



ANA GABRIELA DE OLIVEIRA PEREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE
PAVIMENTO: AASHTO, DNIT E MEDINA**

**LAVRAS -MG
2023**

ANA GABRIELA DE OLIVEIRA PEREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE
PAVIMENTO: AASHTO, DNIT E MEDINA**

TCC apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.



Prof. Dr. Keoma Defáveri do Carmo e Silva
Orientador

**LAVRAS – MG
2023**

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Pereira, Ana Gabriela de Oliveira.

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO: AASHTO, DNIT E MEDINA / Ana Gabriela de Oliveira Pereira. - 2023. 31p.:il.

Orientador(a): Keoma Defáveri do Carmo e Silva. TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2023. Bibliografia.

1. Dimensionamento de pavimento. 2. DNIT. 3. MeDiNa. I. Silva, Keoma Defáveri do Carmo e.

ANA GABRIELA DE OLIVEIRA PEREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE
PAVIMENTO: AASHTO, DNIT E MEDINA**

**COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN PAVEMENT SIZING METHODS:
AASHTO, DNIT AND MEDINA**

TCC apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

Aprovada em 08 de dezembro de 2023.

Prof. Dr. Keoma Defáveri do Carmo e Silva UFLA

Prof. Dr. Paulo Roberto Borges UFLA

Prof. Dr. Wisner Coimbra de Paula UFLA



Prof. Dr. Keoma Defáveri do Carmo e Silva
Orientador

**LAVRAS – MG
2023**

RESUMO

O modal rodoviário vem sendo o principal meio de transporte de pessoas e mercadorias no Brasil, com isso é necessário o funcionamento adequado da infraestrutura rodoviária. Um dos fatores que influencia diretamente é o dimensionamento de pavimento, o qual proporciona uma estrutura capaz de suportar as solicitações tráfego, trazendo conforto e segurança aos usuários. Os métodos de dimensionamentos variam de acordo com a região onde será implementado, possuindo características próprias para aquele local. Neste trabalho serão abordados os métodos de dimensionamento proposto pela AASHTO, DNIT e MeDiNa e será realizada o dimensionamento e análise comparativa entre os métodos para um pavimento flexível. Desta maneira, verificou-se uma semelhança entre os resultados obtidos neste trabalho, com outros artigos, monografias e dissertações. Os resultados de dimensionamento entre os métodos MeDiNa e AASHTO ficarão parecido para um fluxo baixo de veículos, entre os métodos AASHTO e DNIT houve uma variação de aproximadamente 50% nos resultados obtidos, isso ocorre devido a diferença de fluxo de veículos e a resistência do subleito.

Palavras-chave: Análise. Dimensionamento. Pavimentos.

ABSTRACT

The road modal has been the main means of transporting people and goods in Brazil, so it is necessary for the road infrastructure to function properly. One of the factors that directly influences is the pavement design, which provides a structure capable of supporting traffic demands, bringing comfort and safety to users. The sizing methods vary according to the region where it will be implemented, having specific characteristics for that location. In this work, the design methods proposed by AASHTO, DNIT and MeDiNa will be approached, and the design and comparative analysis between the methods for a flexible pavement will be carried out. Thus, there was a similarity between the results obtained in this study and other articles, monographs and dissertations. The design results between the MeDiNa and AASHTO methods will be similar for a low flow of vehicles, between the AASHTO and DNIT methods there was a variation of approximately 50% in the results obtained, this is due to the difference in vehicle flow and the resistance of the subgrade.

Keywords: Analysis. Sizing. Pavement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Esquema de apoio para resolução do número estrutural.....	15
Figura 2.2 - Dimensionamento do pavimento.	16
Figura 2.3 - Fluxograma da análise de caso.	19
Figura 2.4 - Correlação entre Mr (Mpa) e CBR (%).	20
Figura 2.5 - Dimensionamento da espessura das camadas pelo método do DNIT.	21
Figura 2.6 - Dimensionamento da espessura das camadas pelo método do AASHTO.....	23
Figura 2.7 - Dimensionamento de pavimento pelo software MeDiNa.....	23
Figura 2.8 - Erro de dimensionamento pelo software MeDiNa.	24
Figura 2.9 - Dimensionamento final pelo método DNIT para $N = 5,00 \times 10^6$	25
Figura 2.10- Dimensionamento final pelo método AASHTO para $N = 5,00 \times 10^6$	25
Figura 2.11- Dimensionamento final pelo método MeDiNa para $N = 5,00 \times 10^6$	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Termos aplicáveis a camadas de revestimento asfáltico.	11
Tabela 2.2 - Definição das camadas.	20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ARTERIS	Autopista Régis Bittencourt
CAUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CBR	Califórnia Bearing Ratio
CNT	Confederação Nacional do Transporte
DNER	Departamento Nacional de Estradas e Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
ESRD	Eixo Simples de Rodas Duplas
ESRS	Eixo Simples de Rodas Simples
ETD	Eixo Tandem Duplo
ETT	Eixo Tandem Triplo
Fd	Fator de Distribuição de Frota por Faixa
Ff	Fator de Frota Comercial
Fs	Fator de Sentido
FV	Fator de Veículo
ISC	Índice de Suporte California
MeDiNa	Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos
M_r	Módulo de Resiliência
N	Número de repetições equivalente do eixo-padrão
NCHRP	National Cooperative Highway Research Program
PMQ	Pré Misturado a Quente
SN	Número estrutural do pavimento
USAGE	Corpo de Engenheiros Militares dos EUA
VDM	Volume Diário Médio Anual

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1 Pavimentos flexíveis	10
2.2 Classificação dos solos	11
2.3 Tráfego	12
2.3.1 Número “N”	12
2.4 Métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis	13
2.4.1 Método de dimensionamento – AASHTO	14
2.4.2 Método de dimensionamento - DNIT	15
2.4.3 Método de dimensionamento nacional - MeDiNa	16
3. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1 Materiais	18
3.2 Métodos de dimensionamento.....	18
3.2 Critérios de dimensionamento	19
3.2.2 Definição das camadas.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1 Método DNIT.....	21
4.2 Método AASHTO.....	22
4.3 Método MeDiNa	23
4.4 Comparativo entre os métodos de dimensionamento	24
5. CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27

1. INTRODUÇÃO

O transporte é um direito assegurado pela Constituição Federal e essencial para a população, o qual impacta na economia do país, devido ao transporte de cargas e passageiros. Para atender um território com as dimensões do Brasil, deve-se prezar pela qualidade, segurança e economia dos usuários ao se deslocarem pelas rodovias brasileiras (CNT, 2022).

A malha rodoviária brasileira é composta por 1,7 milhão de quilômetros, sendo apenas 213,5 mil quilômetros pavimentados, o que equivale a somente 12,4% da extensão total, segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT) com dados obtidos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT). Essas condições colocam o Brasil em uma situação inferior à outras nações, como exemplo a China, o país oriental possui a maior malha pavimentada em extensão, com uma densidade de rodovias pavimentada de 1.800,0% superior à brasileira, segundo dados obtidos pela CNT (CNT, 2022).

A falta de pavimentação afeta negativamente as condições de transporte, como segurança, conforto, desgaste dos veículos, aumento nos tempos de viagem, além de dificultar o acesso a diversas localidades. A ampliação da malha rodoviária não tem ocorrido em ritmo suficiente para aumentar a disponibilidade de rodovias pavimentadas, as regiões norte e centro-oestes vem sendo as mais afetadas no território nacional, o que dificulta o acesso da população as condições de transporte adequadas (CNT, 2022).

Com a necessidade de expansão da malha rodoviária brasileira, devemos utilizar de métodos de dimensionamentos adequado para cada região, a qual trará durabilidade, conforto, economia e segurança para os seus usuários. O guia de projetos 2002 da American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) é o mais moderno critério disponível mundialmente, com a abordagem empírico-mecanicista, o tornando assim referência para as demais nações (FERNANDES, 2016).

A pavimentação rodoviária no Brasil vem evoluindo a cada ano, com isso pesquisas e técnicas foram implementadas de acordo com as características da região. O método de dimensionamento do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) é o principal método utilizado no país, o qual tem como fundamento o critério Califórnia Bearing Ratio (CBR), porém com a evolução dos experimentos está sendo implantado o novo Método de Dimensionamento Nacional (MeDiNa), o qual vem ganhando grande destaque na pavimentação. Os métodos que são utilizados no Brasil, foram desenvolvidos a partir das condições específicas do país, com referência de métodos internacionais e reconhecidos mundialmente.

O seguinte trabalho realizará um comparativo entre os principais métodos de dimensionamento e analisar a diferença nos resultados, devido ao fluxo de veículos e a resistência do subleito. A diversidade de métodos de dimensionamentos em cada país é decorrente das características próprias do local onde será implementada a malha rodoviária, com isso é definido o método adequado para cada região.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Pavimentos flexíveis

Os pavimentos são compostos por múltiplas camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados, as quais se apoiam sobre o subleito, tendo como função, resistir aos esforços oriundo do tráfego de veículos e do clima. O pavimento deve fornecer condições adequadas de utilização e segurança aos usuários, de maneira durável, econômica e segura. Os pavimentos podem ser divididos em pavimentos flexíveis e rígidos (BALBO, 2007; COSTA, 2021).

Os pavimentos flexíveis são aqueles que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa, eles são compostos por camada de revestimento, apoiadas sobre camadas de base, sub-base e de reforço do subleito. A quantidade de camadas depende do volume de tráfego, da capacidade do subleito, espessuras das camadas e as condições ambientais onde será realizado o projeto (BERNUCCI; MOTTA; CERATTI; SOARES, 2022; IPR – 719, 2006).

A estrutura de um pavimento flexível é composta por uma mistura constituída basicamente de agregados, filler e ligante asfáltico, a escolha dos materiais que serão utilizados em cada camada, depende das condições de projeto (BERNUCCI; MOTTA; CERATTI; SOARES, 2022).

O subleito é constituído de material natural consolidado e compactado, ou por material de empréstimo compactado. Os esforços impostos sobre sua superfície serão aliviados em sua profundidade. A utilização de um reforço de subleito não é obrigatória, pois espessuras maiores de camadas superiores podem, em tese, aliviar as pressões impostas sobre um subleito, porém por razões econômicas é recomendado a utilização de um reforço, pois subleitos de resistência baixa exigiriam, para alguns pavimentos, camadas mais espessas de base e sub-base (BALBO, 2007).

É necessário executar sobre o subleito uma camada de solo de qualidade superior, que sirva como reforço sobre sua superfície, de maneira que a fundação subjacente a esse reforço receba pressões de menor magnitude, compatíveis com sua resistência. Sobre a camada de reforço com solo de maior qualidade serão toleradas maiores pressões resultantes das cargas aplicadas sobre o pavimento, pois será mais resistente que o solo de fundação (BALBO, 2007).

Para aliviar as pressões sobre as camadas de solo inferior, surgem as camadas de base e sub-base, as quais podem desempenhar funções importantes na drenagem subsuperficial dos pavimentos. As bases podem ser constituídas por solo estabilizado naturalmente, misturas de solos e agregados, brita graduada e brita graduada tratada com cimento. Quando se tem camadas de base muito espessas, procura-se, por razões de natureza construtiva e econômica, divida-las

em duas camadas, criando-se, assim, uma sub-base, geralmente de custo inferior. Os materiais utilizados na sub-base podem ser os mesmos materiais citados para o caso das bases (BALBO, 2007).

O revestimento asfáltico que tem como função receber as cargas estáticas ou dinâmicas, sem sofrer grandes deformações elásticas ou plásticas, tendo uma subdivisão em duas camadas, a camada de rolamento que consiste na camada superficial que receberá o contato direto das cargas e ações do ambiente e a camada de ligação que será constituída de mistura asfáltica e entre a camada de rolamento e a base, agindo como camada impermeável (BALBO, 2007; BRANCO, 2006). A Tabela 2.1 apresentara as diferenças entre as possíveis camadas de revestimento asfáltico, mostrando o tipo de camada e sua definição.

Tabela 2.1 - Termos aplicáveis a camadas de revestimento asfáltico.

DESIGNAÇÃO DO REVESTIMENTO	DEFINIÇÃO
Camada de rolamento	É a camada superficial em contato com as cargas e com ações ambientais (capa de rolamento).
Camada de ligação	É a camada intermediária, situa-se entre a capa de rolamento e a base (<i>binder</i>).
Camada de nivelamento	Geralmente é a primeira camada aplicada em reforço, corrige desníveis e afundamentos da pista (perfilagem).
Camada de reforço	Nova camada de rolamento, executada após anos de uso da pista (recape).

Fonte: Adaptado de Balbo (2007).

2.2 Classificação dos solos

A classificação de solos para finalidade rodoviária, levará em consideração as características dos solos tropicais, logo o ideal é empregar os critérios de análise desenvolvidos no Brasil. Uma classificação ideal de solos é aquela que busca relacionar o potencial de um solo quanto a uma dada aplicação em camada de pavimento, o que depende de testes de suas propriedades físicas e suas correlações com o comportamento observado em obras quando empregado (BALBO, 2007).

Os sistemas de classificação são baseados nas propriedades de cada método, adequando-se a utilização dos solos para o projeto. A classificação dos solos é feita pela granulometria, limites de Atterberg, índice de grupos e pelo *California Bearing Ratio* (CBR) (IPR – 719, 2006).

O CBR conhecido também como Índice de Suporte Califórnia (ISC), tem como finalidade avaliar o potencial de ruptura do subleito. O CBR é estabelecido como referência, o equivalente a 100%, os valores são representados por um valor em porcentagem, representando

a resistência no ensaio CBR, podendo se obter valores baixo ou alto, indicando o quão melhor ou pior é a sua resistência (BERNUCCI; MOTTA; CERATTI; SOARES, 2022).

O CBR, em porcentagem, é obtido através relação pressão calculada ou pressão corrigida pela pressão padrão. O cálculo do CBR final, é feito na mesma folha que se representa a curva de compactação de preferência, utilizando a mesma escala das umidades de moldagem, sobre o eixo das ordenadas, os valores do CBR correspondentes aos valores das umidades que servem para a construção da curva de compactação (IPR – 719, 2006).

2.3 Tráfego

O fator de tráfego é utilizado para desenvolver um projeto de dimensionamento de pavimento, para que não ocorra falhas na escolha do pavimento devido ao volume de tráfego. O tráfego rodoviário é composto por veículos que apresentam diversas configurações de eixos, os quais possuem diferentes magnitudes de cargas. O controle de carga garante a prorrogação da vida útil de um pavimento (BALBO, 2007; FERNANDES, 2016).

2.3.1 Número “N”

Para iniciar as etapas de dimensionamento de um pavimento, devemos definir os fatores necessário para a obtenção do número de repetições equivalentes do eixo-padrão (N), como o fator de equivalência de cargas (FEC), volume médio diário anual (VDM), fator de carga (FC), fator de eixo (FE), fator de veículo (FV), fator de frota comercial (Ff), fator de sentido (Fs) e o fator de distribuição de frota por faixa (Fd) (BALBO, 2007).

O fator de equivalência de cargas (FEC) é descrito por meio da relação entre danos unitários causados por uma passagem individual de um veículo sobre uma dada seção de pavimento. Os métodos de dimensionamento que levam em consideração o FEC consideram todos os efeitos resultantes das repetições de cargas de eixos de diversas configurações, transformando-os em repetições do eixo-padrão equivalente (BALBO, 2007, FERNANDES, 2006).

O VDM é obtido com base de cálculo de 365 dias para abranger todas as condições de sazonalidade semanais ou mensais do tráfego que se utiliza uma sessão da via. O VDM engloba todos os veículos em ambos os sentidos da via. Sendo determinado pelo somatório de todos os veículos que trafegam pela via em um ano, dividindo-se esse valor por 365 (BALBO, 2007).

O FC representa um fator de equivalência entre cargas médias ponderado para toda a frota de projeto, sendo o produto do somatório do fator de equivalência de cada categoria “i” e

a porcentagem que incidem cada categoria “i”. O FE é um valor médio que indica quantos eixos possuem, em média, os caminhões da frota. O FV é o produto entre FC e FE (BALBO, 2007).

O Ff representa a porcentagem de veículos comerciais existentes, desprezando os veículos de passeio, esse dado é obtido por pedágios, quando não informado considerar Ff igual a 1. Para o volume acumulado em apenas um sentido, caso a via apresente dois sentidos deverá se adicionar um Fs, o qual deverá se adotar Fs igual a 1 para via de sentido único e Fs igual a 0,5 para vias com dois sentidos de tráfego. Para o Fd considera um volume acumulado de veículos, estimada em apenas uma faixa, considerando a faixa mais carregada. Os valores de Fd variam entre 0,8 e 1,0. Com todos os fatores definido é possível calcular o número N para crescimento linear e geométrico (BALBO, 2007).

2.4 Métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis

A existência de métodos de dimensionamentos distintos, pode ser atribuída as diversas condições ambientais, geológicas, de tráfego e a maneira como se constitui a ruptura de um pavimento. Cada método de dimensionamento utiliza critérios distintos para avaliar a ruptura das estruturas, sendo elas de três tipos básicos, ruptura plástica e estrutural, ruptura por fadiga e a ruptura de natureza funcional ou operacional (BALBO, 2007).

A ruptura plástica e estrutural verifica se a estrutura do pavimento não suporta adequadamente as cargas aplicadas e apresenta excessiva deformabilidade plástica, já a ruptura por fadiga é a ruptura de natureza estrutural e a ruptura de natureza funcional ou operacional que é quando o pavimento apresenta problemas de conforto e segurança aos usuários (BALBO, 2007).

Os métodos de dimensionamentos podem ser classificados em três tipos sendo eles empíricos, semiempíricos e empírico-mecanicista. Cada método possui sua singularidade, apresentando vantagens e desvantagens inerentes a considerações de parâmetros físicos e numéricos, campos de aplicação e simplicidade de utilização (BALBO, 2007).

O método empírico é aquele que avalia a evolução do estado de condição dos pavimentos, sendo os parâmetros medidos em campo tabulados periodicamente e associados a grandezas como a repetição de cargas e a resistência dos materiais. Já o método semiempírico é resultado de extrapolações teóricas e racionais de modelo observacional obtido pelo acúmulo de dados e experiências, utiliza critérios que se pautam pela parametrização das estruturas de pavimentos por meio de valores do CBR (BALBO, 2007).

O método empírico-mecanicista procura avaliar de forma coerente e analítica, o comportamento estrutural de sistemas de camadas como pavimentos, sendo resultado da

calibração de modelos teóricos com dados experimentais obtidos em campo e em laboratórios (BALBO, 2007).

2.4.1 Método de dimensionamento – AASHTO

O método de dimensionamento de pavimentos flexíveis da American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), fundamenta-se principalmente na análise estatística dos resultados obtidos da pista experimental AASHTO, durante os testes foram avaliados efeitos de cargas do tráfego, por meio de fatores de equivalência estrutural, os quais foram definidos através da determinação de correlações entre a repetição de cargas de ESRD com 18.000 libras (80 kN), com as espessuras das camadas e a perda de qualidade de rolamento expressa em termos de variação da serventia (GOLDOI; HOLZ; SILVA, 2019).

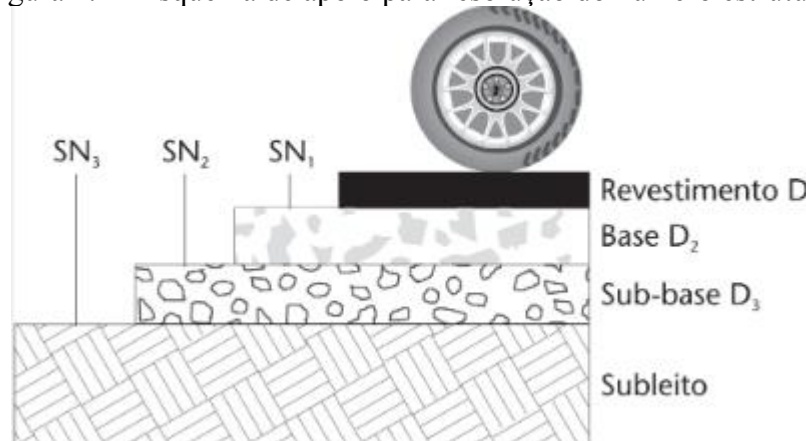
A versão de 2002 do método da AASHTO visava novos procedimentos que considerassem fatores críticos, como as condições climáticas sazonais no país, o controle dos processos de danificação e a previsão de desempenho dos pavimentos, com isso foi desenvolvido um novo método pelo National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) e patrocinado pela AASHTO (BALBO, 2007).

Após a década de 1960 o volume de tráfego cresceu exponencialmente, com as limitações do método AASHTO de 1993, a versão foi atualizada passando então a buscar novos procedimentos que considerassem fatores críticos, tais como as condições climáticas sazonais no país, previsões de desempenho dos pavimentos e controle dos processos de danificações mais críticos (BALBO, 2007).

O método de dimensionamento da AASHTO de 2002, é considerado o método mais eficiente, a partir dele novas parâmetros são analisados, como o nível de confiança de projeto (Z_r), coeficientes de equivalência estrutural dos materiais (CE), coeficientes de drenagem, e as espessuras mínimas para um pavimento.

Para a determinação das espessuras das camadas, é necessário a determinação dos números estruturais necessários sobre o subleito (SN_3), sobre a sub-base (SN_2) e sobre a base (SN_1), como demonstra a Figura 2.1.

Figura 2.1 - Esquema de apoio para resolução do número estrutural.



Fonte: Balbo (2007).

2.4.2 Método de dimensionamento - DNIT

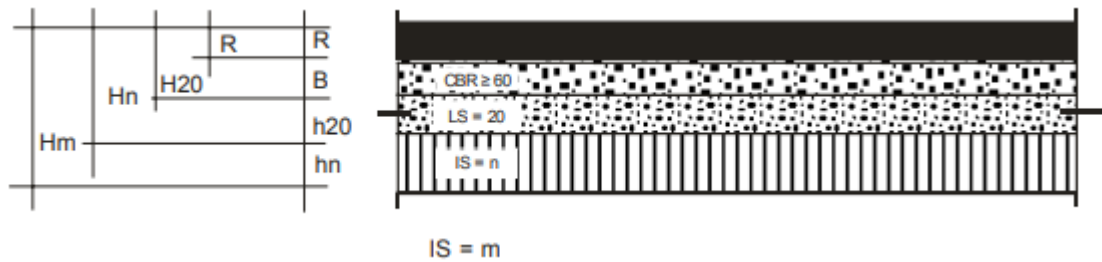
O método de dimensionamento do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), tem como embasamento no ensaio de CBR, curvas de dimensionamento da pista experimental do Corpo de Engenheiros Militares dos EUA (USACE) e os conceitos de equivalência estrutural estabelecido na pista experimental da American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), adaptados pelo engenheiro Murillo Lopes Souza. (MEDINA; MOTTA, 2015).

A classificação dos materiais empregados no pavimento são as seguintes: os materiais para reforço de subleito devem apresentar CBR maior que o do subleito e expansão $\leq 1\%$, já os materiais para sub-base devem apresentar CBR $\geq 20\%$, IG = 0 e expansão $\leq 1\%$ e os materiais para a base devem apresentar CBR $\geq 80\%$ e expansão $\leq 0,5\%$, LL $\leq 25\%$ e IP $\leq 6\%$ (IPR – 719, 2006).

Para a determinação da espessura do pavimento, precisa-se determinar os coeficientes de equivalência estrutural para os diferentes materiais constitutivos do pavimento e a espessura mínima de revestimento a qual adota uma espessura fixa mínima para revestimentos betuminosos (IPR – 719, 2006).

A espessura mínima para as camadas deve ser de 15 cm e a espessura da sub-base mesmo que o CBR seja superior a 20, a espessura do pavimento necessário para protegê-la é determinada como se fosse 20. Após determinadas as espessuras através do ábaco de determinação de espessuras do pavimento. O dimensionamento do pavimento pode ser representado pela Figura 2.2 (IPR – 719, 2006).

Figura 2.2 - Dimensionamento do pavimento.



IS = m

Fonte: DNIT (2006).

2.4.3 Método de dimensionamento nacional - MeDiNa

O método de dimensionamento nacional de pavimentos (MeDiNa), leva esse nome em homenagem ao professor Jacques Medina, o qual teve grande contribuição para a pavimentação no Brasil. O programa realiza a verificação e o dimensionamento mecanístico-empírico de pavimentos por meio de análise de camadas elásticas de múltiplas camadas (AEMC) (GOLDOI; HOLZ; SILVA, 2019).

O *software* solicita informações as quais devem ser confiáveis, para que sejam utilizados na elaboração do projeto, a informação essencial para o funcionamento correto do programa MeDiNa é a definição do número N, logo uma estimativa apurada é de grande importância (DNIT, 2023).

Após os dados iniciais serem lançado no software, será feita a análise desejada. A análise realiza os cálculos e verifica os critérios de área trincada e/ou deformação permanente, sem a alteração da espessura da camada marcada, essa função auxilia na escolha dos materiais ou entendimento da estrutura (DNIT, 2023).

O MeDiNa leva em consideração uma série de hipóteses que são fundamentais para o seu funcionamento, sendo elas: a) Os materiais são elásticos lineares, isotrópicos e homogêneos; b) A lei de Hooke é válida e o módulo de compressão é semelhante ao módulo de tração; c) As camadas são limitadas na direção horizontal; d) Todas as camadas possuem uma espessura finita, com exceção da camada inferior que é considerada semi-infinita; e) A superfície da camada superior não está sujeita a tensões fora da área carregada; f) Na área carregada ocorrem apenas tensões normais; g) A carga aplicada é considerada estática, uniformemente distribuída em toda a área circular de contato; h) A grandes profundidades as tensões e deformações são nulas; i) As condições de aderência na interface das camadas podem variar de totalmente aderida para lisa ou sem aderência (DNIT, 2023).

As características para um projeto novo segundo o manual de utilização do MeDiNa, tem como espessura máxima permitida para análise é de 15 cm para as camadas asfálticas e 40

cm para as demais camadas, a deformação permanente da camada possui o limite de 5% e o subleito possui deformação permanente com o limite de 5 mm. No projeto de reforço temos que a espessura máxima das camadas asfálticas é de 15 cm (DNIT, 2023).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Os métodos de dimensionamento empregados nesse trabalho, foram desenvolvidos pelo DNIT, AASHTO e MeDiNa, baseados nas normas IPR – 719 (IPR – 719, 2006), IS – 247 (IS – 247, 2021), Manual de Ajuda do programa MeDiNa (DNIT, 2023) e o Manual de Dimensionamento de Pavimentos da AASHTO (AASHTO, 1986). Além disso foram utilizados artigos, trabalhos de conclusão de curso e livros para o desenvolvimento do referencial teórico e utilização como base comparativa para esse trabalho.

No desenvolvimento dos resultados. O número “N”, foi definido baseado nas recomendações técnicas nos métodos de dimensionamento. Além do revestimento em CAUQ e pré misturado a quente (PMQ), o material da sub-base é definido com CBR mínimo de 20%, para a camada de base foi adotado os materiais usualmente utilizados em pavimentação rodoviária, como Brita Graduada Simples (BGS) e Solo – Brita (SB), os materiais foram selecionados de acordo com o banco de dados do programa MeDiNa.

3.2 Métodos de dimensionamento

Para a análise comparativa dos métodos de dimensionamentos AASHTO, DNIT e MeDiNa, será realizado o dimensionamento baseado nos critérios apresentados no referencial teórico. O dimensionamento pelo método da AASHTO é baseado no binômio serventia-desempenho. O cálculo das espessuras das camadas necessárias para a sub-base e a base são feitos a partir do módulo de resiliência (M_r) representativo de cada camada, como proposto pelo manual da AASHTO de 1993 (BALBO, 2007).

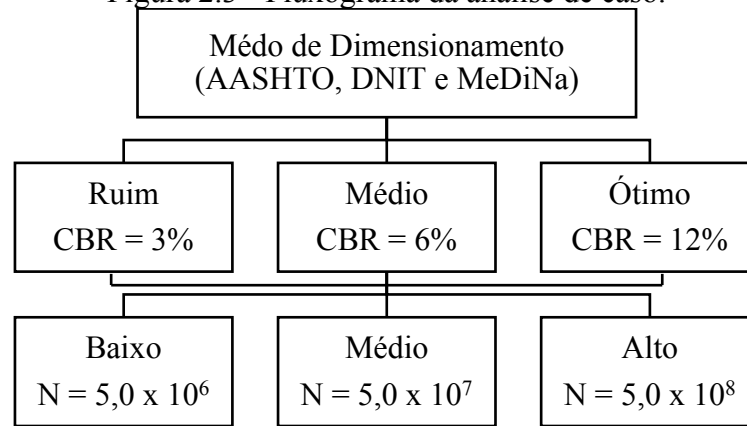
O dimensionamento pelo método DNIT, é baseado em três inequações fundamentais para se obter as espessuras de base (B), sub-base (h_{20}) e reforço do subleito (h_n) e leva em consideração o CBR do subleito. A camada de reforço de subleito não será considerada nesse trabalho (IPR – 719, 2006).

Para o dimensionamento pelo *software* MeDiNa é necessário a definição da estrutura, sendo permitida no mínimo três e no máximo oito camadas contando com a do subleito. Após definido o número de camadas deve-se escolher a descrição do material, o tipo de material de acordo com a base de dados do MeDiNa e a espessura desejada para a camada do pavimento (DNIT, 2023).

3.2 Critérios de dimensionamento

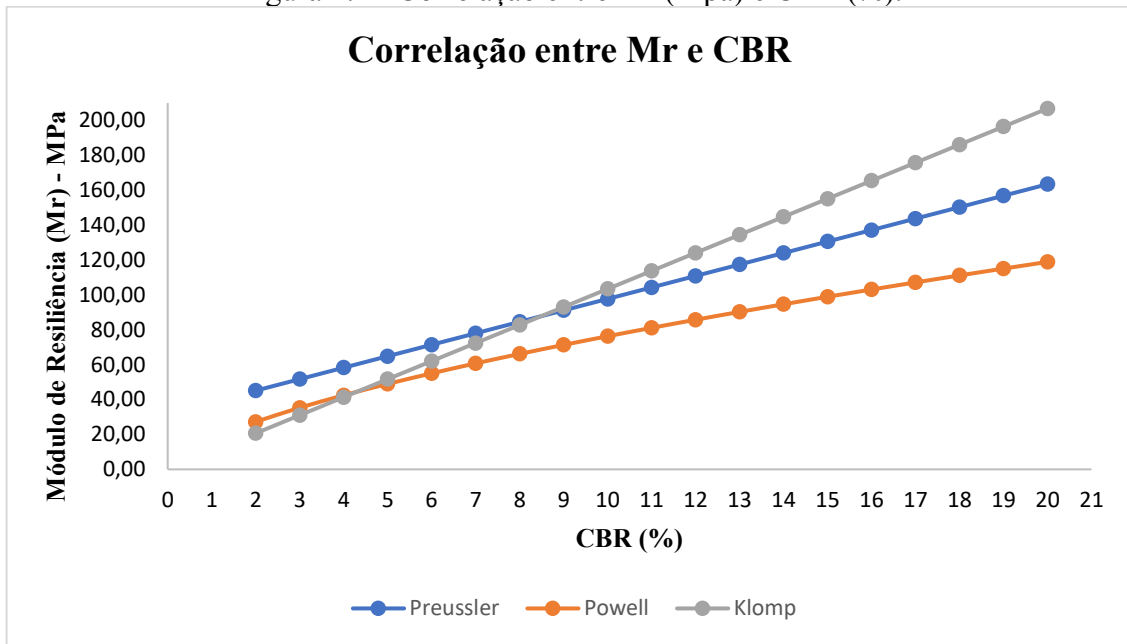
Os critérios de dimensionamento seguem apresentados na Figura 2.3. Foram adotados oito cenários a serem avaliados em cada método, tendo como variáveis comuns a resistência do subleito e o volume de tráfego. A capacidade de suporte do subleito foi considerada como ótima (CBR = 12%), média (CBR = 6%) e ruim (CBR = 3%). Assim como os números “N” foram designados como alto, médio e baixo para os N de $5,0 \times 10^6$, $5,0 \times 10^7$ e $5,0 \times 10^8$ respectivamente.

Figura 2.3 - Fluxograma da análise de caso.



Para a correlação entre M_r (Mpa) e CBR (%), foi adotado o estudo da relação entre o M_r e o CBR, desenvolvido pela Autopista Régis Bittencourt (ARTERIS, 2016), o qual avalia três métodos sendo eles o de Preussler (PREUSSLER, 1983), Powell (POWELL, POTTER, MAYHEW, NUNN, 1984) e Klomp (HEUKELOM, KLOMP, 1962). O método a ser utilizado é o que a correlação resulta em menores valores, logo, será adotado o modelo de Poweel, como demonstra a Figura 2.4 (AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT, 2016).

Figura 2.4 - Correlação entre Mr (Mpa) e CBR (%).



3.2.2 Definição das camadas

Os materiais das camadas do pavimento, foram definidos de acordo com o banco de dados fornecido pelo programa MeDiNa. Optou-se por realizar o dimensionamento com três camadas, sendo elas, revestimento, sub-base e base. Os materiais utilizados para cada camada e os seus Coeficientes de Poisson, CBR e Módulo de Resiliência (Mr), estão representados na Tabela 2.2. Pelo método do DNIT, optou-se por utilizar revestimento de PMQ para o fluxo de veículos baixo devido as recomendações da IPR – 719, para os demais métodos utilizou CAUQ para o revestimento.

Tabela 2.2 - Definição das camadas.

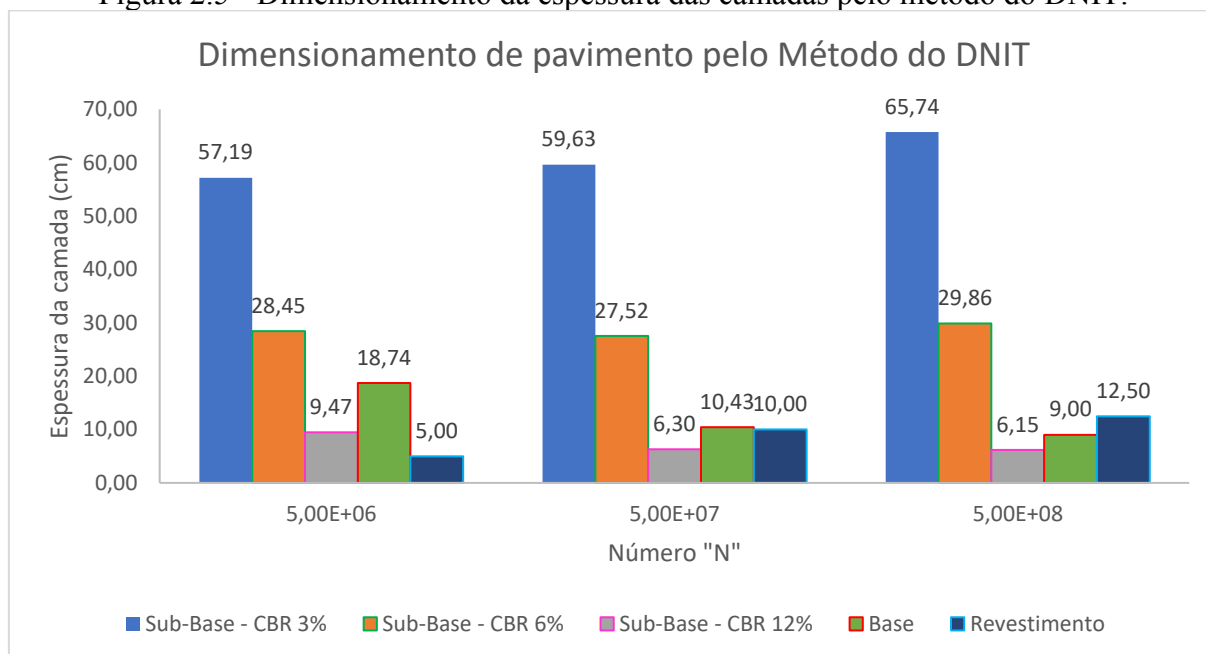
Camada	Material	Coefficiente de Poisson	CBR (%)	Mr (Mpa)
Revestimento	CAUQ	0,30	-	9.000,00
Revestimento	PMQ	-	-	-
Base	Solo Brita	0,35	20,00	385,00
Sub-base	Brita Graduada	0,35	20,00	2,79
Subleito	Solo Siltoso	0,45	3,00	35,31
			6,00	55,02
			12,00	85,75

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Método DNIT

Os resultados de dimensionamento da base pelo método DNIT foram iguais para fluxos baixo, médio e alto, sendo igual a 18,75 cm, 10,43 cm e 9,00 cm respectivamente. As espessuras da camada da sub-base, para o CBR do subleito igual a 3%, foram iguais 57,19 cm, 59,63 cm e 65,74 cm, para os fluxos baixo, médio e alto respectivamente. Para o CBR do subleito igual a 6%, foram obtidos uma espessura de 28,45 cm, 27,52 cm e 29,86 cm, para os fluxos baixo, médio e alto respectivamente. Já para o CBR igual a 12% a espessura da sub-base, foi de 9,47 cm, 6,30 cm e 6,15 cm para os fluxos baixo, médio e alto respectivamente. Os valores citados, foram os encontrados no dimensionamento, sem considerar o mínimo construtivo de 15,00 cm. Em FERNANDES (20016), foram encontrados valores semelhantes. Para a espessura do revestimento foram adotados os valores propostos pelo DNIT na IPR – 179, com isso para $N = 5,0 \times 10^6$ adotou-se 5,00 cm, $N = 5,0 \times 10^7$ adotou-se 7,50 cm e $N = 5,0 \times 10^8$ adotou-se 12,50 cm. A Figura 2.5 demonstra os valores dos resultados citado acima, como a base e o revestimento obteve-se valores iguais, variando o Número “N”, plotou apenas uma vez os valores obtidos no dimensionamento.

Figura 2.5 - Dimensionamento da espessura das camadas pelo método do DNIT.



Podemos observar uma diferença de aproximadamente 50% entre os valores obtidos para o CBR de 3% e CBR de 6%, já para o CBR de 12% temos uma diferença de

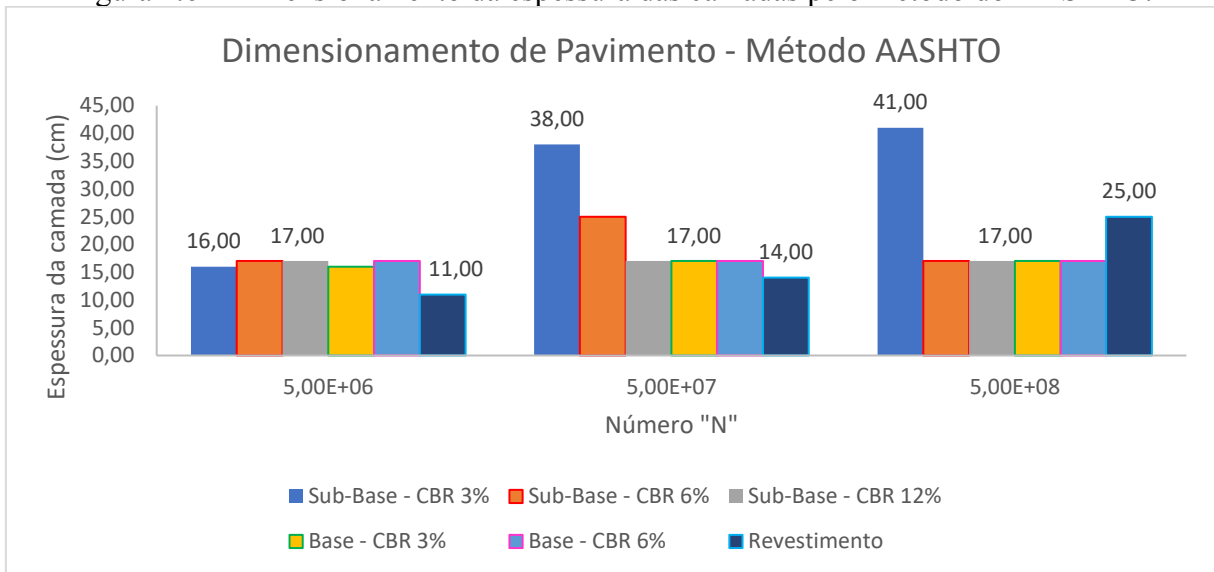
aproximadamente 75% em relação ao CBR de 3%. Isso ocorre devido a diferença de fluxo e a resistência do subleito, necessitando assim de camadas menores para suportar o fluxo solicitado.

Podemos analisar uma diferença de aproximadamente 50% do CBR = 3% para o CBR = 12% para a espessura total do pavimento, pelo método de dimensionamento do DNIT, isso ocorre devido a diferença de fluxo e a resistência do subleito, necessitando assim de camadas maiores para suportar o fluxo solicitado. Os resultados obtidos encontram-se próximo ao encontrado por FERNANDES (2016) em sua dissertação de mestrado

4.2 Método AASHTO

Os resultados obtidos para o dimensionamento da base pelo método da AASHTO, foram praticamente o mesmo resultado para todos os casos proposto, tendo apenas uma diferença no CBR do subleito igual a 3% para fluxo baixo, tendo 16,00 cm a espessura da camada da base, para os demais fluxos e CBR do subleito, obteve-se o valor de espessura da base de 17,00cm. O resultado obtido para o método da AASHTO foi próximo ao obtido pelo DNIT para a espessura de base. Para o dimensionamento da sub-base, com CBR do subleito igual a 3%, foram obtidos uma espessura de 16,00 cm, 38,00 cm e 41,00 cm, para os fluxos baixo, médio e alto respectivamente. Para o CBR do subleito igual a 6%, foram obtidos uma espessura de 17,00 cm, 25,00 cm e 17,00 cm, para os fluxos baixo, médio e alto respectivamente. Já para o CBR igual a 12% a espessura da sub-base manteve-se a mesma independente do fluxo, sendo de 17,00cm. Para a espessura do revestimento foram obtidos valores de espessura de 11,00 cm, 14,00 cm e 25,00 cm para fluxos baixo, médio e alto respectivamente, os valores se manterão o mesmo para as diferentes situações de CBR do subleito. Podemos analisar a espessura da camada de revestimento aumenta de acordo com a solicitação de tráfego para aquele pavimento. A Figura 2.6 demonstra os valores dos resultados citado acima para o dimensionamento da espessura das camadas pelo método da AASHTO.

Figura 2.6 - Dimensionamento da espessura das camadas pelo método do AASHTO.



Podemos observar uma diferença de aproximadamente 55% entre o CBR do subleito de 3% e o CBR do subleito de 12% para fluxos médio e alto, isso se acontece devido ao tráfego elevado.

Os resultados obtidos para a espessura total do pavimento, para as situações propostas se encontram muito próximos, tendo apenas uma variação de aproximadamente 29% entre o CBR do subleito igual a 3% e o CBR do subleito igual a 12% para o fluxo alto. Obteve-se valores próximos aos analisados por FERNANDES (2016), em sua dissertação de mestrado.

4.3 Método MeDiNa

Para o dimensionamento pelo *software* MeDiNa, foi adotado os valores de espessura da camada de base e sub-base, referente aos obtidos pelo dimensionamento do DNIT, como demonstra a Figura 2.7.

Figura 2.7 - Dimensionamento de pavimento pelo software MeDiNa.

CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	0	8289	0,30
2	MATERIAL GRANULAR	Solo Brita - M5 (LG' s:1521)	18,0	385	0,35
3	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C2	15,0	279	0,35
SL	SUBLEITO	TCC	0,0	86	0,45

Fonte: DNT (2023).

O *software* MeDiNa, apresenta erro ao tentar dimensionar um pavimento para um número N superior a 10^6 , como demonstra a Figura 2.8. Isso ocorre ao tráfego elevado para a estrutura proposta, a solução correta seria ter uma camada de reforço do subleito, para que a estrutura não venha a deteriorar em um curto período.

Figura 2.8 - Erro de dimensionamento pelo software MeDiNa.

The screenshot displays the MeDiNa software interface. At the top, there is a button labeled 'Alterar Estrutura >>'. Below it is a table with the following columns: CAMADA, DESCRIÇÃO DO MATERIAL, TIPO, ESPESSURA (cm), MÓDULO (MPa), and COEFICIENTE DE POISSON. The table contains four rows of material data. A dialog box is overlaid on the table, displaying an information icon and the text: 'A espessura da camada selecionada atingiu o limite superior previsto! Reveja a estrutura.' Below the dialog box is a button labeled 'OK'. At the bottom left, there is a section titled 'DADOS DO TRÁFEGO' with various input fields and their values.

CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
>> 1 <<	CONCRETO ASFÁLTICO	RJ CAP 50/70 #12,5mm Sepetiba	15,0	8289	0,30
2	MATERIAL GRANULAR	Solo Brita - M5 (L'G' s:1521)	18,0	385	0,35
3	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaisse C2	15,0	279	0,35
SL	SUBLEITO			86	0,45

DADOS DO TRÁFEGO

Tipo de Via:	Sistema Arterial Principal
VMD (1º ano):	13699
FV:	1,000
N anual (1º ano):	5,00e+06
% Veículos na faixa de projeto:	100
N Anual da faixa:	5,00e+06
Taxa de crescimento (%):	0,0
Período de projeto (anos):	10
N Total:	5,00e+07

N anual (1º ano):
Número de passagens anual do eixo padrão (1º ano)

Fonte: DNT (2023).

Neste trabalho será apresentada o dimensionamento feito pelo MeDiNa, para um número $N = 5,00 \times 10^6$, variando o CBR do subleito os resultados obtidos para a espessura do revestimento são de 11,07 cm, 12,60 cm e 13,50 cm para CBR do subleito baixo, médio e alto respectivamente.

Foi submetido ao MeDiNa um dimensionamento com um número maior de camadas, porém devido ao elevado fluxo o software para a sua análise, alertando sobre os riscos para aquele dimensionamento e não continua. Seria necessário um número maior de camadas e a escolha de outros materiais para que o dimensionamento atendesse aos critérios propostos pelo MeDiNa. Esse mesmo erro foi pertinente em SOUSA (2019) e em FIGUEIREDO (2018), entre outros trabalhos que analisavam o dimensionamento feito pelo *software* MeDiNa.

4.4 Comparativo entre os métodos de dimensionamento

Os resultados obtidos pelo método DNIT apresentam altas espessuras em suas camadas de sub-base, isso se leva ao fato de não ter uma camada de reforço do subleito e ao elevado fluxo de veículos proposto para a estrutura. Já o método da AASHTO por ser um método desenvolvido na em 1993, ele possui calibração da época e com isso ao aumentar o fluxo a espessura das camadas aumenta significativamente. O método do MeDiNa, apresentou valores de espessura final parecido com os demais métodos, para o um fluxo baixo, como o próprio

programa sugere, é necessário acrescentar mais camadas à estrutura do pavimento, para que ele tenha um melhor desempenho. A figura apresenta o comparativo entre as espessuras finais do pavimento para o número $N = 5,00 \times 10^6$, como podemos observar os valores obtidos estão próximos, tendo uma diferença para o CBR = 3%, devido a solicitação de veículos e a baixa resistência do subleito. Os resultados obtidos neste trabalho mostram satisfatórios comparados a outros trabalhos que foram utilizados como referência.

As Figuras 2.9, Figura 2.10 e Figura 2.11 estão representando o dimensionamento final para $N = 5,00 \times 10^6$ para os métodos DNIT, AASTHO e MeDiNa respectivamente, podemos notar uma diferença de aproximadamente 4% entre os métodos AASTHO e MeDiNa e de aproximadamente 30% do método do DNIT para os demais métodos, mostrando valores satisfatórios encontrados no dimensionamento.

Figura 2.9 - Dimensionamento final pelo método DNIT para $N = 5,00 \times 10^6$.

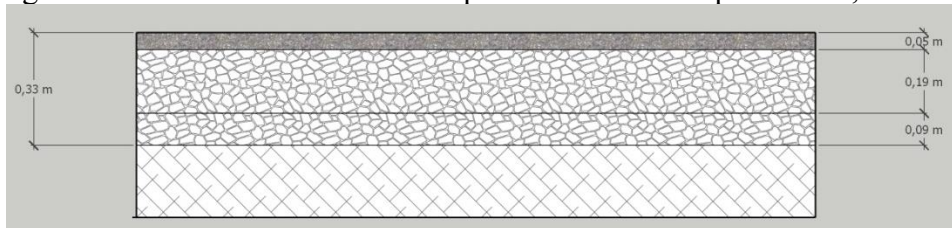


Figura 2.10- Dimensionamento final pelo método AASTHO para $N = 5,00 \times 10^6$.

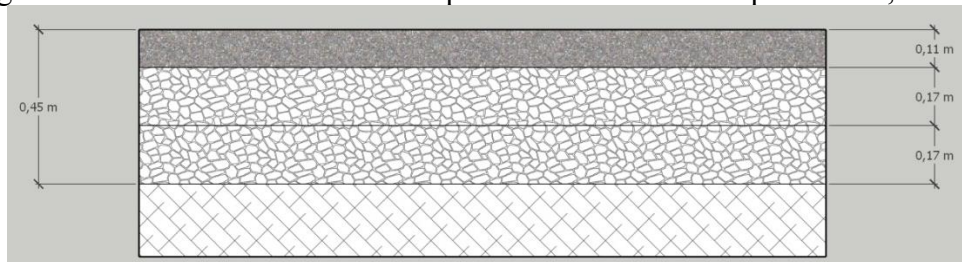
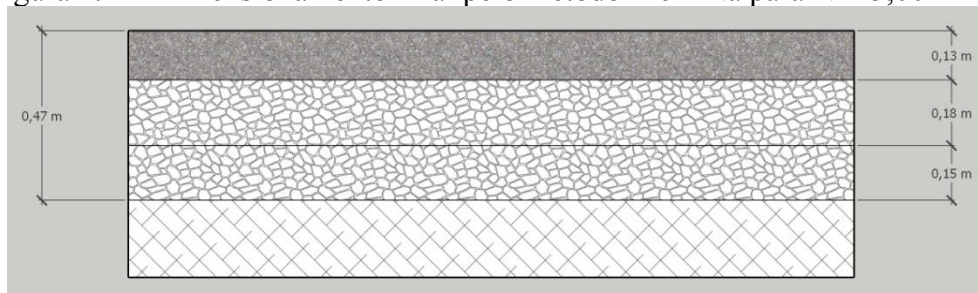


Figura 2.11- Dimensionamento final pelo método MeDiNa para $N = 5,00 \times 10^6$.



5. CONCLUSÃO

Os métodos de dimensionamento avaliados possuem suas características e complexidades, devido a isso, não foi encontrado um valor igual ao avaliar cada situação, porém encontrou valores próximos entre os métodos MeDiNa e AASHTO. Comparados a outros artigos e dissertações podemos concluir que os resultados obtidos nesse trabalho estão dentro do esperado. A diferença entre os resultados se dá pelo fato de o dimensionamento ter sido realizado utilizando apenas camada de revestimento, base e sub-base, o ideal para projeto é que tenha pelo menos uma camada de reforço para que alivie as solicitações propostas pelo fluxo de veículos.

O método AASHTO é um método mais complexo de dimensionamento, por ter uma equação baseada no binômio serventia-desempenho, o que acaba se tornando complexo ao realizar o dimensionamento devido aos fatores que necessita para a obtenção do resultado, além de ser um método antigo, o qual precisa de atualizações em sua calibração. Já o *software* MeDiNa necessita de dados laboratoriais muito preciso para que o *software* consiga realizar o dimensionamento, se o projetista tiver todos os dados seria o método ideal para o dimensionamento. O método do DNIT é o método mais simples, não necessitando de muitos dados para realizar seu dimensionamento, porém ele pode apresentar camadas muito espessas, diferente do MeDiNa que tem uma espessura limite, mas se não possuir todos os dados que os outros métodos necessita para o dimensionamento, o método do DNIT seria o mais apropriado.

De acordo com a análise comparativa realizada, os dimensionamentos realizados pelos métodos AASHTO e MeDiNa, obtiveram resultados próximos, enquanto o realizado pelo método do DNIT deram valores superiores, isso pode se dar pelo fato do método do DNIT levar em consideração os parâmetros de CBR e número “N”, enquanto os demais métodos levam em consideração diversos ensaios o que os tornam mais precisos e econômicos.

Pode-se concluir a importância da escolha do método de dimensionamento, assim como, o número de camadas necessárias para que o pavimento forneça uma boa durabilidade e desempenho, pois quanto maior o fluxo de veículos e pior a resistência do subleito, maior será a solicitação, gerando assim camadas muito espessas, o que acarretaria um maior custo ou manutenção do pavimento. Deve-se então avaliar de maneira cautelosa a escolha para o dimensionamento, para que se tenha resultados satisfatórios para as necessidades onde será implementado o projeto, garantindo assim um bom desempenho.

REFERÊNCIAS

ALMEIRA, Lucas Cavalcante de; OLIVEIRA, Francisco Hieber Lacerda de; RAMOS, Saulo Passos; AGUIAR, Marcos Fábio Porto de. Abordagens sobre dimensionamento de pavimentos flexíveis rodoviários: uma visão prévia do profissional brasileiro. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, Fortaleza – CE, p. 01-05, 15 a 18 de set. 2015. Disponível em: <https://marcosporto.eng.br/wp-content/uploads/2018/01/Abordagem-sobre-Dimensionamento-de-Pavimentos-Flex%C3%ADveis-Rodovi%C3%A1rios-Uma-Vis%C3%A3o-Pr%C3%A9via-do-Profissional-Brasileiro.pdf>. Acesso em: 07 set. 2023.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. AASHTO guide for design of pavement structures, Washington, D.C. 1986. Disponível em: <https://habib00ugm.files.wordpress.com/2010/05/aashto1993.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2023.

AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT. Estudo da relação entre o módulo de resiliência e o CBR de solos como parâmetros de projeto de pavimentação. 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias/concessionarias/lista-de-concessoes/autopista-regis-bittencourt/relatorio-de-pesquisa-rdt/estudo-da-relacao-entre-o-modulo-de-resiliencia-e-cbresoloscomoparametrodeprojotodepavimentos.pdf/@@download/file/Estudo%20da%20Rela%C3%A7%C3%A3o%20entre%20o%20M%C3%B3dulo%20de%20Resili%C3%Aancia%20e%20CBR%20de%20Solos%20como%20Par%C3%A2metro%20de%20Projeto%20de%20Pavimentos%27.pdf>. Acesso em: 30 out. 2023.

BALBO, J.T. Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. 2. ed. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2022. 750 p.

BERNUCCI, Liede Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti de; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. 2. ed. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2022. 750 p. Disponível em: <HTTPS://triumfotransbrasiliana.com.br/wp-content/uploads/2022/07/PA-Completo-2022.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2023.

BIEDACHA, Marina Myszak. **Dimensionamento de pavimento asfáltico pelo método DNER e comparativo com o atual método mecanístico-empírico Medina**. 2020. 132 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2020. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/27496/1/PB_COECI_2020_1_09.pdf. Acesso em: 07 set. 2023.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. MeDiNa. Brasília: Ministério da Infraestrutura, 2023. Disponível em: <HTTPS://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/medina>. Acesso: 10 de abr. 2023.

CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2022**. Brasília, 2022. 229 p. Disponível em: <HTTPS://cnt.org.br/documento/6b24f1b4-9081-485d-835d-c8aafac2b708>. Acesso em: 02 set. 2023.

COSTA, Bárbara Ribeiro. **Avaliação da implantação do dimensionamento de pavimentos flexíveis pelo método MeDiNa no contexto brasileiro**. 2021. 162 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021. Disponível em: <HTTPS://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/223071>. Acesso em: 09 ago. 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **IPR 719**: Manual de pavimentação. 3 ed. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 2006. 274 p. Disponível em: HTTPS://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/ipr_719_manual_de_pavimentacao-versao-corrigida-errata_1.pdf. Acesso em: 10 ago. 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **IS - 247**: Estudos para Elaboração de Projetos de Implantação Usando o Método de Dimensionamento Nacional - MeDiNa. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 2021. 22 p. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/medina/is-247>. Acesso em: 10 ago. 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de Ajuda**: programa medina versão 1.1.9. Programa MeDiNa versão 1.1.9. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/medina/medina-versao-1-1.9>. Acesso em: 10 out. 2023.

FERNANDES, Wagner Dambros. **Análise comparativa entre os métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis do Brasil e o método da AASHTO**. 2016. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7929/FERNANDES%2c%20WAGNER%20DAMBROS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 07 set. 2023.

FIGUEIREDO, Marronney Marcos Ribeiro. **Análise de dimensionamento de pavimento flexível estudo comparativo de métodos**. 2018. 68 f. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018. Disponível em: <HTTP://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/23522>. Acesso em: 10 ago. 2023.

FRANCO, Filipe Augusto Cinque de Proença. Método de Dimensionamento Mecânico – Empírico de Pavimentos Asfálticos – SISPAV. 294 f. Tese (Pós – Graduação) – Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://www.coc.ufrj.br/pt/teses-de-doutorado/151-2007/1107-filipe-augusto-cinque-de-proenca-franco>. Acesso em: 27 out. 2023.

GODOI, Luíza Carburnk; HOLZ, Raquel da Fonseca; SILVA, Yago Duarte da. Análise Comparativa de Custos entre métodos de dimensionamento de pavimentos asfálticos: AASHTO, DNIT e Medina. **33º Congresso de Pesquisas e Ensino em Transporte da Anpet**, Balneário Camboriú, p. 01-11, 14 nov. 2019. Disponível em: https://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Infraestrutura/Dimensionamento,%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20e%20Gest%C3%A3o%20de%20Pavimentos%20I/3_251_AC.pdf. Acesso em: 07 set. 2023.

HEUKELOM, W., KLOMP, A.J.G. **Dynamic Testing as a Means of Controlling Pavements During and After Construction**. Proceedings of the First International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements, University of Michigan, 1962. Disponível em: <https://trid.trb.org/view/717112>. Acesso em: 27 out. 2023.

MATIAS, Rubens Feitosa. Revisão Bibliográfica sobre Pavimentos Rígidos e Pavimentos Flexível Considerando Dimensionamento e Custos. 100 f. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/68421>. Acesso em: 17 nov. 2023.

MANUAL de utilização do MeDiNa. 2023. Instituto de Pesquisas em Transporte. Disponível em: <HTTPS://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/medina/manual-medina-1-1-9.pdf>. Acesso em: 03 set. 2023

MATIAS, Rubens Feitosa. **Revisão bibliográfica sobre pavimento rígido e pavimento flexível considerando dimensionamento e custos**. 2022. 100 f. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/68421/3/2022_tcc_rfmatias.pdf. Acesso em: 07 set. 2023.

MEDINA, Jacques de; MOTTA, Laura Maria Goretti da. Mecânica dos Pavimentos. 3º. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2015.

POWELL, W.D., J.F. POTTER, H.C. MAYHEW, and NUNN, M.E. **The Structural Design of Bituminous Roads, TRRL Report LR 1132**, Department of Transport, Berkshire, U.K., 1984. Disponível em: <https://trl.co.uk/uploads/trl/documents/LR1132.pdf>. Acesso em: 27 out. 2023.

PREUSSLER, E.S. **Estudo da deformação resiliente de pavimentos flexíveis e aplicação ao projeto de camada de reforço**. Tese de doutorado. COPPE-UFRJ, 1983. Disponível em: <http://www.coc.ufrj.br/pt/teses-de-doutorado/127-1983/713-ernesto-simoes-preussler>. Acesso em: 27 out. 2023.

SANTOS, Rafaella Oliveira Guimarães; SILVA, Larissa Macário da. 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: <https://sustenere.co/index.php/engineeringsciences/article/view/CBPC2318-3055.2021.001.0012/2667>. Acesso em: 07 set. 2023.

SILVA, José Emerson Gonçalves. **Método Nacional de Dimensionamento de Pavimentos - Medina avaliação da duplicação da AL-145**. 2018. 78 f. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2018. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/4810/1/M%c3%a9todo%20nacional%20de%20dimensionamento%20de%20pavimentos%20-%20medina%2c%20avalia%c3%a7%c3%a3o%20da%20duplica%c3%a7%c3%a3o%20da%20AL-145.pdf>. Acesso em: 07 set. 2023.

SOUSA, Matheus Nilton de. Dimensionamento de Estruturas de Pavimento: Aplicação do Método DNER (1981) e do Método MeDiNa. 99 f. Monografia (Graduação) – Curso Superior de Engenharia Civil, Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/1524/TCC%20-%20Matheus%20Nilton%20de%20Sousa.pdf?sequence=1>. Acesso em: 17 nov. 2023.