

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS MG

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

JAYNNE BARBARA DE LIMA MELO

**PROPOSTA PARA CORREÇÃO DAS PATOLOGIAS, SINALIZAÇÃO E
GEOMETRIA DO PAVIMENTO FLEXÍVEL DA RODOVIA MG 170: Trecho Guapé/**

Ilicínea - MG, km 7,52 ao km 9,82

VARGINHA-MG

2019

JAYNNE BARBARA DE LIMA MELO

**PROPOSTA PARA CORREÇÃO DAS PATOLOGIAS, SINALIZAÇÃO E
GEOMETRIA DO PAVIMENTO FLEXÍVEL DA RODOVIA MG 170: Trecho Guapé/
Ilicínea - MG, km 7,52 ao km 9,82**

Projeto de Pesquisa apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro universitário do sul de Minas –UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação da Professora Tiely Zurlo Mognhol.

VARGINHA-MG

2019

JAYNNE BARBARA DE LIMA MELO

**PROPOSTA PARA CORREÇÃO DAS PATOLOGIAS, SINALIZAÇÃO E
GEOMETRIA DO PAVIMENTO FLEXÍVEL DA RODOVIA MG 170: Trecho Guapé/
Ilicínea - MG, km 7,52 ao km 9,82**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas-UNIS/MG, como pré-requisito por obtenção do título de Bacharel, para a Banca Examinadora composta pelos membros.

Aprovado em:

Professora: Tiely Zurlo Mognhol – Orientadora

Professor (a)

Professor (a)

OBS.:

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãs e a toda minha família que, com muito carinho e apoio não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida. Pai e Mãe, seus cuidados foram o que deram, em alguns momentos, a força e esperança para seguir, a presença de vocês significa em minha vida segurança e certeza de que não estou sozinha.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre me iluminar em todos os anos que passei na estrada a caminho de um sonho, ao apoio da minha família que sempre estiveram comigo, meus pais que acreditaram em mim, a Professora Tiely Zurlo Mognhol que me acompanhou nesta fase e por toda sua orientação, e a todos que fizeram parte da minha formação.

RESUMO

Dentro da engenharia rodoviária, cada tipo de asfalto se destina a um fim, imprimação da base dos pavimentos; camadas de rolamento das rodovias, entretanto cabe ressaltar que aplicação de um revestimento de alto, médio ou baixo padrão segue certos parâmetros como: número e tipo de veículos pesados usuários da rodovia; vida útil do pavimento; disponibilidade de material; composição das camadas inferiores do pavimento, entre outros. No Brasil, a primeira rodovia asfaltada do país foi a Rio-Petrópolis, em 1928, durante o governo Washington Luís. No Brasil o asfalto não é o ideal para a pavimentação das rodovias, devido ao intenso intemperismo de seu clima, assim o ideal é a utilização de diferentes tipos de asfalto, de acordo com a temperatura média de cada região. Este trabalho objetiva propor soluções para os problemas apresentados na rodovia MG 170, que liga as cidades de Guapé-MG à Ilícinea-MG. O estudo inicia-se no trecho do Km 7,52 e finaliza-se no Km 9,82 do mesmo. Esta rodovia estudada é a principal via de escoamento pavimentada de pessoas e insumos da cidade de Guapé aos grandes centros. A metodologia aplicada ao estudo definiu-se com relação ao fluxo de tráfego diário, dados estes fornecidos pelo Departamento Estradas de Rodagem de Minas Gerais (DEER), a análise realizou-se em trechos com extensão de 100 metros cada um, remetendo-se a pior situação identificada ao longo de toda rodovia. Esta análise determinou-se nas seguintes etapas: determinação do Valor de Serventia Atual (VSA) por meio de notas de 0 a 5; ensaios de amostras coletadas para determinação do índice de betume e a granulometria dos agregados asfáltico; ensaios de amostra de base para determinação da Capacidade de Suporte Califórnia (C.B.R) e expansão, granulometria dos agregados do solo onde foram realizados em laboratório terceirizado; dados estatísticos fornecidos pelo órgão responsável pela rodovia e verificação da sinalização e geometria da via existente. Todos os resultados obtidos foram comparados com as especificações da norma pré-estabelecida, a fim de identificar possíveis problemas, como crescente fluxo e intensidade de veículos no pavimento estudado demonstra que futuramente este estará sofrendo grandes erosões, diminuindo seu tempo de vida útil, sendo assim propôs-se soluções técnicas, visando à melhoria das condições de tráfego e segurança dos usuários.

Palavra-Chave: Patologias. Sinalização Rodoviária. Geometria. Pavimento flexível.

ABSTRACT

Within road engineering, each type of asphalt is intended for one purpose, priming the base of the pavements; rolling layers of the highways, however it should be noted that application of a high, medium or low standard coating follows certain parameters such as: number and type of heavy duty road users; floor life; material availability; composition of the lower layers of the floor, among others. In Brazil, the first paved road in the country was Rio-Petrópolis, in 1928, during the Washington Luís government. In Brazil, asphalt is not ideal for paving highways, due to the intense weathering of its climate, so the ideal is the use of different types of asphalt according to the average temperature of each region. This paper aims to propose solutions to the problems presented on the MG 170 highway, which connects the cities of Guapé-MG to Illicínea-MG. The study begins on the 7.52 km stretch and ends on the 9.82 km extension. This studied highway is the main paved flow of people and inputs from the city of Guapé to the major centers. The methodology applied to the study was defined in relation to the daily traffic flow, data provided by the Department of Highways of Minas Gerais (DEER), the analysis was carried out in stretches of 100 meters each, referring to worst situation identified along the entire highway. This analysis was determined in the following steps: determination of the Current Servant Value (VSA) by means of scores from 0 to 5; testing of samples collected for bitumen index determination and asphalt aggregate particle size; baseline assays for California Support Capacity (C.B.R) determination and expansion, soil aggregate particle size where they were performed in a third party laboratory; statistical data provided by the agency responsible for the highway and verification of existing road signs and geometry. All results obtained were compared with the specifications of the pre-established standard, in order to identify possible problems, such as increasing flow and intensity of vehicles on the studied pavement demonstrates that in the future it will be suffering major erosions, reducing its useful life, thus Technical solutions were proposed aiming at improving traffic conditions and safety of users.

Keyword: Pathologies. Signaling road. Geometry. Flexible pavement.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS	17
2.1. Objetivo Geral.....	17
2.2. Objetivos Específicos.....	17
3. JUSTIFICATIVA	18
4. REFERENCIAL TEÓRICO	20
4.1. Pavimentação.....	20
4.2. Tipos de Pavimentos.....	20
4.2.1. Pavimentos.....	20
4.2.2. Pavimentos Flexíveis.....	21
4.3. Revestimento	21
4.3.1. Revestimentos Flexíveis	22
4.3.1.1. Concreto Betuminoso ou Concreto Betuminoso Usinado a Quente	22
4.3.1.2. Pré-misturado a Quente	22
4.3.1.3. Pré-misturado a Frio	22
4.3.2. Tratamentos Superficiais	22
4.4. Materiais.....	23
4.4.1. Asfalto	24
4.4.2. Agregados	24
4.5. Base.....	25
4.5.1 Material.....	25
4.6. Patologias, Avaliação funcional e Serventia	26
4.6.1. Serventia	27
4.6.2. Patologias.....	27
4.6.2.1. Fissuras	27
4.6.2.2. Trincas	28
4.6.2.3. Trinca Isolada – Transversal.....	28
4.6.2.4. Trinca Isolada – Longitudinal	29
4.6.2.5. Trinca Isolada - Trinca de retração.....	29
4.6.2.6. Trinca Interligada - Trinca tipo “Couro de jacaré”	29
4.6.2.7. Trinca Interligada - Trinca tipo “Bloco”	30
4.6.2.8. Afundamento.....	31

4.6.2.9. Afundamento Plástico.....	32
4.6.2.10. Afundamento de consolidação	32
4.6.2.11. Ondulação ou Corrugação.....	33
4.6.2.12. Escorregamento	33
4.6.2.13. Exsudação	34
4.6.2.14. Desgaste	35
4.6.2.15. Panela ou Buraco.....	35
4.6.2.16. Remendo	35
4.6.2.17. Remendo profundo	36
4.6.2.18. Remendo superficial	36
4.7. Sinalização	37
4.7.1. Sinalização Vertical.....	37
4.7.1.1. Categoria dos sinais	39
4.7.1.2. Dispositivos auxiliares de percurso	45
4.7.2. Sinalização horizontal	48
4.8. Geometria do pavimento.....	49
4.8.1. Classificação das rodovias	49
4.8.2. Elementos de Geometria.....	51
4.9. Conservação	58
4.10. Dimensionamento	59
4.10.1. Classificação das vias e parâmetros de tráfego.....	59
4.10.2. Tráfego.....	60
4.10.3. Métodos DNER.....	62
4.10.3.1. Dimensionamento do Pavimento	64
4.10.3.2. Dimensionamento da Base.....	64
4.10.3.3. Dimensionamento Sub-base.....	65
4.10.3.4. Dimensionamento do Reforço do Subleito	65
4.11. Ensaios	66
4.11.1. Extração de betume	66
4.11.2. Granulometria dos agregados do asfalto	66
4.11.3. C.B.R e expansão	66
4.11.4. Granulometria de solos	66
5. METODOLOGIA.....	67

5.1. Classificação da pesquisa	67
5.2. Descrição do local de análise.....	67
5.3. Planejamento da pesquisa.....	68
5.4. Características da via atual.....	68
5.5. Escolha do trecho	68
5.6. Coleta de amostras para ensaios.....	71
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	73
6.1. Classificação da via	73
6.2 Resultados dos ensaios	74
6.2.1 Extração de betume e granulometria do material asfáltico.....	74
6.2.2 C.B.R e expansão	74
6.2.3 Granulometria de solos.....	74
6.3 Análise do Trecho 1.....	75
6.3.1 Valor de VSA.....	78
6.4 Análise do Trecho 2.....	79
6.4.1 Valor de VSA.....	83
6.5 Análise do Trecho 3.....	84
6.5.1 Valor de VSA.....	87
6.6 Geometria	87
6.7 Sinalização	88
6.8 Memorial de cálculo para o dimensionamento das camadas.....	88
6.8.1 Determinação do N.....	88
6.8.1.1. Dimensionamento do Pavimento	90
6.8.1.2. Dimensionamento do revestimento para 2019.....	91
6.8.1.3. Dimensionamento do pavimento 2030.....	91
6.8.1.3.1. Dimensionamento da Base.....	91
6.8.1.3.2. Dimensionamento da Sub-Base	92
6.8.1.3.3. Dimensionamento do Reforço do Sub-leito.....	92
6.9. Memorial descritivo	94
6.9.1. Objetivo	94
6.9.2. Normas.....	94
6.9.2.1. Dimensionamento do Pavimento Flexível.....	94
6.9.2.2. Geometria.....	94

6.9.2.3. Sinalização	94
6.9.3. Serviços	94
6.10 Orçamentos.....	95
6.10.1. Composição de Preço Unitário – Pavimentação.....	95
6.10.2 Sinalização	101
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
REFERÊNCIAS.....	104
APÊNDICE A – Corte Transversal e planta da via atual do trecho 1	107
APÊNDICE B – Corte Transversal e planta da via atual do trecho 2	108
APÊNDICE C – Corte Transversal e planta da via atual do trecho 3	109
APÊNDICE D – Corte Transversal e planta da via com dimensões de acordo com as normas trecho 1.....	110
APÊNDICE E – Corte Transversal e planta da via com dimensões de acordo com as normas trecho 2.....	111
APÊNDICE F – Corte Transversal e planta da via com dimensões de acordo com as normas trecho 3.....	112
APÊNDICE G – Verificação do Raio da curva no trecho 2	113
APÊNDICE H – Sinalização no trecho 1.....	114
APÊNDICE I – Sinalização no trecho 2	115
APÊNDICE J – Sinalização no trecho 3.....	116
ANEXO A – Norma DNER-053/94 – Misturas Betuminosas –Porcentagem de Betume 117	
ANEXO B – DNER-ME 083/98 Agregados – Análise Granulométrica	119
ANEXO C – Norma DNIT-ME 172/2016 Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas	121
ANEXO D – Norma DNER-ME 080/94 Solos - Análise Granulométrica por Peneiramento	129
ANEXO E – Ensaio de extração de betume e granulometria dos agregados asfálticos. 132	
ANEXO F – Ensaio para a amostra da base	133

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Corte Transversal.	21
Figura 02: Fases de execução de Tratamentos Superficiais.	23
Figura 03: Trinca isolada transversal.	28
Figura 04: Trinca isolada longitudinal.	29
Figura 05: Trinca interligada tipo couro de jacaré.	30
Figura 06: Trincas tipo bloco.	30
Figura 07: Afundamento.	32
Figura 08: Ondulação.	33
Figura 09: Escorregamento.	34
Figura 10: Exsudação.	34
Figura 11: Panela ou Buraco.	35
Figura 12: A deflexão do sinal vertical em planta.	38
Figura 13: A deflexão do painel suspenso em perfil.	38
Figura 14: Posicionamento dos sinais de regulamentação em pista sem acostamento.	40
Figura 15: Posicionamento dos sinais de regulamentação em pista com acostamento.	40
Figura 16: Posicionamento do sinal de regulamentação.	41
Figura 17: Posicionamento transversal, pista com acostamento.	42
Figura 18: Posicionamento transversal, pista sem acostamento.	42
Figura 19: Posicionamento do sinal de advertência.	43
Figura 20: Curvas acentuadas à esquerda e à direita.	44
Figura 21: Curvas à esquerda e à direita.	45
Figura 22: Posicionamento dos delineadores.	46
Figura 23: Posicionamento em curva.	47
Figura 24: Posicionamento em tangente.	47
Figura 25: Elementos de geometria.	52
Figura 26: Corte transversal da estrutura de um pavimento.	52
Figura 27: Plataforma de uma rodovia – seção transversal.	52
Figura 28: Transição de Centro e Raio Conservado.	57
Figura 29: Espiral de Centro Conservado.	57
Figura 30: Espiral com Raio Conservado.	58
Figura 31: Ábaco de espessuras.	64
Figura 32: Localização da rodovia MG 170.	69
Figura 33: Localização dos trechos na rodovia.	69
Figura 34: Trecho 1.	70
Figura 35: Trecho 2.	70
Figura 36: Trecho 3.	71
Figura 37: Profundidade da camada de base.	72
Figura 38: Amostra de revestimento TSD.	72
Figura 39: Trecho 1.	75
Figura 40: 2018 e 2019.	75

Figura 41: Escorregamento.	76
Figura 42: 2018 e 2019.	77
Figura 43: Espessura da camada de revestimento.	77
Figura 44: 2018 e 2019.	78
Figura 45: Trecho 2.....	80
Figura 46: 2018 e 2019.	80
Figura 47: 2018 e 2019.	81
Figura 48: 2018 e 2019.	82
Figura 49: Profundidade do afundamento.....	82
Figura 50: 2018 e 2019.	83
Figura 51: Trecho 3.....	84
Figura 52: 2018 e Fevereiro de 2019.	85
Figura 53: Abril de 2019.....	85
Figura 54: Espessuras.....	86
Figura 55: Ondulação.....	86
Figura 56: Perfil do pavimento pra 2030.	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Índice de acidentes Guapé/ Ilicínea km 0 ao Km 10.	18
Tabela 2: Quantidade de asfalto por camada.....	24
Tabela 3: Quantidade de agregados por camada.	24
Tabela 4: Granulometria dos agregados para TSD.....	25
Tabela 5: Avaliação para pavimento.....	27
Tabela 6: Distância de visibilidade para as velocidades de operação.....	41
Tabela 7: Distância de visibilidade para as velocidades de operação.....	43
Tabela 8: Fatores geométricos.	44
Tabela 9: Fatores geométricos.	45
Tabela 10: Distância entre delineadores em trechos de curvas.	46
Tabela 11: Largura das linhas longitudinais em relação á velocidade.....	49
Tabela 12: Critério de classificação de rodovias.	50
Tabela 13: Velocidades diretrizes.....	51
Tabela 14: Largura de faixa de domínio para classe e região.	53
Tabela 15: Largura de acostamentos de acordo com a classe e região.	54
Tabela 16: Largura da pista de rolamento de acordo com as classes.	54
Tabela 17: Largura da faixa de tráfego.	55
Tabela 18: Raios mínimos de curvatura.....	56
Tabela 19: Valores para o fator direcional.	61
Tabela 20: Coeficiente pelo tipo de material.....	63
Tabela 21: Dados de tráfego da rodovia MG 170 para o ano de 2019.	73
Tabela 22: Porcentagem por tipo de veículos.....	89
Tabela 23: Fator eixo.	89
Tabela 24: Escavação de Subleito.	95
Tabela 25: Regularização do Subleito.	96
Tabela 26: Regularização de sub-base.	97
Tabela 27: Execução e compactação de base.	97
Tabela 28: Imprimação.	98
Tabela 29: Revestimento.....	99
Tabela 30: Custo total do pavimento.	100
Tabela 31:Orçamento de sinalização para os trechos 1,2 e 3.	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Granulometria de solos para base.....	26
Quadro 02: Classificação das trincas.	31
Quadro 3: Quadro resumo dos defeitos - Condições e Classificação.	36
Quadro 4: Superlargura	55
Quadro 5: Composição do tráfego.	61
Quadro 6 - Parâmetros para dimensionamento do Pavimento medidos através do ensaio C.B.R.....	63
Quadro 7 - Espessuras mínimas de revestimento betuminoso.	63
Quadro 8: Valor VSA trecho 1	78
Quadro 9: VSA trecho 2.....	83
Quadro 10: Valore de VSA trecho 3.....	87
Quadro 11: Dados VMD fornecido pelo DEER.....	88

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

C.B.R – Capacidade de Suporte Califórnia

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

VSA – Valor de Serventia Atual

VMD – Volume de Tráfego Médio Diário

CNT – Confederação Nacional do Transporte

OSV – Observatório Nacional de Segurança Viária

TDM – Tráfego Diário Médio

TSS – Tratamento Superficial Simples

TSD – Tratamento Superficial Duplo

TST – Tratamento Superficial Triplo

1. INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário é a principal alternativa para o escoamento de cargas e pessoas em todo o país, gerando uma grande movimentação econômica neste setor. Entretanto para que haja excelência neste transporte, é de extrema importância que o pavimento das rodovias esteja em boas condições, oferecendo economia, segurança e conforto aos usuários. Contudo, no Brasil os investimentos não são bem aplicados acarretando uma infraestrutura precária de sua malha rodoviária. Segundo a Pesquisa CNT de Rodovias 2016, 48,3% da extensão total das rodovias avaliadas apresentam algum tipo de problema no pavimento, tendo sido avaliado como regular, ruim ou péssimo. Os registros mais antigos de seu uso são de 3000 a.C., era usado apenas para conter vazamentos de águas em reservatórios. A partir de 1909 iniciou-se o emprego de asfalto derivado do petróleo, sendo atualmente o principal meio de produção de asfalto.

A pavimentação tem por finalidade a melhoria física da via para atender o tráfego, atendendo critérios como um melhor conforto ao deslocamento e superfície mais regular, segurança em condições de pista molhada garantindo aderência, entre outros. Automaticamente uma via em condições adequadas para o tráfego garante redução nos custos de manutenção dos veículos, que estão associados às condições de superfície dos pavimentos, além de permitir a redução no tempo de viagem. (Bernucci *et. al.* 2008).

Segundo BERNUCCI *et. al.* 2008, o pavimento é formado por múltiplas camadas com espessuras finitas, construída sobre uma terraplanagem destinada a resistir aos esforços gerados pelo tráfego veículos e clima, e a propiciar aos usuários melhorias nas condições de rolamento, como conforto, economia e segurança.

De acordo com DNIT-743 (2010), a sinalização deve conquistar a atenção e a confiança do usuário, permitindo-lhe um tempo de reação adequado, para que a atenção seja conquistada, são utilizados sinais e marcas de dimensões e locais apropriados.

A rodovia possui suas classificações de acordo com o DNIT -742 2010, onde se estabelece suas características em relação à jurisdição, sendo, particular, municipal, estadual ou federal, além da classificação funcional que estabelece se a rodovia é arterial, coletora, local ou de trânsito rápido; suas características físicas estão relacionadas ao pavimento, a classificação é definida de acordo com o seu volume de tráfego e o tipo de região se plana, ondulada ou montanhosa. A qualidade do pavimento das rodovias tem impacto direto no desempenho do transporte rodoviário e na economia do Brasil. Uma rodovia com más

condições de pavimento aumenta o custo operacional do transporte, reduz o conforto e a segurança dos passageiros e das cargas, além de causar prejuízos ambientais.

Este trabalho tem como objetivo avaliar as condições do pavimento flexível da rodovia MG170, do trecho que liga Guapé a Ilícinea MG, analisando as patologias do pavimento, sinalização e geometria, de acordo com as normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), propondo soluções tecnicamente adequadas para cada problema encontrado.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar as condições do pavimento flexível da rodovia MG170, do trecho que liga Guapé a Ilicínea MG, analisando as patologias do pavimento, sinalização e geometria, de acordo com as normas do DNIT, propondo soluções tecnicamente adequadas para cada problema apresentado.

2.2. Objetivos Específicos

- Delimitar um trecho rodoviário;
- Identificar os trechos mais críticos do pavimento flexível, por meio de registro fotográfico;
- Identificar o tipo de revestimento do pavimento existente;
- Realizar ensaio de extração de betume;
- Realizar ensaio de granulometria;
- Realizar ensaio de C.B.R e expansão;
- Granulometria do solo;
- Analisar a sinalização nos trechos escolhidos;
- Identificar os valores de VSA da rodovia;
- Analisar a geometria da rodovia;
- Com todos os resultados obtidos, comparar com as especificações das normas técnicas, e apresentar soluções para cada problema.

3. JUSTIFICATIVA

Em pesquisa da Confederação Nacional do Transporte - CNT (2018), mais de 60 % do transporte de cargas e 90% do transporte de passageiros do Brasil são feitos por rodovias, onde é fundamental o investimento em infraestrutura de transporte, oferecendo segurança aos motoristas, passageiros e pedestres, assim favorecendo o desenvolvimento do setor e o crescimento econômico. Sendo necessário priorizar os projetos de construção, duplicação e manutenção das rodovias brasileiras, onde tem chamado muita atenção para problemas nos pavimentos, nas sinalizações e nos traçados de vários trechos.

O trecho em estudo denominado rodovia MG170, possui pavimentação flexível, ligando as cidades de Guapé e Ilicínea MG, sendo a única rodovia pavimentada a ter acesso a cidade de Guapé. A manutenção da rodovia se iguala a várias rodovias pelo país, onde necessita de melhorias em relação aos problemas de patologias, sinalização e traçado, podendo causar problemas como risco de acidentes, manutenções dos veículos, economia, segurança, e problemas de transporte.

Segundo o Observatório Nacional de Segurança Viária (ONSV), 5% das ocorrências de acidentes estão relacionados ao "fator viário", que envolvem problemas de má sinalização, estradas mal projetadas, patologias ao decorrer das vias, falta de acostamentos, onde todos os problemas induzem a acidentes.

Dados fornecidos pela Polícia Rodoviária Federal, tabela 01 mostra o índice de acidentes na rodovia MG 170 nos anos de 2014 á 2018, do Km 0 ao Km 10.

Tabela 1: Índice de acidentes Guapé/ Ilicínea km 0 ao Km 10.

	2014	Rodovia 2015	2016	2017	2018	Total
Com vítimas fatais	0	2	2	0	5	9
Com vítimas feridas	12	12	6	6	7	43
Sem vítimas	9	13	2	4	4	32
Total	21	27	10	10	16	84

Fonte: Polícia Militar Rodoviária de Lavras.

É notório que, de 2014 para 2015, o índice de acidentes teve um aumento, em 2016 os acidentes diminuíram, mantendo o mesmo valor em 2017 e, em 2018, apresentou novo crescimento. Cabe ressaltar que as causas dos acidentes não foram divulgadas, mas ao “fator viário” pode ter contribuído para esses índices.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. Pavimentação

A pavimentação da via de circulação de veículos tem por finalidade a melhoria física para o tráfego, como um melhor conforto ao deslocamento e superfície mais regular, segurança em condições de pista molhada garantindo aderência. Automaticamente uma via melhorada garante redução nos custos de manutenção dos veículos, que estão associados as condições de superfície dos pavimentos, a regularidade permite também uma redução no tempo de viagem. BERNUCCI *et. al.* (2008).

4.2. Tipos de Pavimentos

4.2.1. Pavimentos

Segundo BERNUCCI *et. al.* 2008, o pavimento é formado por múltiplas camadas com espessuras finitas, construída sobre uma terraplanagem destinada a resistir aos esforços gerados pelo tráfego veículos e clima, e a propiciar aos usuários melhorias nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

De acordo com o DNIT -719 (2006), os pavimentos são classificados como Flexível, Semi-Rígido e Rígido.

- a) Flexível: Onde todas as suas camadas sofrem deformações elástica considerável sob o carregamento aplicado, as cargas se distribuem em igualmente entre as camadas. Exemplo: pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame), ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica. DNIT - 719 (2006).
- b) Semi-Rígido: Com base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias. Exemplo: Uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica. DNIT -719 (2006).
- c) Rígido: O revestimento mais rígido que às camadas inferiores, portanto, absorve quase todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Exemplo: Pavimentos constituídos por lajes de concreto de cimento Portland. DNIT -719 (2006).

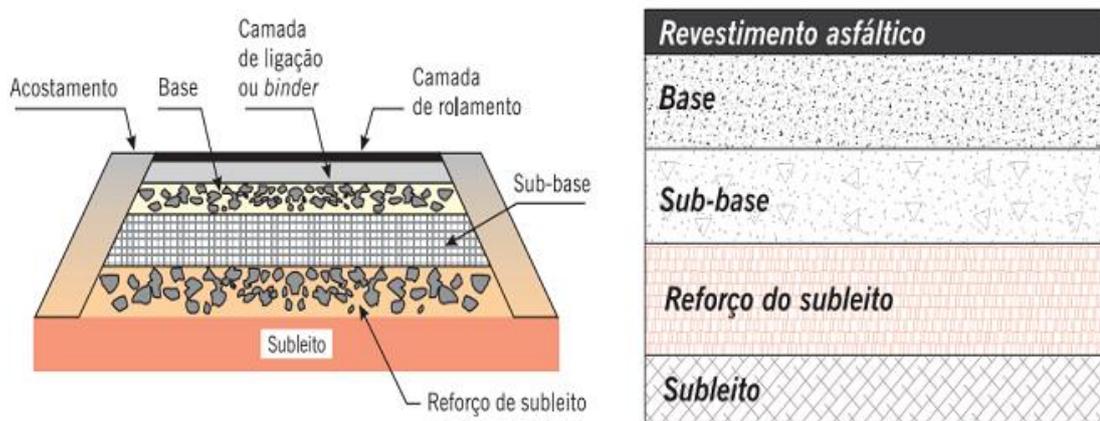
4.2.2. Pavimentos Flexíveis

Segundo BERNUCCI *et.al.* (2008), os pavimentos asfálticos são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura de agregados e ligantes asfálticos, e formado por quatro camadas principais:

- a) Revestimento asfáltico: É a camada ou capa asfáltica, destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma moderada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento.
- b) Base: Camada responsável por absorver e distribuir as cargas verticais do tráfego, podendo ser constituído por mistura de solos e agregados.
- c) Sub-base: Camada necessária quando as camadas inferiores não apresentam resistência para sustentar os esforços que serão gerados pela carga de trafego estabelecido pelo projeto.
- d) Reforço do subleito: Camada estabilizada granulometricamente, sendo regularizado e compactado.
- e) Subleito: Camada natural do pavimento.

Pode-se observar na figura 01, onde todas as camadas em suas devidas posições.

Figura 01: Corte Transversal.



Fonte: Bernucci et. al. 2008.

4.3. Revestimento

Segundo o Senço (2001), o revestimento também chamado de capa de rolamento, é a camada que recebe diretamente as cargas de tráfego, destinada a melhorara a superfície de

rolamento, contribuindo para o conforto e segurança, além de resistir ao desgaste, aumentando a durabilidade da estrutura.

4.3.1. Revestimentos Flexíveis

4.3.1.1. Concreto Betuminoso ou Concreto Betuminoso Usinado a Quente

Sendo um dos mais nobres dos revestimentos flexíveis, consiste em uma mistura de agregados, seguindo precisamente as especificações, e betume devidamente dosado. A mistura é feita em usina, com controle de granulometria, teor de betume, temperaturas do agregado e do betume, transporte, aplicação e compressão. (Senço 2001).

O concreto betuminoso – asfáltico tem sido preferido para pavimento das autoestradas e das vias expressas. (Senço 2001).

4.3.1.2. Pré-misturado a Quente

Os critérios quanto ao pré-misturado a quente são menos rigorosos do que as do concreto betuminoso, o agregado é aquecido até uma temperatura próxima do betume como no concreto betuminoso, A expressão “a quente” refere-se a uma exigência quanto ao agregado. (Senço 2001).

4.3.1.3. Pré-misturado a Frio

Sendo um produto menos nobre que o pré-misturado a quente e o concreto betuminoso, o agregado é empregado sem prévio aquecimento. (Senço 2001).

4.3.2. Tratamentos Superficiais

Segundo BERNUCCI *et. al.* (2008), os tratamentos superficiais são constituídos de ligantes asfálticos e agregados sem mistura prévia, na pista, com compactação posteriormente, promovendo o recobrimento parcial e a aderência entre agregados e ligantes, possuindo camadas de rolamento de pequena espessura acabada na ordem de 5 a 20 mm, essa técnica é utilizada em lugares com volume baixo de tráfego.

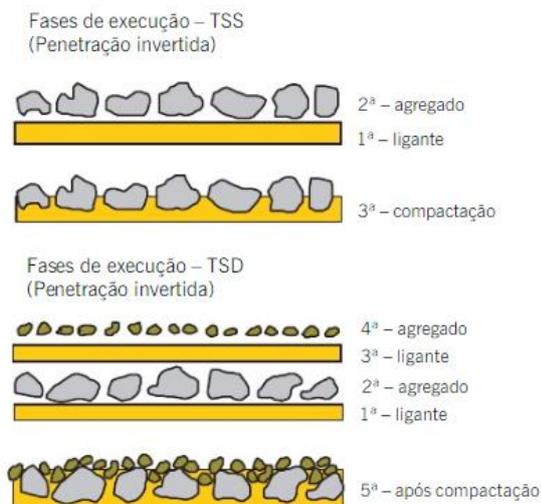
As principais funções dos tratamentos superficiais são.

- Camada fina com alta resistência ao desgaste;
- Impermeabilizar o pavimento;
- Proporcionar um revestimento antiaderente;
- Proporcionar um revestimento de alta flexibilidade que possa acompanhar deformações relativamente grandes da infraestrutura.

Portanto o tratamento superficial não corrige irregularidades da pista caso seja aplicado em superfície com defeitos, e não aumenta significativamente a resistência estrutural do pavimento. (Bernucci *et. al.* 2008).

De acordo com BERNUCCI *et. al.* (2008), os tratamentos superficiais classificados de acordo com o número de camadas consecutivas de ligantes e agregados, sendo, Tratamento superficial simples (TSS), Tratamento superficial duplo (TSD), e Tratamento superficial triplo (TST), a fase de execução podem ser observados na Figura 02.

Figura 02: Fases de execução de Tratamentos Superficiais.



Fonte: Bernucci *et. al.* 2008.

4.4. Materiais

Concreto asfáltico constituem em ligantes asfálticos, agregados de diferentes tamanhos para que tenha uma melhor coesão e em alguns casos, produtos complementares. Para que haja estruturas duráveis em sua vida de serviço, todos os componentes devem estar aplicados corretamente. (Bernucci *et. al.* 2008).

4.4.1. Asfalto

Material ligante betuminoso utilizado em pavimentação origina-se da destilação do petróleo, possui propriedades adesivas termoviscoplastico, impermeável a água e pouco reativo, mesmo sendo pouco reativo não evita o processo de envelhecimento por oxidação lenta pelo contato com o ar e a água. No Brasil utiliza-se a denominação CAP para designar esse produto. (Bernucci *et. al.* 2008).

De acordo com o Senço (2001), a quantidade de material betuminoso em um tratamento superficial duplo (TSD) é apresentado pela tabela 2.

Tabela 2: Quantidade de asfalto por camada.

Quantidades:	Asfalto (l/m ²)
1° Camada	1,8 a 2,3
2 ° Camada	1,9 a 2,1

Fonte: Senço, 2001.

4.4.2. Agregados

Definido como sendo uma mistura de pedregulho, areia, pedra britada, escória ou outros materiais e também devem ser considerados os agregados artificiais, usada em combinação com um ligante para formar um concreto, o agregado escolhido deve apresentar propriedades a suportar tensões impostas na superfície do pavimento. (Bernucci *et. al.* 2008).

De acordo com o Senço (2001), a quantidade de agregado em um tratamento superficial duplo (TSD) é apresentado pela seguinte tabela 3.

Tabela 3: Quantidade de agregados por camada.

Quantidades:	Agregado (kg/m ²)
1° Camada	24 a 27
2 ° Camada	12 a 13

Fonte: Senço, 2001.

Conforme a norma DNER-ES (309/97), que estabelece a granulometria para a primeira e segunda camada do TSD, segue na tabela 4.

Tabela 4: Granulometria dos agregados para TSD.

Granulometria dos Agregados					
Peneiras		% Passando, em peso			Tolerâncias da faixa de projeto
Pol.	mm.	A 1ª Camada	B 1ª ou 2ª Camada	C 2ª Camada	
1"	25,4	100	-	-	± 7
¾"	19,1	90-100	-	-	± 7
½"	12,7	20-55	100	-	± 7
3/8"	9,5	0-15	85-100	100	± 7
Nº 4	4,8	0-5	10-30	85-100	± 5
Nº 10	2,0	-	0-10	10-40	± 5
Nº 200	0,074	0-2	0-2	0-2	± 2

Fonte: DNER-ES (309/97).

4.5. Base

Segundo DNIT (141/2010), é definida como base a acamada de pavimentação destinada a resistir esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os adequadamente à camada subjacente, executada sobre a sub-base, subleito ou reforço de subleito devidamente regularizado e compactado.

4.5.1 Material

De acordo com DNIT (141/2010), os materiais constituintes são solos, mistura de solos, mistura de solos e materiais britados, e devem possuir composição granulométrica satisfazendo a uma das faixas no quadro 1, de acordo com o número N de tráfego calculado.

Quadro 1: Granulometria de solos para base.

Tipos	Para $N > 5 \times 10^6$				Para $N < 5 \times 10^6$		Tolerancia da faixa de projeto
	A	B	C	D	E	F	
	% em peso passando						
2"	100	100	-	-	-	-	± 7
1"	-	75-90	100	100	100	100	± 7
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	-	-	± 7
Nº 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	10-100	± 5
Nº 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100	± 5
Nº 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70	± 2
Nº 200	2-8	5-15	5-15	10-25	6-20	8-25	± 2

Fonte: DNIT 141/2010.

A fração que passa na peneira nº 40 deve apresentar limite de liquidez inferior ou igual a 25%, e índice de plasticidade inferior ou igual a 6%; quando esses limites forem ultrapassados, o equivalente de areia deve ser maior que 30% (DNIT 141/2010).

A porcentagem do material que passa na peneira nº 200 não deve ultrapassar 2/3 da porcentagem que passa na peneira nº 40 (DNIT 141/2010).

O Índice Suporte Califórnia – $ISC \geq 60\%$ para numero $N \leq 5 \times 10^6$, $ISC \geq 80\%$ para numero $N > 5 \times 10^6$, e Expansão $\leq 0,5\%$, determinados através dos ensaios (DNIT 141/2010).

4.6. Patologias, Avaliação funcional e Serventia

De acordo com BERNUCCI *et. al.* (2008), o objetivo principal de um pavimento é garantir a trafegabilidade em qualquer época do ano e condições climáticas, e garantir ao usuário conforto e segurança, do ponto de vista do usuário o estado da superfície do pavimento é o mais importante, pois os defeitos nessa superfície são percebidos uma vez que afeta seu conforto.

A avaliação funcional de um pavimento relaciona-se a apreciação da superfície dos pavimentos e como este estado influencia no conforto ao rolamento.

4.6.1. Serventia

Segundo BERNUCCI *et. al.* (2008), o primeiro método estabelecido para a avaliação funcional do pavimento, foi o da serventia de um trecho do pavimento, o valor de serventia varia entre 0 e 5, onde o valor é dado pela média dos avaliadores para o conforto ao rolamento de um veículo, possuindo cinco níveis de serventia conforme a tabela 5.

Tabela 5: Avaliação para pavimento

Padrão de conforto ao rolamento	Avaliação (Faixa de Notas)
Excelente	4 á 5
Bom	3 á 4
Regular	2 á 3
Ruim	1 á 2
Péssimo	0 á 1

Fonte: Bernucci *et. al.* 2008.

O VSA diminuí com o tempo por conta de dois fatores, o tráfego e as intempéries, para a avaliação, os avaliadores devem apenas avaliar os buracos, saliências, irregularidades transversais e longitudinais da superfície, o avaliador deve usar uma ficha de avaliação de acordo com o nível de serventia mostrado na tabela 5, a nota é pensando em qual seria o conforto em dirigir durante 8 horas no pavimento estudado ou dirigir ao longo de 800km neste pavimento, a partir dessas suposições que se é dada as notas, cada integrante do grupo com suas avaliações individuais (Bernucci *et. al.* 2008).

4.6.2. Patologias

A norma do DNIT (005/2003), define os termos técnicos empregados em patologias que ocorrem nos pavimentos, podendo assim ser analisadas em um trecho do pavimento.

4.6.2.1. Fissuras

Fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível à vista desarmada de uma distância inferior a 1,50 m (DNIT 005/2003).

Segundo Senço (2001), os fendilhamentos podem ser causados por falhas nas misturas betuminosas, falta de suporte do subleito ou espessura insuficiente do pavimento. Esses fendilhamentos permitem a infiltração de água nas camadas inferiores reduzindo a sua resistência causando recalque, ou deformação na camada de rolamento.

A correção deve ser feita com o preenchimento das fendas com material betuminoso, e quando a extensão fendilhada for grande, deve-se recobrir a superfície com capa selante, após o preenchimento das fendas (Senço 2001).

4.6.2.2. Trincas

Fenda existente no revestimento, facilmente visível à vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada (DNIT 005/2003).

4.6.2.3. Trinca Isolada – Transversal

Trinca isolada que apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominado trinca transversal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se trinca transversal longa (DNIT 005/2003), como mostra a figura 3.

Figura 03: Trinca isolada transversal.



Fonte: DNIT 005/2003.

4.6.2.4. Trinca Isolada – Longitudinal

Trinca isolada que apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominado trinca longitudinal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se trinca longitudinal longa (DNIT 005/2003), como mostra a figura 04.

Figura 04: Trinca isolada longitudinal.



Fonte: DNIT 005/2003.

4.6.2.5. Trinca Isolada - Trinca de retração

Trinca isolada não atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou do material de base rígida ou semi-rígida subjacentes ao revestimento trincado (DNIT 005/2003).

4.6.2.6. Trinca Interligada - Trinca tipo “Couro de jacaré”

Conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Essas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas (DNIT 005/2003), como mostra a figura 05.

Figura 05: Trinca interligada tipo couro de jacaré.



Fonte: DNIT 005/2003

4.6.2.7. Trinca Interligada - Trinca tipo “Bloco”

Conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas (DNIT 005/2003), como mostra a figura 6.

Figura 06: Trincas tipo bloco.



Fonte: DNIT 005/2003

Quadro 02: Classificação das trincas.

Fendas				Codificação	Classe das Fendas		
Fissuras				FI	.	.	.
Trincas no revestimento gerados por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	Jacaré	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	.	FC-2	.
			Com erosão acentuada nas bordas da trincas	JE	.	.	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido á retração térmica ou dissecação da base (solocimento) ou revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	Bloco	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	.	FC-2	.
			Com erosão acentuada nas bordas da trincas	TBE	.	.	FC-3

Fonte: DNIT 005/2003.

Nota 1: Classe trincas isoladas:

FC-1: São trincas superiores a das fissuras, e menores que 1,0mm.

FC-2: São trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.

FC-3: São trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.

Nota 2: Classe das trincas interligadas:

As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2, caso apresentem ou não erosão nas bordas.

4.6.2.8. Afundamento

Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação (DNIT 005/2003).

Segundo Senço (2001), pode ser resultado de recalques de aterros recentemente construídos, ou por deficiência de compactação, por adensamento ou pelo volume de tráfego

superior ao previsto em projeto. Uma drenagem inadequada também pode levar a deformações acentuadas.

Os reparos devem ser feitos na medida em que se constata a estabilização ou não do fenômeno. Se for um recalque da base, o qual já se encontra estabilizado, pode-se executar o renivelamento da superfície de rolamento com mistura betuminosa. (Senço, 2001).

4.6.2.9. Afundamento Plástico

Afundamento causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento plástico local; quando a extensão for superior a 6 m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda (DNIT 005/2003), como mostra a figura 07.

Figura 07: Afundamento.



Fonte: DNIT 005/2003

4.6.2.10. Afundamento de consolidação

Afundamento de consolidação é causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento de consolidação local; quando a extensão for superior a 6 m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda (DNIT 005/2003).

4.6.2.11. Ondulação ou Corrugação

Deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento (DNIT 005/2003), como mostra a figura 8.

De acordo com Senço (2001), as ondulações e corrugamentos podem ser causadas por várias deficiências, sendo a mais comum o excesso de asfalto, granulometria inadequada do agregado, insuficiência na compactação ou imprimadura.

O reparo deve ser feito por meio de uma prévia regularização, e uma nova capa de rolamento, quando for à causa por imprimadura má executada o revestimento deve ser retirado totalmente para que possa ser feita uma nova imprimadura (Senço, 2001).

Figura 08: Ondulação.



Fonte: DNIT 005/2003

4.6.2.12. Escorregamento

Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua (DNIT 005/2003), como mostra a figura 09.

Segundo Senço (2001), as causas podem ser a má imprimadura, ou pela base estar molhada por ocasião da pintura, ou superfície da base estar com sujeira ou excesso de material solto. O reparo é retirar o material comprometido e refazer os procedimentos corretos.

Figura 09: Escorregamento.



Fonte: DNIT 005/2003

4.6.2.13. Exsudação

Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento (DNIT 005/2003), como mostra a figura 10.

De acordo com Senço (2001), a exsudação pode ser resultante da má distribuição do asfalto na execução de tratamento superficial, a correção deve ser a retirada da capa de rolamento e construção de uma nova.

Figura 10: Exsudação.



Fonte: DNIT 005/2003.

4.6.2.14. Desgaste

Efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego (DNIT 005/2003).

De acordo com Senço (2001), os reparos devem ser a execução de uma capa selante ou com lama asfáltica, em caso de desgaste excessivo deve ser feito o recapeamento.

4.6.2.15. Panela ou Buraco

Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas (DNIT 005/2003), como mostra a figura 11.

De acordo com Senço (2001), os reparos devem ser feitos com remendos bem executados.

Figura 11: Panela ou Buraco.



Fonte: DNIT 005/2003.

4.6.2.16. Remendo

Panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de “tapa-buraco” (DNIT 005/2003).

O remendo deve ser feito corretamente, de acordo com Senço (2001), sendo feito um corte retangular, espalhado na cavidade asfalto diluído, enchendo com pré-misturado e compactado, até atingir a altura que permita compactação adicional pelo tráfego, selando com 0,4 a 1,1 litros de asfalto, e 5,5 a 13,5 quilos de agregados por metro quadrado.

4.6.2.17. Remendo profundo

Aquele em que há substituição do revestimento e, eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento. Usualmente, apresenta forma retangular (DNIT 005/2003).

4.6.2.18. Remendo superficial

Correção, em área localizada, da superfície do revestimento, pela aplicação de uma camada betuminosa (DNIT 005/2003).

Segue abaixo, no quadro 3 de resumo dos defeitos, com a devida classificação e codificação.

Quadro 3: Quadro resumo dos defeitos - Condições e Classificação.

Outros Defeitos				Codificação
Afundamento	Plástico	Local	Devido á fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito	ALP
		Da Trilha	Devido á fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito	ATP
	De Consolidação	Local	Devido á consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC
		Da Trilha	Devido á consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade de mistura betuminosa constituinte de revestimento ou base				O
Escorregamento (do revestimento betuminoso)				E
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento				EX
Desgaste acentuado na superfície do revestimento				D
"Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P
Remendos		Remendo Superficial		RS
		Remendo Profundo		RP

Fonte: DNIT 005/2003.

4.7. Sinalização

De acordo com DNIT-743 (2010), a sinalização deve conquistar a atenção e a confiança do usuário, permitindo-lhe um tempo de reação adequado, para que a atenção seja conquistada, é utilizados sinais e marcas de dimensões e locais apropriados, dependendo de um conjunto de fatores, como:

- Característica física da rodovia.
- Velocidade operacional da rodovia.
- Características da região atravessada pela rodovia.
- Tipo e intensidade de ocupação lateral da via.

Para uma sinalização adequada aos usuários das rodovias, deve conter os seguintes aspectos:

- a) Projetos:** São específicos para sinalização com definição dos dispositivos a serem utilizados dentro dos padrões de forma, cor, dimensões e localização, ao longo da via.
- b) Implantação:** A sinalização deve ser implantada levando em conta padrões de posicionamento estabelecidos para os dispositivos.
- c) Operação:** A sinalização deve ser permanentemente avaliada quando a sua efetividade para a operação da via, promovendo os ajustes necessários de inclusão, remoção e modificação de dispositivos.
- d) Manutenção:** Deve ser feita a manutenção cuidadosa da sinalização, repondo-se dispositivos danificados e substituindo-se aqueles que se tornaram impróprios.
- e) Materiais:** Os materiais tanto para sinalização vertical como horizontal, devem seguir de acordo com as especificações da ABNT, para chapas, estruturas de sustentação, tintas, películas e dispositivos auxiliares.

4.7.1. Sinalização Vertical

São localizadas verticalmente, com comunicação de sinalização visual, de placas, painéis ou dispositivos auxiliares, implantados à margem da via ou suspensos sobre ela, tendo como finalidade, a advertência de situações perigosas, fornecimento de indicações, orientações, e mensagens educativas. (DNIT- 743/2010).

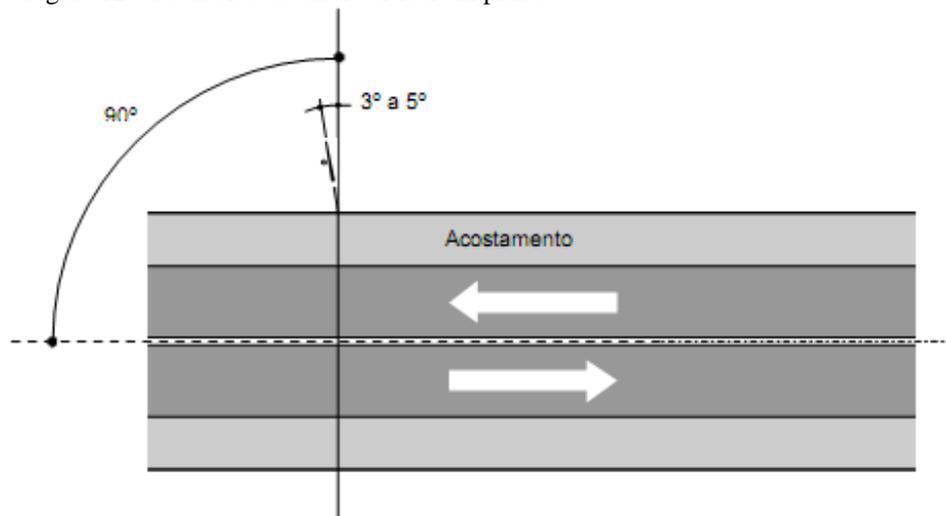
São considerados os seguintes fatores, para que a sinalização seja efetiva:

- Posicionamento dentro do campo visual do usuário.
- Legibilidade das mensagens e símbolos.
- Mensagens simples e claras.
- Padronização

Como regra geral para todos os sinais posicionados lateralmente à via deve-se garantir uma pequena deflexão horizontal, entre 3° e 5° graus, em relação à direção ortogonal ao trajeto dos veículos que se aproximam de forma a evitar reflexos provocados pela incidência de faróis de veículos ou de raios solares a placa, DNIT- 743 (2010), mostrada na figura 12.

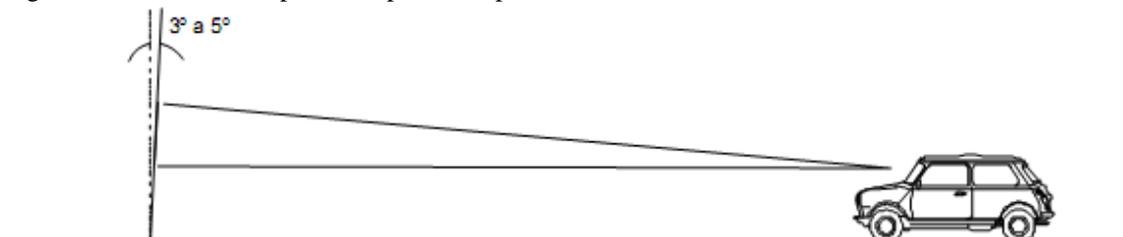
Para os sinais suspensos também se deve manter entre 3° a 5° graus em relação a vertical, mostrada na figura 13.

Figura 12: A deflexão do sinal vertical em planta.



Fonte: DNIT-743 2010.

Figura 13: A deflexão do painel suspenso em perfil.



Fonte: DNIT-743 2010.

4.7.1.1. Categoria dos sinais

De acordo com o DNIT (743/2010), os sinais possuem as seguintes categorias:

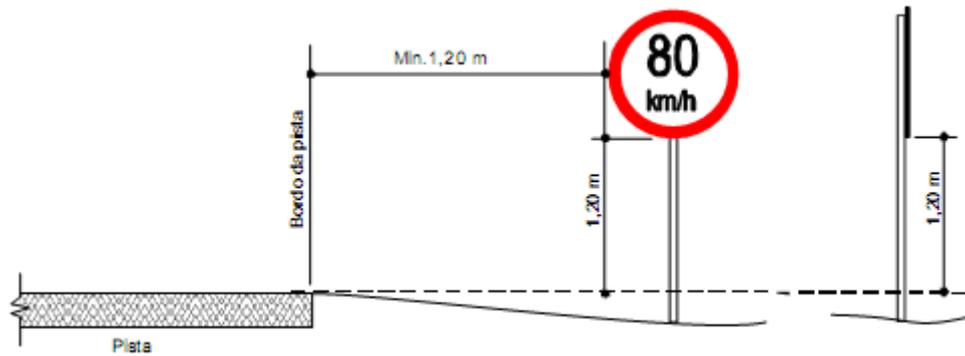
- Regulamentação;
- Advertência;
- Indicação;
- Educativos;
- Referência quilométrica;
- Atrativos turísticos;
- Identificação de rodovia;
- Identificação de municípios;
- Indicação de serviços auxiliares.

Casos particulares:

- Regulamentação;
- Regulamentação Dê a preferência;
- Advertência de Cruzamento de ferrovia;
- Advertência de obras;
- Advertência sentido único;
- Advertência sentido duplo.

Sinais de regulamentação: De forma circular, com bordas vermelhas e fundo branco. posicionados no lado direito da via como mostra a figura 14 sem acostamento e na figura 15 com acostamento, com uma distancia segura, dentro do cone visual do motorista. (DNIT-743/2010).

Figura 14: Posicionamento dos sinais de regulamentação em pista sem acostamento.



Fonte: DNIT-743 2010.

Figura 15: Posicionamento dos sinais de regulamentação em pista com acostamento.



Fonte: DNIT-743 2010.

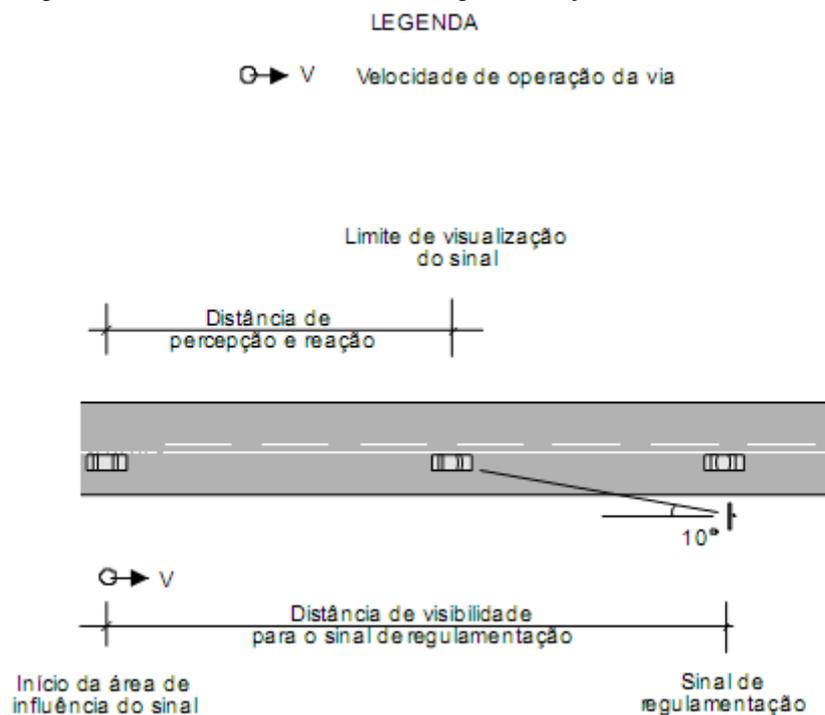
Possuem seu posicionamento ao longo da via condicionado pela distância de visibilidade necessária para sua visualização e pelo tipo de situação que se está regulamentando, a distância de visibilidade necessária para a visualização do sinal é composta pela distância de percurso na velocidade de operação da via, correspondente ao tempo de percepção e reação, acrescida da distância que vai desde o ponto limite do campo visual do motorista até o sinal, como mostra a figura 16, para cada velocidade à uma distância de visibilidade de acordo com a tabela 6, para um tempo de percepção de 3 segundos. (DNIT-743/2010).

Tabela 6: Distância de visibilidade para as velocidades de operação.

Velocidade de Operação (Km/h)	Distância Mínima de Visibilidade (m)
40	70
60	85
80	105
100	120
110	130

Fonte: DNIT-743 2010.

Figura 16: Posicionamento do sinal de regulamentação.



Fonte: DNIT-743 2010.

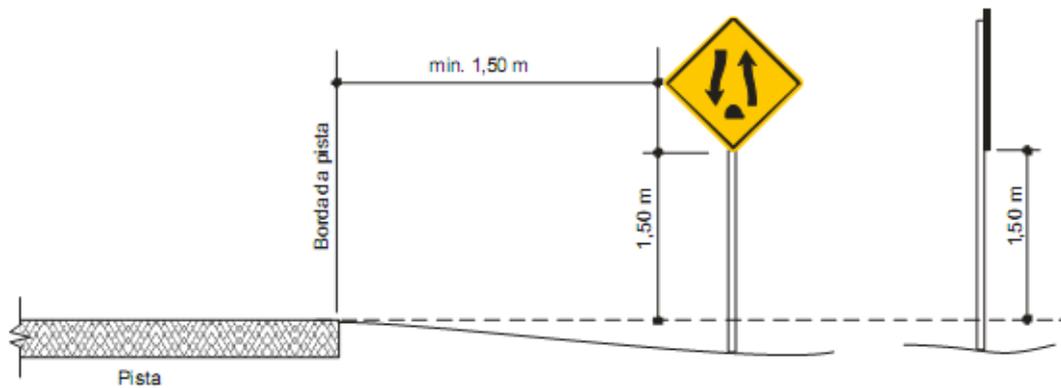
Sinais de advertência: De forma quadrada, fundo de cor amarela e com posicionamento definido por diagonal na vertical, o seu posicionamento é dado de acordo com a figura 17 para pista com acostamento e figura 18 para pista sem acostamento. (DNIT-743 2010).

Figura 17: Posicionamento transversal, pista com acostamento.



Fonte: DNIT-743 2010.

Figura 18: Posicionamento transversal, pista sem acostamento.



Fonte: DNIT-743 2010.

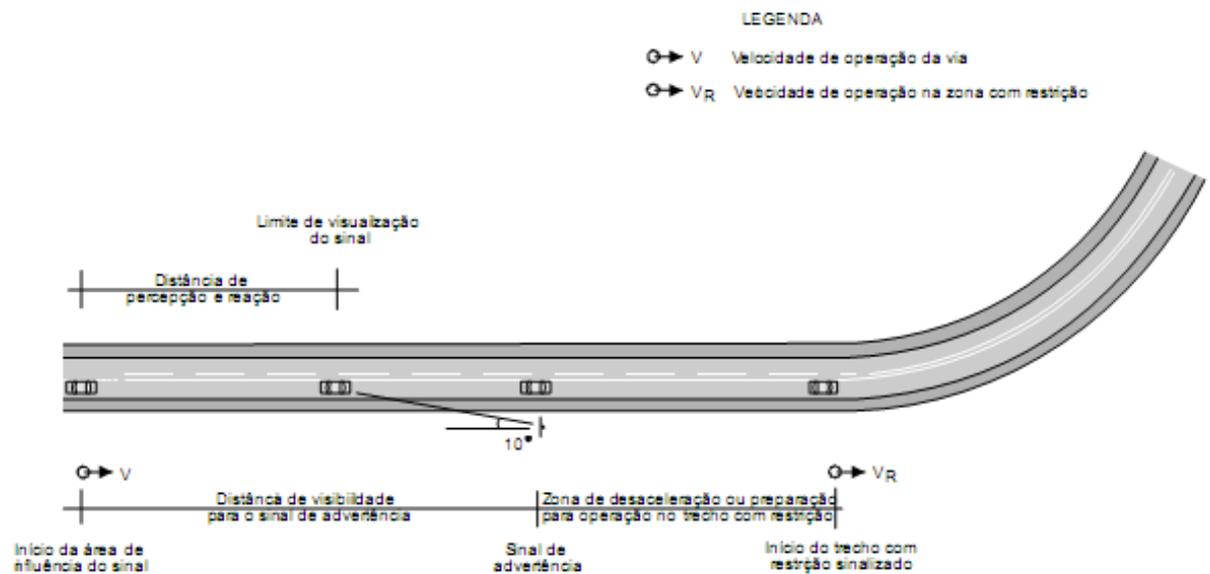
Possuem seu posicionamento ao longo da via condicionado pela distância de visibilidade necessária para sua visualização e pelo tipo de situação para o qual se está chamando a atenção, a distância de visibilidade necessária para a visualização do sinal é composta pela distância de percurso na velocidade de operação da via, correspondente ao tempo de percepção e reação, acrescida da distância que vai desde o ponto limite do campo visual do motorista até o sinal, segue o posicionamento do sinal na figura 19, para cada velocidade à uma distância de visibilidade de acordo com a tabela 7, para um tempo de percepção de 2,5 segundos. (DNIT-743 2010).

Tabela 7: Distância de visibilidade para as velocidades de operação.

Velocidade de Operação (Km/h)	Distância Mínima de Visibilidade (m)
40	60
50	70
60	80
70	85
80	95
90	105
100	115
110	125
120	135

Fonte: DNIT-743 2010.

Figura 19: Posicionamento do sinal de advertência.



Fonte: DNIT-743 2010.

O DNIT-743 (2010), aborda todos os tipos de sinais utilizados nas rodovias, para que o trabalho seja mais objetivo será apresentados apenas os que compõem o trecho analisado, como curvas acentuadas ou não.

Curvas acentuadas à direita e à esquerda: O uso de sinais de curvas acentuadas se baseia na velocidade de percurso recomendada para o local entre 45 km/h á 60 km/h a velocidade de percurso em uma curva esta condicionada por fatores geométricos como raio e superelevação, e pelo estado da superfície (existência ou não de deformações ou ressaltos), podendo estas condições estar ainda agravadas pelo ângulo central da curva, contendo valores básicos para os fatores geométricos determinantes e agravantes, em cada faixa de velocidade de acordo com a tabela 8, as placas são representadas de acordo com a figura 20. (DNIT-743 2010).

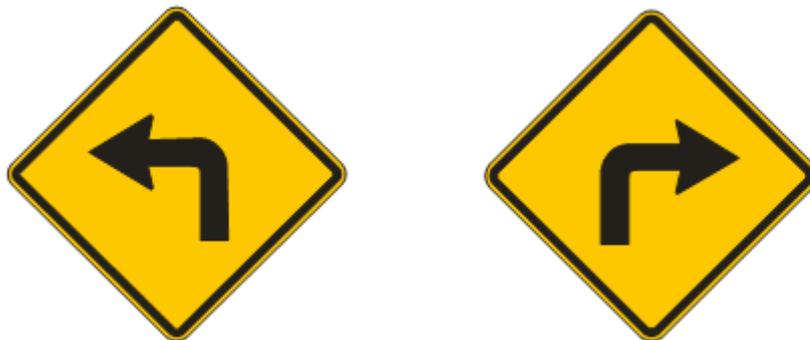
Tabela 8: Fatores geométricos.

Velocidade (Km/h)	Raio (m)	Ângulo Central
≤ 45	$R \leq 60$	$AC > 30^\circ$
$45 \leq V \leq 60$	$60 < R < 120$	$AC \geq 45^\circ$

Valores de raio para superelevação em torno de 8%

Fonte: DNIT-743 2010.

Figura 20: Curvas acentuadas à esquerda e à direita.



Fonte: DNIT-743 2010.

Curvas à esquerda e à direita: O uso de sinais de curvas se baseia na velocidade de percurso recomendada para o local entre 60 km/h á 100 km/h a velocidade de percurso em uma curva esta condicionada por fatores geométricos como raio e superelevação, e pelo estado da superfície (existência ou não de deformações ou ressaltos), podendo estas condições estar ainda agravadas pelo ângulo central da curva, contendo valores básicos para os fatores geométricos determinantes e agravantes, em cada faixa de velocidade, de acordo com a tabela 9, as placas são representadas de acordo com a figura 21. (DNIT-743 2010).

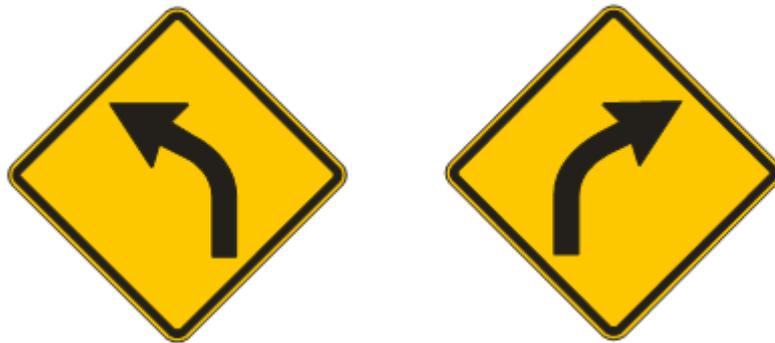
Tabela 9: Fatores geométricos.

Velocidade (Km/h)	Raio (m)	Ângulo Central
$45 \leq V \leq 60$	$60 < R \leq 120$	$30^\circ < AC < 45^\circ$
$60 < V \leq 100$	$120 < R \leq 450$	$AC \geq 45^\circ$

Valores de raio para superelevação em torno de 8%

Fonte: DNIT-743 2010.

Figura 21: Curvas à esquerda e à direita.



Fonte: DNIT-743 2010.

4.7.1.2. Dispositivos auxiliares de percurso

Os dispositivos auxiliares de percurso têm como finalidade aumentar a percepção dos usuários nos casos de situação potenciais de risco como em curvas acentuadas ou nos trechos sujeitos a neblina, com cores de sinais de advertência, amarelo e preto, preto em fosco e amarelo refletivo, à exceção dos balizadores. (DNIT-743 2010).

Delineadores em segmentos de curva: Nos seguimentos de curva de acordo com a figura 22, a distância entre dois delineadores consecutivos é dada pela expressão:

$$d = \sqrt{R} \quad \text{Eq. 1}$$

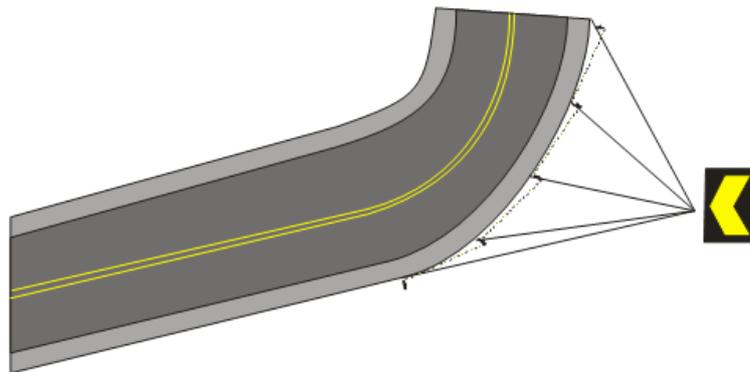
Onde R é o raio da curva.

Tabela 10: Distância entre delineadores em trechos de curvas.

R (m)	d (m)
50	7
80	9
100	10
120	11
150	12
180	13
200	14
250	16
300	17

Fonte: DNIT-743 2010.

Figura 22: Posicionamento dos delineadores.



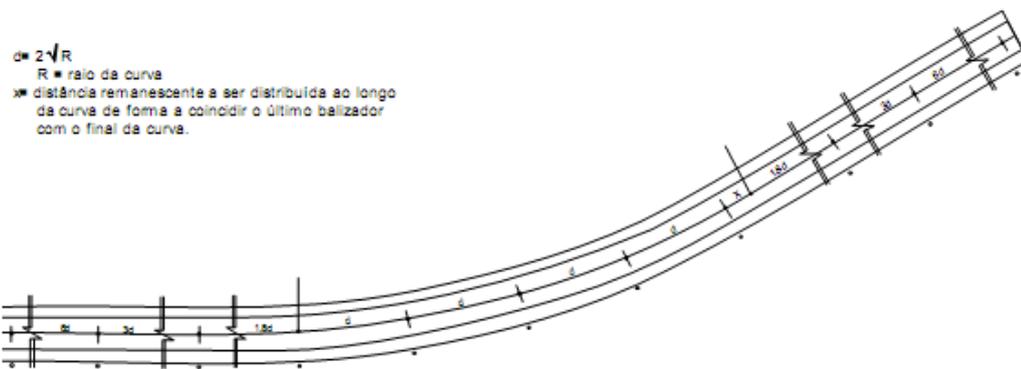
Fonte: DNIT-743 2010.

Balizadores: Posicionados na lateralmente à via, dotados de unidades refletoras capazes de refletir a luz dos faróis dos veículos, de forma a indicar o alinhamento da borda, podendo apresentar em cor branca para ordenar fluxos de mesmo sentido, amarelo sentidos opostos e vermelho duplo sentido. Devem ser posicionados 60 centímetros da borda do acostamento, e alternadamente em cada lado da pista, espaçado em 60 metros nos segmentos em tangente de acordo com a figura 24 e em curva conforme figura 23 (DNIT-743 2010), deve-se seguir a expressão:

$$d = 2\sqrt{R}$$

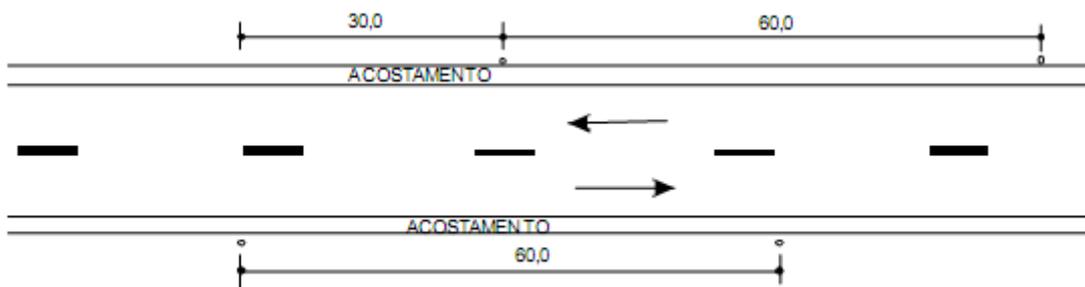
Eq. 2

Figura 23: Posicionamento em curva.



Fonte: DNIT-743 2010.

Figura 24: Posicionamento em tangente.



Fonte: DNIT-743 2010.

Tachas : A tacha ou sonorizador é um dispositivo com retrorefletor utilizado, através de fixação, no meio de pistas como divisor ou fixado de maneira atravessada na pista, em duas ou mais fileiras, como sonorizador. A tacha poderá ser composta de um refletivo (monodirecional), com dois refletivos (bidirecional) e até sem refletivo (cego), (DNIT-743 2010).

Para separação de faixas de mesmo sentido, as tachas devem ser monodirecionais com elemento refletivo na cor branca, servindo também para delimitar a borda da pista mas com elementos refletivos bidirecionais, com espaçamento de uma para outra de 1,00 a 4,00 metros, sendo o último o mais usual.

Para separação de faixas de sentido opostos, devem ser bidirecionais amarelos, com distancia de 1,00 a 3,00 metros, sendo mais usual o último.

E para com proibição de ultrapassagem devem ser de cor amarela, com espaçamento de 4,00 metros.

4.7.2. Sinalização horizontal

De acordo com o DNIT-743 (2010), são o conjunto de marcas, símbolos e legendas aplicadas sobre o revestimento de uma rodovia, para que a sinalização horizontal proporcione segurança e conforto aos usuários deve cumprir as seguintes funções:

- Ordenar e canalizar o fluxo de veículos
- Orientar os deslocamentos dos veículos, em função das condições de geometria da via.
- Complementar a sinalização vertical.
- Regulamentar caso mesmo na ausência de sinais verticais, em principal a proibição de ultrapassagem.
- Transmitir mensagens claras e simples
- Possibilitar tempo adequado para uma ação correspondente,

Sendo de grande importância a transmitir informações aos usuários sem que estes desviem suas atenções da rodovia, além de orientar o tráfego noturno, delimitando as faixas de rolamento, onde jamais se deve ser liberado o tráfego nas rodovias recapeadas ou pistas novas antes da implantação da sinalização horizontal. (DNIT-743 2010)

Formas:

- Linha contínua
- Linha tracejada
- Setas
- Símbolos
- Legendas

Cores:

- Amarela – Regulamentação de fluxos de sentidos opostos, controles de estacionamento e paradas, demarcação de obstáculos transversais à pista.
- Branca – Regulamentação de fluxos do mesmo sentido, delimitação das pistas destinadas à circulação de veículos, como em pinturas de setas, símbolos e legendas.
- Vermelha – Demarca cicloviárias, ciclofaixas e local reservado para embarque e desembarque de passageiros,
- Azul – Demarca local reservado para veículos de portadores de deficiência físicos.

- Preta – Usada para propiciar contraste entre o pavimento, especialmente em concreto.

Os materiais comumente utilizados são: tintas, massas termoplásticas e películas pré-fabricadas, a escolha do material depende se será permanente ou provisório, volume e composição do tráfego, o tipo, o estado de conservação e a vida útil do pavimento, devendo ser sempre retrorrefletivo independente do material (DNIT-743 2010).

As larguras das linhas longitudinais dependem da velocidade do trecho, de acordo com a tabela 11.

Tabela 11: Largura das linhas longitudinais em relação á velocidade.

Velocidade – V (km/h)	Largura da Linha (cm)
$V < 80$	10
$V \geq 80$	15

Fonte: DNIT-743 2010.

4.8. Geometria do pavimento

De acordo com o DNIT-742 2010, a rodovia possui suas classificações, sendo em administrativas, funcional, física e técnica.

4.8.1. Classificação das rodovias

As rodovias são classificadas em quatro critérios:

a) Administração ou Jurisdição:

- Particulares
- Municipais
- Estaduais
- Federais

b) Classificação Funcional:

- **Arteriais:** Compreende as rodovias cuja função principal é a de propiciar mobilidade.
- **Coletoras:** Englobam as rodovias que proporcionam um misto de funções de mobilidade e acesso.
- **Locais:** abrangem as rodovias cuja função principal é oferecer condições de acesso.
- **Trânsito rápido:** Seu acesso é especial com transito livre sem que haja interseções em nível.

c) Características Físicas:

- Não pavimentadas.
- Pavimentadas.
- Com pistas Simples.
- Com pistas Duplas.

d) Padrão técnico:

- Divide em classes de acordo com a tabela 12;

Tabela 12: Critério de classificação de rodovias.

Classe de Projeto	Características	Critério de classificação técnica	Velocidade de projeto por região (Km/h)		
			Plana	Ondulada	Montanhosa
1/ 0	Vias Expressa - controle total de acesso	2/ Decisão administrativa	120	100	80
I	A Pista dupla - controle parcial de acesso	O volume de tráfego previsto reduzirá o nível de serviço em uma rodovia de pista simples abaixo do nível "C" 4/	100	80	60
II	B Pista Simples	Volume horário de projeto VHP >200 Volume média diário VMD > 1400	100	70	50
III	Pista Simples	Volume médio diário VMD 700 - 1400	80	60	40
IV	Pista Simples	Volume médio diário VMD 300 - 700	80 - 60	60 - 40	40 - 30
		Volume médio diário VMD < 300	3/	3/	3/

Fonte: DENIT-742 2010.

1/ Como exemplo da compatibilização pretendida entre a classificação técnica a funcional, mencione-se que as vias integrantes do sistema Arterial Principal, conforme definido pelo

DNIT, deverão possuir as características básicas das Classes 0 e I, não devendo ser projetadas com base em padrões inferiores, a não ser no caso especial de rodovias pioneiras.

2/ Os volumes de tráfego bidirecionais indicados referem-se a veículos mistos e são aqueles previstos ao fim dos dez primeiros anos de operação da via.

3/ A ser decidido de acordo com as características da região e a finalidade da rodovia.

4/ Nível de Serviço: vide "Highway Capacity Manual"

NOTA: Para cada classe são estabelecidos os valores a serem observados na elaboração do Projeto Geométrico, para os vários parâmetros integrantes, a saber: rampa máxima, valores do raio de curva, largura de pista e acostamentos, etc..

O DNER de 1973 traz também uma suas velocidades diretrizes para cada classe sendo:

Tabela 13: Velocidades diretrizes.

Regiões	Classe Especial	Classe I	Classe II	Classe III
Planas	100	100	80	60
Onduladas	80	80	60	40
Montanhosas	60	60	40	30

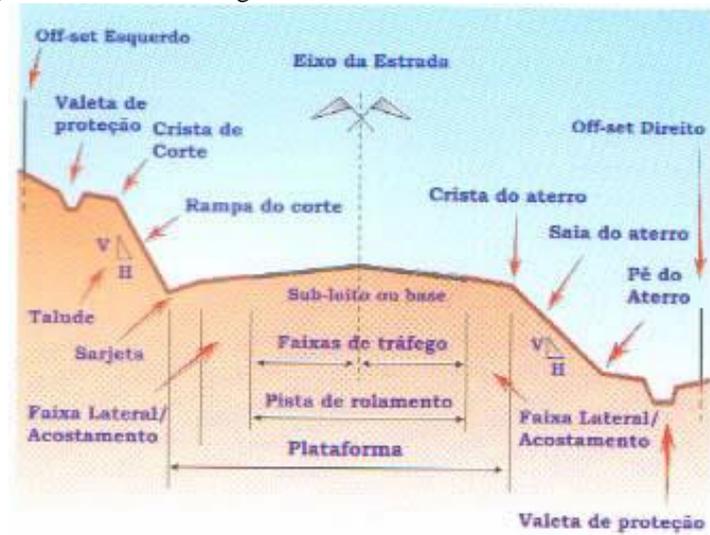
Fonte: DNER 1973

4.8.2. Elementos de Geometria

Uma rodovia possui seus elementos geométricos separados por 3 etapas:

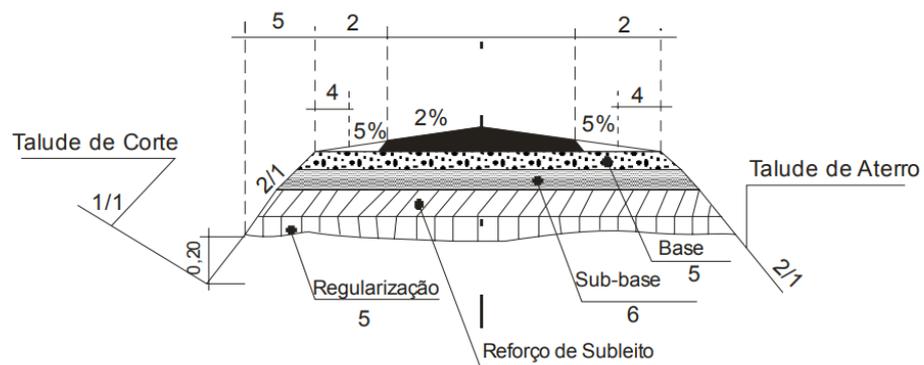
- Projeto em planta – Elementos geométricos projetados em um plano horizontal, objetivo principal é definir a geometria da linha que representa a rodovia, denominado eixo da rodovia.
- Projeto em Perfil – Elementos geométricos em um plano vertical.
- Elementos de seção transversal – Caracterização da geometria dos componentes da rodovia segundo planos verticais perpendiculares ao eixo da rodovia.

Figura 25: Elementos de geometria.



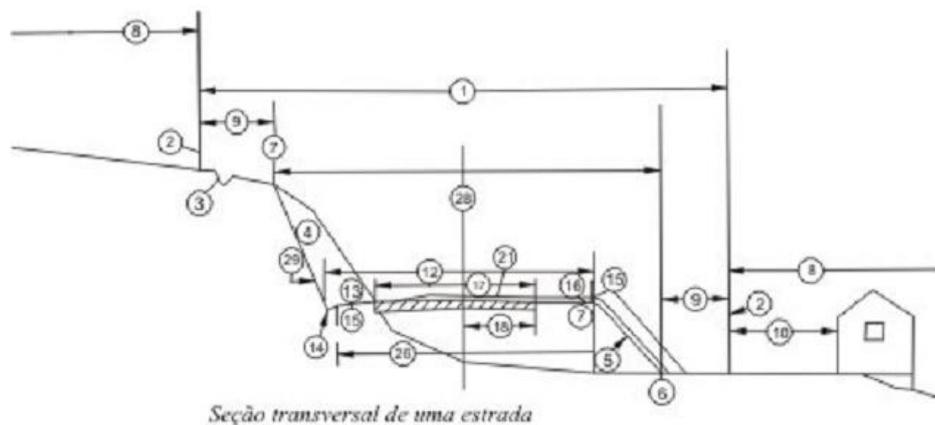
Fonte: DNIT (710/2005).

Figura 26: Corte transversal da estrutura de um pavimento



Fonte: DNIT (IPR -719).

Figura 27: Plataforma de uma rodovia – seção transversal.



Fonte: DNIT – 742 (2010).

1. Faixa de domínio – Faixa que se desapropria para a construção da estrada.

Tabela 14: Largura de faixa de domínio para classe e região.

CLASSES	REGIÕES		
	Planas (m)	Onduladas (m)	Montanhas (m)
I	60	70	80
II	30	40	50
III	30	40	50

Fonte: DNER-706 2000

2. Vedo – Tapume da estrada para evitar invasão de animais de certo porte e também fixar os limites da faixa de domínio, garantindo sua posse.
3. Valeta de proteção dos cortes – Posicionada entre a crista do corte e o limite da faixa de domínio, para desviar as enxurradas das encostas para fora da estrada.
4. Rampa de corte – Talude de corte.
5. Saia do aterro – Parte inclinada da seção transversal do terreno.
6. Pé do corte ou do aterro – Extremo inferior da rampa do corte, ou saia do aterro.
7. Crista do corte ou do aterro – Interseção da rampa do corte com o terreno natural, borda saliente da seção de uma estrada em aterro.
8. Terreno marginal – Terreno contínuo situado ao longo da faixa de domínio de uma estrada de rodagem.
9. Faixa marginal – Cada uma das faixas de terreno compreendida entre a crista do corte e o limite da faixa de domínio.
10. Recuo – Distancia na qual se permite construções estranhas á estrada, a contar do limite da faixa de domínio.
13. Acostamento – Destina-se à proteção da borda do pavimento, estacionamento do veiculo na estrada, pista de emergência, canteiro de serviço para conservação da estrada, largura segue de acordo com a tabela 15.

Tabela 15: Largura de acostamentos de acordo com a classe e região.

CLASSES	REGIÕES			
	Planas (m)	Onduladas (m)	Montanhosas (m)	Escarpadas (m)
Especial	3,00	2,50	2,00	1,50
I	2,50	2,00	1,50	1,20
II	2,00	1,50	1,20	1,00
III	1,00	1,00	1,00	0,80

Fonte: DNER-706 2000

Os acostamentos devem apresentar uma declividade transversal de 5%, e em trechos curvos a declividade transversal tem uma variação de 8 a 2% para as classes I, II e III.

14. Sarjeta – Valeta rasa, com seção em V aberto, situada no pé do corte e destinada a receber águas pluviais da plataforma e da faixa que vai da valeta de proteção do corte até o pé do mesmo.
15. Banqueta de proteção do aterro – Prisma de terra que se constrói junto à crista dos aterros, para servir de anteparo às rodas dos veículos automotores, no caso de derrapagem, e impede que enxurradas cause erosões no aterros altos.
16. Defesa – Colocadas nas cristas de aterros altos, mais de 2,50 metros de altura, em curvas perigosas, impedir em um acidente que o veículo saia da plataforma da estrada.
17. Pista – Faixa pavimentada da estrada por onde trafegam os veículos automotores, a largura da pista segue de acordo com a tabela 16.

Tabela 16: Largura da pista de rolamento de acordo com as classes.

CLASSES	LARGURA
Especial	7,50
I	7,00
II e III	6,00 a 7,00

Fonte: DNER-706/2000.

De acordo com o Manual de Pavimentação, a superlargura é apresentada em função das velocidades diretriz e do raio de curvatura, segue o quadro 4 com a relação:

Quadro 4: Superlargura

Velocidade	30 km/h										
Raio	30	40	50	60	70	80	100	150	200	300	500
Superlargura	1,80	1,40	1,20	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30
Velocidade	40 km/h										
Raio	50	60	70	80	100	150	200	300	500	-	-
Superlargura	1,80	1,40	1,20	1,00	0,90	0,70	0,50	0,40	0,30	-	-
Velocidade	60 km/h										
Raio	110	150	200	300	500	800	-	-	-	-	-
Superlargura	1,0	0,80	0,70	0,50	0,40	0,30	-	-	-	-	-
Velocidade	80 km/h										
Raio	200	300	400	600	1000	-	-	-	-	-	-
Superlargura	0,80	0,60	0,50	0,40	0,30	-	-	-	-	-	-
Velocidade	100 km/h										
Raio	340	400	600	1000	1300	-	-	-	-	-	-
Superlargura	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	-	-	-	-	-	-

Fonte: Manual de Pavimentação.

18. Faixas de tráfego – Parte da pista necessária à passagem de veículo automotor típico, largura conforme tabela 17.

Tabela 17: Largura da faixa de tráfego.

Numero de faixas de tráfego	Zonas urbanas ou proximamente urbanas (m)	Zonas rurais (m)
2	20	30
4	40	60

Fonte: DNER-706 2000

21. Plataforma – Faixa da estrada compreendida entre os dois pés dos cortes.
28. Faixa terraplenada – Faixa correspondente à largura que vai de crista a crista.

Inclinações dos taludes dos cortes e dos aterros

Segundo a DNER (1973), as inclinações máximas em relação ao plano horizontal permitidas nos taludes dos cortes, são as seguintes:

- a) Nos terrenos com possibilidade de escorregamento ou desmoronamento.....1:1
 b) Nos terrenos sem possibilidade de escorregamento..... 1,5:1
 c) Nos terrenos de rocha viva.....vertical

Parágrafo único – Quando necessário, serão projetadas, nos cortes, banquetas de visibilidade, com altura máxima de 0,80 m.

Segundo a DNER (1973), as inclinações máximas em relação ao plano horizontal permitidas nos taludes dos aterros são as seguintes:

- a) Aterros com menos de 3 m de altura máxima.....1:4
 b) Aterros com mais de 3 m de altura máxima.....1:2

Nos aterros, evitar-se-á o uso de banquetas de terra, recorrendo-se a outros tipos de proteção que permitam fácil escoamento das águas superficiais.

De acordo com o DNER 1973, os raios mínimos de curvatura são de acordo com a tabela 18:

Tabela 18: Raios mínimos de curvatura.

Regiões	Classe Especial	Classe I	Classe II	Classe III
Planas	430	340	200	110
Onduladas	280	200	110	50
Montanhosas	160	100	30	30

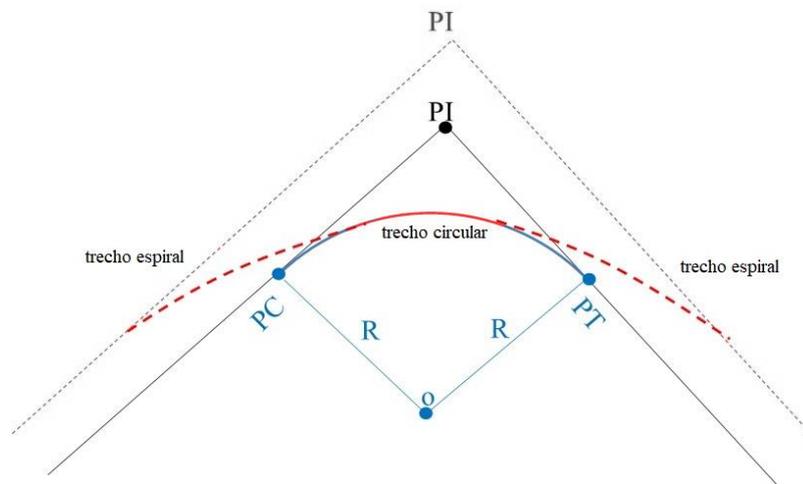
Fonte: DNER 1973

4.8.3. Curvas de Transição em Espiral

A Curva de Transição em Espiral de Cornu, conhecida como Clotóide, é um tipo de curva em que o raio de curvatura é inversamente proporcional ao comprimento, partindo da origem do eixo, sendo o tipo de curva mais indicado para as estradas brasileiras (Albuquerque, 2017), em que possui três tipos:

Transição de Centro e Raios Conservados: Basicamente o centro e o raio da curva circular (azul) não são alterados, mantendo a curva no local original, porém as tangentes são afastadas para permitir a inserção dos ramos em espiral (vermelho), (Albuquerque, 2017), como mostra a figura 28.

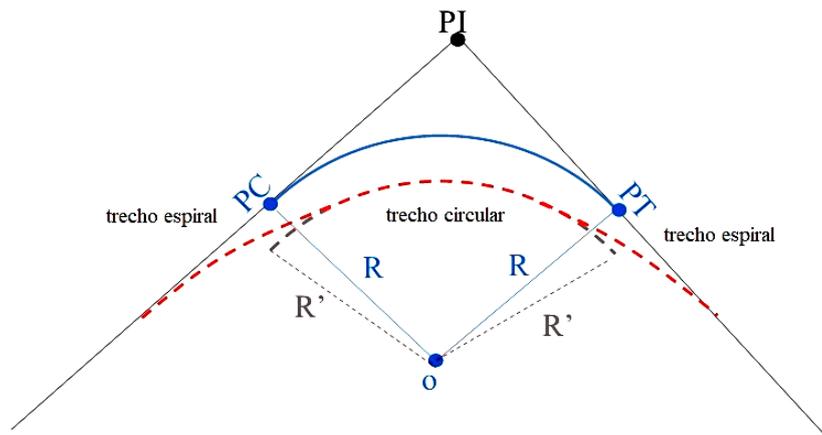
Figura 28: Transição de Centro e Raio Conservado.



Fonte: ALBUQUERQUE, 2017.

Curva Espiral de Centro Conservado: O centro da curva circular é conservado. Nesse caso, o seu raio original (azul) diminui com o objetivo de permitir a inserção dos ramos de transição em espiral (vermelho), (Albuquerque, 2017), como mostra a figura 29.

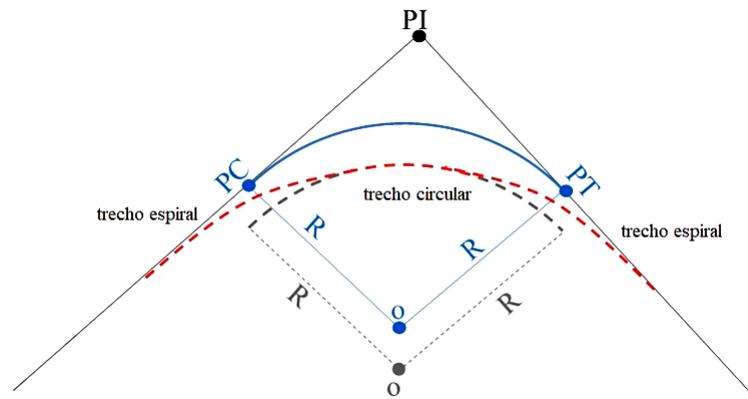
Figura 29: Espiral de Centro Conservado.



Fonte: ALBUQUERQUE, 2017.

Curva Espiral de Raio Conservado: O raio da curva circular é conservado e o centro (O) é deslocado para permitir a inserção dos ramos de transição em espiral (vermelho), (Albuquerque, 2017), como mostra a figura 30.

Figura 30: Espiral com Raio Conservado.



Fonte: ALBUQUERQUE, 2017.

Sendo o método de transição mais utilizado na construção de rodovias, principalmente para curvas de até 600m, em virtude da facilidade em deslocar apenas o centro da curva circular.

4.9. Conservação

De acordo com o DNIT – 710 (2005), os serviços de conservação fazem parte do conjunto de atividade para manter o conforto e a segurança do usuário, sendo direcionada em relação a aspectos físicos rodoviários, relacionado às condições da pista, em termos de pavimentação, drenagem, dispositivos de segurança, sinalização, etc...

Sendo divididos em 3 grupos de serviços:

- a) Conservação corretiva rotineira – Tem como objetivo reparar os defeitos para que reestabeleça o funcionamento dos componentes da rodovia
- b) Conservação preventiva – Realizada periodicamente para evitar o aparecimento de defeitos, feito de acordo com o transito, topografia e clima.
- c) Conservação emergencial – Realizada quando os trechos tenham sofrido danos por eventos extraordinário, catastrófico, ocasionando à interrupção do tráfego da rodovia, sendo necessário reparar, repor, reconstruir ou restaurar.

4.10. Dimensionamento

4.10.1. Classificação das vias e parâmetros de tráfego.

De acordo com o IP-02/2004 Classificações das Vias, usando o método de dimensionamento adotado pela PMSP podem classificar o tipo de tráfego, na presente classificação foi considerada a carga máxima legal no Brasil, que é de 10 toneladas por eixo simples de rodagem dupla (100kn/ESRD). O valor N indica o número de solicitações previstas no período operacional do pavimento, constitui o valor final representativo dos esforços transmitidos à estrutura, na interface pneu/pavimento.

As vias são classificadas como, tráfego leve, tráfego médio, meio pesado, pesado, muito pesado e faixa exclusiva de ônibus.

Tráfego leve: Ruas residenciais, para quais não é previsto o tráfego de ônibus, podendo ter passagens de caminhões e ônibus não mais de 20 por dia, caracterizado por um número N típico de 10^5 , solicitações do eixo simples padrão (80kN) para período de projeto 10 anos.

Tráfego médio: Rua e avenidas que é prevista a passagem de caminhões e ônibus em um número de 21 a 100 por dia, N 5×10^5 , solicitações do eixo simples padrão (80kN) para período de projeto 10 anos.

Tráfego meio pesado: Rua e avenidas que é prevista a passagem de caminhões e ônibus em um número de 101 a 300 por dia, N 2×10^6 , solicitações do eixo simples padrão (80kN) para período de projeto 12 anos.

Tráfego pesado: Rua e avenidas que é prevista a passagem de caminhões e ônibus em um número de 301 a 1000 por dia, N 2×10^7 , solicitações do eixo simples padrão (80kN) para período de projeto 12 anos.

Tráfego muito pesado: Rua e avenidas que é prevista a passagem de caminhões e ônibus em um número de 1001 a 2000 por dia, N 5×10^7 , solicitações do eixo simples padrão (80kN) para período de projeto 12 anos.

Faixa exclusiva de ônibus: Vias previstas para a passagem de ônibus com número de 500 por dia, N 10^7 .

4.10.2. Tráfego

Segundo DNER 667/22, a estrutura do pavimento é dimensionada em função do número equivalente de operações de eixo padrão, denominado de número N, adotado durante o período de projeto da via.

$$N = 365 \times VDM \times (FV) \times (FR) \times (FD) \quad \text{Eq.3}$$

Onde:

N = número equivalente de operações de eixo padrão

VDM = volume diário médio de tráfego, no sentido mais utilizado, no ano médio do período de projeto.

FV = Fator de veículo

FR = Fator climático regional.

FD = Fator direcional.

Segundo DNIT 719 (2006), o N futuro é calculado com a seguinte equação:

$$N = 365 \times P \times VM \times (FE) \times (FC) \times (FR) \quad \text{Eq.4}$$

Onde:

N = número equivalente de operações de eixo padrão

P = Período de projeto ou vida útil (em anos).

VM = volume diário médio de tráfego, no sentido mais utilizado, no ano médio do período de projeto.

FE = Fator de eixo

FC = Fator de Carga

FR = Fator climático regional.

Fator climático regional (FR)

De acordo com DNER 667/22, o fator climático leva em conta a variação de umidade dos materiais do pavimento durante as diversas estações do ano, por falta de dados é adotado um valor de FR igual a 1.

Fator direcional (FD)

De acordo com DNER 667/22, o fator direcional é determinado pelo tráfego, em que se considera a faixa de tráfego mais solicitada, com falta de dados são fornecidas as seguintes indicações, de acordo com a tabela 19.

Tabela 19: Valores para o fator direcional.

Número de faixa de tráfego (2 sentidos)	% de veículos comerciais na faixa de projeto
2	50
4	35 a 48
6 ou mais	25 a 48

Fonte: DNER 667/22.

Composição do tráfego:

Quadro 5: Composição do tráfego.

Tipo de Veículo	Classe	Nº de Eixos	Classificação DNER
Moto	Passeio	-	-
Automóvel		-	-
Pick-up		-	-
Ônibus 2E	Ônibus	-	-
Ônibus 3E		-	-
Caminhão 2C	Carga leve	2	2C
Caminhão simples 2C	Carga média	2	2C
Caminhão trucado 3C	Carga pesada	2	3C
		3	2S1, 2S2
Semi-reboque 2S1		3	2S3, 3S3

Fonte: DNER 667/22.

Para determinação do tráfego futuro, se estabelece quantidade de projeção em anos, levando em consideração a taxa de crescimento, usando o método de projeção linear.

Taxa de crescimento (método de projeção linear):

$$D_n = D_0 (1 + na) \quad \text{Eq.5}$$

Onde:

D_n – Demanda no ano N

D_0 – Demanda ano base

a – Taxa de crescimento anual

n – Número de anos decorrido após ano base.

Tráfego futuro (T_f)

$$T_f = T_a \times a \quad \text{Eq. 6}$$

Onde:

T_a = Tráfego atual

a = Taxa de crescimento

Fator veículo (F.V) é um número que multiplicado pelo número de veículos que operam, dá diretamente o número de eixos equivalentes ao eixo padrão.

$$F.V = F.E \times F.C \quad \text{Eq.7}$$

Fator de eixo (F.E) é um fator que transforma o tráfego em número de veículos padrão de passagens eixo equivalentes.

Fator de carga (F.C) é o coeficiente que multiplicado pela quantidade de eixo que movimenta, assim temos o valor equivalente de eixos padrões, para que tenha o FC é necessário possuir a pesagem de uma amostra de veículos comerciais de cada projeto, na falta de dados, Senço (1997) recomenda a adoção de $FC=1,7$.

4.10.3. Métodos DNER

De acordo com DNIT 2006, relativamente aos materiais integrantes do pavimento, são adotados coeficientes de equivalência estrutural tomando por base resultados obtidos na pista experimental AASHTO, a capacidade de suporte dos materiais do pavimento é feita pelo CBR, como pode ser observado no quadro 6, e a espessura para o revestimento do pavimento no quadro 7.

Quadro 6 - Parâmetros para dimensionamento do Pavimento medidos através do ensaio C.B.R.

Parâmetros Para Dimensionamento do Pavimento Medidos através do Ensaio C.B.R (Ensaio realizado com medida de sobrecarga de 10 lb)	
Componente do Pavimento	Valor do C.B.R
Subleito	Valor do C.B.R. $\geq 2\%$ (expansão menor ou igual a 2%)
Reforço do subleito	Valor do C.B.R. maior que o subleito (expansão $\leq 1\%$)
Sub-Base	materiais para sub-base, os que apresentam C.B.R. $\geq 20\%$. I.G.=0 e expansão $\leq 1\%$
Base	C.B.R. $\geq 80\%$ e expansão $\leq 0,5\%$ (medida com sobrecarga de 10 lb), limite de liquidez $\leq 25\%$ e índice de plasticidade $\leq 6\%$.

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006).

Quadro 7 - Espessuras mínimas de revestimento betuminoso.

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

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006)

Tabela 20: Coeficiente pelo tipo de material.

Tipo de material	Coeficiente
Base ou revestimento em concreto asfáltico	2,0
Base ou revestimento pré-misturado a quente	1,7
Base ou revestimento pré-misturado a frio	1,4
Revestimento betuminoso por penetração	1,2
Base ou sub-bae granular	1,0

Fonte: DNER 1973.

Os coeficientes estruturais são designados genericamente por:

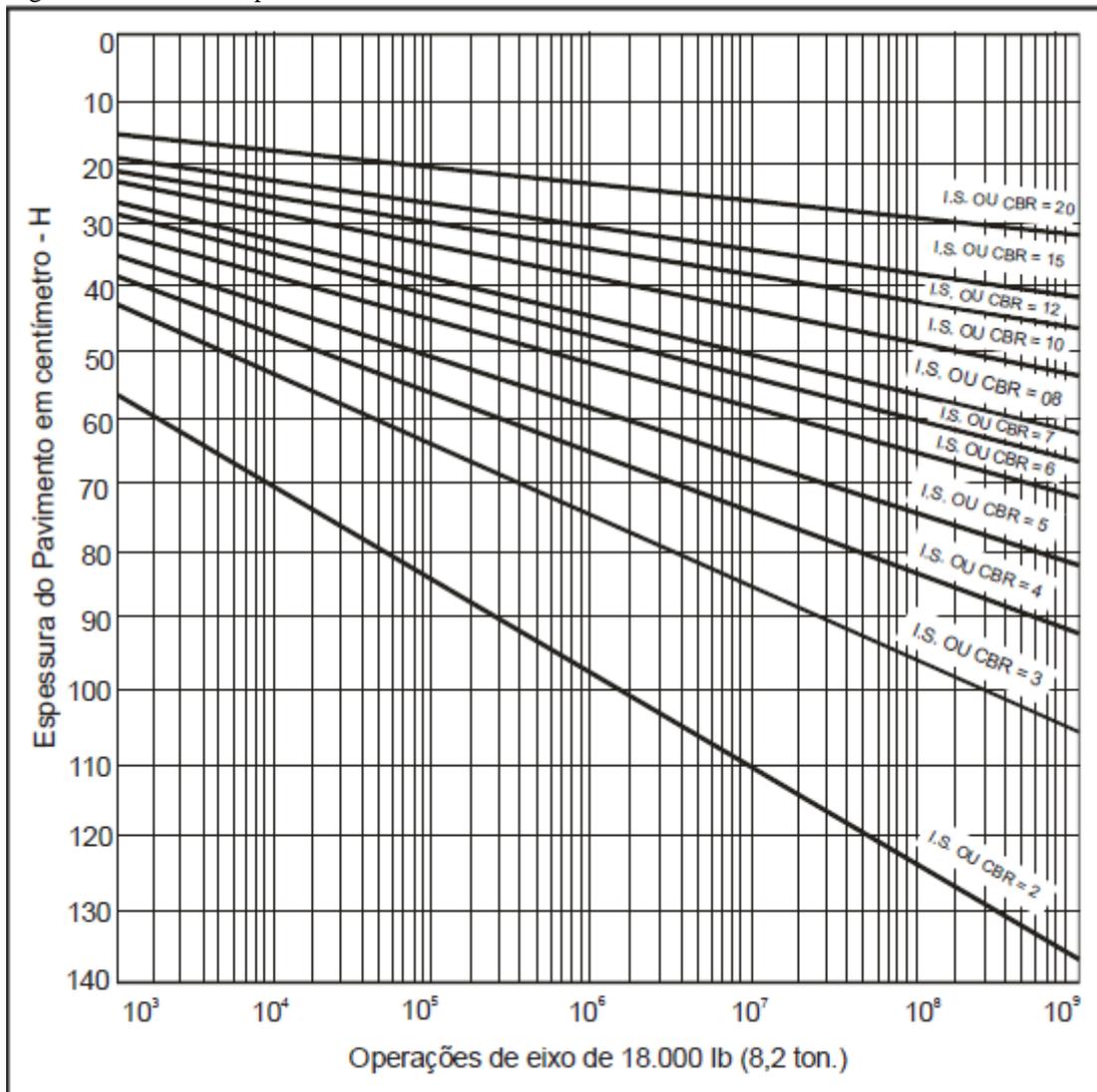
KR – Revestimento

KB – Base

KS – Sub-base

K Ref – Reforço

Figura 31: Ábaco de espessuras.



Fonte: DNIT 2006.

4.10.3.1. Dimensionamento do Pavimento

De acordo com os dados fornecidos pelo órgão público da via o valor do número “N” obtido, que mediante a quadro 7 de espessuras mínimas de revestimento se determina o valor da espessura do pavimento.

4.10.3.2. Dimensionamento da Base

De acordo com DNER (1973), para o dimensionamento da base o cálculo é definido pela seguinte equação:

$$R \times Kr + B \times Kb \geq H20 \quad \text{Eq.8}$$

Onde:

R = espessura do pavimento asfáltico, quadro 7;

Kr = Coeficiente K do revestimento asfáltico, tabela 20;

B = espessura da base;

Kb = Coeficiente K do tipo de material da base, tabela 20;

H20 = Espessura do pavimento, figura 31.

4.10.3.3. Dimensionamento Sub-base

Foi considerado que o material da Sub-base possua um valor mínimo de C.B.R igual a 20%, com ajuda do ábaco se determina a espessura.

$$R \times Kr + B \times Kb + HSB \times Ks \geq HN \quad \text{Eq.9}$$

Onde:

B = Espessura da base;

HSB = Espessura da Sub-base;

HN = Valor no ábaco de acordo com o CBR da camada inferior, figura 31;

Ks = Kb = Coeficiente K referente ao tipo de material da base, tabela 20.

4.10.3.4. Dimensionamento do Reforço do Subleito

O reforço do subleito deve apresentar um valor de C.B.R maior que o subleito.

$$R \times Kr + B \times Kb + HSB \times Ks + HRS \times Kref \geq HN \quad \text{Eq.10}$$

Onde:

HRS = Espessura do reforço do sub-leito

Ks = Kref = Kb = Coeficiente referente ao material da base, tabela 20.

4.11. Ensaios

Alguns ensaios específicos são importantes para análise da via já implantada, para que haja parâmetros e possa ser analisada com precisão, segue os ensaios feitos para o trabalho, em anexo está o detalhamento de equipamentos e a metodologia para a realização dos ensaios.

4.11.1. Extração de betume

Para o ensaio de extração de betume é utilizado à norma DNER-ME 053/94, que estabelece o método para determinar a percentagem de betume em misturas betuminosas, descreve a aparelhagem, os procedimentos para execução do ensaio e a fórmula para obtenção, norma apresentada no Anexo A.

4.11.2. Granulometria dos agregados do asfalto

A granulometria para os agregados do asfalto é determinada pela norma DNER-ME 083/98, que prescreve o procedimento para determinação da composição granulométrica de agregados graúdos e miúdos para concreto, por peneiramento. No Anexo B apresenta a aparelhagem, amostragem e ensaios, definições e as condições para obtenção dos resultados.

4.11.3. C.B.R e expansão

A ME (172/2016), fixa os procedimentos para determinação do Índice de Suporte Califórnia (ISC) de solos em laboratório utilizando-se amostras deformadas e não trabalhadas de material que passa na peneira de 19 mm. O Anexo C prescreve a aparelhagem necessária, o ensaio, o cálculo da expansão, as condições para obtenção dos resultados e apresenta uma curva compactação.

4.11.4. Granulometria de solos

A ME (080/94), apresenta procedimentos para a análise granulométrica de solos por peneiramento. Considera os requisitos concernentes à aparelhagem, amostragem e cálculos, encontra-se detalhadamente no Anexo D.

5. METODOLOGIA

5.1. Classificação da pesquisa

Este trabalho consistente no estudo de caso da rodovia MG 170, com levantamento dos tipos de patologias apresentados pela rodovia, condições de sinalização e análise da geometria da via com base em manuais técnicos, normas e livros, como Pavimentação Asfáltica - Formação básica para Engenheiros - BERNUCCI (2010), Análise Granulométrica – DNER 083/98, Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais – DNER 706 (2000), Método de Projeto de Pavimento Flexível – DNER 667/22, Porcentagem de Betume – DNER 053/94, Normas para Projeto das Estradas de Rodagem - DNER (1973), tratamento Superficial Duplo – DNER 309/97, Análise Granulométrica por peneiramento – DNER 080/94, Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos Terminologia – DNIT 005/200, Manual de Conservação Rodoviária – DNIT IPR 710/2005, Manual de Implantação Básica de Rodovia – DNIT IPR 742/2010, Manual de Pavimentação – DNIT IPR 719/2006, Manual de Sinalização Rodoviária – DNIT 141/2010, Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço - DNIT IPR 743/2010, Solos- Determinação do índice do Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de Ensaio – DNIT 172/2016, Instrução de Projetos – Classificação das Vias – IP 02/2004, Manual de Técnicas de Pavimentação – SENÇO (1997), Manual de técnicas de Pavimentação – SENÇO (2001).

5.2. Descrição do local de análise

A rodovia em estudo, segundo o Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais (DER/MG), trata-se de uma rodovia com implantação de pavimentação, iniciada entre os anos de 1994 e 1998 e concluída em 2002, com pavimento em TSD, faixa de domínio total de 30 metros, sendo identificada Rodovia MG-170 com extensão total de 17,7 km, que liga as cidades de Guapé e Ilícinea MG apresentada na figura 32, com um volume médio diário em 2019 de 939 veículos/dia, conforme dados fornecidos pela DEER-Formiga.

5.3. Planejamento da pesquisa

O diagnóstico da rodovia foi levantado por meio de registros fotográficos, medições, análise das patologias encontradas, ensaios realizados em laboratório de amostras asfálticas e amostras de solo de base, sendo identificados os três piores trechos, com a persistência das patologias, má sinalização, e geometria fora das especificações técnicas, conforme verificado nas normas e livros de referência. Com base nas verificações foi feito um levantamento na qual a via apresenta as características adequadas.

5.4. Características da via atual

No apêndice A está representado o trecho 1, tendo início no km7,52, possuindo 100 metros de extensão, com faixa de domínio de 30 metros, e pista de rolamento de 7,20 metros, a sinalização apresenta desbotamento nas faixas de bordo e central, tachas pouco refletivas, e nenhuma sinalização vertical.

O apêndice B representa o trecho 2, tendo início no km 8.06, possuindo 100 metros de extensão, com faixa de domínio de 30 metros, pista de rolamento de 7,20 metros, sendo um trecho curvo, com curva de transição espiral de raio conservado, com raio de curva de 112,34 metros apresentado no apêndice G e ângulo central de 52°, a sinalização apresenta faixas de bordo e central desbotadas e tachas pouco refletivas, e pouca sinalização vertical.

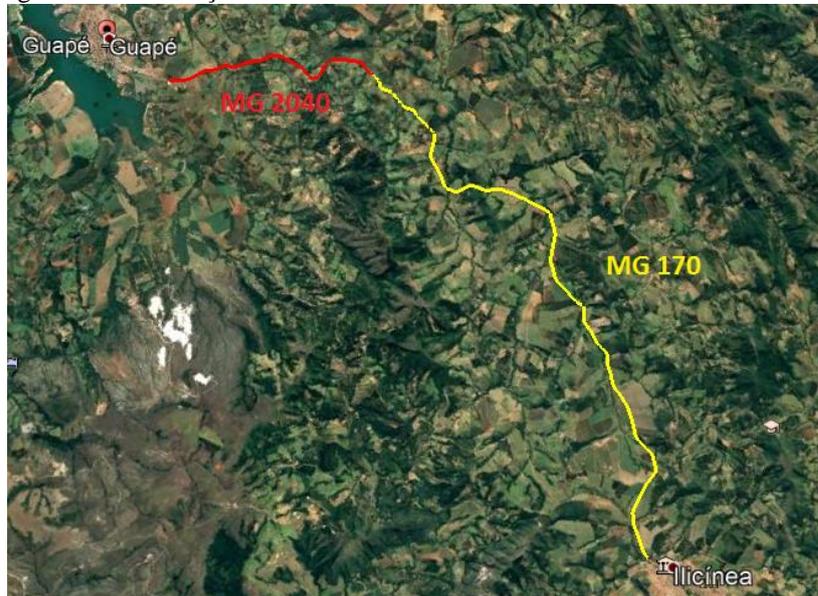
O apêndice C representa o trecho 3, com início no Km 9,72, possuindo 100 metros de extensão, com faixa de domínio de 30 metros, e pista de rolamento de 7,20 metros, a sinalização apresenta desbotamento nas faixas de bordo e central, tachas pouco refletivas, e nenhuma sinalização vertical.

5.5. Escolha do trecho

A rodovia em estudo foi escolhida por ser a principal e única rodovia pavimentada que liga Guapé a outras cidades, os pontos mais críticos foram separados em 3 (três) trechos de 100 (cem) metros cada, possuindo uma concentração de patologias em que o restante da rodovia não apresenta, e uma das patologias encontradas nos três trechos, foi o afundamento caracterizando problemas estruturais, feito por meio de levantamento fotográfico, as condições de geometria, por meio de medições da largura da pista e acostamento, além da

análise das condições da sinalização vertical e horizontal da via. A rodovia apresenta uma extensão de 17,7 km, sendo apresentado na figura 32, ligando as cidades de Guapé e Ilícinea.

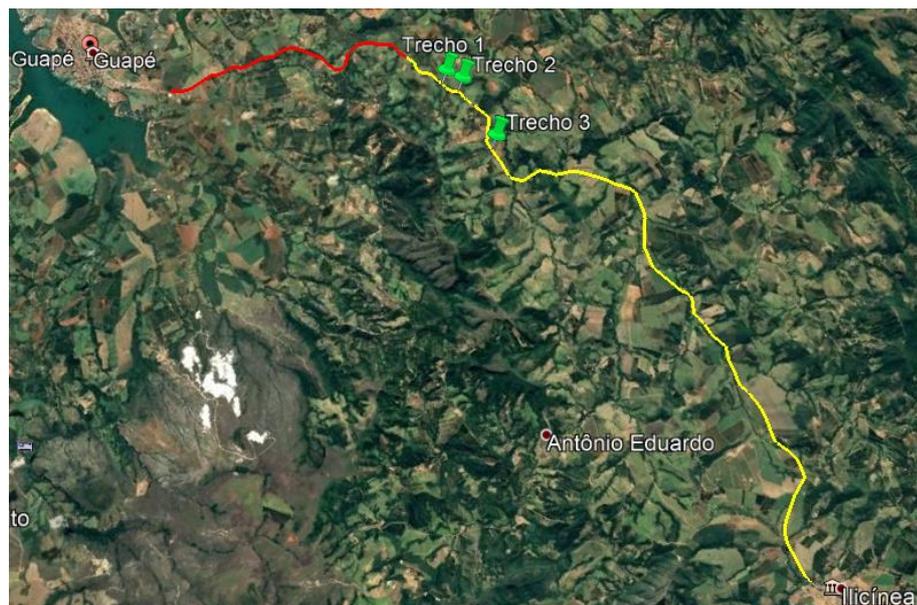
Figura 32: Localização da rodovia MG 170.



Fonte: Google Earth, 2019.

A figura 33 apresenta a localização dos trechos na rodovia, sendo que o trecho 1 tem início no Km 7,52 como indica a figura 34, o trecho 2 início no Km 8,06 como indica a figura 35, e o trecho 3 tem início no Km 9,72 como indica a figura 36.

Figura 33: Localização dos trechos na rodovia



Fonte: Google Earth, 2019.

Figura 34: Trecho 1



Fonte: Google Earth, 2019.

Figura 35: Trecho 2



Fonte: Google Earth, 2019.

Figura 36: Trecho 3



Fonte: Google Earth, 2019.

Para melhor entendimento da localização de cada trecho, as coordenadas para o trecho 1 da figura 34 são $20^{\circ} 48' 17,63''$ S , $45^{\circ} 50' 52,28''$ O, Elevação 779 m, para o trecho 2 da figura 35 as coordenadas de localização são $20^{\circ} 48' 30,01''$ S, $45^{\circ} 50' 44,83''$ O, Elevação 786 m, apresentando uma curva espiral de raio conservado, para o trecho 3 da figura 36 as coordenadas de localização são $20^{\circ} 49' 22,88''$ S, $45^{\circ} 50' 43,09''$ O, Elevação 803 m.

5.6. Coleta de amostras para ensaios

Para uma melhor análise do pavimento foram feitos ensaios de extração de betume e granulometria do material asfáltico, como mostra na figura 38 a amostra de material asfáltico, e para o material de base foi feito o ensaio de C.B.R e expansão e granulometria dos solos. As amostras foram retiradas do local com autorização do DEER, responsável pelo trecho, foi retirada aproximadamente 30 kg de solo, a 60 cm de distância da borda da pista, onde foi perfurada uma profundidade de 17 cm como mostra a figura 37, não chegando à camada de sub-base. Para os ensaios do pavimento foram colhidos aproximadamente 2 kg de material.

Figura 37: Profundidade da camada de base.



Fonte: Próprio autor

Figura 38: Amostra de revestimento TSD.



Fonte: Próprio autor.

Para melhor análise deveria ser retirada no mínimo 3 amostras uma para cada trecho, mas como o custo dos ensaios são altos e a faculdade não possui os equipamentos necessários, foi feita apenas ensaios para uma amostra.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo será apresentado o diagnóstico da rodovia em estudo, classificação da via, patologias encontradas, avaliação de VSA, análise da sinalização vertical e horizontal junto à geometria, identificação do tipo de revestimento do pavimento, resultado dos ensaios das amostras colhidas e o dimensionamento do pavimento.

6.1. Classificação da via

A classificação da via foi definida de acordo com o TDM fornecido pela DEER/MG responsável pela rodovia.

Tabela 21: Dados de tráfego da rodovia MG 170 para o ano de 2019.

Rodovia	MG170
Descrição Início	ENTR P / GUAPÉ
Descrição Fim	ILICÍNEA
Extensão	17,8 km
Marco Km. Inicial	152
Marco Km. Final	169,8
Passeio	618
Coletivo	9
Carga leve	298
Carga média	10
Carga pesada	4
TDM	939 veículos/dia

Fonte: DEER- Formiga/MG.

- De acordo com a tabela 12, a rodovia se encontra na Classe de Projeto II;
- Pavimentada com estrutura de pavimento flexível, revestimento em TSD, dado fornecido pela DEER, pista simples;
- Jurisdição Estadual;
- Padrão técnico de velocidade, classe II por apresentar um volume médio diário de tráfego entre 700 e 1400, de região Plana de 100 Km/h;
- Largura de faixa de domínio 30 metros;

- Largura da pista de rolamento de 6,0 a 7,0 metros;
- Largura de acostamento de 2,0 metros definido por norma;
- Conservação corretiva rotineira, dado fornecido pela DEER.

6.2 Resultados dos ensaios

6.2.1 Extração de betume e granulometria do material asfáltico

Para os ensaios de granulometria e extração de betume, o material esta dentro das faixas de granulometria que a norma DNER-ES 309/97 determina, se encontra na faixa “C”, e possui 5,26% de ligante em que a verificação só é feita no momento da aplicação, devendo seguir a quantidade especificada por norma e projeto, de acordo com Anexo D que representa o ensaio realizado pelo laboratorista MARINHO, da cidade de Varginha-MG, por falta de equipamentos na faculdade necessários para a realização dos ensaios segue os resultados do ensaio realizado.

6.2.2 C.B.R e expansão

Para os ensaios de índice de suporte e expansão, de acordo com o quadro 5 apresenta para bases com C.B.R $\geq 80\%$ a expansão deve ser de $\leq 0,5\%$, e no item 4.5.1 apresenta um valor para bases com C.B.R $\geq 60\%$ a expansão deve apresentar também um valor $\leq 0,5\%$, como mostra o resultado do ensaio em Anexo F o C.B.R encontrado para a base foi 70% e expansão de 0,03%, em que apresenta resultados dentro do que a norma estabelece.

6.2.3 Granulometria de solos

A granulometria do solo da base de acordo com o quadro 1, deve estar dentro das faixas de A a F, o ensaio no Anexo F apresenta a granulometria da base que se enquadra na faixa D, em que esta dentro da faixa determinada por norma.

6.3 Análise do Trecho 1

O trecho 1 tem início no Km 7,52, da rodovia MG 170 Guapé/Ilicínea, sendo apresentado o registro fotográfico das patologias e sinalização. Na figura 39 podemos observar que não há sinalização vertical e a sinalização horizontal não é suficiente á noite.

Em que não há placas de sinalização de velocidade máxima permitida durante todo o trecho, as sinalizações horizontais já estão desbotadas, e as tachas não refletem com eficiência.

Figura 39: Trecho 1.



Fonte: Próprio autor 2019.

Na figura 40 podemos observar a comparação entre os anos 2018 e 2019, a patologia encontrada se refere a um escorregamento da camada asfáltica e desgastes maiores de um ano para o outro, se nota também que houve uma manutenção de capina e roçada entre os períodos das fotos.

Figura 40: 2018 e 2019.



Fonte: Próprio autor 2019.

A figura 41 mostra a espessura do levantamento da camada que escorregou sendo de aproximadamente 8 cm.

Figura 41: Escorregamento.



Fonte: Próprio autor 2019.

De acordo com Senço (2001), determinada como separação da camada de base, onde a camada de revestimento separa-se da base, causando o escorregamento, a causa pode ser a má execução da imprimadura ou base com excesso de material solto. O reparo deve ser retirar todo o material comprometido e refazer a imprimadura com a superfície da base limpa.

A figura 42 mostra a gravidade da má conservação, e falta de drenagem adequada, a figura de 2018 apresenta trincas em bloco com afundamento levando a ruptura da camada asfáltica, em 2019 podemos observar que o rompimento triplicou, sendo que entre os períodos de 2018 e 2019 houve uma manutenção na via, como roçada e um preenchimento na camada asfáltica, e a principal patologia foi ignorada.

Figura 42: 2018 e 2019.



Fonte: Próprio autor 2019.

Figura 43: Espessura da camada de revestimento.



Fonte: Próprio autor 2019.

A falha da borda apresentada na figura 42 ocasionada por afundamento, constituído por trincas, de acordo com Senço (2001), as causas prováveis são espessura insuficiente da capa, falta de suporte do acostamento e falta de suporte de base. As formas de tratamentos indicadas são verificação de drenagem e limpeza das valetas e aplicação de camada fina de asfalto líquido, em algumas vezes como neste caso é indicado à execução de remendo. A figura 43 apresenta a espessura da camada asfáltica que é de aproximadamente 2,5 cm, sendo relativamente fina por ser um revestimento em TSD.

Na figura 44 podemos observar que não houve alteração entre os dois anos, sendo um remendo bem executado, apresentando apenas próximo ao remendo trincas longitudinal.

Figura 44: 2018 e 2019.



Fonte: Próprio autor 2019.

De acordo com Senço (2001), uma das causas das trincas longitudinais pode ser a contração ou movimentação do sub-greide, o tratamento recomendado é o selamento e o preenchimento.

6.3.1 Valor de VSA

Quadro 8: Valor VSA trecho 1

VSA – Valor de Serventia Atual 2019	
Avaliadora – Jayne Melo	Rodovia MG 170

	
Valor de VSA adotado (0-5)	Tipos de patologias
1,5	<p>Escorregamento – De acordo com DNIT (005/2003), deslocamento do revestimento em relação a camada subjacente.</p> <p>Trincas - De acordo com DNIT (005/2003), são fendas perceptível ao olho, com aberturas maiores que as fissuras.</p> <p>Afundamento - De acordo com DNIT (005/2003), deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento.</p> <p>Remendo - De acordo com DNIT (005/2003), preenchimento de painelas e buracos.</p> <p>Panela ou buraco - De acordo com DNIT (005/2003), cavidade que se forma no revestimento.</p>

Fonte: Próprio autor 2019.

6.4. Análise do Trecho 2

O trecho 2 com início no Km 8,06, apresentado na figura 45, não é muito diferente do trecho 1, à uma deficiência na sinalização horizontal e vertical, sem indicação de velocidade máxima, indicação de curva, a figura 45 à falta de itens indispensáveis, a imagem se refere ao início da curva onde não à dispositivos de sinalização e as tachas não refletem com eficiência.

Figura 45: Trecho 2.



Fonte: Próprio autor 2019.

Na figura 46 podemos ver um exemplo de remendo mal executado, na imagem de 2018 observa-se que o remendo já se encontra no estado de escorregamento, afundamento e trincas, na imagem direita de 2019 é possível notar a ruptura da camada.

Figura 46: 2018 e 2019.



Fonte: Próprio autor 2019.

O remendo deve ser feito corretamente, de acordo com Senço (2001), sendo feito um corte retangular, espalhado na cavidade asfalto diluído, enchendo com pré-misturado e compactado, até atingir a altura que permita compactação adicional pelo tráfego, selando com 0,4 a 1,1 litros de asfalto, e 5,5 a 13,5 quilos de agregados por metro quadrado.

A figura 47 apresenta um afundamento e escorregamento da camada asfáltica, na imagem a esquerda pode-se observar que só à o afundamento e trincas longitudinais, já na imagem a direita o escorregamento continuou e levou a ruptura da camada, e as trincas aumentaram.

Figura 47: 2018 e 2019.



Fonte: Próprio autor 2019.

A figura 47 se enquadra nas especificações de causas prováveis e tratamento recomendado pelo Senço (2001), de acordo com a figura 46.

Na figura 48 a esquerda de 2018, pode-se observar um afundamento no pavimento, na figura 46 a direita de 2019, é nítido o aumento da profundidade do afundamento, na figura 49 o afundamento apresentou uma profundidade de aproximadamente 14 cm.

Para esse tipo de patologia, o afundamento pode ter possíveis causas de acordo com o Senço (2001), recalque em aterros recentemente construídos, deficiência de compactação, por adensamento ou por volume de tráfego maior que o previsto em projeto, qualquer deficiência nas camadas inferiores de pavimento resulta em deformações no revestimento, os reparos devem ser feito de acordo na medida em que se constata a estabilização ou não do fenômeno.

Figura 48: 2018 e 2019.



Fonte: Próprio autor 2019.

Figura 49: Profundidade do afundamento.



Fonte: Próprio autor 2019.

A figura 50 apresenta um remendo que também sofre por escorregamento, se observa nitidamente o deslocamento da camada de um ano para o outro, de acordo com o Senço (2001), o escorregamento causado possivelmente por má execução da imprimadura, ou por sujeira e excesso de material solto na base, o reparo deve ser feito com a retirada do material, corte retangular e seguir as especificações para execução de remendo.

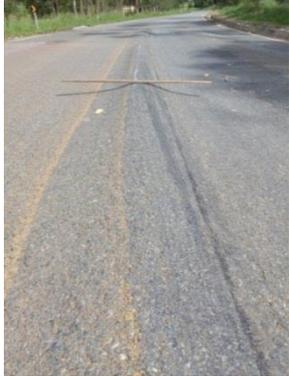
Figura 50: 2018 e 2019.



Fonte: Próprio autor 2019.

6.4.1 Valor de VSA

Quadro 9: VSA trecho 2

VSA – Valor de Serventia Atual 2019	
Avaliadora – Jayne Melo	Rodovia MG 170
	
	
Valor de VSA adotado	Tipos de patologias

(0-5)	
1,0	<p>Escorregamento – De acordo com DNIT (005/2003), deslocamento do revestimento em relação a camada subjacente.</p> <p>Trincas - De acordo com DNIT (005/2003), são fendas perceptível ao olho, com aberturas maiores que as fissuras.</p> <p>Afundamento - De acordo com DNIT (005/2003), deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento.</p> <p>Remendo - De acordo com DNIT (005/2003), preenchimento de painelas e buracos.</p>

Fonte: Próprio autor 2019.

6.5. Análise do Trecho 3

O trecho 3 que se inicia no Km 9,72, mostrado na figura 51, também apresenta falta de sinalização eficiente vertical e horizontal, como nos trechos 1 e 2, não há o acostamento mínimo por norma de acordo com a sua classe.

Figura 51: Trecho 3.



Fonte: Próprio autor 2019.

Na figura 52 observa-se que em 2018 a pista foi invadida por solo e por falta de manutenção à presença de vegetação, na imagem a direita em Fevereiro de 2019 observa-se que houve um reparo de preenchimento, mas a questão do solo ainda persiste na figura 53 que foi tirada em Abril de 2019, com um período de apenas dois meses de uma foto para a outra, mostra a degradação do pavimento, por conta da má drenagem que se encontra no trecho.

Figura 52: 2018 e Fevereiro de 2019.



Fonte: Próprio autor 2019.

Figura 53: Abril de 2019.



Fonte: Próprio autor 2019.

A figura 54 mostra a espessura da camada de revestimento, local onde foi feita recapeamento, na imagem a esquerda pode-se observar que há uma espessura de aproximadamente 4,5 cm e na figura a direita a primeira camada tem aproximadamente 2 cm.

Figura 54: Espessuras.



Fonte: Próprio autor 2019.

Na figura 55 pode-se observar uma ondulação na pista, e com falta de indicação da ondulação e de velocidade, carros passam pelo local encostando o fundo no pavimento.

Figura 55: Ondulação.



Fonte: Próprio autor 2019.

De acordo com o Senço (2001), a possível causa para a ondulação, é a compactação inadequada da base, correção com nivelamento local e remendo de superfície.

6.5.1 Valor de VSA

Quadro 10: Valore de VSA trecho 3

VSA – Valor de Serventia Atual 2019	
Avaliadora – Jayne Melo	Rodovia MG 170
	
Valor de VSA adotado (0-5)	Tipos de patologias
1,5	<p>Panela ou buraco - De acordo com DNIT (005/2003), cavidade que se forma no revestimento.</p> <p>Ondulação - De acordo com DNIT (005/2003), deformação na superfície da pista, podendo ser por excesso de asfalto, o má compactação da base.</p>

Fonte: Próprio autor 2019.

6.6 Geometria

Para a análise da geometria da via foram considerados todos os parâmetros que conduzem para a sua classificação. Trata-se de uma via de classe II, que apresenta a necessidade de acostamento no mínimo dois metros para todos os trechos. A geometria atual apresentada no Apêndice A para o trecho 1, Apêndice B para o trecho 2 e Apêndice C para o trecho 3, e no Apêndice D,E e F está a geometria dos trechos 1,2 e 3 respectivamente, de acordo com o item 4.8, a via sendo de classe II deve apresentar acostamento de 2 metros de acordo com a tabela 15, possuir declividade de 2% para a pista e 5% para o acostamento de acordo com a figura 26.

Para o trecho 2 em curva o raio de curva é de 212,34 metros e seu ângulo central é de 52° calculado utilizando as ferramentas do Google Earth e Autocad apresentado no Apêndice G, que de acordo com a tabela 18 o raio mínimo para a classe é de 200 metros, a tabela 13

determina a velocidade diretriz da via sendo de 80km/h, com a velocidade diretriz e raio de curvatura o quadro 4 estabelece a superlargura que a curva deve apresentar que é de 0,80 metros. O trecho curvo deve apresentar um acostamento de no mínimo 2,80 metros de largura.

6.7 Sinalização

De acordo com os Apêndices H, I e J dos trechos 1, 2 e 3, está representado as sinalizações verticais, horizontais e dispositivos auxiliares como tachas e delineadores.

Calculo para delineadores:

$$d = \sqrt{212,34} = 14,5 \text{ metros de distância de um para outro}$$

Para a sinalização horizontal, as faixas devem possuir uma largura de 15 cm, sendo necessário o acréscimo de faixas de bordo para os acostamentos. As tachas foram colocadas a cada 4 metros de acordo com o item 4.7.1.2.

6.8 Memorial de cálculo para o dimensionamento das camadas

6.8.1 Determinação do N

A determinação do número N está relacionada ao tráfego, em que se determina a taxa de crescimento com dados históricos de tráfego, com a taxa é possível calcular o volume de tráfego em determinado ano, para os cálculos foi fornecido o volume de tráfego dos anos de 2006 e 2019.

Quadro 11: Dados VMD fornecido pelo DEER.

Ano	VMD
2006	581
2019	939

Fonte: DEER Formiga-Mg

Taxa de crescimento

$$939 = 581 \times [1 + (2019 - 2006) \times a]$$

$$a = 0,0473$$

$$a = 4,73 \%$$

Tráfego para 2030:

$$Dn = 939 \times [1 + 0,0473 \times (2030 - 2019)]$$

$$Dn = 1427,26 \text{ veículos/dia}$$

$$Dn = 1428 \text{ veículos/dia}$$

Tabela 22: Porcentagem por tipo de veículos.

Veículos	Nº de veículos	% Tráfego Total	% Tráfego Comercial	Nº Veículos Comercial
Passeio	618	65,81	-	
Caminhão Leve	298	31,74	92,83	
Caminhão médio	10	1,06	3,12	
Caminhão Pesado	4	0,43	1,25	321
Ônibus	9	0,96	2,80	
Total	939	100	100	

Fonte: próprio autor.

Tabela 23: Fator eixo.

Veículos		Nº de eixos n
Caminhão Leve	$0,9283 \times 321 \times 2$	595,97
Caminhão Médio	$0,0312 \times 321 \times 2$	20,03
Caminhão Pesado	$0,0125 \times 321 \times 2$	8,02
Ônibus	$0,0280 \times 321 \times 2$	17,98
Total		642

Fonte: próprio autor.

$$FE = \frac{n}{Vmc}$$

$$FE = \frac{642}{321} = 2$$

Fator veículo:

Adotado:

$$FC = 1,7$$

$$Fv = FE \times FC$$

$$Fv = 2 \times 1,7$$

$$Fv = 3,4$$

Número N:

$$N = 365 \times VDM \times (FV) \times (FR) \times (FD)$$

Adotando:

$$FR = 1$$

$$FD = 50\%$$

$$N = 365 \times 939 \times 3,4 \times 1 \times 0,5$$

$$N = 0,58 \times 10^6$$

Número N para 2030:

$$N_{2030} = 365 \times P \times Vm \times FE \times FC \times FR$$

$$N_{2030} = 365 \times 11 \times (1428 \times 0,5) \times 2 \times 1,7 \times 1$$

$$N_{2030} = 9,74 \times 10^6$$

6.8.1.1. Dimensionamento do Pavimento

De acordo com os dados fornecidos pelo órgão público da via o valor do número “N” calculado para 2019 é de $0,58 \times 10^6$, que mediante ao quadro 7 de espessuras mínimas de revestimento, para este valor N a espessura esta indicada como um tratamento superficial betuminosos, que no item 4.3.2 apresenta a espessura de tratamentos superficiais em uma ordem de 5 a 20 mm, o pavimento atual apresenta uma espessura de TSD em média de 2,5 cm, como mencionado no item 4.3.2 em que os tratamentos superficiais são indicados para lugares com tráfego baixo, de acordo com o item 4.10.1 o tráfego baixo ou leve é

caracterizado como ruas residenciais em que o tráfego de ônibus e caminhões não ultrapasse um valor de 20 veículos dia com N de 10^5 , como o número N de 2019 apresentou um valor maior sendo de $0,58 \times 10^6$ descaracteriza um tráfego leve e apresenta um valor de caminhões e ônibus maior que 20 veículos dia, sendo no total de 321 veículos como ônibus e caminhões, está classificado como tráfego pesado, dessa forma será verificado a espessura de revestimento correta para o tráfego apresentado.

Para o ano 2030 o valor N calculado foi de $9,74 \times 10^6$ em que se enquadra em tráfego meio pesado sendo analisado apenas pelo N, desta forma será feito o dimensionamento para o pavimento em que será adotado valores mínimos por norma para os cálculos das espessuras das camadas.

6.8.1.2. Dimensionamento do revestimento para 2019

Para o dimensionamento foi utilizado o quadro 7 que de acordo com o seu número N a espessura do revestimento apresentou um valor de 5 cm para revestimento betuminoso.

6.8.1.3. Dimensionamento do pavimento 2030

6.8.1.3.1. Dimensionamento da Base

Para o dimensionamento da base foi utilizado o quadro 7 para determinação da espessura do revestimento que apresentou um valor de 7,5 cm para revestimento betuminoso, para os coeficientes foi utilizado a tabela 20 em que o coeficiente KR para revestimento adotou um valor de 2 sendo revestimento em concreto asfáltico e para KB sendo o coeficiente de base foi adotado o valor 1 sendo base granular, e para H20 foi considerado que o C.B.R da sub-base apresenta 20% de acordo com o quadro 6, com o ábaco da figura 31 com valor N de $9,74 \times 10^6$ encontra o valor de H20, dessa forma a base apresenta uma espessura de:

Espessura do revestimento = 7,5 cm

KR = 2

KB = 1

H20 = 27 cm (ábaco)

$$(7,5 \times 2) + (HB \times 1) \geq 27$$

$$HB = 12 \text{ cm}$$

$$\text{Adotado } B = 15 \text{ cm}$$

6.8.1.3.2. Dimensionamento da Sub-Base

Para a determinação da sub-base foi considerado que o KSB tenha um valor 1 indicado na tabela 20, e que o HN apresente um C.B.R para Reforço de Sub-leito de 5% adotado, indicado no quadro 5 que o valor de C.B.R de reforço de sub-leito deve apresentar um valor maior que o C.B.R do Sub-leito sendo que este apresenta um valor mínimo pelo quadro 5 de 2%.

Espessura do revestimento = 7,5 cm

$$KR = 2$$

$$KB = 1$$

$$H20 = 27 \text{ cm (ábaco)}$$

Espessura da Base = 12 cm

$$KSB = 1$$

$$HN5 = 67 \text{ cm (ábaco)}$$

$$(7,5 \times 2) + (15 \times 1) + (1 \times HSB) \geq 67$$

$$HSB = 37 \text{ cm}$$

6.8.1.3.3. Dimensionamento do Reforço do Sub-leito

Para o dimensionamento do Reforço do Sub-leito foi usado o valor de C.B.R para o Sub-leito de 2% sendo o valor mínimo indicado no quadro 6.

Espessura do revestimento = 7,5 cm

$$KR = 2$$

$$KB = 1$$

$$H20 = 27 \text{ cm (ábaco)}$$

$$\text{Espessura da Base} = 15 \text{ cm}$$

$$KSB = 1$$

$$H5 = 67 \text{ cm (ábaco)}$$

$$\text{Espessura da Sub-Base} = 37 \text{ cm}$$

$$KRSL = 1$$

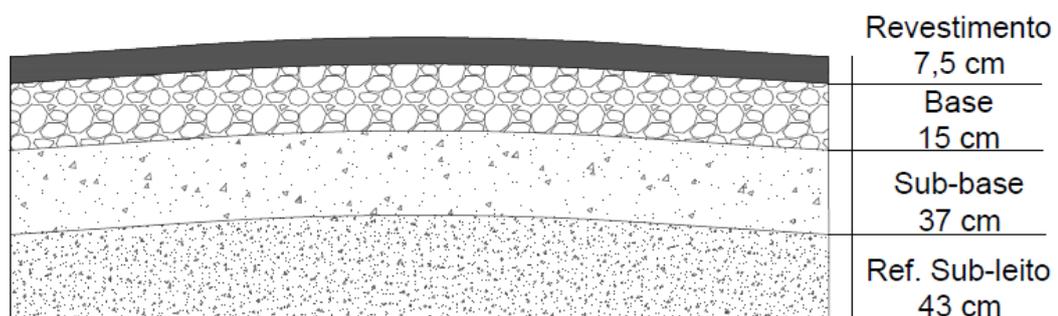
$$H2 = 110 \text{ cm}$$

$$(7,5 \times 2) + (15 \times 1) + (1 \times 37) + (HSL \times 1) \geq 110$$

$$HSL = 43 \text{ cm}$$

Assim o dimensionamento comparativo do ano de 2019, apresenta revestimento de 5 cm de espessura de concreto betuminoso, e o dimensionamento do ano 2030, apresenta revestimento de 7,5 cm de espessura de concreto betuminoso, base de 15 cm, sub-base de 37 cm e reforço de sub-leito de 43 cm, apresentado o perfil na figura 53.

Figura 56: Perfil do pavimento pra 2030.



Fonte: Próprio autor.

6.9. Memorial descritivo

6.9.1. Objetivo

O presente memorial tem por objetivo estabelecer critérios e especificações que uma rodovia deva atender, sendo uma análise em três trechos com 100 metros de extensão cada, com parâmetros sobre o dimensionamento do pavimento flexível, geometria e sinalização dos trechos, seguindo todas as especificações das normas, manuais e livros.

6.9.2. Normas

6.9.2.1. Dimensionamento do Pavimento Flexível

Segue os parâmetros estabelecidos por Instruções de Projetos – Classificação das vias (IP 02/2004), Método de Projeto de Pavimento Flexível (DNER 667/22), Manual de Pavimentação (DNIT 719/2006), Manual de Técnicas de Pavimentação (SENÇO 1997), Normas para Projeto das Estradas de Rodagem (DNER 1973).

6.9.2.2. Geometria

Segue os parâmetros do Manual de Implantação Básica de Rodovia (DNIT 742/2010), Normas para Projeto das Estradas de Rodagem (DNER 1973), Manual de Conservação Rodoviária (DNIT 710/2005), Manual de Pavimentação (DNIT 719/2006), Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNER 706/2000).

6.9.2.3. Sinalização

Segue parâmetros do Manual de Sinalização Rodoviária (DNIT 743/2010).

6.9.3. Serviços

Escavação mecânica de material 1ª categoria, proveniente de corte de subleito;

Regularização e compactação de subleito com espessura de até 43 cm, para pavimentação;

Regularização e compactação de sub-base com bica corrida, espessura de até 37 cm;
 Execução e compactação de base com brita graduada simples, espessura 15 cm;
 Imprimação ligante betuminosa para pavimentação;
 Pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento, espessura de 7,5 cm;
 Instalação de tachas refletivas bidirecionais cor branca nos bordos da pista e acostamento;
 Instalação de tachas refletivas bidirecionais cor amarela na faixa central;
 Instalação de placas, proibido ultrapassagem;
 Instalação de placas, velocidade máxima permitida;
 Instalação de delineadores;
 Pintura das faixas de bordo, largura de 15 cm;
 Pintura da faixa central, largura de 15 cm.

6.10 Orçamentos

Neste tópico será realizada a estimativa de custo de materiais, para pavimentação será utilizado preço dos Insumos utilizando a SINAPI Setembro 2019, e as composições pela TCPO, e o orçamento de sinalização foi fornecido pela empresa Nova Via Empreendimentos Rodoviários de Varginha-Mg.

6.10.1. Composição de Preço Unitário – Pavimentação

Tabela 24: Escavação de Subleito.

Código	Descrição	Un.	Clas.	Coef.	Preço Unit (R\$)	Total (R\$)	Consumo
02.005.000049.SE R	Escavação mecânica de material 1ª categoria, proveniente de corte de subleito	M²					
01.026.000001.MO D	Operador de terraplanagem	H	MOD	0,00690	21,50	0,148	0,00690
36.014.000248.EQ H	Trator de esteiras, potência 170 HP, peso operacional 19T, caçamba 5,2 m³ - CHP diurno	CHP	EQH	0,00794	172,58	1,370	0,00794
M.O :					0,15	Total s/ Taxa (Unit.) :	1,52

Outros	1,37	Valor LS :	0,00
:		Valor BDI :	0,00
		Valor Total c/	1,52
		Taxa :	

Fonte: Próprio autor – dados SINAP e TCPO.

Tabela 25: Regularização do Subleito.

Código	Descrição	Un.	Clas.	Coef.	Preço Unit (R\$)	Total (R\$)	Consumo
30.005.0000 12.SER	Regularização e compactação de subleito com espessura de até 43 cm, para pavimentação	M²					
01.026.0000 01.MOD	Operador de terraplanagem	H	MOD	0,01074	21,50	0,231	0,01074
36.014.0000 82.EQH	Motoniveladora potência básica líquida 125 HP, peso bruto 13032KG, largura da lâmina de 3,7 m - CHP diurno	CHP	EQH	0,00185	147,35	0,273	0,00185
36.014.0001 54.EQH	Rolo compactador vibratório, com pneus de tração e 1 cilindro pé-de-carneiro em aço 83 HP 62 kW, peso operacional 8,8 t	CHP	EQH	0,00268	131,06	0,352	0,00268
36.014.0002 48.EQH	Trator de pneus com potência de 85 CV, tração 4x4, com vassoura mecânica acoplada - CHP diurno	CHP	EQH	0,00134	82,75	0,111	0,00134
36.015.0000 27.EQH	Caminhão pipa 10.000L trucado, peso bruto total 23.000 KG, carga máxima 15.935KG, distância entre eixos 4,8M, potência 230CV - CHP diurno	CHP	EQH	0,00161	166,82	0,269	0,00161
			M.O :	0,23		Total s/ Taxa (Unit.) :	1,24
			Outros :	1,01		Valor LS :	0,00
						Valor BDI :	0,00
						Valor Total c/ Taxa :	1,24

Fonte: Próprio autor – dados SINAP e TCPO.

Tabela 26: Regularização de sub-base.

Código	Descrição	Un.	Clas.	Coef.	Preço Unit (R\$)	Total (R\$)	Consumo
30.005.0000 12.SER	Regularização e compactação de sub-base com bica corrida, espessura de até 37 cm	M ³					
01.026.0000 01.MOD	Operador de terraplanagem	H	MOD	0,08260	21,50	1,78	0,08260
03.002.0000 07. MAT	Bica Corrida	M ³	MAT	0,08210	73,67	6,05	0,08210
36.014.0000 22. EQH	Escavadeira hidráulica sobre esteiras, caçamba 0,80 m ³ , peso operacional 17T, potência bruta 111 HP - CHP diurno	CH P	EQH	0,01130	130,96	1,48	0,01130
36.014.0001 54.EQH	Rolo compactador vibratório, com pneus de tração e 1 cilindro pé-de-carneiro em aço 83 HP 62 kW, peso operacional 8,8 t	CH P	EQH	0,00220	128,23	0,28	0,00220
36.014.0000 36.EQH	Rolo compactador vibratorio de um cilindro aço liso, potência 80 HP, peso operacional máximo 8,1 T, largura de trabalho 1,68 M - CHP diurno	CH P	EQH	0,00310	94,08	0,29	0,00310
				M.O :	1,78	Total s/ Taxa (Unit.) :	9,88
				Outros :	8,10	Valor LS :	0,00
						Valor BDI :	0,00
						Valor Total c/ Taxa :	9,88

Fonte: Próprio autor – dados SINAP e TCPO.

Tabela 27: Execução e compactação de base.

Código	Descrição	Un.	Clas.	Coef.	Preço Unit (R\$)	Total (R\$)	Consumo
30.005.000 012.SER	Execução e compactação de base com brita graduada simples, espessura 15 cm	M ³					
01.026.000 001.MOD	Operador de terraplanagem	H	MOD	0,056 3	21,50	1,21	0,0563
03.002.000 007. MAT	Brita graduada simples	M ³	MAT	1,000 0	116,48	116,48	1,0000

36.014.000 082.EQH	Motoniveladora potência básica líquida 125 HP, peso bruto 13032KG, largura da lâmina de 3,7 m - CHP diurno	CH P	EQH	0,007 7	147,35	1,13	0,0077		
36.014.000 036.EQH	Rolo compactador vibratorio de um cilindro aço liso, potência 80 HP, peso operacional máximo 8,1 T, largura de trabalho 1,68 M - CHP diurno	CH P	EQH	0,007 7	94,08	0,72	0,0077		
36.014.000 034.EQH	Rolo compactador de pneus, estático, pressão variável, potênci 110 HP, largura de rolagem 2,30 M - CHP diurno	CH P	EQH	0,012 2	134,22	1,64	0,0122		
36.015.000 027.EQH	Caminhão pipa 10.000L trucado, peso bruto total 23.000 KG, carga máxima 15.935KG, distância entre eixos 4,8M, potência 230CV - CHP diurno	CH P	EQ	0,005 8	166,82	0,97	0,0058		
						M.O :	1,21	Total s/ Taxa (Unit.) :	121,19
						Outros :	119,98	Valor LS :	0,00
								Valor BDI :	0,00
								Valor Total c/ Taxa :	121,19

Fonte: Próprio autor – dados SINAP e TCPO.

Tabela 28: Imprimação.

Código	Descrição	Un.	Clas.	Coef.	Preço Unit (R\$)	Total (R\$)	Consumo
30.005.0000 03.SER	Imprimação ligante betuminosa para pavimentação	M²					
01.026.0000 01.MOD	Servente	H	MOD	0,0020	21,50	0,04	0,0020
09.001.0000 05.MAT	Asfalto diluído de petróleo CM-30	KG	MAT	1,2000	5,17	6,20	1,2000
36.014.0002 48.EQH	Trator de pneus com potência de 85 CV, tração 4x4, com vassoura mecânica acoplada - CHP diurno	CH P	EQH	0,0017	78,06	0,13	0,0017
36.014.0002 57.EQH	Vassoura mecânica rebocável, faixa de trabalho 2,44 m	CH P	EQH	0,0017	5,57	0,01	0,0017
36.015.0000 25.EQH	Caminhão espargidor de asfalto, tanque 6000 L, 174 hp 130 kW	CH P	EQH	0,0020	171,66	0,34	0,0020
				M.O :	0,04	Total s/ Taxa (Unit.) :	6,73
				Outros :	6,69	Valor LS :	0,00

Valor BDI :	0,00
Valor Total c/ Taxa :	6,73

CONTEÚDO DO SERVIÇO	Considera material, mão de obra e equipamentos para execução do serviço descrito.
CRITÉRIO DE MEDIÇÃO	Pela área imprimada.

Fonte: Próprio autor – dados SINAP e TCPO.

Tabela 29: Revestimento.

Código	Descrição	Un.	Clas.	Coef.	Preço Unit (R\$)	Total (R\$)	Consumo
30.005.0000 03.SER	Pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento, espessura de 7,5 cm	M³					
01.026.0000 01. MOD	Rasteleiro	H	MOD	1,1301	21,50	24,297	1,1301
03.001.0000 08. MAT	Concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) para pavimentação asfáltica, padrão DNIT, com CAP 50/70	M³	MAT	2,5548	360,00	919,728	2,5548
36.014.0002 59. EQH	Vibroacabadora de asfalto sobre esteira, largura de pavimentação 1,90m a 5,30m, capacidade 450 T/H - CHP diurno	KG	EQH	0,0464	248,03	11,509	0,0464
36.015.0000 04. EQH	Caminhão basculante 10m³, trucado cabine simples, peso bruto total 23.000kg, carga útil máxima 15.935kg, distância entre eixos 4,80m - CHP diurno	M³	EQH	0,0464	170,02	7,889	0,0464
36.014.0000 36.EQH	Rolo compactador vibratório tandem, aço liso, potência 125 HP, largura de trabalho 1,73m - CHP diurno	M³	EQH	0,0805	135,29	10,891	0,0805
36.014.0000 34.EQH	Rolo compactador de pneus, estático, pressão variável, potência 110 HP, largura de rolagem 2,30 m - CHP diurno	CHP	EQH	0,0419	134,22	5,624	0,0419
36.014.0002 48.EQH	Trator de pneus com potência de 85 CV, tração 4x4, com vassoura mecânica acoplada - CHP diurno	CHP	EQH	0,0341	83,03	2,831	0,0341
			M.O :	24,30		Total s/ Taxa (Unit.) :	982,77
			Outros :	958,47		Valor LS :	0,00

Valor BDI :	0,00
Valor Total c/ Taxa :	982,77

Fonte: Próprio autor – dados SINAP e TCPO.

Tabela 30: Custo total do pavimento.

ITEM	DESCRIÇÃO	UN	QUANT	PREÇO UNIT. (SEM BDI) (R\$)	PREÇO UNIT. (COM BDI) (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
1.	PAVIMENTAÇÃO					
1.1.	Escavação mecânica de material 1ª categoria, proveniente de corte de subleito.	M³	85.243,20	1,52	1,94	165.371,81
1.2.	Regularização e compactação de subleito com espessura de até 43 cm, para pavimentação.	M²	198.240	1,24	1,58	313.219,20
1.3.	Regularização e compactação de sub-base com bica corrida, espessura de até 37 cm.	M³	73.348,80	9,88	12,61	924.928,37
1.4.	Execução e compactação de base com brita graduada simples, espessura 15 cm.	M³	29.736	121,19	154,69	4.599.861,84
1.5.	Imprimação ligante betuminosa para pavimentação.	M²	198.240	6,73	8,59	1.702.881,60
1.6.	Pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento, espessura de 7,5 cm.	M³	14.868	982,77	1.254,41	18.650.567,88
TOTAL:						R\$ 26.356.830,70
CUSTO DE PAVIMENTAÇÃO POR KM						
DISTÂNCIA TOTAL: 17,7 KM						R\$ 26.356.830,70
1,0 KM						R\$ 1.489.086,48
0,7 KM						R\$ 1.042.360,54

Fonte: Próprio autor – dados SINAP e TCPO.

BDI: 27,64%

Mão de Obra: Oficial = R\$ 31,27 ; Ajudante = R\$ 21,50

CHP = Custo Horário Produtivo

Escavação = (17.700m x 11,20m x 0,43m) = 85.243,20m³

Regularização = (17.700m x 11,20m) = 198.240m²

Vsbase = (17.700m x 11,20m x 0,37m) = 73.348,80m³

V base = (17.700m x 11,20m x 0,15m) = 29.736m³

Imprimação = (17.700m x 11,20m) = 198.240m²

V cbuq = (17.700m x 11,20m x 0,075m) = 14.868 m³

6.10.2 Sinalização

Tabela 31:Orçamento de sinalização para os trechos 1,2 e 3.

ITEM	DESCRIÇÃO	UN	QUANT	PREÇO UNIT. (SEM BDI) (R\$)	PREÇO UNIT. (COM BDI) (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
1.	SINALIZAÇÃO					
1.1.	Confecção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + III - psr24. dimensões: ø 1m	M ²	4,71	480	612,76	2.885,68
1.2.	Confecção de placa em aço nº 16 galvanizado, com película retrorrefletiva tipo I + III - psi2. dimensões: 0,62 x 1,00	M ²	4,34	480	612,76	2.659,38
1.3.	Fornecimento e implantação de suporte metálico galvanizado para placa de regulamentação - d = 1,00 m	UN	6	80	102,11	612,67
1.4.	Fornecimento e implantação de suporte metálico galvanizado para placas 30x90cm , 50x60cm e 62x100cm	UN	7	180	229,75	1.608,26
1.5.	Tacha refletiva bidirecional tipo sh-trp (branca)	UN	300	13,10	16,72	5.016,25
1.6.	Tacha refletiva bidirecional tipo sh-trp (amarelo)	UN	75	13,10	16,72	1.254
1.7.	Pintura de faixa – com resina acrílica base água, micro esferas com dupla aspensão tipo IIA e IIC - espessura de 1,5 mm - linha demarcadora do bordo da pista - LBO - l=15cm	M ²	180	21,00	26,80	4.824,79

1.8.	Faixa dupla – (pintura de faixa – com resina acrílica base água, micro esferas com dupla aspersão tipo IIA e IIC - espessura de 1,5 mm, l = 15 cm)	M²	60,20	42,00	53,60	3.227,25
------	--	----	-------	-------	-------	----------

TOTAL:**R\$ 22.088,28**

Fonte: Próprio autor.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A seguinte pesquisa realizada neste trabalho determinou questões como patologias no pavimento, com o estudo de avaliação superficial obteve-se um VSA médio de 1,33 que de acordo com a tabela 5 seu padrão de conforto de rolamento o mesmo se encontra ruim. O revestimento atual é do tipo TSD, com via na classe II, apresentando um tráfego médio de acordo com o N de $0,58 \times 10^6$ indicado no item 4.10.1. Os tratamentos superficiais mencionados no item 4.3.2 são utilizados em lugares com volume baixo de tráfego ou tráfego leve, desta forma foi verificou-se que o tipo e espessura de revestimento não estão adequados de acordo com seu tráfego.

Para os ensaios de base coletou-se uma amostra de solo com distância de 60 cm do bordo da pista, apresentando um C.B.R de 70%, o item 4.5.1 determina que para um tráfego que apresente um $N < 5 \times 10^6$ a base deve apresentar um C.B.R mínimo de $\geq 60\%$, como o tráfego apresenta um valor N de $0,58 \times 10^6$ a base está dentro dos parâmetros estabelecidos.

Em uma projeção de 11 anos, o tráfego para o ano de 2030 apresenta-se com um N de $9,74 \times 10^6$, por falta de dados seu dimensionamento utilizou valores mínimos por norma preconizada, com os cálculos em situação desfavorável a estrutura apresentou-se superdimensionada. Para a estrutura de 2030 foi dimensionado uma espessura de revestimento tipo CBUQ de 7,5 cm, base com C.B.R $\geq 80\%$ com espessura de 15 cm, sub-base com C.B.R de 20% com espessura de 37 cm e reforço de sub-leito com C.B.R de 5% com espessura de 43 cm.

Dentro das verificações feitas neste trabalho, ocorrendo por meio de cálculos, normas e levantamento fotográfico, é possível constatar a influência da carência de conservação e manutenção do mesmo, sendo necessária uma manutenção na sinalização, tornando-a mais eficiente e em períodos relativamente menores, além de apresentar um tráfego maior que o pavimento suporta, essa insuficiência é apresentada em formas de patologias.

Conclui-se que o crescente fluxo e intensidade de veículos de 4,73% ao ano, o pavimento futuramente estará sofrendo carregamentos maiores na estrutura que atualmente, desta forma sendo necessário o redimensionamento com espessuras equivalentes para suportar as cargas que atuaram sobre o pavimento.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Marcos. **Curva Horizontal com Transição**. Teresina: UFPI, 2017.

BERNUCCI, Liedi Bariani. MOTTA, Laura Maria Goretti da. CERATTI, Jorge Augusto Pereira. SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica. Formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro, 3ª ed, 2010.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de Rodovias**, 2018. Disponível em : <http://pesquisarodovias.cnt.org.br/>. Acesso 20 de maio de 2019.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Agregados – Análise Granulométrica**, DNER-ME 083/98.

DEER/MG - DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE MINAS GERAIS. **Boletim Rodoviário**. Formiga. 2019.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**, DNER 706 (2000). Disponível em: http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/706_manual_de_projeto_geometric.o.pdf. Acesso em 20 de maio de 2019.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Método de Projeto de Pavimento Flexível**, DNER 667/22 – Rio de Janeiro 1981.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Misturas Betuminosas – Porcentagem de Betume**, DNER-ME 053/94.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Normas para Projeto das Estradas de Rodagem**, 1973.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Pavimentação – Tratamento Superficial Duplo**, DNER-ES 309 (1997). Disponível em:

http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/normas/DNER-ES309-97.pdf. Acesso em 05 de maio de 2019.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Solos – Análise Granulométrica por Peneiramento**, DNER-ME 080/94.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos Terminologia**, DNIT 005/2003 - PRO. Rio de Janeiro. 2003.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Conservação Rodoviária** - Publicação IPR 710 (2005).

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Implantação Básica de Rodovia** - Publicação IPR 742 (2010).

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Pavimentação** - Publicação IPR 719 (2006).

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Sinalização Rodoviária** - Publicação IPR - 743 (2010).

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço** - Publicação ES - 141 (2010).

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Solos – Determinação do Índice do Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de Ensaio** - Publicação ME- 172/2016.

INSTRUÇÃO DE PROJETOS – **Classificação das vias**, IP 02/2004 – Prefeitura de São Paulo.

MARINHO, Fabrício Oliveira. 2019.

ONSV – OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA. Disponível em: <http://www.onsv.org.br/90-dos-acidentes-sao-causados-por-falhas-humanas-alerta-observatorio/>. Acesso em 23 MAIO 2019.

POLICIA MILITAR RODOVIÁRIA DE LAVRAS. **Ofício**. Lavras. 2019.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. São Paulo: Pini 1997.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**, volume 2. São Paulo, 1ª edição 2001.

Transporte rodoviário: **Por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?** – Brasília: CNT, 2017. 160 p.: il. color. ; gráficos. 1. Transporte rodoviário - Brasil. 2. Rodovias – Brasil. 3. Pavimento. I. Confederação Nacional do Transporte. CDU 656.11:693.75 (81).

APÊNDICE A – Corte Transversal e planta da via atual do trecho 1

APÊNDICE B – Corte Transversal e planta da via atual do trecho 2

APÊNDICE C – Corte Transversal e planta da via atual do trecho 3

**APÊNDICE D – Corte Transversal e planta da via com dimensões de acordo com as
normas trecho 1**

**APÊNDICE E – Corte Transversal e planta da via com dimensões de acordo com as
normas trecho 2**

**APÊNDICE F – Corte Transversal e planta da via com dimensões de acordo com as
normas trecho 3**

APÊNDICE G – Verificação do Raio da curva no trecho 2

APÊNDICE H – Sinalização no trecho 1

APÊNDICE I – Sinalização no trecho 2

APÊNDICE J – Sinalização no trecho 3

ANEXO A – Norma DNER-053/94 – Misturas Betuminosas –Porcentagem de Betume

Para o ensaio de extração de betume é utilizado norma DNER-ME 053/94, que estabelece o método para determinar a porcentagem de betume em misturas betuminosas, descreve a aparelhagem, os procedimentos para execução do ensaio e a fórmula para obtenção.

Fixa modo pelo qual se determina a porcentagem de betume extraído de misturas betuminosas, por meio do extrator centrífugo.

Aparelhagem:

Aparelho extrator de betume, de acionamento elétrico ou manual. O prato do aparelho centrifugador deverá ter capacidade para receber 1500 g da amostra e deverá girar a uma velocidade de 3600 rpm, munido de dispositivos para regular a velocidade.

Recipiente em aço estampado, em forma de calota esférica, fundo chato e munido de duas alças laterais, capacidade de cerca de 5 litros.

Balança com capacidade de 2 kg, sensível a 0,1g;

Estufa capaz de manter a temperatura entre 80 °C e 120 °C;

Bécher de alumínio com capacidade de 600 ml;

Proveta de vidro, com capacidade de 250 ml;

Papel de filtro de diâmetro igual ao diâmetro externo do prato e com furo circular, no centro, de 5 cm de diâmetro.

Colher de metal, com capacidade de 30 a 50 ml. Cabo com cerca de 25 cm.

Amostra:

Coloca-se a mistura betuminosa no recipiente e deixa-se em estufa a 100°C – 120°C, por uma hora. É retirada a amostra e desfeito os grumos com a colher. Quarteia-se a mistura até obter uma amostra de cerca de 1000 g.

Ensaio:

A amostra é pesada no interior do prato do extrator de betume, coloca-se a seguir o papel de filtro, em posição, no prato centrifugador e atarraxa-se firmemente a tampa.

O prato é colocado no interior do aparelho, o bécher vazio sob o tubo de escoamento, e despeja-se no interior do prato de 150 ml de solvente. Espera-se cerca de 15 minutos e aciona-se o aparelho.

De início o prato é acionado suavemente, aumentando-se a velocidade gradativamente, até que a solução de betume e solvente escoar-se;

Quando se esgotar a primeira carga de solvente, para-se o aparelho e uma nova porção de solvente é adicionada no prato. Esta operação é retida com sucessivas adições de 150 ml, até o solvente sair claro.

Esgotada a ultima carga de solvente, o prato com o agregado nele existente e o papel de filtro, sem a tampa, é colocado na estufa, de 80°C a 100°C, até constância de peso, quando o solvente for tetracloreto de carbono;

Quando o solvente for benzol, depois de esgotada a ultima carga, retira-se o prato do aparelho. É destampado e deixado à temperatura ambiente até que a maior parte do solvente tenha se evaporado, após o que é colocado na estufa, de 80°C a 100°C, até constância de peso.

O agregado assim recuperado, depois de seco será pesado. O peso da amostra antes do ensaio menos o do agregado recuperado, dá o peso do betume extraído.

Resultado:

A porcentagem de betume é calculada pela fórmula:

$$P = \frac{\text{Peso do betume extraído}}{\text{peso da amostra total}} \times 100$$

ANEXO B – DNER-ME 083/98 Agregados – Análise Granulométrica

A granulometria para os agregados do asfalto é determinada pela norma DNER-ME 083/98, que prescreve o procedimento para determinação da composição granulométrica de agregados graúdos e miúdos para concreto, por peneiramento. Apresenta à aparelhagem, amostragem e ensaios, definições e as condições para obtenção dos resultados.

Fixa o procedimento para a análise granulométrica de agregados miúdos e graúdos, por peneiramento.

Aparelhagem:

Agitador mecânico de peneiras, como dispositivo para fixação desde uma peneira inclusive tampa em fundo;

Peneiras de malhas quadradas conforme a DNER-ME 035/95;

Balança com capacidade de 20 kg, sensível a 1 g;

Estufa com dimensões apropriada, capaz de manter temperatura uniforme (110±5) °C;

Escovas apropriadas para limpeza de peneiras;

Repartidores de amostra;

Tabuleiro metálicos de 50 cm x 30 cm x 6 cm.

Amostragem:

A amostra de campo e coleta atendendo ao prescrito na DNER-PRO 120/97. É cuidadosamente misturada, para remessa ao laboratório após sua redução, conforme instruído na DNER-PRO 199/96.

No laboratório é reduzida, por quarteamento ou uso de repartidores de amostra, nas quantidades indicadas na tabela.

Tabela- Massa mínima, por amostra de ensaio

Dimensão máxima característica do agregado (mm)	Massa mínima da amostra de ensaio (kg)
Agregados miúdos:	
4,8	1
Agregados graúdos:	
9,5	5
19,0	7
25,0	10
38,00	15
50,00	20

Ensaio:

Peneiramento mecânico:

Secar a amostra de ensaio em estufa (110 ± 5) °C, esfriar à temperatura ambiente e determinar a sua massa total.

Encaixar as peneiras, previamente limpas, no agitador de peneiras, de modo a formar um único conjunto de peneiras, com abertura de malha em ordem crescente da base para o topo, com um fundo adequado ao conjunto.

Colocar quantidade da amostra sobre a peneira superior do conjunto, de modo a evitar a formação de camada de material sobre qualquer uma das peneiras. Se o material apresentar quantidade significativa de materiais pulverulentos no cálculo da composição granulométrica. Realizar o peneiramento na série de peneiras especificada ao caso pertinente, pela agitação mecânica do conjunto.

O peneiramento deve ser continuado até que não mais que 1% da massa total da amostra passe em qualquer peneira, durante 1 minuto.

Em sequência pesar, com aproximação de 0,1% sobre a massa da amostra total, o material retido em peneira, juntamente com a porção que porventura tenha ficado presa nas malhas, que é retida com uma escova apropriada.

O somatório de todas as massas retidas não deve diferir de mais de 0,3% da massa seca inicialmente introduzida no conjunto de peneiras.

Peneiramento manual:

Na impossibilidade do peneiramento mecânico, realizar o manual, aplicando inicialmente na peneira de maior abertura, e subsequentemente nas demais da série;

As massas retidas em cada peneira, nas tolerâncias permitidas, são aplicadas nos cálculos para obtenção dos resultados.

Cálculos:

Somam-se as massas retidas em cada peneira e compara-se este total com a amostra inicial da amostra seca, havendo diferença superior a 0,5%, repetir o ensaio;

Porcentagem da amostra total seca em cada peneira;

Com a massa retida em cada uma das peneiras, calcular a porcentagem em relação à massa da amostra total seca;

Porcentagem acumulada de material em cada peneira;

Obtem-se a porcentagem acumulada em cada peneira, somando-se a porcentagem retida na peneira com as porcentagens retidas nas peneiras de aberturas maiores;

Porcentagem de material seco passando em cada peneira;

Obtem-se subtraindo de 100% a porcentagem acumulada em cada peneira.

ANEXO C – Norma DNIT-ME 172/2016 Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas

A ME 172/2016, fixa os procedimentos para determinação do Índice de Suporte Califórnia (ISC) de solos em laboratório utilizando-se amostras deformadas e não trabalhadas de material que passa na peneira de 19mm. Prescreve a aparelhagem necessária, o ensaio, o cálculo da expansão, as condições para obtenção dos resultados e apresenta uma curva compactação.

Aparelhagem:

Molde cilíndrico metálico com $15,24 \text{ cm} \pm 0,05 \text{ cm}$ de diâmetro interno e $17,78 \text{ cm} \pm 0,02 \text{ cm}$ de altura, com entalhe superior externo em meia espessura; cilindro complementar com $6,08 \text{ cm}$ de altura e com o mesmo diâmetro do molde, com entalhe inferior interno em meia espessura e na altura de 1 cm ; e base metálica com dispositivo de fixação do molde cilíndrico e do cilindro complementar. O molde cilíndrico e o cilindro complementar devem ser constituídos do mesmo material;

Disco espaçador metálico, de $15,00 \text{ cm} \pm 0,05 \text{ cm}$ de diâmetro e de $6,35 \text{ cm} \pm 0,02 \text{ cm}$ de altura, conforme a Figura 2 do Anexo A, desta Norma;

Soquete metálico cilíndrico, de face inferior plana, com diâmetro de $5,08 \text{ cm} \pm 0,01 \text{ cm}$, massa de $4,536 \text{ kg} \pm 0,01 \text{ kg}$, e com altura de queda de $45,72 \text{ cm} \pm 0,15 \text{ cm}$, em conformidade com a Figura 3 do Anexo A. A camisa cilíndrica do soquete deve ter, no mínimo, 4 (quatro) orifícios de 1 cm de diâmetro, separados entre si de 90° e, aproximadamente, a 20 cm da base. Para o desempenho das mesmas funções pode ser utilizado instrumental mecanizado, devendo ser sempre ajustada a altura de queda do soquete, por meio de dispositivo regulador próprio, para aplicação dos golpes

Prato perfurado de bronze ou latão, com $14,90 \text{ cm}$ de diâmetro e $0,50 \text{ cm}$ de espessura, com uma haste central de bronze ou latão, ajustável, constituída de uma parte fixa rosqueada e de uma camisa rosqueada internamente e recartilhada externamente, com a face superior plana para contato com o extensômetro (Anexo A – Figura 4);

Tripé porta-extensômetro, de bronze ou latão, com dispositivo para fixação do extensômetro (Figura 5);

Disco anelar de aço, para sobrecarga, dividido diametralmente em duas partes, com $2,27 \text{ kg}$ de massa total, com diâmetro externo de $14,90 \text{ cm}$ e diâmetro interno de $5,40 \text{ cm}$ (Figura 6);

Extensômetro, com curso mínimo de 10 mm , graduado em $0,01 \text{ mm}$;

Prensa, para determinação do Índice de Suporte Califórnia (Figura 7), composta de: – quadro formado por base e travessa de ferro fundido e 4 (quatro) tirantes de aço, apresentando a travessa um entalhe inferior para suspensão de um conjunto dinamométrico; – macaco de engrenagem, de operação manual por movimento giratório de uma manivela, com duas velocidades, acompanhado de um prato reforçado ajustável ao macaco, com 24 cm de diâmetro, para suportar o molde; – conjunto dinamométrico com capacidade para 50 KN, sensível a 25 N, constituído por: anel de aço com dimensões compatíveis com a carga citada, com dispositivo para se fixar ao entalhe da travessa; extensômetro graduado em 0,001 mm, fixado ao centro do anel, para medir encurtamentos diametrais; pistão de penetração (Figura 8), de aço, com 4,96 cm de diâmetro e com uma altura de cerca de 19 cm, variável conforme as condições do ensaio, e fixo à parte inferior do anel; e extensômetro graduado em 0,01 mm, com curso maior que 12,70 mm, fixo lateralmente ao pistão, de maneira que seu pino se apoie – na borda superior do molde, sendo importante citar que todo o conjunto dinamométrico pode ser substituído por um sistema de células de carga com unidades de leitura e sensibilidade apropriadas, permitindo obter diretamente os valores da carga aplicada durante a penetração. No caso em que for utilizada a célula de carga, nas tabelas 1 e 3, nas colunas onde está escrito “leitura no extensômetro” leia-se “unidade de leitura”; – extrator de corpo de prova do molde cilíndrico, para funcionamento por meio de macaco hidráulico, com movimento alternativo de uma alavanca; – balde de chapa de ferro galvanizado, com capacidade de cerca de 20 litros e com fundo de diâmetro mínimo de 25 cm; – papel de filtro circular, de cerca de 15 cm de diâmetro; – balança com capacidade de 20 kg, sensível a 5 g.

Amostras:

A amostra recebida deve ser seca ao ar, destorroada no almofariz pela mão de gral, homogeneizada e reduzida, com o auxílio do repartidor de amostras ou por quarteamento, até se obter uma amostra representativa de 6000 g, para solos siltosos ou argilosos, e 7000 g, para os arenosos ou pedregulhosos

Passa-se essa amostra representativa na peneira de 19 mm; havendo material retido nessa peneira, procede-se à substituição do mesmo por igual quantidade, em massa, do material passando na peneira de 19 mm e retido na peneira de 4,8 mm, obtido de outra amostra representativa, conforme subseção 5.1.

Ensaio:

Modelagem do corpo de prova:

Fixa-se o molde à sua base metálica, ajusta-se o cilindro complementar e apoia-se o conjunto em uma base com massa igual ou superior a 90KG. Compacta-se o material referido na seção 5 com o disco espaçador especificado na alínea “b”, da seção 4 como fundo falso, em cinco camadas iguais, de forma a se ter uma altura total de solo de cerca de 12,5 cm após a compactação. Cada camada deve receber 12 golpes do soquete, no caso de material de subleito, 26 ou 55 golpes, nos casos de materiais de sub-base ou base, respectivamente, caindo de 45,72 cm, e distribuídos uniformemente sobre a superfície da camada. Em função dos estudos econômicos e ambientais poderá ser proposta no projeto uma energia de compactação adequada às características geotécnicas do material a ser utilizado na execução de camada do pavimento, após aprovação do Instituto de Pesquisas Rodoviárias/DNIT.

Remove-se o cilindro complementar, tendo-se antes o cuidado de destacar, com o auxílio de uma espátula, o material a ele aderente. Com uma régua rígida biselada rasa-se o material na altura exata do molde e determina-se, com aproximação de 5 g, o peso do material úmido compactado, P'h.

Retira-se do material excedente da moldagem uma amostra representativa de cerca de 100 g, para a determinação do teor de umidade. Pesa-se essa amostra e seca-se em estufa a 105 °C – 110 °C, até constância de massa, e executam-se as pesagens, com incerteza de 0,1 g.

Repetem-se as operações anteriores.

Para teores crescentes de umidade, utilizando-se amostras de solo não trabalhadas, tantas vezes quantas necessárias para caracterizar a curva de compactação. Estes corpos de prova moldados serão utilizados nos ensaios de expansão e penetração. Procede-se ao cálculo da massa específica aparente do solo.

Expansão:

Terminadas as moldagens necessárias para caracterizar a curva de compactação, o disco espaçador de cada corpo de prova deve ser retirado e os moldes devem ser invertidos e fixados nos respectivos pratos-base perfurados. Em cada corpo de prova, no espaço deixado pelo disco espaçador deve ser colocada a haste de expansão com os pesos anelares. Essa sobrecarga deve ter massa superior a 4,536 kg. Adapta-se, ainda, na haste de expansão, um extensômetro fixo ao tripé porta-extensômetro, colocado na borda superior do cilindro, destinado a medir as expansões ocorridas, que devem ser anotadas de 24 em 24 horas, em porcentagens da altura inicial do corpo de prova. Os corpos de prova devem permanecer imersos em água durante 96 horas (quatro dias). Terminado o período de embebição, cada molde com o corpo de prova deve ser retirado da imersão e deixa-se escoar a água durante 15

minutos. Findo esse tempo, o corpo de prova estará preparado para a penetração. Procede-se ao cálculo da expansão durante a embebição.

Penetração:

O ensaio de penetração é realizado em uma prensa, conforme especificado na alínea “h”, da seção 4, desta Norma. Para esse ensaio devem ser colocadas no topo de cada corpo de prova, dentro do molde cilíndrico, as mesmas sobrecargas utilizadas no ensaio de expansão. Leva-se esse conjunto ao prato da prensa e faz-se o assentamento do pistão de penetração no solo, por meio da aplicação de uma carga de, aproximadamente, 45N, controlada pelo deslocamento do ponteiro do extensômetro do anel dinamométrico; zeram-se, a seguir, o extensômetro do anel dinamométrico e o que mede a penetração do pistão no solo. Aciona-se a manivela da prensa (dispositivo micrométrico) com a velocidade de 1,27 mm/min. (0,05 pol/min.). Cada leitura considerada no extensômetro do anel é função de uma penetração do pistão no solo e de um tempo especificado para o ensaio, conforme tabela a seguir.

Tabela – Leituras obtidas no extensômetro do anel em função da penetração do pistão no solo e do tempo

Tempo (min)	Penetração		Leitura no extensômetro do anel (mm)
	Pol	mm	
0,5	0,025	0,63	-
1,0	0,050	1,27	-
1,5	0,075	1,90	-
2,0	0,100	2,54	-
3,0	0,150	3,81	-
4,0	0,200	5,08	-
6,0	0,300	7,62	-
8,0	0,400	10,16	-
10,0	0,500	12,70	-

As leituras efetuadas no extensômetro do anel medem encurtamentos diametrais provenientes da atuação das cargas. No gráfico de aferição do anel tem-se a correspondência entre as leituras no extensômetro do anel e as cargas atuantes.

O cálculo do Índice de Suporte Califórnia (ISC) correspondente a cada corpo de prova.

Cálculos:

Cálculo da massa específica aparente do solo seco compactado O cálculo da massa específica aparente do solo seco compactado de cada corpo de prova moldado como descrito na subseção 6.1, na umidade h, deve ser realizado como segue:

a) Determina-se, inicialmente, a massa específica aparente úmida (μ_h) de cada corpo de prova pela fórmula:

$$\mu_h = \frac{P'_h}{V}$$

Onde:

P'_h – massa do solo úmido compactado, obtido em gramas;

V – volume do solo úmido compactado, em cm^3 .

b) Em seguida se obtém a massa específica aparente do solo seco compactado (μ_s) pela fórmula:

$$\mu_s = \mu_h \times \frac{100}{100 + h}, \text{ em } g/cm^3$$

Onde: h – teor de umidade do solo compactado em percentagem.

$$h = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

Onde:

P_h – massa do material úmido;

P_s – massa do material seco.

Calculo de expansão:

O cálculo da expansão e da água absorvida durante a embebição, para cada corpo de prova deve ser utilizado o quadro o quadro.

Data	Hora	Tempo decorrido (min)	Molde nº		
			Leituras no extensômetro	Diferença de leituras	de no Expansão

			mm	extensômetro	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)

As colunas apresentadas indicam:

Coluna 1 – data do início do ensaio;

Coluna 2 – hora das leituras efetuadas no extensômetro;

Coluna 3 – tempo decorrido entre as leituras do extensômetro, que devem ser de 24 em 24 horas;

Coluna 4 – leituras no extensômetro;

Coluna 5 – diferença das leituras efetuadas de 24 em 24 horas;

Coluna 6 – percentagem de expansão relativa à altura inicial do corpo de prova.

$$\text{Expansão (\%)} = \frac{\text{Leitura final} - \text{leitura inicial no extensômetro}}{\text{altura inicial do corpo de prova}} \times 100$$

Cálculo do Índice de Suporte Califórnia:

O cálculo do Índice de Suporte Califórnia correspondente à leitura de cada corpo de prova deve ser feito utilizando-se a Tabela 3.

Tabela 3 – Cálculo do Índice de Suporte Califórnia (ISC)

Tempo min (1)	Penetração (2)		Pressão padrão Kgf/cm ² (3)	Molde n°			(7) ISC %
	Pol.	mm		Leituras extensoômetro kgf/cm ² mm (4)	Pressão		
					Calculada kgf/cm ² (5)	Corrigida kgf/cm ² (6)	
0,5	0,025	0,63	-				
1,0	0,050	1,27	-				
1,5	0,075	1,90	-				
2,0	0,100	2,54	70,31				
3,0	0,150	3,81	-				
4,0	0,200	5,08	105,46				
6,0	0,300	7,62	131,58				
8,0	0,400	10,16	161,71				
10,0	0,500	12,70	182,80				

As colunas apresentadas indicam:

Coluna 1 – tempo;

Coluna 2 – penetração ocorrida no tempo especificado;

Coluna 3 – pressão padrão, que é a correspondente a um determinado tipo de pedra britada que apresenta Índice de Suporte Califórnia de 100%;

Coluna 4 – leituras no extensômetro do anel;

NORMA DNIT xxx /2016 - ME 6

Coluna 5 – pressão correspondente às leituras do anel no gráfico de aferição do mesmo;

Coluna 6 – pressão corrigida;

Coluna 7 – Índice de Suporte Califórnia (ISC).

Nota: $1 \text{ kgf/cm}^2 = 0,1 \text{ MPa}$

Deve-se traçar a curva penetração escala logarítmica x pressão aplicada do pistão. A pressão corrigida (coluna 6) pode ser obtida pela correção da curva pressão-penetração. Consiste em ajustar o ponto zero da curva a fim de corrigir os efeitos provenientes da irregularidade da superfície do corpo de prova.

Apresentando a curva pressão-penetração um ponto de inflexão, traça-se uma tangente à curva nesse ponto, até que a mesma intercepte o eixo das abscissas; a curva corrigida será, então, essa tangente mais a porção convexa da curva original, considerada a origem mudada para o ponto em que a tangente corta o eixo das abscissas; seja “c” a distância desse ponto à origem dos eixos. Soma-se às abscissas dos pontos correspondentes às penetrações de 0,1 polegadas e 0,2 polegadas à distância “c”, com o que se determina, na curva obtida, os valores correspondentes das novas ordenadas, as quais representam os valores das pressões corrigidas para as penetrações antes referidas.

O Índice de Suporte Califórnia (ISC), em porcentagem, para cada corpo de prova, é obtido pela fórmula:

$$ISC = \text{Pressão calculada ou pressão corrigida} \times 100$$

Pressão padrão adotando-se o maior dos valores obtidos nas penetrações de 0,1 e 0,2 polegadas.

Resultados:

Determinação da massa específica aparente seca máxima e umidade ótima Os valores das massas específicas aparentes secas de cada corpo de prova e os valores correspondentes das umidades de moldagem permitem o traçado da curva de compactação do solo. A ordenada máxima da curva fornece a massa específica aparente seca máxima e a abscissa que lhe corresponde é a umidade ótima do solo.

Determinação gráfica do Índice de Suporte Califórnia final De preferência, na mesma folha em que se representa a curva de compactação, usando-se a mesma escala das umidades de moldagem, registram-se, em escala adequada, sobre o eixo das ordenadas, os valores dos Índices de Suporte Califórnia obtidos segundo este Método, correspondentes aos valores das umidades que serviram para a construção da curva de compactação anteriormente descrita. O valor da ordenada dessa curva, correspondente à umidade ótima antes determinada, fornece o Índice de Suporte Califórnia (ISC).

ANEXO D – Norma DNER-ME 080/94 Solos - Análise Granulométrica por Peneiramento

Apresenta procedimentos para a análise granulométrica de solos por peneiramento. Considera os requisitos concernentes à aparelhagem, amostragem e cálculos.

Aparelhagem:

Peneiras de 50 – 38 – 25 – 19 – 9,5 – 4,8 – 2,0 – 1,2 – 0,6 – 0,42 – 0,30 – 0,15 e 0,75 mm, inclusive tampa e fundo, conforme ABNT EB-22, de 1998, registrada no SINMETRO como NBR-5734, designada Peneiras para ensaio;

Agitador para peneiras, com dispositivo para fixação desde uma peneira até seis, inclusive tampa e fundo;

Repartidores de amostras de 1,3 e 2,5 cm de abertura;

Balança com capacidade de 200 g sensível a 0,01g;

Balança com capacidade de 1 kg, sensível a 0,1g;

Balança com capacidade de 5 kg, sensível a 5g;

Estufa capaz de manter a temperatura entre 105 °C e 110 °C;

Capsula de porcelana com capacidade de 500 ml;

Almofariz e mão de gral recoberta de borracha, com capacidade de 5kg de solo;

Recipiente cilíndrico , aberto, com capacidade de 5 litros, munido de bico vertedor, para desagregar por lavagem a amostra de solo;

Pá mão de forma arredondada, com lamina de alumínio;

Tabuleiro de chapa de ferro galvanizado, com 50 cm x 30 cm x 6 cm de altura;

Aparelho secador com lâmpada de infravermelho, para secagem de amostras de solos ou outro dispositivo para mesmo fim.

Amostra

A amostra de solo como recebida do campo deverá ser seca ao ar pelo uso de aparelho secador, de modo que a temperatura de amostra não exceda 60 °C, a menos que experiência prévia tenha mostrado que uma maior temperatura não mudará as características do solo. A seguir, desagregam-se completamente os torrões no almofariz com a mão em geral recoberta de borracha ou com auxílio de dispositivo mecânico, de maneira que evite reduzir o tamanho natural das partículas individuais do solo.

Reduz-se todo material preparado segundo o primeiro processo, com auxílio do repartidor de amostras ou pelo quarteamento, até se obter uma amostra representativa de cerca de 1500 g, para solos argilosos ou para determinação da umidade higroscópica.

O peso da amostra representativa obtido, com aproximação de 5g, é anotado como peso total da amostra seca ao ar.

Umidade higroscópica

Tormam-se cerca de 50g de material seco ao ar que passa na peneira de 2,0 mm e determina-se sua umidade pela fórmula:

$$h = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

Onde:

H – teor de umidade, em porcentagem;

Ph – peso do material seco em estufa a 105 °C – 110 °C, até consistência de peso;

Fazem-se as pesagens com a aproximação de 0,01g.

Ensaio

Coloca-se a amostra representativa obtida no recipiente referido, com água esfregando-a com as mãos a fim de desagregar os torrões de solo existentes. Verte-se a amostra com a água de lavagem através das peneiras de 2,0 mm e de 0,075 mm, colocadas umas sobre a outra, tomando-se a precaução de remover para as citadas peneiras, com auxílio de jato de água, o material que ainda permanecer no recipiente. A peneira de 2,0 mm é usada somente com o objetivo de evitar que o material de diâmetro maior venha sobrecarregar a de 0,075 mm, danificando sua malha. Transfere-se novamente as frações da amostra retidas nas peneiras mencionadas, sempre com auxílio do jato de água, para recipiente e repetem-se as operações de lavagem no recipiente e nas peneiras, como antes descritas, até que a água de lavagem se apresente limpa.

As frações da amostra retidas nas peneiras de 2,0 mm e de 0,075mm, após lavadas, com água corrente, diretamente nestas peneiras serão transferidas, com auxílio de jato de água, para a cápsula de porcelana de 500 ml, e secas em estufa a 105 °C – 110 °C até constância de peso.

Procede-se, a seguir, ao peneiramento do material seco contido na cápsula de porcelana, na série desejada de peneiras, constituída das peneiras escolhidas, pesam-se com a aproximação de 0,1 g as frações da amostra retidas nas peneiras consideradas.

Cálculos e resultados

Peso da amostra total seca- comam-se pesos das frações retidas na peneira 2,0 mm e nas de maior abertura de malha;

Da diferença entre o peso total da amostra seca ao ar e o peso da amostra seca resulta o peso da fração da amostra seca ao ar, que passa na peneira de 2,0 mm.

O produto do peso obtido no item acima pelo fator de correção ($100/(100+h)$), em que h é a umidade higroscópica, é o peso da fração da amostra seca que passa na peneira de 2,0 mm.

A soma dos pesos obtidos nos primeiro e terceiro item será o peso da amostra total seca.

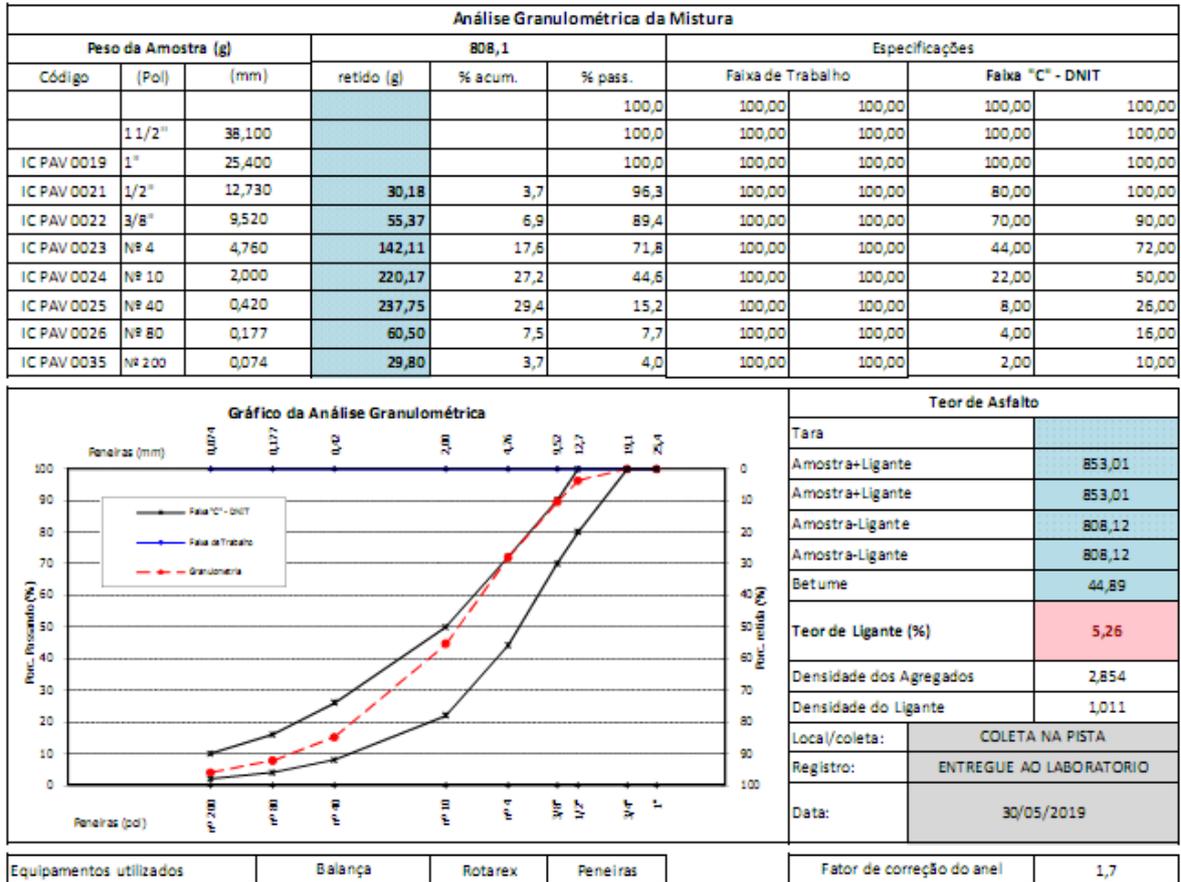
Nota: nesta norma se despreza a umidade das frações de solo acima de 2,0mm.

Porcentagem da amostra total seca retida em cada peneira – com o peso da fração retida em cada uma das peneiras, calcula-se a porcentagem em relação ao peso da amostra total seca;

Porcentagem acumulada de material seco em cada peneira - obtém-se somando a porcentagem retida nesta peneira às porcentagens retidas nas peneiras de aberturas maiores.

Porcentagem de material seco passando em cada peneira- obtém-se subtraindo de 100 a porcentagem acumulada em cada peneira, obtida no sexto item.

ANEXO E – Ensaios de extração de betume e granulometria dos agregados asfálticos.



Fonte: MARINHO, Fabrício Oliveira.

ANEXO F – Ensaios para a amostra da base

WBM		RESUMO DE ENSAIOS	
Data:	14/10/2019		
Obra:	RODOVIA MG 170, TRECHO GUAPÉ ILICÍNIA		
Cliente:	JAYNNE BÁRBARA DE LIMA MELO		
Tipo estudo:	BASE		
Próctor:	MODIFICADO		
PENEIRAMENTO			
PENEIRAS (POLEGADAS)			% PASSANDO
Granulometria % Passando	# 2"		100,0%
	# 1"		100,0%
	# 3/8"		80,5%
	# N° 4		65,2%
	# N° 10		50,0%
	# N° 40		38,4%
	# N° 200		22,1%
CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA			
L.L.			
I.P.			
I.G.			
Classif. T.R.B.			A-2-6
% Retido # 4			
Pedregulho : Acima 4,8 mm			34,8
Areia Grossa : Acima 4,8 - 2,0			15,3
Areia Média : 2,0 - 0,42 mm			11,6
Areia Fina : N° 40 - 200			16,3
Passando N° 200			22,1
Total			100,0
Retido : N° 10 - 200			27,9
MODIFICADO 56	Dens. Máx Laboratório		2.020
	Umid. Ótima Laboratório		14,7
	C.B.R.		70,0%
	Expansão		0,03
RESUMO DA COMPOSIÇÃO DA MISTURA DOS AGREGADOS			
% DE PROJETO DE CASCALHO E AREIA SILTOSOS E ARGILOSOS			100%
LABORATORISTA			

Fonte: MARINHO, Fabrício Oliveira.