavimento CBR/DNIT e MeDiNa**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
no Instituto Federal de Alagoas Maceió como  
requisito parcial para obtenção do grau de  
bacharel em Engenharia Civil.  
Orientador: Prof. Dr. Romildo José de Souza

**Maceió - AL**

**2022**



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**  
**Instituto Federal de Alagoas**  
*Campus Maceió*  
***Biblioteca Benevides Monte***

---

P436a Pereira, Anderson Pedro Silva.  
Apresentação e análise dos métodos de dimensionamento de pavimento CRB/DNIT e MeDINA / Anderson Pedro Silva Pereira, Jefferson de Paiva Ribeiro Queiroz. - Maceió, 2022.  
36 f. : il.


Orientação: Prof. Dr. Romildo José de Souza.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) -  
Instituto Federal de Alagoas, Campus Maceió, Maceió, 2022.

Arquivo no formato digital em PDF do trabalho acadêmico.

1. Pavimentação. 2. Dimensionamento - Pavimento. 3. MeDINA.  
4. California Bearing Ratio - CBR. I. Queiroz, Jefferson de Paiva Ribeiro.  
II. Título.

CDD: 625.8

---

  
Natva Maria Amaral  
Bibliotecária – CRB-4/989


ANDERSON PEDRO SILVA PEREIRA  
JEFFERSON DE PAIVA RIBEIRO QUEIROZ

**Apresentação e análise dos métodos de dimensionamento de  
pavimento CBR/DNIT e MeDiNa**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Banca do curso de  
bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Alagoas Campus Maceió

Maceió, Alagoas, 23 de novembro de 2022.

**BANCA EXAMINADORA:**

 Documento assinado digitalmente  
ROMILDO JOSÉ DE SOUZA  
Data: 09/12/2022 11:41:31 -0500  
Verifique em <https://verificador.ifi.br>

---

**Prof. Dr. Romildo José de Souza (Orientador-IFAL)**

*João Gilberto T. Silva*

---

**Prof. Dr. João Gilberto Teixeira Silva (IFAL)**

*Fernando P. M. Vasconcelos*

---

**Prof. Ms. Fernando Henrique Miranda de Vasconcelos (IFAL)**

---

**Suplentes**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelas oportunidades obtidas, pelas conquistas e aprendizagens.

Agradecemos formalmente ao nosso orientador Romildo José de Souza que nos forneceu total apoio e ajuda no desenvolvimento da nosso Trabalho de Conclusão de Curso, gostaríamos de agradecer também aos nossos professores do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Alagoas – IFAL, campus Maceió.

Agradecemos por fim, aos colegas de turma que se tornaram novos amigos, e a todas as pessoas que nos apoiaram, contribuíram e incentivaram ao longo de toda nossa jornada no curso.

## RESUMO

O método do dimensionamento de pavimento California Bearing Ratio (CBR) foi o método oficial de dimensionamento do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) durante muitos anos. Tendo em vista a evolução de teorias de dimensionamento e a tecnologia, em 2021 foi anunciado a migração desta metodologia pelo software MeDiNa que promete ser mais descritivo nos resultados. Então, ao realizar e apresentar um exemplo de dimensionamento de cada um dos métodos, é possível analisar as informações necessárias dos materiais do pavimento de cada um, fazer um comparativo entre as características dos materiais que são básicos para ambos e como apresentam-se os resultados utilizando o método antigo e o que está sendo implantado. Portanto, os ensaios de caracterização dos índices físicos são comuns para ambos, diferenciam-se que para o método antigo que era necessário o índice CBR, enquanto para o método MeDiNa o módulo de resiliência, Poisson e a deformação do solo são índices que precisam ser obtidos por meio de ensaios de cada material para o dimensionamento e como não se conhece ainda relações físicas entre esses coeficientes, não é possível descrever se um ou outro dimensionamento terá um pavimento mais econômico. Quanto aos resultados obtidos, são apenas as espessuras do pavimento em um e em outro. Onde é dado um relatório que, além das espessuras do pavimento, tem previsões de afundamento de trilho de roda em cada camada, área trincada final, e durante a vida útil, considerações de cálculo e informações dos materiais. Sendo assim, o software se apresenta mais prático e com maior riqueza de informações.

**Palavras-chave:** CBR; MeDiNa; Dimensionamento; Pavimentação;

## **ABSTRACT**

The CBR pavement design method was the official DNIT design method for many years. In view of the evolution of sizing theories and technology, in 2021 the migration of this methodology by the MeDiNa software was announced, which promises to be more descriptive in the results. So, when performing and presenting an example of sizing of each of the methods, it was possible to analyze the necessary information of the pavement materials of each one, make a comparison between the characteristics of the materials that are basic for both and how the results are presented using the old method and what is being deployed. Therefore, the characterization tests of the physical indices are common for both, they differ that for the old method that the CBR index was necessary, while for the MeDiNa method the resilience modulus, Poisson and the soil deformation are indices that need to be obtained through tests of each material for the design and as the physical relationships between these coefficients are not yet known, it is not possible to describe whether one or the other design will have a thicker floor. As for the results obtained, they are only the pavement thicknesses in one and in the other a report is given that in addition to the pavement thickness has predictions of wheel track sinking in each layer, final cracked area and during the useful life calculation considerations, material information. Thus, the software is more practical and with greater wealth of information.

Keywords: CBR; MeDiNa; Sizing; Paving;

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de Seção transversal do pavimento.....	4
Figura 2: Rodovias Federais .....	5
Figura 3: Rodovias Estaduais.....	6
Figura 4: Ábaco de espessura do pavimento.....	9
Figura 5: Espessura de Revestimento.....	10
Figura 6: Coeficiente K.....	11
Figura 7: Manual da Versão citada.....	12
Figura 8: Ábaco de espessura do pavimento.....	14
Figura 9: Ábaco de espessura do pavimento.....	15
Figura 10: Tabela de propriedades.....	17
Figura 11: Dimensionamento MeDiNa.....	19

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres

CBR – *California Bearing Ratio*

CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado à Quente

CNT – Confederação Nacional de Transportes

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

ISC – Índice de Suporte California

MeDiNa – Método de Dimensionamento Nacional

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	2
<b>1.1. JUSTIFICATIVA</b> .....	3
<b>1.2. OBJETIVOS</b> .....	3
<b>1.2.1 OBJETIVO GERAL</b> .....	3
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	4
<b>2.1. PAVIMENTO</b> .....	4
<b>2.2. Sistema Rodoviário Nacional</b> .....	6
<b>2.3. CAMADAS DO PAVIMENTO</b> .....	8
<b>2.1.1 Subleito</b> .....	8
<b>2.1.2 Reforço de subleito</b> .....	8
<b>2.1.3 Sub-base</b> .....	9
<b>2.1.4 Base</b> .....	9
<b>2.1.4 Revestimento</b> .....	9
<b>2.4. MÉTODO CBR/DNIT (Murilo Lopes de Souza</b> .....	9
<b>2.5. MÉTODO MEDINA</b> .....	12
3. DIMENSIONAMENTO .....	14
<b>3.1. DIMENSIONAMENTO CBR/DNIT</b> .....	14
<b>3.2 DIMENSIONAMENTO MEDINA</b> .....	17
4. <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	20
5. <b>CONCLUSÃO</b> .....	24
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	25

## 1. INTRODUÇÃO

O tráfego rodoviário, segundo a Agência Nacional de Transportes (ANTT, 2022), entre todos os tipos de transportes, é o que tem predominância no território brasileiro, fato trazido de anos atrás que se demonstra no século 21 e cada vez mais cresce no Brasil devido ao alto investimento na logística terrestre e o aumento da quantidade de veículos automotivos que trafegam nas vias brasileiras.

De acordo com a ANTT (2022), a infraestrutura de transportes é a base do desenvolvimento e crescimento econômico de um país, pois ela promove a integração nacional, permitindo a movimentação das riquezas naturais, produtos industrializados, bens de consumo e pessoas entre todas as regiões do país e para o exterior.

A concessão de rodovias garante o investimento e a manutenção necessária em trechos rodoviários estratégicos para o desenvolvimento da infraestrutura do país. Sendo o Brasil um país que tem cerca de 80% de sua logística sendo terrestre e tendo segundo a ANTT (2022), 10.935 km concedidos de extensão de suas rodovias.

Portanto, há a necessidade de melhoria nos estudos de dimensionamento do pavimento, ponto observado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT, 2022), que atualizou o seu método de Dimensionamento, que anteriormente era o Método California Bearing Ratio (CBR) para o Método MeDiNa, o método de dimensionamento atual apresenta uma base de cálculo bem sólida, além disso é um método mais moderno e é feito através do próprio software que é disponibilizado para dimensionamento, contudo, as manifestações de problemas na logística terrestre não acontece somente por erros de dimensionamento de pavimento, outros problemas como execução não feita conforme projeto, veículos que transitam com a carga acima da permitida no pavimento, estradas sem projeto de drenagem de águas pluviais dentre vários outros motivos possíveis, dessa forma é importante salientar que o objeto de estudo desse trabalho é apresentar e analisar os métodos de dimensionamento CBR/DNIT e o método MeDiNa.

## **1.1. JUSTIFICATIVA**

De acordo com Silva e Santos (2021, p.115) para garantia da eficiência estrutural do pavimento de projeto, a via precisa ser constituída de diversas camadas onde cada uma dessas contém distintas finalidades e diferencia-se por meio das composições existentes nos materiais utilizados. Atualmente são notórias as imprevisibilidades quando se trata em solucionar os problemas nas pavimentações das vias brasileiras, pois costuma-se implantar sistemas corretivos e executivos a curto prazo, levando ao comprometimento das camadas constituintes e diminuindo o seu período de vida útil.

Tendo em vista os pontos supracitados, observamos a importância desse tipo de logística terrestre para o Brasil, dessa forma, o estudo do processo de construção do pavimento, desde de o seu método de dimensionamento, até a execução e manutenção torna-se necessário e imprescindível para a evolução dos pavimentos brasileiros.

O DNIT vem buscando atualizar seu método de dimensionamento para melhor atender a rede de transportes terrestres buscando uma maior durabilidade e maiores resistências ao tráfego de veículos pesados, adotando como padrão método MeDiNa, que apresenta no seu método de cálculo uma estrutura robusta, com análise e dimensionamento do pavimento através da entrada de dados das camadas a serem utilizadas no pavimento.

## **1.2. OBJETIVOS**

Os objetivos deste estudo estão divididos e apresentados entre objetivo geral e objetivos específicos, descritos a seguir.

### **1.2.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral desse estudo é apresentar e analisar os métodos de dimensionamentos CBR/DNIT e MeDiNa, baseando-se no dimensionamento de cada método.

### 1.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Com o intuito de atingir o objetivo principal do estudo, foram definidos os objetivos específicos, entre eles:

- Apresentar cada método de cálculo.
- Fazer um dimensionamento a partir de cada um dos dois métodos.
- Comparar os dados necessários para cada método e discorrer sobre os resultados obtidos em cada dimensionamento.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse tópico será apresentado alguns conceitos e informações importantes para fundamentar com conhecimentos necessários e intrínsecos ao objeto de estudo do tema.

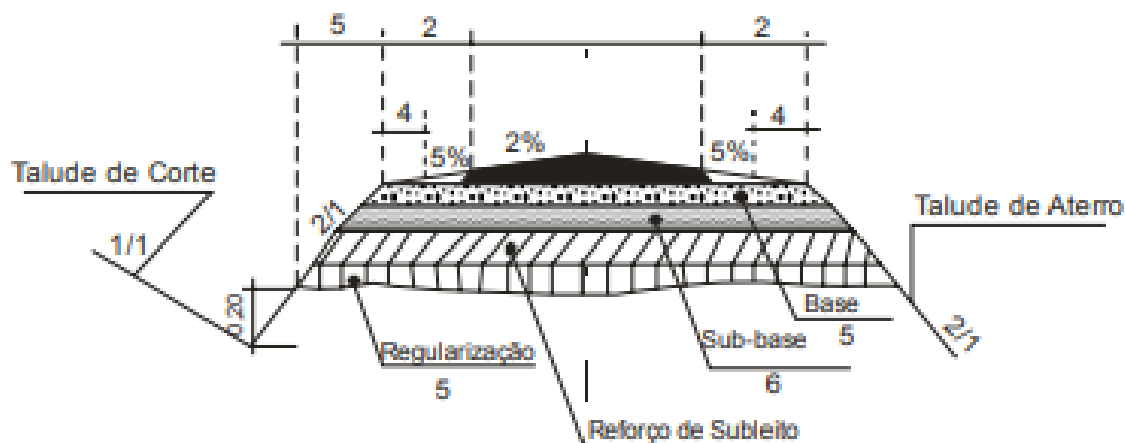
### 2.1. PAVIMENTO

A estrutura de pavimento flexível é a mais comum no Brasil. Composto por camadas, devendo possuir uma boa divisão entre elas, já que “todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre elas. (MANUAL DNIT 2006).

“Porém, em todo território nacional, é possível observar falhas nos revestimentos executados em CBUQ (Pavimento Flexível), ocasionando dúvidas relacionadas à sua efetividade ao longo de sua vida útil e gerando buscas por novos métodos de dimensionamento da pavimentação.” LAUBE, BATISTA E LEITE (2021, p.2)

As definições dos diversos constituintes do pavimento de acordo com o manual do DNIT estão esquematizadas na Figura 1, nela está exposta uma esquematização didática

Figura 1: Esquema de Seção transversal do pavimento



Fonte: DNIT (2006)

As funções de cada camada serão apresentadas no tópico 2.3, do presente estudo.

Um dimensionamento efetivo deve prever espessuras de camadas conhecendo-se o material que será usado para que não crie grandes deformações nem rompimento do pavimento “a camada de material granular aumentará a estabilidade da estrada de cargas mais pesadas” (BARBER,1963).

A metodologia utilizada pelo DNIT atualmente foi desenvolvida pelo engenheiro Murillo Lopes de Souza que, de acordo com Silva, Godoi e Holz (2019), é um método baseado no “*Design of flexible pavements considering mixed loads and traffic*” do corpo de engenheiros do exército dos Estados Unidos da América e na análise das conclusões da pista experimental da AASHO. O método de dimensionamento é feito através da determinação da altura equivalente para a proteção da camada subjacente e essa é determinada de acordo com o CBR do solo a ser preservado.

De acordo com Melo (2021), o ensaio CBR é o principal ensaio para se avaliar a resistência do solo a penetração, pelo método do Murilo Lopes, oferecendo informações acerca da via e os potenciais pontos de ruptura e deformação que o solo pode sofrer.

O método adotado pelo DNIT está em migração entre o do Índice de Suporte Califórnia (CBR) pelo software MeDiNa que vem ganhando espaço e mostrando bons resultados para o dimensionamento.

## 2.2. Sistema Rodoviário Nacional

O Sistema Rodoviário Nacional (SRN) é dividido em pelos 3 tipos de jurisdição, Federal, Estadual e Municipal, De acordo com a SINFRA Mato Grosso (2017), as definições para cada tipo de rodovia:

- **RODOVIAS FEDERAIS:** São estradas de rodagem, sob a jurisdição do governo federal, definidos pela Lei nº 12.379, de 06 de janeiro de 2011, que estabelece o Sistema Nacional de Viação (SNV). A responsabilidade por sua administração pode estar a cargo do governo, por administração direta, ou delegada ao Estado ou Município, ou ainda, estar concedida à iniciativa privada, como pode ser observada na figura 2.

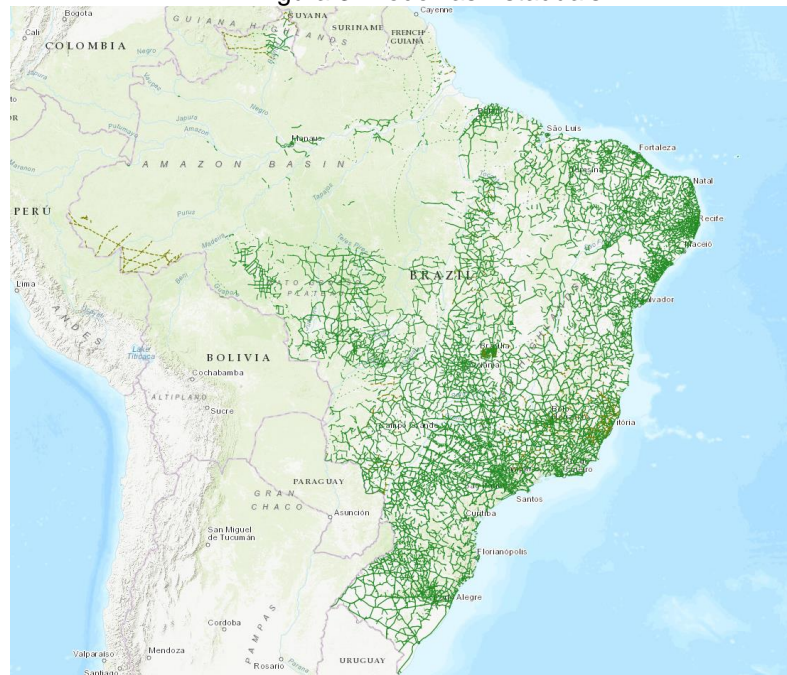
Figura 2: Rodovias Federais



Fonte: DNIT (2022)

- **RODOVIAS ESTADUAIS:** São do governo estadual (ver figura 3) e faz parte de seu sistema rodoviário, cuja administração pode ser por administração direta, por concessão à iniciativa privada ou por delegação ao município através de convênios. O DNIT só reconhece oficialmente como Rodovias Estaduais, àquelas que constam do Sistema Rodoviário Estadual.

Figura 3: Rodovias Estaduais



Fonte: DNIT (2022)

- **RODOVIAS MUNICIPAIS:** São estradas de rodagem, sob a jurisdição do governo municipal, constante de seu sistema rodoviário, cuja administração pode ser por administração direta ou por iniciativa privada.

As rodovias brasileiras, como foi supracitado, tem uma estrutura para definir a jurisdição responsável pela execução e manutenção das vias, contudo, devido ao grande desgaste das vias, decorrentes de algumas variáveis, sendo estas desde a má execução da via, até a falta de manutenção da mesma, gera vários problemas que impactam diretamente a logística terrestre, entre os principais problemas estão os buracos, ondulações, fissuras e trincas. Esses defeitos de acordo com a Confederação Nacional de Transporte (CNT, 2022) são encontrados em mais da metade das rodovias pavimentadas do Brasil.

O pavimento executado com revestimento asfalto, mais comum no país, tem vida útil estimada entre 8 e 12 anos. Na prática, os problemas estruturais começam a aparecer bem antes, em alguns casos, apenas sete meses após a conclusão da rodovia.

De acordo com o FGV Transportes (2022), a média anual dos investimentos públicos em infraestrutura de transportes foi de 0,31% do PIB entre 2008 e 2018. Já em 2019, de acordo com o boletim da CNT (2022), os investimentos do Governo Federal em infraestrutura de transportes corresponderam a apenas 0,14% do PIB nacional, menor percentual dos últimos 12 anos. (ANTT, 2022)

Segundo a CNT (2017) a metodologia utilizada no Brasil para projetar rodovias tem uma defasagem de quase 40 anos em relação a países como Estados Unidos, Japão e Portugal. Dessa forma, concluímos que o Sistema Rodoviário Nacional, tendo em vista os pontos citados, representa uma quantidade pequena de investimento dentro do PIB nacional, mas não somente esse ponto tem tanta influência nas situações das vias atuais brasileiras, a falta de contrato de manutenção das rodovias, falha da fiscalização da execução que geram obras abaixo dos padrões mínimos exigidos, veículos que circulam com sobrepeso, dentre outros fatores, acarretam na diminuição da vida útil dos pavimentos brasileiros.

## **2.3. CAMADAS DO PAVIMENTO**

### **2.1.1 Subleito**

O solo originário ou aterro poderá ser chamado de subleito, o “assento” do pavimento. Para as condições dele que se dimensiona o as camadas. As condições exigidas para ele são que a expansão seja menor igual a 2%. (BRASIL, 2006).

### **2.1.2 Reforço de subleito**

O reforço do subleito é camada facultativa que consiste na adição de material com propriedades melhores do que a do subleito existente. Faz-se uma opção interessante para melhores condições do pavimento e economia nas demais camadas de projeto durante o dimensionamento. (BRASIL, 2006).

### **2.1.3 Sub-base**

A sub-base pode consistir em solo com grau de resiliência intermediário, é a camada complementar à base, quando por circunstâncias técnico econômicas não for aconselhável construir a base diretamente sobre regularização. Deve ter expansão menor igual a 1%. (BRASIL, 2006).

### **2.1.4 Base**

É um material de baixa resiliência, cuja camada é destinada a resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual se constrói o revestimento. (BRASIL, 2006).

### **2.1.4 Revestimento**

O revestimento é a camada que recebe diretamente a pressão do rolamento dos veículos e transfere para base permitindo preferencialmente condições boas, quanto à comodidade e segurança e a resistir ao desgaste. (BRASIL, 2006).

## **2.4. MÉTODO CBR/DNIT (Murilo Lopes de Souza**

A partir de ensaios que demonstram o comportamento do solo quando submetido a ação, fazendo analogia ao tráfego de veículos, é possível criar um método empírico de dimensionamento para um pavimento. O ensaio de CBR consiste na determinação da razão entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão num corpo-de-prova de material, e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa brita padronizada. (DNIT, 2006).

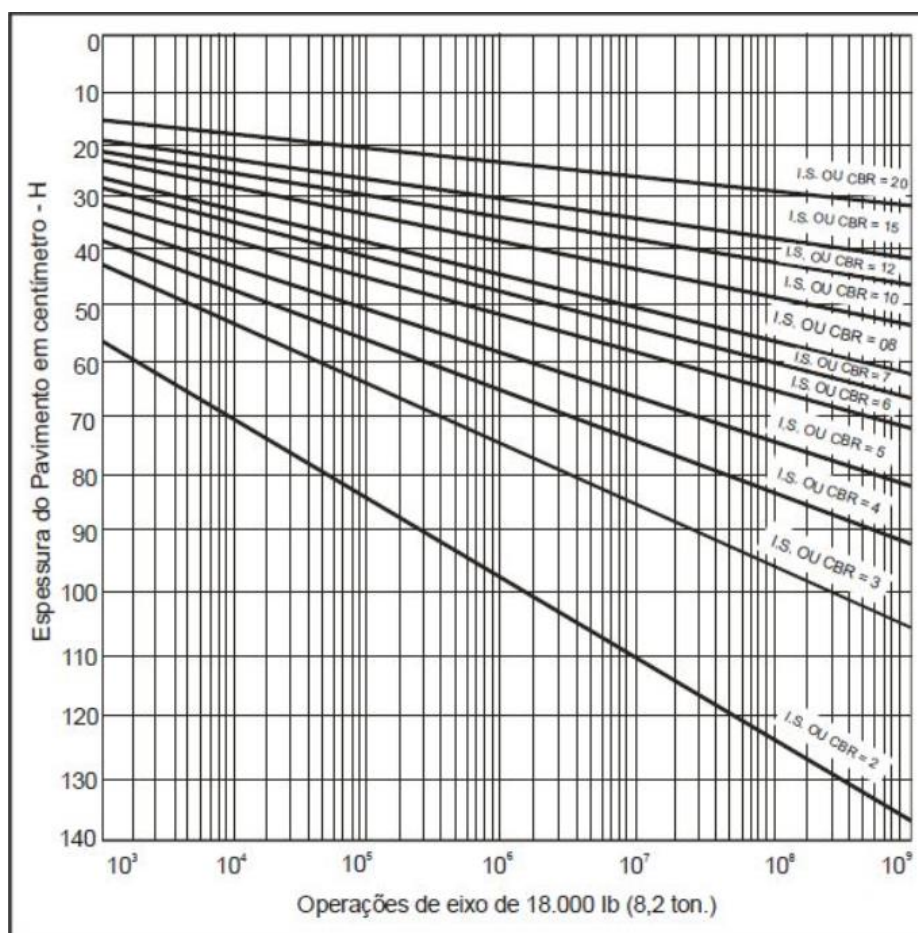
“O valor dessa relação, expressa em percentagem, permite determinar, por meio de equações empíricas, a espessura de pavimento flexível necessária, em função do tráfego”. (BRASIL, 2006, pag. 37).

Antes era o método oficial de dimensionamento e ainda é bastante utilizado. Para o dimensionamento de estruturas de pavimentos, utilizava-se no país principalmente CBR, no dimensionamento convencional do DNIT. (SOUZA, 1979).

Para o dimensionamento do pavimento, a ação de desgaste considerada no pavimento é o número de operações de rodagem (N). Este valor considera fator (fator climático, fator carga, fator eixo), junto a uma vida útil estimada, permite empiricamente a estimativa da espessura do pavimento que permita conforto e segurança aos usuários durante o período de tempo estimado. (BRASIL, 2006).

Partindo do pressuposto de que já se conhece o N e as propriedades dos materiais a serem utilizados nas camadas do pavimento. O dimensionamento do pavimento pelo antigo método do DNIT é realizado com auxílio de ábacos que correlacionam valores de espessuras, CBR e N que podem ser aplicados para cada camada do pavimento. (BRASIL, 2006)

Figura 4: Ábaco de Espessura do pavimento



Fonte: DNIT (2006)

Para facilitar o entendimento, o eixo das abscissas apresenta a potência de 10 do número “N” e o eixo das ordenadas apresenta a espessura máxima que deve existir sobre a camada estudada (ver figura 4 acima).

Conhecendo os materiais que serão utilizados no pavimento e seu respectivos CBR, é possível identificar espessuras equivalentes de pavimento como um todo para cada material que complementa o pavimento.

Primeiro passo é escolher o valor mínimo para o tipo e espessura do seu pavimento, podendo seguir a planilha mostrada na figura 5.

Figura 5: Espessura de Revestimento

**Espessuras de revestimento - versão original**

N	R <sub>min</sub> (cm)
Até 10 <sup>6</sup>	5,0
De 10 <sup>6</sup> a 10 <sup>7</sup>	7,5
Mais de 10 <sup>7</sup>	10,0

Fonte: DNIT (2006)

Ao entrar no ábaco da figura 4 com valor inicial do CBR do subleito, obtém o valor da espessura total do pavimento que vamos chamar de H, ao inserir o CBR da sub-base encontra-se uma espessura que pode ser chamada de  $H_{20}$ , quando o procedimento é com a base é  $H_b$ . Cada um dos materiais aplicados em cada revestimento possui um coeficiente de equivalência e a equação fica da seguinte forma. (BRASIL, 1996).

$$H_r * Kr = \text{espessura do equivalente do revestimento}$$

$$H_r * Kr + H_b * Kb = \text{espessura do equivalente do revestimento + Base}$$

$$H_r * Kr + H_b * Kb + H_{20} * K_{20} = \text{espessura do equivalente do revestimento + Base + subbase.}$$

$$H_r * Kr$$

$$H_r * Kr + H_b * Kb = H_{20} = \text{valor retirado do ábaco com CBR da subbase.}$$

$$H_r * Kr + H_b * Kb + H_{20} * K_{20} = h \text{ valor retirado do ábaco com CBR do subleito.}$$

O coeficiente k podem ser obtidos na tabela das figuras 6.

Figura 6: Coeficiente K

<b>Coeficientes de equivalência estrutural - K</b>	
<b>Componentes dos pavimentos</b>	<b>Coeficiente k</b>
Base ou revestimento do 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 por penetração	1,20
Base granular	1,00
Sub-base granular	0,77 (1,00)
Reforço do subleito	0,71 (1,00)
Solo-cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm <sup>2</sup>	1,70
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 kg/cm <sup>2</sup> e 35 kg/cm <sup>2</sup>	1,40
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, inferior a 38 kg/cm <sup>2</sup>	1,00

Fonte: DNIT (2006)

## 2.5. MÉTODO MEDINA

O método MeDiNa, tem esse nome em homenagem ao professor Jacques de Medina, mestre pela Universidade de Purdue, Indiana-EUA, em 1951, formado em engenharia Elétrica pela Escola Nacional de Engenharia da Universidade do Brasil. Atuou como engenheiro no Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), foi chefe laboratório central do DER.

O MeDiNa é um *software* de computador que realiza a verificação e o dimensionamento através da análise de dados empíricos de estruturas de pavimentos asfálticos, por meio da rotina AEMC de Análise Elásticas de Múltiplas Camadas. De acordo com o Manual de Ajuda Programa MeDiNa (2020), disponibilizado pelo Governo Federal, para difusão de conhecimento e para a sua utilização, o programa é fruto do termo de execução descentralizada celebrado de 2015 a 2018 entre o Instituto de Pesquisas Rodoviárias e o Instituto Alberto Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, teve a colaboração também do Centro de Pesquisas da Petrobrás e outras Universidades

brasileiras. A linguagem de programação utilizada para o desenvolvimento do software é em Visual C++.

Figura 7: Manual da Versão citada.



Fonte: DNIT (2022)

Para a análise e dimensionamento do *software* é necessário inserir antes do cálculo de uma estrutura de pavimento, um conjunto de informações necessárias, as informações sobre o subleito, seria o módulo, Curva de Deformação permanente obtida em laboratório, além dessas, o conhecimento das propriedades e o módulo de deformação permanente dos materiais que vão ser utilizados nas Bases, sub-bases e reforço do subleito também deve ser conhecidos, e é importante ressaltar que a confiabilidade do resultados informados é fundamental para o dimensionamento assertivo do programa. Se os materiais a serem utilizados para a execução da estrutura do pavimento forem produzidas em usinas ou centrais definidas pelo projetista, o programa pré-estabelece os parâmetros mínimos a serem exigidos. Além das informações sobre o solo é necessário também inserir o número equivalente de Eixos, vale salientar que esse dado é sensível dentro do *software*, uma pequena variação nesse dado muda significativamente os parâmetros definidos da estrutura do pavimento.

### 3. DIMENSIONAMENTO

Nesse tópico será apresentado o cálculo do dimensionamento por cada método.

#### 3.1. DIMENSIONAMENTO CBR/DNIT

Para o dimensionamento pelo método do CBR/DNIT foram feitas as considerações mostradas a baixo:

- Tráfego de veículos comerciais pesados ( $N \leq 5 \times 10^6$ ).
- O tráfego de veículos pesados foi estimado considerando-se a passagem diária (dias corridos) de 2 veículos comerciais pesados do tipo caminhão trator + semi-reboque (DNIT/Classe 2S3 – N equivalente = 5)
- Revestimento – escolhido concreto betuminoso usinado a quente CBUQ,  $K_r = 2,00$
- Base – selecionado brita graduada simples BGS,  $K_b = 1,00$
- Sub-base - A camada de sub-base deverá ser executada com material granular de forma a atender os seguintes índices:  $K_{20} = 0,77$ .
- CBR = 20%;
- Expansão  $\leq 1\%$ ;
- Grau de compactação  $GC \geq 100\%$  da energia intermediária.

Dependendo das características do material do solo local, a camada de sub-base poderá ser executada utilizando o próprio solo tratado com estabilizantes, de forma a conferir as características acima. Este caso deve ser acompanhado por um laboratório especializado, para definir o tipo de material mais adequado para o tratamento do solo, e sua respectiva dosagem.

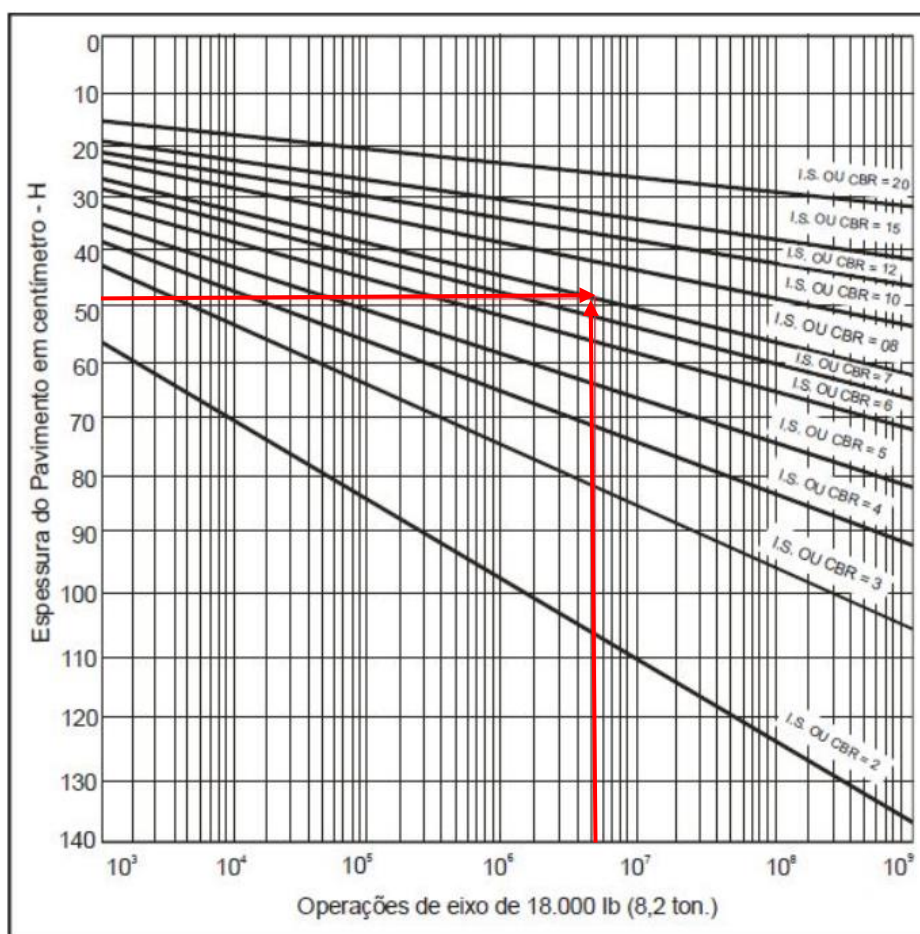
- Subleito: CBR = 8%; Expansão = 1;

Com os dados do solo e seguindo os procedimentos descritos no item 2.4 nas páginas de 08 a 11, é possível realizar o dimensionamento empírico do pavimento.

Na figura 5 mostrada na página 10, é possível retirar a espessura do pavimento CBUQ sabendo que o  $N = 5 * 10^6$ , então  $H_r = 7,5cm$ .

Sabendo que o subleito possui CBR de 8 então levado este valor até o ábaco da figura 8, como mostrado em vermelho, retiramos que a espessura equivalente do pavimento é de 48cm como mostrado na figura abaixo.

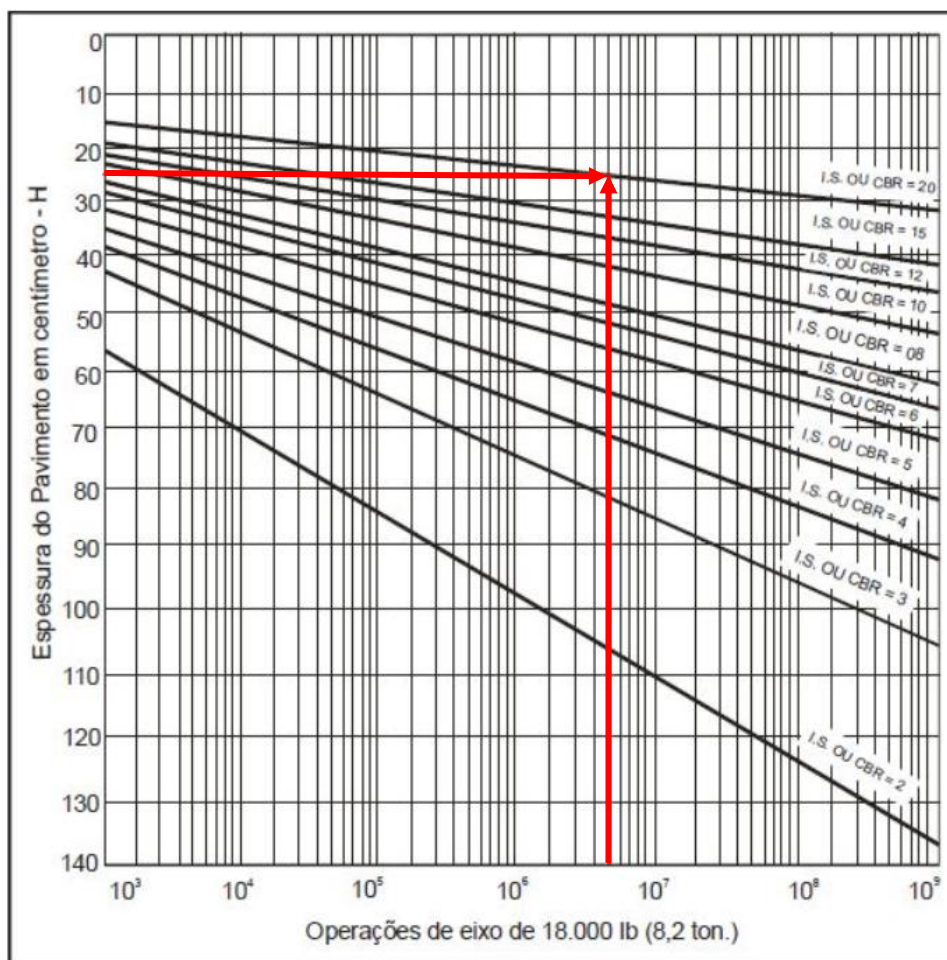
Figura 8: Ábaco de espessura do pavimento



Fonte: Adaptado pelos autores (2022)

Sabendo que o sub-base possui CBR de 20 então levado este valor até o ábaco da figura 9, página 15 como marcado em vermelho, determinamos que a espessura equivalente do pavimento é de 25cm como mostrado na figura abaixo.

Figura 9: Ábaco de espessura do pavimento



Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

$$H_r * Kr = 7,5 * 2 = 14$$

$$H_r * Kr + H_b * Kb = H_{20} : H_b * Kb = 25 - 14 = 11\text{cm, vamos adotar } 15\text{cm.}$$

$$H_r * Kr + H_b * Kb + H_{20} * K_{20} = h \rightarrow H_{20} * 0,77 = 48 - 14 - 15 \rightarrow H_{20} = \frac{23}{0,77}$$

$$\Rightarrow H_{20} \cong 30\text{cm}$$

Sendo assim, a estrutura do pavimento é a seguinte segundo o dimensionamento pelo método CBR:

Revestimento = 7,5cm.

Base = 15cm.

Sub-base = 30cm

### 3.2 DIMENSIONAMENTO MEDINA

O dimensionamento MeDiNa é realizado a partir de um software no qual é necessário que o projetista faça alimentação dos dados a partir de dados ensaiados do material do pavimento. Os ensaios que precisam ser realizados são para determinação de: módulo de resiliência, coeficiente de Poisson.

O programa MeDiNa vem com uma base de dados incorporada com informações de materiais ensaiados e que constam em publicações técnicas. Os materiais incorporados na base não são passíveis de alterações em suas propriedades. Apenas a espessura e o tipo de Módulo (elástico linear ou não linear) quando disponíveis.

O projetista deve sempre ensaiar os materiais que farão parte do projeto. O programa MeDiNa permite que o projetista salve seus materiais na base de dados. Os materiais criados pelo projetista podem ser alterados a qualquer tempo.

Todas as vezes que o programa carregar um arquivo próprio (.pvt), ele irá checar se os materiais a serem carregados constam da base de dados do projetista. Ao não encontrar na base de dados, o programa MeDiNa salva automaticamente na base o material existente no projeto salvo no arquivo (.pvt). Isso foi criado para permitir o intercâmbio entre projetistas, ou para o órgão fiscalizador analisar o projeto diretamente do programa.

Caso algum problema ocorra na base de dados, o projetista poderá recuperar a base original de instalação. Para isso, clicar no Menu Editar e depois recuperar base de dados. Entretanto, todos os materiais que foram salvos pelo projetista serão perdidos. Só utilize esse recurso em caso extremo. (Software MeDiNa versão 1.1.5.0).

A tabela de propriedades do material pode ser visualizada na imagem abaixo retirado do software MeDiNa.



seguir a norma DNIT 179/2018-IE - Pavimentação – Solos – Determinação da deformação permanente.

Para o cálculo da deformação permanente, o programa MeDiNa utiliza o estado de tensões calculado nos pontos sob a roda e entre as rodas, a 25cm de profundidade do topo do subleito.

A deformação permanente calculada para cada camada é somada para compor a deformação permanente total utilizada no dimensionamento. Além disso, o programa emite um Alerta quando a deformação permanente do subleito ultrapassar 5mm.

Considerando que está preenchido as condições de tráfego. O software realiza dimensionamento considerando uma camada apenas dando um click na tecla F2. Se for do interesse avaliar a estrutura colocada previamente sem o software mudar a espessura da camada basta clicar F3.

No exemplo de dimensionamento abaixo foi utilizado o modelo padrão com a estrutura fornecida pelo software, com os próprios materiais salvos no banco de dados e carga de dados inicial do programa.

Figura 11: Dimensionamento MeDiNa

## Dimensionamento do pavimento

Empresa: **IFAL - INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS**

Nome do Projeto: **TCC**

Responsável pelo projeto: **Pereira , Queiroz**

Seção do pavimento dimensionada considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MeDiNa.

Tipo de via: **Sistema Arterial Primário**

Nível de confiabilidade: **85%**

Período de projeto: **10** anos.

Análise realizada em **09/10/2022 às 13:42:27** no modo: **Pavimento Novo (Nível A)**

Área trincada prevista no pavimento no fim do período: **28,9%**

Afundamento de Trilha de Roda previsto no pavimento no fim do período: **5,0mm**

*ATENÇÃO: O programa MeDiNa é apenas uma ferramenta de cálculo que auxilia o projetista no dimensionamento ou na avaliação de pavimentos, conforme descrito no Guia do Método Mecnístico Empírico. O conhecimento das propriedades dos materiais a serem aplicados na estrutura do pavimento, por meio de ensaios de laboratório, assim como o conhecimento detalhado do tráfego são imprescindíveis para a elaboração do projeto. O sucesso do projeto somente será alcançado se as propriedades dos materiais consideradas no dimensionamento sejam aplicadas no campo e verificadas a partir de ensaios geotécnicos com um controle de qualidade rigoroso.*

*Portanto, a responsabilidade pelo projeto é exclusivamente do engenheiro projetista, que deve entender e avaliar criteriosamente os resultados gerados pelo programa, antes de aprovar o projeto para a execução no campo.*

## Estrutura do pavimento

Cam	Material	Espessura (cm)	Módulo de Resiliência	Coef de Poisson
1	CONCRETO ASFÁLTICO RJ CAP 30/45 #12,5mm Sepetiba	7,0	Resiliente Linear MR = 9000 MPa	0,30
2	MATERIAL GRANULAR Brita Graduada - Gnaisse C5	30,0	Resiliente Linear MR = 381 MPa	0,35
3	SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO Solo Arenoso Fino LA'	20,0	Resiliente Linear MR = 494 MPa	0,45
4	SUBLEITO Solo Siltoso NS'	SL	Resiliente Linear MR = 189 MPa	0,45

Fonte: Próprio Autores (2022)

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este TCC teve como objetivo analisar dois métodos de dimensionamento de pavimento sendo um o Método do CBR/DNIT e o outro pelo Método MeDiNa. Ambos tem a finalidade de determinar a estrutura do pavimento, através de dados obtidos por ensaio do solo e dos materiais a serem utilizados no pavimento, nesse sentido, uma vez que os parâmetros e dados a serem utilizados são diferentes, entende-se que cada método tem seu determinado objetivo de análise, corroborando para algumas diferenças nos resultados obtidos na estrutura do pavimento.

Dessa forma, ao realizar os dois dimensionamentos, foi possível identificar os parâmetros necessários para cada um, sendo que para o Método do Dimensionamento Nacional MeDiNa são necessários mais informações e ensaios do material do pavimento para alimentação das características do pavimento no software como mostrado na figura 10. Enquanto para o método CBR/DNIT o ensaio principal é o próprio ensaio de CBR para a realização do dimensionamento inserindo o valor na figura 4, na página 9, juntamente com número de operação de rodagem e tem como resposta uma espessura de pavimento equivalente. Além desses tem os de caracterização física que são comuns a ambos os métodos.

O resultado apresentado pelo MeDiNa é um relatório com diversas informações, que servem para os executores fazerem planejamentos e estudos durante a vida útil do pavimento, podendo acompanhar a evolução dos desgastes e afundamento com os anos e analisar camadas já existentes para conhecer mais informações. Enquanto que para dimensionamento pelo método do CBR o resultado é a espessura equivalente de um pavimento para os parâmetros e vida útil indicada para o cálculo do número de operações de rodagem.

Uma pergunta frequente é qual dos métodos será mais espessa, isto poderia ser analisado executando um dimensionamento aplicando as menores condições de materiais e tráfegos para ambos os pavimentos. Todavia, este exemplo apresentaria apenas espessuras para um único caso e materiais e tráfegos, pois, como apresentados nas perguntas frequentes do software MeDiNa, podendo visualizar ao clicar em “F1” e “perguntas frequentes” a resposta é a seguinte “não é possível afirmar se as estruturas serão mais espessas com o novo método. Como não existe correlação entre CBR e os parâmetros de resistência dos materiais os

resultados podem ser tanto no sentido de reduzir de espessura, quanto para aumentar, pois vai depender da qualidade desses materiais”.

Portanto, não há a necessidade de comparação entre os dois métodos de dimensionamento com a finalidade de observar qual dos dois métodos ofereceria a estrutura mais econômica, tendo em vista que os parâmetros utilizados para o cálculo de cada um são diferentes e tem finalidades diferentes. Analisando o método MeDiNa, observa-se a riqueza de dados e de análise que é requerida dos materiais a serem utilizados no solo, os principais parâmetros necessários do método MeDiNa são: o coeficiente de Poisson que reflete o quanto o solo deforma no sentido vertical, quando submetido a um carregamento na vertical; o módulo de Resiliência que é uma propriedade mecânica do solo que auxilia o software para fazer análises de tensão e deformação do solo e a Deformação Permanente observada antes da ruptura ou estricção, que nada mais é do que a redução da área da seção transversal antes da ruptura. Em contrapartida o Método CBR/DNIT, da forma que é analisada no Brasil apresenta um menor poder de análise, pois utiliza como parâmetro apenas a análise do ensaio CBR e o cálculo do número de operação de rodagens, número N.

Isto posto, conclui-se que o novo método, apresenta um poder de análise do solo maior que o do método anterior, além de ser feito o cálculo através do software, que diminui o risco de erro durante a execução do projeto do pavimento, visto que para o dimensionamento, é necessário somente a alimentação dos valores dos ensaios do solo e dos materiais no software e solicitar o cálculo, além disso, ele oferece um relatório bem completo sobre as características do pavimento.

## 5. CONCLUSÃO

Ao analisar os resultados apresentados nos dois métodos, é possível notar a evolução da riqueza de informações ao se dimensionar com o software MeDiNa. Enquanto o método CBR dava como resultados as camadas de um pavimento, sem apresentar respostas diretas quanto as ações, já através do software é possível avaliar deformações, áreas trincadas e a evolução dessas ações no período de vida útil de projeto. As duas metodologias proporcionam o resultado de espessuras de camadas necessárias para o pavimento, porém, os objetos de dimensionamentos são distintos para ambos, pois o método MeDiNa busca minimizar a fadiga de misturas asfálticas e a deformação permanente das camadas, enquanto o método CBR do Murilo Lopes tem como objetivo proteger o subleito de deformações elevadas. Sendo assim, o software apresenta-se um dimensionamento mais prático, com mais informações e que permite ao projetista dimensionar um pavimento, mudar camadas, verificar desgastes e escolher um pavimento que mais satisfaça as condições de cada local.

Dessa forma concluímos que não é possível afirmar se um dos métodos durante o dimensionamento resulta em um uma camada mais espessa como apresentado devido ao não relacionamento entre os parâmetros de dimensionamento de cada método.

Para complementar este TCC, outros trabalhos poderão ser desenvolvidos, é um deles seria uma comparação entre os métodos. Neste trabalho, poderia realizar os ensaios necessários para dimensionamentos de ambos os métodos com diversos tipos de materiais utilizados nas camadas de pavimentação, com uma posterior verificação de cada caso e verificação geral para concluir qual apresenta uma camada mais espessa na maioria dos casos. Além disso, um trabalho como este poderia servir como tabela de base de dados de características dos tipos de materiais, para que o projetistas possa utilizar para, quando se conhece o tipo de material que será utilizado, usar como previsão de custos de um pavimento antes da realização dos ensaios com auxílio da tabela.

## REFERÊNCIAS

ANTT – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). SITE. Rio de Janeiro: ANTT, 2022. Disponível em: < <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias/informacoes-gerais>>; Acesso em 10 de maio de 2022.

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

Brasil. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa (DNIT). Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de pavimentação**. 3.ed. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://marcosporto.eng.br/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-Pavimentacao-719-DNIT-2006.pdf>; Acesso em 10 de maio de 2022

BRASIL – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. **Manual de pavimentação**. Rio de Janeiro: DNER, 1996. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/>; Acesso em 15 de outubro de 2022.

BRASIL – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de pavimentação. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. Disponível em: < <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/publicacao-ipr-719-manual-de-pavimentacao>>; Acesso em 10 de outubro de 2022.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES. SITE. Rio de Janeiro: CNT, 2022. Disponível em: <<https://cnt.org.br/agencia-cnt/cnt-divulga-estudo-porque-pavimento-rodovias-brasil-nao-duram-resultados>>; Acesso em 10 de maio de 2022.

FONSECA, Jessica Freire et al. **O estado da arte sobre uso de reciclado de pavimento asfáltico na pavimentação no Brasil e no Mundo**. 2014. 11 f. TCC (Graduação) - Curso de Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2014.

MELO, Maria Renata Silva de. **Análise comparativa de dimensionamento de pavimentos rodoviários** – Método MeDiNa e Murilo Lopes. TCC, Caruaru, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/42552>; Acesso em 09.mai.2022.

LAUBE, Alan Gabriel; BATISTA, Marlon; LEITE, Msc Patrick Chavier. **Estudo comparativo no dimensionamento do pavimento flexível através do método do DNER e do Método MEDINA**. UNUSOCIESC, Santa Catarina, 2021. Disponível em: < <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/14461/1/TCC2%20-%20Alan%20Gabriel%20Laube%20e%20Marlon%20Batista.pdf>>; Acesso em: 24/10/2022.

PAULO, Jacks Richard de; ARAÚJO, Stela Maris Mendes Siqueira; OLIVEIRA, Priscila Daniele de. **Ensino remoto emergencial em tempos de pandemia: tecendo algumas considerações**. Dialogia, São Paulo, n. 36, p. 193-204, set./dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/dialogia.n36.18318>. acesso em 03/05//2021.

SILVA, L. M.; SANTOS, R. O. G.. **Estudo comparativo**: método empírico do DNIT e mecanístico-empírico (Medina) no dimensionamento de pavimentos flexíveis. Engineering Sciences, v.9, n.1, p.114-124, 2021. Disponível em:< <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2021.001.0012>>; Acesso em 24/10/2022.

SILVA, Yago Duarte da; GODOY, Luiza Carhunck; HOLZ, Raquel da Fonseca. **Análise comparativa de custos entre métodos de dimensionamento de pavimentos asfálticos**: AASHTO, DNIT e MeDiNa. 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET, Balneário Camboriú, Santa Catarina, 10-14 Nov. 2019. Disponível em: [https://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019v1.1%20simpo/Infraestrutura/Dimensionamento%20Avaliacao%20e%20Gestao%20de%20Pavimentos%20I/3\\_251\\_AC.pdf](https://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019v1.1%20simpo/Infraestrutura/Dimensionamento%20Avaliacao%20e%20Gestao%20de%20Pavimentos%20I/3_251_AC.pdf). Acesso em 06/05/2022.

SILVEIRA, Ana Paula; RECCO PICCIRILLI, Giovanna Maria; OLIVEIRA, Maria Eduarda. **Os desafios da educação à distância e o ensino remoto emergencial em meio a pandemia da covid-19**. Revista Eletrônica da Educação, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 114-127, dec. 2020. ISSN 2595-0401. Disponível em:< [http://revista.fundacaojau.edu.br:8078/journal/index.php/revista\\_educacao/article/view/224](http://revista.fundacaojau.edu.br:8078/journal/index.php/revista_educacao/article/view/224) &gt;. Acesso em: 16/05/2021.

SINFRA – SECRETARIA DO ESTADO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA. Mato Grosso, 2020. Disponível em: < <http://www.sinfra.mt.gov.br/documents/363190/14790439/SRE+++03-07-2020.pdf/ec98d6c1-5b3a-1cfd-81f4-6bad999bef11>>; Acesso em 10/05/2022.

SOFTWARE MEDINA: **software para dimensionamento de pavimento**. Versão 1.1.5.0. [S.l.]: DNIT, 2020. Disponível em: < <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/medina/solicitacao-de-download-do-medina>>. Acesso em: 10/05/2022.

SOUZA, M.L. (1966). **Pesquisa sobre métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis**. Rio de Janeiro: IPR, 192-GTPv-66-14.

SOUZA, Murillo Lopes de. **Método de projeto de pavimentos flexíveis**. Rio de Janeiro, IPR, 1981 (Publ 667).