

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS MG**

**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**MARCEL GUSTAVO VITOR**

**AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DAS PATOLOGIAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL  
LOCALIZADO NA RODOVIA BR – 267: Trecho Cambuquira / Conceição Rio Verde-MG**

**Varginha**

**2016**

**MARCEL GUSTAVO VITOR**

**AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DAS PATOLOGIAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL  
LOCALIZADO NA RODOVIA BR – 267: Trecho Cambuquira / Conceição Rio Verde-MG**

Trabalho 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 do Professor MSc. Armando Belato Pereira.

**Varginha**

**2016**

**MARCEL GUSTAVO VITOR**

**AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DAS PATOLOGIAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL  
LOCALIZADO NA RODOVIA BR – 267: Trecho Cambuquira / Conceição Rio Verde-MG**

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

Aprovado em 08/12/2016

---

Professor: MSc. Armando Belato Pereira – Orientador

---

Professor: Marina Bedeschi Dutra

---

Professor: Leopoldo Freire Bueno

OBS.:

Dedico este trabalho a minha família, principalmente a minha mãe que se foi, mais que está presente em todos os momentos da minha vida me dando forças para seguir em frente em busca dos meus sonhos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada, a minha família pelo apoio, a minha namorada Rachel, companheira, pelo carinho, apoio, ao professor Armando Belato pelo convívio, pelo apoio, pela compreensão e pela amizade, a todos professores do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica, a empresa Pavican por acreditar em meu trabalho, ao Grupo Unis que está cada vez mais me preparando para o meu futuro profissional, aos amigos do curso, a todos que fizeram parte da minha formação.

“Quanto maiores somos em humildade, tanto mais  
próximos estamos da grandeza”

Rabindranath Tagore

## **RESUMO**

O trabalho a ser apresentado tem como objetivo de demonstrar os princípios de uma estrutura de pavimento flexível da rodovia BR – 267, o estudo proposto se inicia no trecho entre Cambuquira MG / Conceição do Rio Verde MG, assim demonstrando os tipos de patologias, as inadequações de conservação e os defeitos que causaram problemas de capacidade da estrutura asfáltica em suportar as cargas do tráfego, conseqüentemente analisando as características do revestimento asfáltico aplicado no trecho proposto, realizando assim os ensaios de extração de betume, o Ensaio de Marshall de acordo com as normas específicas. Através do índice de serventia VSA (Valor de Serventia Atual), avaliar um determinado trecho de 500 metros de extensão, por meio de notas 0 a 5, e a determinação do VMDA (Volume Médio de Tráfego Anual) atual, contudo isso os resultados obtidos elaboraremos soluções tecnicamente viáveis para resolver os problemas, propor melhorias do determinado trecho.

**Palavras-chave:** Patologia, Extração de Betume, Volume Médio de Tráfego Anual.

## *ABSTRACT*

*The work being presented has as to demonstrate the principles of flexible pavement structure of the BR - 267, the proposed study begins the stretch between Cambuquira MG / Conceição do Rio Verde MG, demonstrating the types of pathologies , the inadequacies conservation and defects caused capacity problems of the asphalt structure to support traffic loads , thereby analyzing the characteristics of asphalt coating applied in the proposed stretch , thereby performing the extraction of bitumen tests in accordance with specific rules, the testing in Marshall. Through the usefulness index VSA (Current Value of Usefulness), to evaluate a particular stretch 500 meters long, through notes 0-5, and determining the VMDA (Volume Annual Traffic East) current, however this the results elaborated technically feasible solutions to solve the problems, propose improvements of the particular stretch.*

**Keywords:** *Pathology, Bitumen Extraction, Volume Average Annual Traffic.*



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>17</b>
<b>3 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>18</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
<b>4.1 Revestimento.....</b>	<b>19</b>
4.1.2 CAP .....	19
4.1.2.1 Classificação .....	19
<b>4.2 Classificações dos Pavimentos.....</b>	<b>21</b>
<b>4.3 Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) .....</b>	<b>23</b>
<b>4.4 CONSERVAÇÃO .....</b>	<b>24</b>
4.4.1 Conservação Rotineira.....	24
4.4.2 Conservação Periódica .....	25
4.4.3 Conservação Emergencial .....	26
4.4.3.1 Restauração .....	27
4.4.3.2 Reconstrução.....	27
<b>4.5 Mistura Asfáltica.....</b>	<b>27</b>
4.5.1 Asfalto .....	28
4.5.2 Agregados .....	28
4.5.2.1 Classificação dos Agregados.....	28
<b>4.6 TIPOS DE PATOLOGIA DO PAVIMENTO FLEXÍVEL. ....</b>	<b>29</b>
4.6.1 Tipos de Patologias.....	29
4.6.1.1 Afundamento .....	29
4.6.1.2 Corrugação (O): .....	30

4.6.1.3 Exsudação de Asfalto (EX):.....	31
4.6.1.4 Desgaste (D):.....	32
4.6.1.5 Panela (P): .....	33
4.6.1.6 Escorregamento do Revestimento Betuminoso (E):.....	33
4.6.1.7 Fendas: Fissuras e Trinca .....	34
4.6.1.8 Trincas Isoladas de Retração (T.R.R).....	34
4.6.1.9 Trincas em Bloco (T.B.).....	35
4.6.10 Trincas Longitudinais .....	36
4.6.1.11 Trincas Transversais: .....	36
<b>4.7 VSA (VALOR DE SERVENTIA ATUAL).....</b>	<b>39</b>
<b>5 METODOLOGIA .....</b>	<b>43</b>
<b>5.1 Classificação da Pesquisa.....</b>	<b>43</b>
<b>5.2 Descrição do Local de Análise.....</b>	<b>43</b>
<b>5.3 Planejamento da Pesquisa .....</b>	<b>43</b>
<b>6 ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>44</b>
<b>6.1 Escolha do trecho.....</b>	<b>44</b>
<b>6.2 Ensaio de extração de betume.....</b>	<b>44</b>
<b>6.3 Ensaio de Marshall .....</b>	<b>51</b>
6.3.1 Densidade do CAP: .....	55
<b>6.4 Ensaio de Marshall Fluência.....</b>	<b>57</b>
6.4.1 Estabilidade .....	57
6.4.2 Densidade aparente .....	58
6.4.3 Densidade máxima teórica .....	58
6.4.4 Porcentagem de vazios .....	58
6.4.5 Vazios cheios de betume VCB.....	59
6.4.6 Relação de betume – vazios .....	60
<b>7 AVALIAÇÃO VSA BR 267.....</b>	<b>60</b>

<b>7.1 Trecho 337km a 337,5km .....</b>	<b>61</b>
<b>7.2 Trecho 337,5 km a 338km .....</b>	<b>62</b>
<b>7.3 Trecho 338km a 338,5 km .....</b>	<b>63</b>
<b>7.4 Trecho 339,0 km a 339,5 km .....</b>	<b>64</b>
<b>7.5 Trecho 339,5 km a 340 km .....</b>	<b>65</b>
<b>7.6 Trecho 340,0 km a 340,5 km .....</b>	<b>66</b>
<b>.....</b>	<b>66</b>
<b>7.7 Trecho 344km a 344,5km .....</b>	<b>67</b>
<b>8 ESTUDO DE TRÁFEGO.....</b>	<b>69</b>
<b>8.1 Taxa de Crescimento Anual.....</b>	<b>70</b>
8.1.1 VMDA atual.....	70
8.1.2 VMDA Projeção Futura .....	70
<b>9.1 Fator de Dimensionamento do Pavimento Flexível .....</b>	<b>71</b>
9.1.1 Número N.....	71
9.1.2 Conceito – Número “N” .....	71
9.1.3 Cálculo adotado pelo DNER.....	72
9.1.4 Fator Carga.....	72
9.1.5 Fator de Equivalência de Carga .....	73
<b>10 Análise VMDA .....</b>	<b>76</b>
<b>10.1 Estudo de tráfego .....</b>	<b>78</b>
10.1.1 Taxa de Crescimento Anual .....	79
10.1.2 VMDA Atual .....	80
10.1.3 VMDA Projeção Futura .....	80
10.1.4 Determinação da espessura do pavimento asfáltico.....	80
<b>11 Memorial Descritivo .....</b>	<b>81</b>
<b>11.1 Objetivo.....</b>	<b>81</b>
11.1.1 Informações do projeto.....	81

11.1.1.1 Remoção do pavimento existente .....	81
11.1.1.2 Execução da Base .....	82
11.1.1.3 Imprimação .....	82
11.1.1.4 Pintura de Ligação .....	82
11.1.1.5 Concreto Betuminoso .....	82
11.1.1.6 Conservação .....	83
<b>12 Orçamento .....</b>	<b>84</b>
<b>13 CONCLUSÃO.....</b>	<b>92</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>94</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Distribuição dos esforços nas camadas de pavimento rígido e flexível. ....	22
Figura 2 – Seção transversal de estrada .....	23
Figura 3– Preenchimento do ligante asfáltico no agregado. ....	28
Figura 4- Classificação dos agregados segundo natureza. ....	29
Figura 5- Afundamento.....	30
Figura 6- Corrugação .....	31
Figura 7- Exsudação .....	32
Figura 8- Desgaste do pavimento.....	32
Figura 9- Panela .....	33
Figura 10- Escorregamento de massa asfáltica.....	34
Figura 11- Fissuras e trinca.....	34
Figura 12- Trincas Isoladas de Retração.....	35
Figura 13- Trincas em Blocos .....	35
Figura 14- Trincas Longitudinais longas .....	36
Figura 15- Trincas Transversais .....	37
Figura 16– Tipos de trincas e afundamentos .....	38
Figura 17– Tipos patologias .....	39
Figura 18- Ficha de Avaliação do VSA.....	40
Figura 19- Variação de serventia.....	41
Figura 20- Variação da carga dinâmica .....	41
Figura 21– Definição trecho. ....	44
Figura 22– Material coletado para ensaio. ....	45
Figura 23– Material em rompimento. ....	45
Figura 24– Amostra sendo aquecida no fogareiro.....	46
Figura 25– Bandeja com a amostra durante fogareiro. ....	46
Figura 26- Extrator de betume sendo pesado. ....	47
Figura 27– Rotarex.....	48
Figura 28– Retirada do solvente e da umidade.....	48
Figura 29– Retirada do solvente e da umidade.....	49
Figura 30– Peso de cada amostra. ....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificações dos Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP), classificação por penetração – Resolução ANP N° 19, de 11 de julho de 2005.....	20
Tabela 2– Resumo de patologias.....	37
Tabela 3-Níveis de Serventia.....	39
Tabela 4-Conceito do VSA .....	40
Tabela 5-Pesos.....	47
Tabela 6-Peso das amostras.....	47
Tabela 7-Peso dos agregados.....	49
Tabela 8-Peso do CAP.....	50
Tabela 9– Peso dos agregados após a extração do betume.....	50
Tabela 10- Siglas e nomenclaturas para aplicação de fórmulas. ....	51
Tabela 11– Peso das amostras compactadas.....	52
Tabela 12- Pesos dos corpos d’ prova que foram submersos na água.....	52
Tabela 13- Volume dos corpos de prova. ....	53
Tabela 14– Grau de compactação. ....	54
Tabela 15- Leituras obtidas pelos medidores da prensa.....	56
Tabela 16- Fluência.....	57
Tabela 17- Estabilidade .....	57
Tabela 18– Densidade aparente.....	58
Tabela 19- Densidade máxima teórica.....	58
Tabela 20- Porcentagem de vazios.....	59
Tabela 21– Volumes cheios com betume (VCB).....	59
Tabela 22– Vazios agregado mineral (VAM). ....	59
Tabela 23– Relação betumes - vazios (RBV).....	60
Tabela 24- VSA do trecho 337 a 337,5 km .....	61
Tabela 25- VSA do trecho 337,5 a 338 km .....	62
Tabela 26- VSA do trecho 338 a 338,5 km .....	63
Tabela 27- VSA do trecho 339,0 a 339,5 km .....	64
Tabela 28- VSA do trecho 339,5 a 340 km .....	65
Tabela 29- VSA do trecho 340,0 a 340,5 km .....	66
Tabela 30- VSA do trecho 344 a 344,5 km .....	67

Tabela 31- Média do VSA do trecho .....	68
Tabela 32- Situação Real da Rodovia.....	68
Tabela 33- Série Histórica do VMDA 2008 da Rodovia BR-267 trecho em estudo. ....	69
Tabela 34- Série Histórica do VMDA 2013 da Rodovia BR-267 trecho em estudo. ....	69
Tabela 35- Espessura mínima para revestimento asfáltico, em relação ao Número “N” .....	71
Tabela 36- Tabelas de fatores de veículos para caminhões vazios.....	73
Tabela 37- Tabelas de fatores de veículos para carga legal. ....	74
Tabela 38- Fatores de veículos para carga máxima (com tolerância). ....	75
Tabela 39- Incidências de veículos nas faixas de tráfego.....	77
Tabela 40- Série Histórica do VMDA 2008 da Rodovia BR-267 trecho em estudo. ....	79
Tabela 41- Série Histórica do VMDA 2008 da Rodovia BR-267 trecho em estudo. ....	79
Tabela 42- Orçamento de remoção de pavimento.....	84
Tabela 43- Composição de equipamentos para remoção de pavimentos.....	85
Tabela 44-Orçamento de execução de base.....	85
Tabela 45-Composição de equipamentos para execução de base .....	86
Tabela 46- Orçamento de imprimação.....	87
Tabela 47- Composição de equipamentos para imprimação .....	87
Tabela 48- Orçamento de pintura de ligação .....	88
Tabela 49- Composição de equipamentos para pintura de ligação .....	88
Tabela 50-Orçamento de execução de capeamento .....	89
Tabela 51-Composição de equipamentos para execução de capeamento.....	90
Tabela 52-Orçamento de conservação e outros.....	90
Tabela 53- Composição de equipe técnica e outros .....	91
Tabela 54-Custo Total .....	91

## 1 INTRODUÇÃO

A pavimentação é uma estrutura construída sobre a terraplenagem com principal objetivo de proporcionar aos usuários economia, conforto, segurança, visto que as condições apresentadas sobre uma via têm como principal finalidade de proporcionar uma melhor qualidade de rolamento, que se automaticamente se harmoniza aos usuários uma condição de redução de custos operacionais, devido a qualidade do asfalto.

Uns dos principais fatores da pavimentação é que toda sua estrutura resista aos esforços verticais, horizontais (desgaste), tornando mais durável a superfície de rolamento, no entanto a ausência dessas condições tem elevado os custos de operações dos serviços de transportes. Portanto, proporcionar segurança e eficiência operacional nas rodovias também significa economia nos custos de transportes. Um sistema mais eficaz torna o País mais competitivo no mercado nacional e na exportação de seus produtos.

Este trabalho tem como objetivo de dispor-se a análise de patologias superficiais do pavimento flexível, onde será levantado um trecho localizado na BR-267, expor técnicas de detecção dos defeitos no pavimento pelo método de VSA, demonstrar por meio de fotos, tabela, registros a situação real de todo trecho em estudo atual, focar em análises características físicas do asfalto, realização de ensaios com as normas específicas para o asfalto em estudo, com objetivo de demonstrar que desta forma um bom planejamento, um bom dimensionamento de projeto, a vida útil do pavimento irá se prolongar.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar as condições de patologia do pavimento flexível, localizado na BR-267– Entre os trechos Cambuquira MG/ Conceição do Rio Verde MG, com o princípio de analisar os esforços aplicados sobre a estrutura devido às ações do tráfego, com intuito de diagnosticar os problemas sobre o mesmo, analisar as características do asfalto, indicar soluções tecnicamente adequada para a solução dos problemas.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Delimitar um trecho rodoviário;
- Identificar sobre o trecho os pontos mais críticos na estrutura do pavimento flexível, por meio de fotografias;
- Investigar as causas dos problemas apontados em campo, através de ensaios sobre o material em estudo;
- Realizar ensaios de extração de betume, conforme a norma do DNER ME 053/94;
- De acordo com a norma DNER ME 043/95 realizar o Ensaio de Marshall;
- Identificação dos valores de VSA da rodovia (atual);
- Com os resultados obtidos, confrontar com as especificações de projeto e das normas técnicas;
- Identificação de gráficos sobre os resultados do VSA;
- Redimensionar o pavimento;
- Elaboração do Memorial Descritivo;
- Orçamento.

### 3 JUSTIFICATIVA

Nos últimos dez anos 2005-2015, toda extensão de malha rodoviária federal pavimentada houve um aumento significativo de 14,7%, apesar disso muitas rodovias foram penalizadas ao longo dos anos pela falta de investimentos, conservação e ou manutenção preventiva. É evidente essa situação conforme pesquisa CNT de Rodovias (2015).

Para isso, é eficaz que o País disponha de instrumentos de avaliação que permitam o monitoramento constante das condições das pavimentações existente, investindo em meios de conservação rápida com objetivo de evitar gastos extras em relação a problemas que tecnicamente com o tempo se agrave cada vez mais, seja por problemas climáticos, sistema de drenagem, esforços estruturais.

O trabalho se justifica, devido ao fato que no Brasil o método normatizado é o método Marshall para avaliação de trecho de patologias asfálticas. Como analisado no trecho em estudo, que visa estudar o projeto de pavimentos, quanto o projeto de misturas asfálticas, promovendo soluções que resultem na maior vida de operação possível dos pavimentos, servindo com segurança e conforto aos usuários.

A Rodovia em estudo e análise, a BR-267 trecho Cambuquira MG/ Conceição do Rio Verde MG é uma das importantes rodovias do Brasil, tendo-se uma alta contribuição para transporte rodoviário, porém pela razoável trafegabilidade de veículos no trecho principalmente pelo fluxo de cargas pesadas, o trecho necessita de soluções de melhorias em relação aos problemas de patologias, podendo causar para região vários problemas, riscos de acidentes, manutenções nos veículos, economia, segurança, e problemas de transportes.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Revestimento

Na execução de pavimentos no Brasil utiliza-se como revestimento uma mistura de agregados minerais, de tamanhos diferenciados, como por exemplo, a (BGS) brita graduada simples, com ligantes asfálticos, como o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), que de forma adequada proporciona os requisitos de estabilidade, flexibilidade, impermeabilidade, durabilidade, resistência à derrapagem e resistência à fadiga, de acordo com o clima da região e o tráfego previsto para o local. (IME, 2008).

“Os requisitos técnicos e de qualidade de um pavimento asfáltico serão atendidos com um projeto adequado da estrutura do pavimento e com o projeto de dosagem da mistura asfáltica compatível com outras camadas escolhidas.” (IME, 2008).

#### 4.1.2 CAP

Segundo Leite (2003) o CAP é um material composto por adesivo termoplástico, impermeável à água, visco elástico e pouco reativo, ou seja:

- Termoplástico: Permite que seja realizado um manuseio a quente. Em seguida, o resfriamento retorna à condição de viscoelasticidade.
- Impermeável: Evita que haja penetração de água (chuva) na estrutura do pavimento, fazendo com que força o escoamento para os dispositivos de drenagem.
- Visco elástico: Acorda o comportamento elástico (sob aplicação de carga curta) e o viscoso (sob longos tempos de aplicação de carga).
- Pouco reativo: Em termos químico, somente o contato com o ar proporciona a oxidação lenta, porém pode ser acelerado pelo aumento da temperatura.

##### 4.1.2.1 Classificação

Segundo Leite (2003) os cimentos asfálticos de petróleo (CAP), podem ser qualificados segundo a viscosidade e a penetração. A viscosidade dinâmica ou absoluta recomenda a uniformidade do asfalto e a penetração recomenda à medida que uma agulha padronizada penetra em uma amostra em décimos de milímetro. No ato da realização do ensaio, se a agulha penetrar

menos de 10mm o asfalto é considerado sólido. Caso a agulha penetre mais de 10 dmm é considerado semissólido.

De acordo com a Resolução ANP (Agência Nacional do Petróleo) nº 19, constituiu as novas Especificações Brasileiras dos Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP) determinando que as penetrações provêm exclusivamente pela classificação do asfalto a serem aplicado.

Há quatros tipos de CAP disponíveis para comercialização são os seguintes:

- CAP 30/45;
- CAP 50/70;
- CAP 85/100;
- CAP 150/200.

A Tabela 1 a seguir demonstra as especificações dos cimentos asfálticos de petróleo (CAP).

Tabela 1 – Especificações dos Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP), classificação por penetração – Resolução ANP Nº 19, de 11 de julho de 2005.

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	LIMITES				MÉTODOS	
		CAP 30 45	CAP 50 70	CAP 85 100	CAP 150 200	ABNT	ASTM
Penetração (100 g, 5s, 25°C)	0,1mm	30 45	50 70	85 100	150 200	NBR 6576	D 5
Ponto de amolecimento, mín	°C	52	46	43	37	NBR 6560	D 36
Viscosidade SayboltFurol	s					NBR 14950	E 102
a 135 °C, mín		192	141	110	80		
a 150 °C, mín		90	50	43	36		
a 177 °C		40 150	30 150	15 60	15 60		
OU							
Viscosidade Brookfield	cP					NBR 15184	D 4402
a 135°C, SP 21, 20 rpm, mín		374	274	214	155		
a 150 °C, SP 21, mín.		203	112	97	81		
a 177 °C, SP 21		76 285	57 285	28 114	28 114		

Fonte: ANP-Agência Nacional de Petróleo.

Continuação Tabela 1 - Especificações dos Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP), classificação por penetração – Resolução ANP Nº 19, de 11 de julho de 2005.

Índice de susceptibilidade térmica (1)		(1,5) a (+0,7)	(1,5) a (+0,7)	(1,5) a (+0,7)	(1,5) a (+0,7)		
Ponto de fulgor mín	°C	235	235	235	235	NBR 11341	D 92
Solubilidade em tricloroetileno, mín	% massa	99,5	99,5	99,5	99,5	NBR 14855	D 2042
Ductilidade a 25° C, mín	cm	60	60	100	100	NBR 6293	D 113
Efeito do calor e do ar (RTFOT) a 163 °C, 85 min	D 2872						
Varição em massa, máx (2)	% massa	0,5	0,5	0,5	0,5		
Ductilidade a 25° C, mín	cm	10	20	50	50	NBR 6293	D 113
Aumento do ponto de amolecimento, máx	°C	8	8	8	8	NBR 6560	D 36
Penetração retida, mín (3)	%	60	55	55	50	NBR 6576	D 5

Fonte: ANP-Agência Nacional de Petróleo.

## 4.2 Classificações dos Pavimentos

De acordo com DNIT (2006), os pavimentos são classificados em pavimentos, flexíveis, semirrígidos e rígidos.

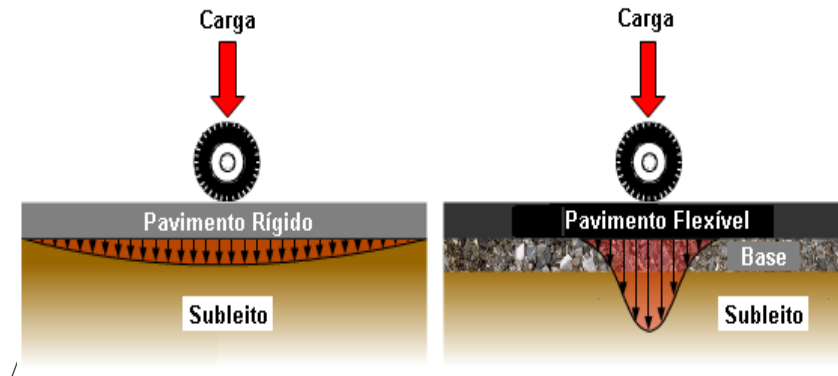
a) Flexível: É o pavimento onde a deformação elástica é proporcionada em todas as camadas devido ao carregamento aplicado, portanto a carga os esforços são transmitidos equivalente entre as camadas. Exemplo característico: pavimento composto por uma camada de base executada de brita graduada ou composto por uma base de solo pedregulho, coberta por uma capa asfáltica.

b) Semirrígido: Caracteriza-se por uma base cimentada, coberta por uma capa asfáltica.

c) Rígido: O revestimento rígido absorve praticamente todas as articulações derivadas do carregamento aplicado sobre a estrutura, pois o revestimento possui uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores, são compostos por uma camada superficial de concreto de cimento Portland.

Distribuição dos esforços aplicado sobre a estrutura, conforme observado na Figura 1.

Figura 1– Distribuição dos esforços nas camadas de pavimento rígido e flexível.



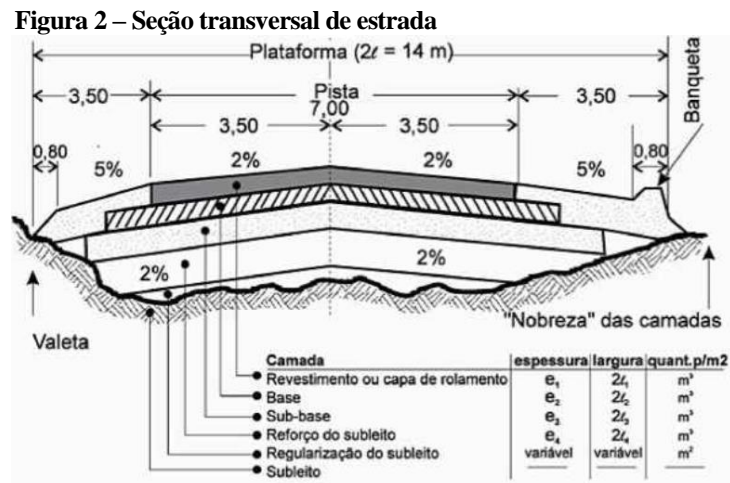
Fonte: Balbo, (2011).

De acordo com a NBR 7207/1982 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o pavimento é uma estrutura construída após execução da terraplenagem e destinada de maneira econômica e ao mesmo tempo em seu conjunto: a resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego; melhorar as condições de rolamento quanto a comodidade e segurança.

A NBR 7207/1982 ABNT estabelece que as camadas constituintes do pavimento são: subleito, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento.

- a) Subleito: É a primeira camada do pavimento, o terreno de fundação.
- b) Reforço do subleito: Em relação a “reforço” é a camada com características geotécnicas inferiores ao material que será lançado superior a sub-base ou base, contudo suas condições apresentadas geotécnicamente são melhores que ao material do subleito.
- c) Sub-Base: É a camada que complementa a base, quando por situações técnicas não for favorável, aconselhável construir a base diretamente sobre regularização.
- d) Base: É a principal camada que se tem como objetivo de resistir e distribuir os esforços provenientes do tráfego, onde em seu superior é construído o revestimento asfáltico.
- e) Revestimento: É a camada que recebe todo rolamento de veículos e disposta a melhorar, nos requisitos quanto a segurança, conforto e resistência ao desgaste.

A Figura 2 apresenta uma seção transversal típica de pavimento flexível, composta por todas as camadas possíveis – se inicia pela fundação, o subleito, e de camadas com espessuras e materiais verificados por um dos inúmeros procedimentos de dimensionamento.



Fonte: SENÇO (2007).

### 4.3 Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ)

De acordo com BALBO (2007), o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), pode ser considerado como a mistura mais comum utilizada para execução de revestimentos no país. Os materiais empregados em sua fabricação e os processos de controle exigidos para sua execução são fatores que contribuem para utilização. Trata-se de uma mistura de agregados minerais (naturais, ou artificiais, britados ou em sua forma disponível), de material fino (pó de pedra, cimento portland, etc) e de cimento asfáltico de petróleo (CAP). Tem-se a homogeneização a quente, desses materiais em uma usina misturadora.

De acordo com a NBR 7207/82 a camada de revestimento deve possuir as seguintes características:

- Resistir diretamente as ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores;
- Impermeabilizar o pavimento;
- Melhorar as condições de segurança ao tráfego de veículos;
- Proporcionar conforto aos usuários da via.

## 4.4 CONSERVAÇÃO

De acordo com Manual de Conservação Rodoviária do DNIT (2005), a conservação tem como objetivo de manter a via em condições seguras, econômica, confortável aos usuários, além disso, a conservação colabora por um adequado sistema de funcionalidade do pavimento estrutural.

O Manual de Restauração do DNIT (2006), explica que há três tipos de intervenções no pavimento em geral, são eles:

- Rotineira;
- Periódica;
- Emergencial - Compõem: Restauração, Reconstrução.

### 4.4.1 Conservação Rotineira

De acordo com Manual de Conservação Rodoviária do DNIT (2005), objetivo desta intervenção é reparar danos ou curar pequenos defeitos, alguns exemplos da conservação rotineira relacionado ao asfalto são, a realização da selagem de trincas, execução de Tapa buraco. Conforme Figura 3.

Figura 3-Execução de tapa buraco



Fonte: O autor (2016).



#### 4.4.2 Conservação Periódica

De acordo com Manual de Conservação Rodoviária do DNIT (2005), a conservação periódica depende primeiramente dos fatores, clima, topografia, tráfego, pois tem como objetivo de evitar que suas patologias nos respectivos pavimentos se agravem. Alguns exemplos, tapa buraco, remendo profundo com demolição mecanizada, remendo profundo com demolição manual, lama asfáltica, recapeamento asfáltico, capa selante, aplicação do CBUQ. Abaixo Figura 4 mostra a execução de remendo profundo.

Figura 4-Execução de Remendo Profundo



Fonte: O autor (2016).

Outro tipo de manutenção em relação a conservação periódica conforme Figura 5 execução de recapeamento asfáltico.

Figura 5- Execução de recapeamento asfáltico



Fonte: O autor (2016).

Aplicação de CBUQ é um dos procedimentos de manutenção e execução da conservação periódica, conforme Figura 6.

Figura 6-Aplicação de CBUQ



Fonte: O autor (2016).

De acordo com DNIT (2009) a execução da lama asfáltica é empregada como camada de selagem utilizado como impermeabilização e rejuvenescimento de pavimentos, conforme Figura 7 abaixo.

Figura 7-Execução da lama asfáltica



Fonte: BERNUCCI (2008)

#### 4.4.3 Conservação Emergencial

De acordo com Manual de Conservação Rodoviária do DNIT (2005), este caso de conservação surge de modo inesperado, gerado pelo clima ou pela natureza, proporcionando interferências no trecho causando riscos à segurança do usuário, alguns exemplos evidentes são erosões, recomposição mecanizada de aterro para estabilização de solo. Um exemplo de erosão na via conforme Figura 8.

Figura 8- Erosão na via



Fonte: autor 2016

#### 4.4.3.1 Restauração

De acordo com Manual de Conservação Rodoviária do DNIT (2005), são medidas que tem como objetivo de restabelecer todas as características técnicas originadas pelo projeto, visando que estrutura da via aumente a sua vida útil.

#### 4.4.3.2 Reconstrução

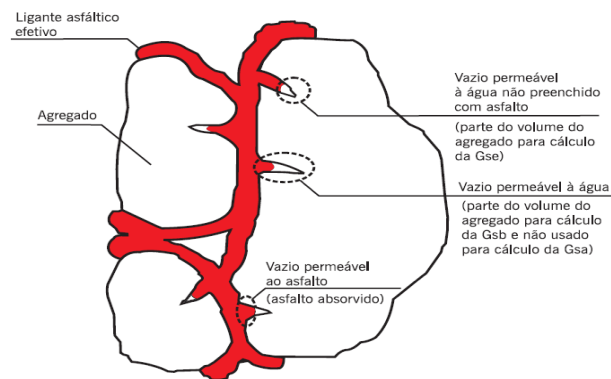
De acordo com Manual de Conservação Rodoviária do DNIT (2005), é o grau de deterioração apresentado sobre pavimento, em alguns casos de acordo com a intervenção é preciso à reconstrução do pavimento.

### 4.5 Mistura Asfáltica

De acordo com o IME (2008), a mistura asfáltica é uma mistura de agregados de tamanhos diferentes o que proporciona uma melhor coesão, com o cimento asfáltico de petróleo (CAP), ambos aquecido a temperatura de projeto. A mistura asfáltica e as condições do projeto, determina as características físicas do projeto.

De acordo com IME (2008) a figura a seguir ilustra o preenchimento do ligante asfáltico no agregado.

Figura 9– Preenchimento do ligante asfáltico no agregado.



Fonte: Asphalt Institute, 1995

#### 4.5.1 Asfalto

Conforme Bernucci et al (2008), o asfalto utilizado em pavimentação é um ligante betuminoso que procede da destilação do petróleo, contudo isso possui uma propriedade de ser um adesivo termoviscoplastico, impermeável a água e pouco reativo. A baixa reatividade química faz com que muitos agentes não consigam evitar que este material possa sofrer um processo de envelhecimento por oxidação lenta pelo contato com o ar e a água.

No Brasil usa-se a denominação CAP para demonstrar esse produto semissólido a temperaturas baixas, viscoelástico a temperatura ambiente e líquido a altas temperaturas.

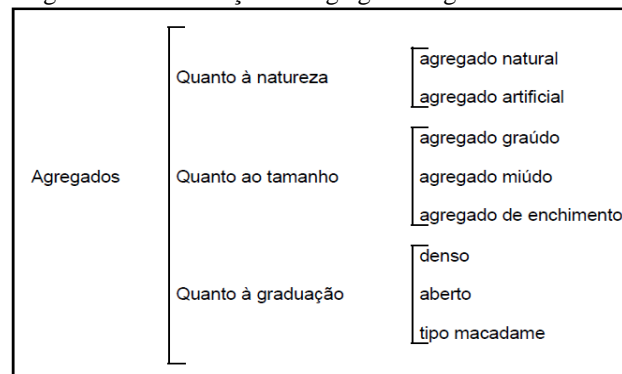
#### 4.5.2 Agregados

Conforme Bernucci et al (2008) os agregados podem ser naturais ou artificiais. Os agregados naturais são utilizados da forma com é descoberto na natureza ou produzidos por procedimentos de britagem como, seixos, areias, britas, pedregulhos. Os agregados artificiais são aqueles em que os grãos são provenientes de subprodutos de processo industrial por alteração física, química do material natural, como exemplo a argila expandida ou argila calcinada. (DNIT, 2006).

##### 4.5.2.1 Classificação dos Agregados

Segundo DNIT 2006, os agregados utilizados na execução de pavimentação, podem ser classificados como, segundo a natureza, relacionado a tamanho e distribuição dos grãos conforme observado na Figura 10:

Figura 10- Classificação dos agregados segundo natureza.



Fonte: DNIT, (2006).

## 4.6 TIPOS DE PATOLOGIA DO PAVIMENTO FLEXÍVEL.

### 4.6.1 Tipos de Patologias

As patologias em pavimentos com revestimento asfáltico podem ser:

- Deformações de Superfície (Corrugações e Afundamento);
- Defeitos de Superfície (Exsudação de Asfalto e Desgaste);
- Panela;
- Escorregamento do Revestimento Betuminoso;
- Trincas e Fissuras (Fendas).

#### 4.6.1.1 Afundamento

De acordo com a codificação definida na PRO 008 e TER 01, do DNER (atual DNIT), os afundamentos são deformações plásticas (ou permanentes), assinalados por depressão longitudinal da superfície do pavimento e também caracterizados por serem plásticos ou de consolidação. A repetitiva ação do tráfego com as passagens de cargas de roda dos pneus, intenso fluxo é que causam as deformações.

Os afundamentos plásticos são devidos a deformação plástica de uma ou mais camadas do pavimento e/ou do subleito e apresentam elevações ao longo dos lados do afundamento local (A.L.P) em caso contrário (>6m), é denominado de afundamento plástico da trilha (A.T.P).

De acordo com a codificação definida na PRO 008 e TER 01, do DNER (atual DNIT), os valores críticos das flechas, com relação ao risco de aquaplanagem, são:

$V = 120 \text{ Km/h} \rightarrow \text{Flecha crítica} = 12\text{mm}$ ,

$V = 80 \text{ km/h} \rightarrow \text{Flecha crítica} = 15\text{mm}$ .

Os afundamentos de consolidação são caracterizados pela consolidação diferencial ocorrente em camadas em pavimento e/ou do subleito. Quando o seu comprimento for de até 6m, denominado de afundamento de consolidação local (A.L.C); em caso contrário (>6m), é denominado de afundamento de consolidação na trilha (A.T.C). Um exemplo que envolve essa situação é pela má compactação (erro executivo) localizada conduz a uma depressão, enquanto solo expansivo conduz a expansão, o abaulamento é uma grande depressão. Enfim esse problema está relacionado com a execução das camadas mal compactadas. Conforme Figura 11 um exemplo de afundamento.

Figura 11- Afundamento



Fonte: O Autor (2016).

#### 4.6.1.2 Corrugação (O):

De acordo com a codificação definida na PRO 008 e TER 01, do DNER (atual DNIT), as corrugações são ondulações transversais ao eixo da via (várias ondulações em intervalos de menos de 3m), está relacionado devido à má execução (base instável), excesso de asfalto no pavimento estrutural (baixa resistência da massa asfáltica) ou finos. As corrugações estão associadas às tensões cisalhantes horizontais geradas pelos veículos em áreas submetidas à aceleração ou frenagem. É comum em curvas, rampas, subidas e interseções.

As ondulações na superfície da camada de revestimento são chamadas de escorregamento de massa e são devido à baixa estabilidade da mistura asfáltica, quando sujeita ao tráfego e ao

intemperismo. A massa asfáltica é expulsa pelo tráfego para fora da trilha de roda. A baixa estabilidade pode ser devido ao excesso de asfalto, excesso de agregado fino, graduação inadequada, agregado de textura lisa e arredondado, a Figura 12 a seguir mostra claramente um problema de corrugação.

Figura 12- Corrugação



Fonte: O Autor (2016).

#### 4.6.1.3 Exsudação de Asfalto (EX):

No calor o asfalto dilata e não havendo espaço para ele ocupar, devido principalmente a um baixo volume de vazios ou excesso de ligante (problema na massa asfáltica), o mesmo exsudará através do revestimento e ter-se-á uma superfície (normalmente na trilha de roda) que brilha devido ao excesso de ligante betuminoso. Também, com o calor, o asfalto diminui sua viscosidade e o agregado penetra dentro dele. Às vezes, pode-se observar exsudação nos tratamentos superficiais, lama asfáltica, etc. Deve-se ter atenção para não confundir espelhamento devido à queda de óleo diesel, principalmente em rampa ascendente (onde os veículos trafegam a baixa velocidade), com exsudação do asfalto. Conforme se observa na Figura 13.



Figura 13- Exsudação



Fonte: DNIT 005/2003-TER.

#### 4.6.1.4 Desgaste (D):

O desgaste superficial (polimento) é uma associação do tráfego com intemperismo. No limite poderemos ter uma superfície polida, comprometendo a segurança a derrapagem. O arrancamento progressivo dos agregados é um estágio avançado do desgaste superficial. O desgaste, conforme o DNER – TER01-78, é caracterizado pela aspereza superficial. A causa é a volatilização e a oxidação do asfalto, sob a ação abrasiva do tráfego e do intemperismo. O arrancamento ocorre em idades avançadas. Caso venha ocorrer a perda progressiva de agregado pouco tempo após a abertura ao tráfego, a causa pode ser um superaquecimento do asfalto na usina ou falta de ligante (problema na mistura asfáltica). Conforme Figura 14 um exemplo de desgaste do pavimento.

Figura 14- Desgaste do pavimento



Norma DNIT 005/2013 – TER.



#### 4.6.1.5 Panela (P):

De acordo com a codificação definida na PRO 008 e TER 01, do DNER (atual DNIT), a panela é uma cavidade ou buraco que se forma no revestimento e pode atingir a base, os buracos são evoluções das trincas, afundamentos ou desgaste. A água é comprimida e, como ela é incompressível, tende a desagregar ou amolecer as camadas do pavimento, e desta forma aumentará os afundamentos em trilhas de roda. O acúmulo de água de chuva nas trincas superficiais, existentes na camada asfáltica, leva a uma desagregação mais rápida do revestimento, a qual conhecida como “STRIPPING”. Por isso, durante os meses de dezembro a março, estação chuvoso, há uma tendência de se formarem mais buracos nas ruas e rodovias. Para corrigir esta ocorrência é executado remendo de superfície ou remendo profundo. Na figura 15 abaixo um exemplo de panela.

Figura 15- Panela



Fonte: O autor (2016).

#### 4.6.1.6 Escorregamento do Revestimento Betuminoso (E):

De acordo com a codificação definida na PRO 008 e TER 01, do DNER (atual DNIT), o escorregamento consiste no deslocamento do revestimento em relação a base, com aparecimento de fendas em forma de meia lua, a trinca em forma de meia lua é devido à falta de aderência (falta de limpeza) entre a camada de revestimento a camada subjacente, ou a massa asfáltica ter baixa resistência. Ocorre principalmente em áreas de frenagem e de interseções, quando o veículo causa deslizamento da massa asfáltica (baixa aderência) ou sua deformação (baixa resistência). Como se pode observar na Figura 16.

Figura 16- Escorregamento de massa asfáltica



Fonte: O Autor (2016).

#### 4.6.1.7 Fendas: Fissuras e Trinca

De acordo com a codificação definida na PRO 008 e TER 01, do DNER (atual DNIT), as trincas são descontinuidades com largura superior as fissuras (FI), as quais só são visíveis à distância inferior a 1,5m. As trincas no revestimento podem ser devido á fadiga ou não. A fadiga está relacionada com a repetição da passagem de carga de veículo comercial. Os automóveis (carros) não causam problemas estruturais, mas somente a redução do atrito, o que pode causar acidentes. As trincas que têm como causa a fadiga podem ser isoladas (trincas transversais e longitudinais) ou interligadas (couro de jacaré) J. Como se observa na Figura 17.

Figura 17- Fissuras e trinca



Fonte: BERNUCCI et al (2008).

#### 4.6.1.8 Trincas Isoladas de Retração (T.R.R)

De acordo com a codificação definida na PRO 008 e TER 01, do DNER (atual DNIT), as trincas isoladas de retração são causadas pela retração térmica ou pela retração por secagem da base de BGTC ou solo-cimento, ou do revestimento. Conforme Figura 18 a seguir.

Figura 18- Trincas Isoladas de Retração



Fonte: BERNUCCI et al (2008).

#### 4.6.1.9 Trincas em Bloco (T.B.)

De acordo com a codificação definida na PRO 008 e TER 01, do DNER (atual DNIT), as trincas em bloco são causadas pela retração do revestimento asfáltico e por variações diárias de temperatura (que resultam em ciclos diários de tensões e deformações). As trincas de bloco indicam que o asfalto sofreu endurecimento significativo, devido a sua oxidação ou dos maltenos, tornando-o menos flexível. As T.B caracterizam-se por ter uma configuração aproximada de um retângulo, com áreas variando de 0,1m<sup>2</sup> a 10m<sup>2</sup>.

Enquanto as trincas couro de jacaré (J) estão associados à repetição das cargas de tráfego (concentram-se nas trilhas de roda), as de bloco não estão relacionadas com tráfego, logo, elas aparecem em qualquer lugar, até em locais de pouco tráfego. As trincas J. e T.B., quando não são tratadas, poderão ocorrer erosão acentuada em suas bordas e passarão a chamar J.E. (trinca de jacaré com erosão) e T.B.E (Trinca em bloco com erosão). Como se observa na Figura 19.

Figura 19- Trincas em Blocos



Fonte: O Autor (2016).

#### 4.6.10 Trincas Longitudinais

De acordo com a codificação definida na PRO 008 e TER 01, do DNER (atual DNIT), as trincas longitudinais são trincas isoladas e aproximadamente paralelas ao eixo do pavimento sendo causadas pela má execução da junta de construção, reflexão de trincas, assentamento da fundação, retração do revestimento de asfalto, ou estágio inicial da fadiga. Como se pode observar na figura 28. Quando o comprimento da trinca longitudinal for maior que 1m, ela será chamada de trinca longitudinal longa (T.L.L.), e quando for menor ou igual 1m, será chamada de trinca longitudinal curta (T.L.C.), a Figura 20 abaixo demonstra um problema de trinca longitudinal longa.

Figura 20- Trincas Longitudinais longas



Fonte: O Autor (2016).

#### 4.6.1.11 Trincas Transversais:

De acordo com a codificação definida na PRO 008 e TER 01, do DNER (atual DNIT), as trincas transversais são trincas isoladas e aproximadamente perpendiculares ao eixo do pavimento, sendo causadas pela reflexão de juntas ou trincas subjacentes (devido a movimentação térmica e/ou cargas do tráfego ou retração da própria camada asfáltica (revestimento asfáltico). Quando o comprimento da trinca transversal for maior que 1m, ela será chamada de trinca transversal longa (T.T.L.), e quando for menor ou igual 1m, ela será chamada de trinca transversal curta (T.T.C.). De acordo com a Figura 21 abaixo.

Figura 21- Trincas Transversais



Fonte: O Autor (2016).

Como mostra a Tabela 2 a seguir o resumo das patologias

Tabela 2– Resumo de patologias

Fendas				Codificação	Classes das Fendas		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas 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 das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR		FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-		FC-3

Fonte: DNIT 005/2003-TER

Continuação- Tabela 2– Resumo de patologias

Outros Defeitos				Codificação
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da 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	

NOTA 1 - Classes das Trincas Isoladas

FC-1 são trincas com abertura superior à 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

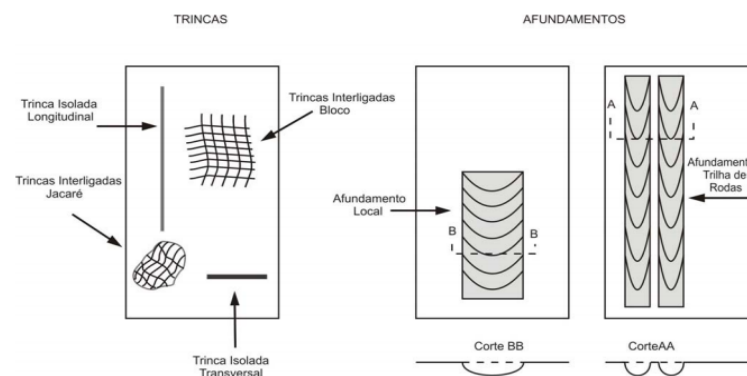
NOTA 2 - Classe das Trincas Interligadas

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

Fonte: DNIT 005/2003-TER

A Figura 22 demonstra os tipos de trincas e os afundamentos.

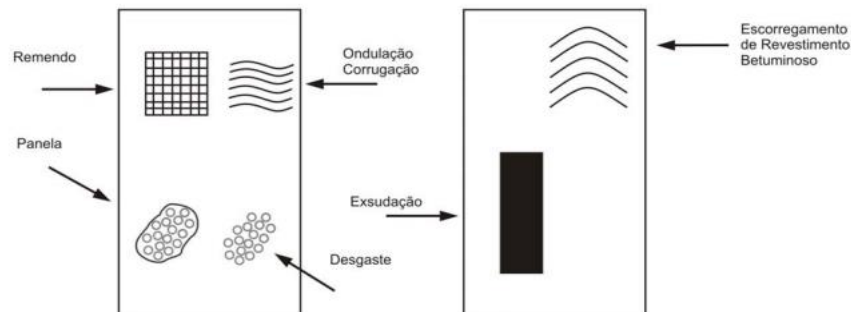
Figura 22– Tipos de trincas e afundamentos



Fonte: DNIT 005/2003-TER

Conforme Figura 23 abaixo outros tipos de patologias.

Figura 23– Tipos patologias



Fonte: DNIT 005/2003-TER.

#### 4.7 VSA (VALOR DE SERVIENTIA ATUAL)

De acordo com Bernucci (2008), o VSA (Valor de Servientia Atual), é a avaliação funcional de um pavimento que se relaciona à análise da superfície dos pavimentos e como este estado influencia no conforto ao rolamento. O valor de servientia atual é uma atribuição numérica envolvida em uma escala de 0 a 5, obtida pela média de notas do avaliador para conforto ao rolamento de um veículo que se trafega em um determinado trecho. Esta escala compreende cinco níveis de servientia.

De acordo com DNIT, abaixo Tabela 3 com os níveis de servientia.

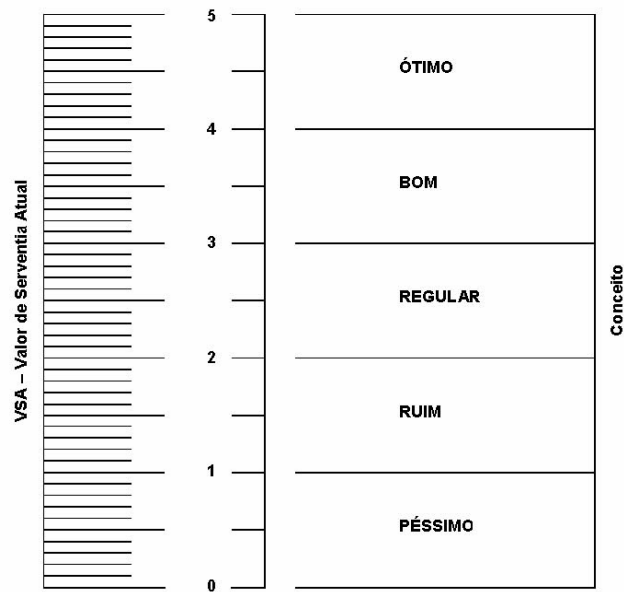
Tabela 3-Níveis de Servientia

<b>Padrão de conforto ao rolamento</b>	<b>Avaliação (faixa de notas)</b>
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: DNIT, (2003).

De acordo com DNIT, abaixo Figura 24 exemplos de uma ficha de avaliação do VSA.

Figura 24- Ficha de Avaliação do VSA



Fonte: DNIT (009/2013-PRO).

De acordo com DNIT (008/2013) a Tabela 4 abaixo caracteriza os conceitos do VSA nas vias.

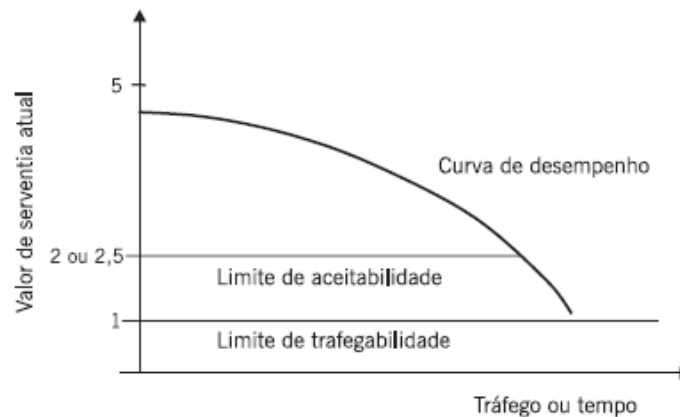
Tabela 4-Conceito do VSA

<b>Conceito</b>	<b>Descrição</b>
Ótimo	Necessita apenas de conservação rotineira
Bom	Desgaste superficial, poucas trincas em áreas localizadas
Regular	Trincas, poucos buracos superficiais, irregularidade longitudinal e transversal
Mau	Defeitos generalizados, remendos superficiais e profundos em áreas localizadas
Péssimo	Defeitos generalizados com necessidades de correções prévias em toda a extensão do trecho. Deterioração do revestimento e demais camadas - infiltração de água e descompactação da base

Fonte: DNIT 008/2013 – TER

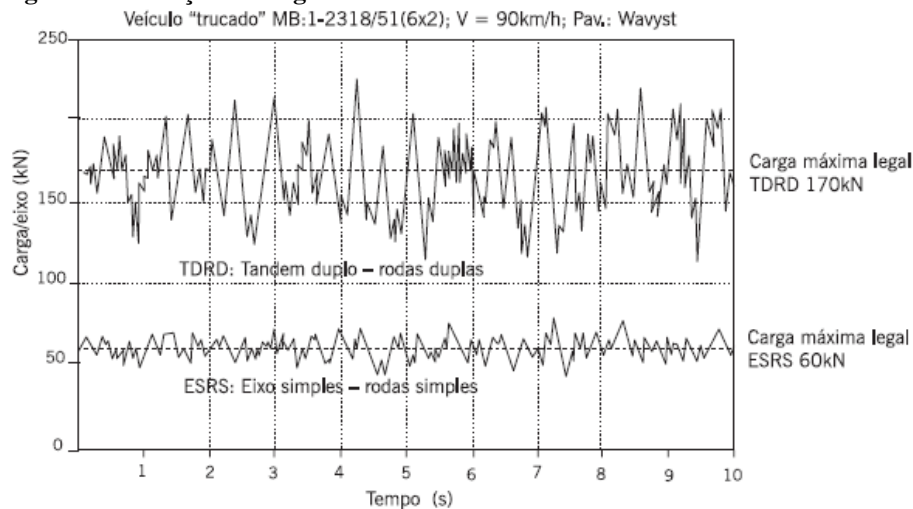
Conforme Bernucci (2008), a variação de serventia com o tráfego ou com o tempo decorrido de utilização da via, tende a diminuir conforme Figura 25.



**Figura 25- Variação de serventia**

Fonte: Bernucci, (2008).

Variação da carga dinâmica de dois eixos legais trafegando em uma via com elevada irregularidade, conforme Figura 26.

**Figura 26- Variação da carga dinâmica**

Fonte: Bernucci, (2008).

De acordo com SENÇO (2007), cada engenheiro responsável em aplicar a nota deve seguir um conjunto de regras, como:

- O pavimento deve ser julgado pela situação de momento;
- O engenheiro deve julgar o atual pavimento, como exemplo considerar um bom pavimento, mesmo que o responsável suspeite que, dentro de pouco tempo entrará em colapso.

- O engenheiro responsável deve ignorar as condições geométricas, isto é, o traçado, curvas, largura dos acostamentos, pistas. O foco do estudo é apenas as condições de superfície referentes ao rolamento dos veículos.
- O trecho em estudo deve ser julgado em com base no fato de que deve atender a um grande volume de veículos comerciais de passeio, sob quaisquer condições de tempo.
- O engenheiro deve observar buracos, saliências bruscas, distorções transversais ou afundamentos nas trilhas de rodas e distorções longitudinais na superfície do pavimento.

## **5 METODOLOGIA**

### **5.1 Classificação da Pesquisa**

O trabalho apresentado considerado como estudo de caso, tem como intuito de levantar e diagnosticar os tipos de patologia do pavimento flexível de um determinado trecho rodoviário na BR-267. O tema desenvolvido está padronizado por norma, com base em pesquisa bibliográfica, manuais técnicos, normas, livros. O objetivo da pesquisa é propor soluções tecnicamente viáveis, com a finalidade de melhoria na pista de rolamento do pavimento aos usuários.

### **5.2 Descrição do Local de Análise**

A rodovia em estudo e análise é uma das rodovias mais importantes do Brasil, principalmente no fator economia, por se tratar de uma rodovia transversal que corta vários estados do Brasil, os estados de Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul. O trecho analisado encontra-se entre as cidades de Cambuquira MG a Conceição do Rio Verde MG.

De acordo com os dados obtidos pelo Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais (DER/MG), a contagem volumétrica de tráfego 2013 apresentou um volume médio diário de 3719 veículos, um volume de intensidade razoável. Porém na atualidade a rodovia necessita de uma manutenção de conservação, por estar em fase de deterioração do pavimento em alguns pontos.

### **5.3 Planejamento da Pesquisa**

Foi realizado uma coleta de CAP no trecho em estudo localizado na BR-267 Trecho – Cambuquira MG / Conceição do Rio Verde MG, realizando assim um estudo por meios de tabela, fotos, gráficos, os tipos de patologias. Este trabalho visou diagnosticar, através dos ensaios de extração de betume o ensaio de Marshall na qual o objetivo é identificar se os agregados estão na faixa correta do teor de betume, conforme a norma do DNER ME 053/94 (ANEXO A) e DNIT 031/2006.

Foi analisado o nível de serventia do pavimento VSA (Valor de Serventia Atual), esta análise determina por meios de notas o tipo de interferência necessária para recuperação do pavimento.

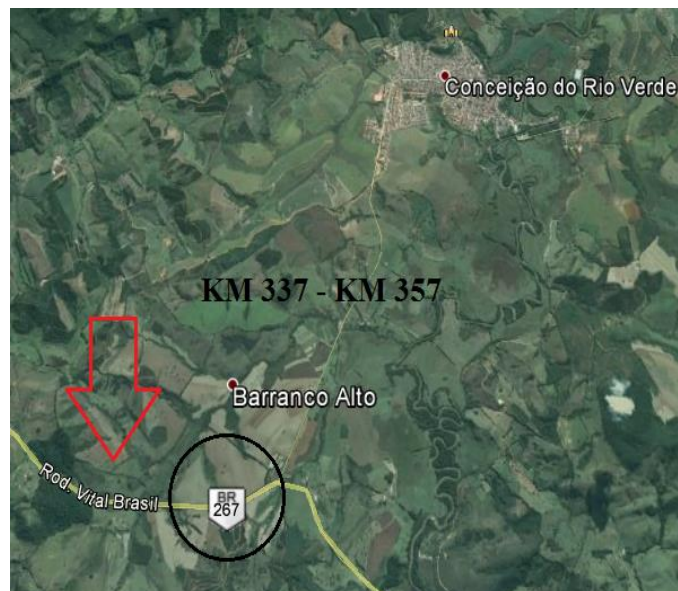
## 6 ESTUDO DE CASO

### 6.1 Escolha do trecho

Para realização do ensaio Marshall e do Ensaio de Extração de Betume (Rotarex), foi percorrido um trecho para realização de estudo e retirada do material para os respectivos ensaios, sendo o trecho:

Trecho BR-267 entre Cambuquira/Lambari – Conceição do Rio Verde – Rodovia Vital Brazil, conforme analisado na Figura 27:

Figura 27– Definição trecho.



Fonte: Google Earth, 2016.

### 6.2 Ensaio de extração de betume

O teor de betume em uma mistura asfáltica vai modificar, conforme a granulometria dos agregados, para isso são realizados ensaios com diferentes teores com principal objetivo de identificar qual a quantidade certa para que os agregados estejam na faixa correta e a mistura atenda conforme a norma solicita.

Em relação a mistura em estudo, foi definido em projeto que a porcentagem de betume em projeto é de 5,10%. Podendo ocorrer nos ensaios de laboratório as variâncias na porcentagem, ou teor, pode ser 0,3 menor ou maior.

O ensaio realizado foi utilizado as normas do DNER ME 053/94 (ANEXO A) e DNIT 031/2006 – além do livro Pavimentação asfáltica – (Formação básica para Engenheiros), Departamento de Transportes e Geotécnica (DEP TRN), e realizado de acordo com conceito descrito pela NBR

Foi coletado diretamente do trecho uma amostra de asfalto, material suficiente para realização do ensaio, de acordo com as normas utilizadas para ensaio de betume, norma DNER ME 043/94, conforme observado na figura 28, material coletado em campo.

**Figura 28– Material coletado para ensaio.**



Fonte: O Autor (2016).

Após amostra ser coletada em campo, foi movido para o laboratório, e iniciado o rompimento do material para iniciação do ensaio, conforme na Figura 29, material em fase de rompimento:

**Figura 29– Material em rompimento.**



Fonte: O Autor (2016).

A amostra a ser utilizada foi aquecida, pode ser por uma estufa ou por um fogareiro (maçarico), neste caso utilizou-se o fogareiro, pela plasticidade e ser mais rápido. A temperatura foi controlada por um termômetro, reaquecida a 150° C conforme a norma solicita, abaixo representado pela Figura 30, amostra sendo aquecida no fogareiro:

**Figura 30– Amostra sendo aquecida no fogareiro.**



Fonte: O Autor (2016).

A Figura 31, explica que a amostra coletada em campo depois que aquecida no fogareiro, todo agregado vai-se desagregando.

**Figura 31– Bandeja com a amostra durante fogareiro.**



Fonte: O Autor (2016).

É realizado aquecimento, em seguida a amostra é colocada no prato de extrator de betume e pesada, juntamente com o filtro de papel, é pesado antes de colocar a mistura asfáltica no prato, o mesmo é pesado com o filtro, para se obter a tara da balança, conforme observado na figura 13:

**Figura 32- Extrator de betume sendo pesado.**



Fonte: O Autor (2016).

Abaixo na Tabela 5, os pesos obtidos com as amostras:

Tabela 5-Pesos

<b>Trecho</b>	<b>Peso 1: Prato + Filtro (g)</b>	<b>Peso 2: Prato + Filtro + Asfalto</b>
BR - 267 (km 337 - 357) Cambuquira a Conceição do Rio Verde	1369,90	2148,45

Fonte: O autor (2016)

Com estes resultados pôde-se calcular o peso da amostra, diminuindo o peso 2, pelo peso 1:

$$PA = \text{Peso 1} - \text{Peso 2}$$

Obtivemos o seguinte resultado, de acordo com a Tabela 6 abaixo:

Tabela 6-Peso das amostras

<b>Trecho</b>	<b>Peso da amostra (g)</b>
BR - 267 (km 337 - 357) Cambuquira a Conceição do Rio Verde	778,55

Fonte: Elaborado pelo autor.

A amostra colocada dentro do prato e o filtro é colocado no interior do aparelho de extração de betume (rotarex), sobre o filtro é posicionada a tampa do prato e prendida, na Figura 33 abaixo o aparelho rotarex:

**Figura 33– Equipamento Rotarex, extraindo betume**



Fonte: O Autor (2016).

De acordo com DNER ME 053/94 é preciso no interior do extrator ser adicionado 150ml de solvente e deixado em repouso 15 minutos, com objetivo de o solvente reagir com a mistura. O processo tem como objetivo de retirar o CAP da mistura asfáltica, restando apenas agregados. Após extração do betume, o solvente tem-se como finalidade de infiltrar nos poros dos agregados podendo lançar fogo na mistura devido a gasolina ser inflamável. Esta metodologia ajuda retirar o solvente e a umidade atual na mistura, conforme a Figura 34 a seguir:

**Figura 34– Retirada do solvente e da umidade.**



Fonte: O Autor (2016).



O procedimento a seguir compõe a retirada do solvente e da umidade, de acordo com a Figura 35.

**Figura 35– Retirada do solvente e da umidade.**



Fonte: O Autor (2016).

Em seguida conforme o material está totalmente seco, o prato com os agregados é pesado outra vez, obtendo-se o Peso 3, de acordo com Tabela 7 abaixo.

Tabela 7-Peso dos agregados

<b>Trecho</b>	<b>Peso 3: Prato + Filtro + agregado (g)</b>
BR - 267 (km 337 - 357) Cambuquira a Conceição do Rio Verde	2112,30

Fonte: O autor (2016)

Através do peso 2 e o peso 3, pode-se estabelecer o peso do Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), devido aos resultados obtidos, na Tabela 8 abaixo o resultado do peso do CAP:

$$PC = \text{Peso 2} - \text{Peso 3}$$

Tabela 8-Peso do CAP.

<b>Trecho</b>	<b>Peso do CAP (g)</b>
BR - 267 (km 337 - 357) Cambuquira a Conceição do Rio Verde	36,15

Fonte: O autor (2016)

Diminuindo o peso 3 do peso 1, alcançamos o peso dos agregados.

$$PC = \text{Peso 3} - \text{Peso 1}$$

\*Peso do agregado após extração do betume, de acordo com a Tabela a seguir:

Tabela 9– Peso dos agregados após a extração do betume.

<b>Trecho</b>	<b>Peso do Agregado (g)</b>
BR - 267 (km 337 - 357) Cambuquira a Conceição do Rio Verde	742,40

Fonte: O autor (2016)

A relação atribuída entre o peso do CAP e o peso das amostras, se obtém o teor de betume, objetivo principal deste ensaio.

$$TB = \frac{PC}{PA} \times 100 \quad TB = \frac{36,15}{778,55} \times 100 = 4,64 \%$$

De acordo com a porcentagem de betume de projeto o valor mínimo seria de 5,10%

Abaixo Quadro 10 com as siglas para cálculo do teor de betume, e do ensaio de Marshall..

Tabela 10- Siglas e nomenclaturas para aplicação de fórmulas.

<b>Siglas</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Siglas</b>	<b>Nomenclatura</b>
TB	Teor de Betume	DP	Densidade de Projeto
PC	Peso do CAP	DT	Densidade Teórica
PA	Peso da Amostra	DM	Densidade de Mistura
DA	Densidade Aparente	DC	Densidade do CAP
VCP	Volume dos Corpos de Prova	VV	Volume de Vazio
PS	Peso Submerso	VCB	Valor de Agregado Compactado
GC	Grau de Compactação	VAM	Volume de Vazio Mineral
PR	Peso do Ar	RBV	Relação de Betume de Vazio
V	Volume	BM	Betume

Fonte: O Autor (2016)

### 6.3 Ensaio de Marshall

De acordo com o DNER, recomenda-se o método de Marshall para dosagem e concreto betuminoso. Este procedimento foi criado pelo Engenheiro Bruce Marshall e baseia-se na determinação da estabilidade aplicando o princípio do corte em compressão semiconfinada.

O asfalto coletado é reaquecido até estiver na temperatura mínima de 150° C, para este ensaio foram determinadas 4 amostras, compactados em cilindros de metal aquecidos na estufa a uma temperatura de 130°C, a compactação é realizada com um soquete de 4,536 Kg que cai livremente de uma altura de 46cm sendo 75 golpes aplicados.

Após compactação são pesados, alcançando os valores expressos, conforme a Figura 36 a seguir:

**Figura 36– Peso de cada amostra.**

Fonte: O autor (2016).

A Tabela 11 a seguir mostra os resultados dos pesos das amostras compactadas:

Tabela 11– Peso das amostras compactadas.

<b>Trecho</b>	<b>Peso das amostras compactadas (g)</b>
BR - 267 (km 337 - 357) Cambuquira a Conceição do Rio Verde	Amostras 1: 1263,24
	Amostras 2: 1234,92
	Amostras 3: 1272,65
	Amostras 4: 1281,29

Fonte: O autor (2016)

É necessário determinar o volume das amostras, contudo isso, se inicia realizando a pesagem submersa das amostras. A balança é adaptada a receber uma haste de metal, que segura os corpos de prova dentro do receptáculo, com água abaixo, sendo possível sua passagem submersa, os valores estão atribuídos na Tabela 12 a seguir:

Tabela 12- Pesos dos corpos d´prova que foram submersos na água.

<b>Trecho</b>	<b>Peso dos corpos de prova (g)</b>
BR - 267 (km 337 - 357) Cambuquira a Conceição do Rio Verde	Amostras 1: 752,73
	Amostras 2: 727,67
	Amostras 3: 770,25
	Amostras 4: 768,79

Fonte: O autor (2016)

Realizado a pesagem ao ar e submersa pode-se determinar o volume dos corpos de prova pela seguinte equação:

$$VCP = PR - PS$$

Os resultados dos VCP's estão na Tabela 13 a seguir.

Tabela 13- Volume dos corpos de prova.

<b>Trecho</b>	<b>Volume dos CP's (cm<sup>3</sup>)</b>
BR - 267 (km 337 - 357) Cambuquira a Conceição do Rio Verde	Amostras 1: 510,51
	Amostras 2: 507,25
	Amostras 3: 502,40
	Amostras 4: 512,50

Fonte: O autor (2016)

De acordo com SENÇO (2007), a densidade aparente entre a massa de uma certa porção de agregado e o volume que essa massa ocupa nas condições de compactação que estiver, a determinação da massa específica aparente, (d) é feita de forma simples.

$$DA = \frac{PR}{V}$$

Através da densidade aparente, obteremos todas as outras propriedades físicas da mistura.

- Grau de compactação – GC;
- Densidade teórica – DT;
- Volume de vazios – VV;
- Vazios cheios de betume – VCB;
- Vazios do agregado mineral – VAM.

$$GC = \frac{DA}{DP}$$

A densidade de projeto é determinada pelo laboratório da usina fornecedora da mistura asfáltica. A densidade de projeto neste caso foi de 2,491 Kgf/cm<sup>3</sup> de acordo com Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais.

Para grau de compactação os valores desejáveis devem ser maiores ou iguais a 100%, caso algum valor esteja um pouco inferior a 100%, este resultado não interfere na qualidade da mistura asfáltica. Conforme Tabela 14 o grau de compactação das amostras.

Tabela 14– Grau de compactação.

<b>Trecho</b>	<b>Grau de compactação (%)</b>
BR - 267 (km 337 - 357) Cambuquira a Conceição do Rio Verde	Amostras 1: 99,33
	Amostras 2: 97,70
	Amostras 3: 101,69
	Amostras 4: 100,36

Fonte: O autor (2016)

Conforme Balbo (2011), a densidade máxima teórica é dada pela razão entre a massa do agregado mais ligante asfáltico e a soma dos volumes dos agregados, vazios impermeáveis, vazios permeáveis não preenchidos com asfalto e total de asfalto.

$$DT = \frac{100}{100 - \%BM} + \frac{CAP}{DC}$$

A porcentagem de vazios na mistura compactada será dada, pela diferença relativa entre sua massa específica máxima e sua massa específica real, conforme equação Balbo (2011).

$$\%VV = \frac{DT - DA}{DT} \times 100$$

Segundo Balbo (2011), no interior do volume de agregados compactados, existem vazios preenchidos com asfalto (betume) e os vazios não preenchidos, contudo isso a porcentagem de vazios cheios de betume é apurada por meio de:

$$VCB = \frac{DA \times \%CAP}{DC} \times 100$$

### 6.3.1 Densidade do CAP:

A Densidade do CAP utilizado em estudo de acordo com DNER foi de: %CAP: 1,012  
Teor de Betume descoberto no ensaio de extração.

De acordo com Bernucci (2008), o VAM (Vazios do agregado mineral) em uma mistura se resulta o que não é agregado, ou seja, vazios com ar e asfalto.

$$\% VAM = \frac{100-DA}{DM} \times (100-\% BM)$$

A relação entre os vazios do agregado mineral e o volume de vazios, também conhecido como RBV (Relação Betume Vazios).

$$\%RBV = \frac{\%VAM - \%VV}{\%VAM} \times 100$$

De acordo com Balbo (2011), os procedimentos apresentados permitem a determinação dos parâmetros necessários para elaboração do ensaio de Marshall, seja empregado em dosagens para formulação de misturas asfáltica, seja para controle tecnológico dessas misturas.

Os corpos de prova são levados a um banho aquecido a uma temperatura estimada de 60° C e permanecido por cerca de 30 minutos, até atingir a temperatura indicada, este procedimento tem como objetivo de determinar a estabilidade e fluência.

De acordo com Balbo (2008), os corpos de prova são colocados em um molde de compressão e rompidos em uma prensa logo após o repouso em banho aquecido, com anel dinanométrico devidamente calibrado para medição da força aplicada durante o teste, é aplicada uma carga diametral, pela imposição de deslocamento do pistão da prensa a taxa de 50,8 mm por minuto, até o rompimento do corpo de prova. Durante o ensaio, são registrados os valores de força vertical máxima aplicada (comprimida diametralmente) que leva a amostra a ruptura (estabilidade), e de deformação vertical sofrida pela amostra imediatamente antes da ruptura (Fluência).

Tabela 15- Leituras obtidas pelos medidores da prensa.

<b>Trecho</b>	<b>Amostras</b>	<b>Força Máxima Aplicada</b>	<b>Leituras do Anel Dinanométrico</b>	<b>Medidas Fluência</b>
BR - 267 (km 337 - 357) Cambuquira a Conceição do Rio Verde	1	1016,44	515	345
	2	1032,11	525	295
	3	1028,52	520	305
	4	1010,20	505	280

Fonte: O autor (2016)

As leituras do medidor de fluência são convertidas para mm ou centésimos de polegadas.

$$\text{Estabilidade} = \frac{\text{Leitura da prensa} \times \text{Const.da prensa}}{1000} \times \text{FC}$$

F.C = Fator de correção

De acordo com DNER (1995), estabilidade lida é a carga necessária para o rompimento da amostra a temperatura especificada. O valor deverá ser corrigido de acordo com a espessura do corpo de prova ensaiado, multiplicando-o por um fator de correção em função da espessura do corpo de prova.

A constante da prensa é a deformação do anel dinanométrico, na compressão dos corpos de prova.



## 6.4 Ensaio de Marshall Fluência

Segundo Balbo (2011), fluência entende-se o valor da deformação vertical sofrida pela amostra imediatamente antes da ruptura, medida em centésimos de polegadas ou em milímetros, de acordo com o resultado da Tabela 16 a seguir.

Tabela 16- Fluência

<b>Trecho</b>	<b>Fluência (mm)</b>
BR - 267 (km 337 - 357) Cambuquira a Conceição do Rio Verde	2,90

Fonte: O autor (2016)

Segundo Balbo (2011), há uma faixa de trabalho para fluência, que varia entre 2mm e 4,5mm

### 6.4.1 Estabilidade

De acordo com Balbo (2011), estabilidade é o valor da força vertical máxima aplicada que leva a amostra (comprimida diametralmente) a ruptura medida em quilos, abaixo a Tabela 17 com resultado obtido sobre a amostra.

Tabela 17- Estabilidade

<b>Trecho</b>	<b>Estabilidade (kgf)</b>
BR - 267 (km 337 - 357) Cambuquira a Conceição do Rio Verde	1168,00

Fonte: O autor (2016)

De acordo com DNIT (2006), a estabilidade mínima para a camada de rolamento é de 500 kgf.

#### 6.4.2 Densidade aparente

Neste caso a densidade aparente não há nenhuma norma ou bibliografia que estabeleça o valor mínimo ou valor máximo da densidade, conforme os dados apresentados a seguir na Tabela 18.

Tabela 18– Densidade aparente.

<b>Trecho</b>	<b>Densidade Aparente (g/cm<sup>3</sup>)</b>
BR - 267 (km 337 - 357) Cambuquira a Conceição do Rio Verde	<b>2,485</b>

Fonte: O autor (2016)

#### 6.4.3 Densidade máxima teórica

Neste caso a densidade máxima teórica não há nenhuma norma ou bibliografia que estabeleça o valor mínimo ou valor máximo da densidade, conforme a Tabela 19 a seguir:

Tabela 19- Densidade máxima teórica.

<b>Trecho</b>	<b>Densidade máxima teórica (g/cm<sup>3</sup>)</b>
BR - 267 (km 337 - 357) Cambuquira a Conceição do Rio Verde	<b>2,51</b>

Fonte: O autor (2016)

#### 6.4.4 Porcentagem de vazios

Porcentagem de vazios encontrado nas amostras do revestimento asfáltico, de acordo com Tabela 20.

Tabela 20- Porcentagem de vazios.

<b>Trecho</b>	<b>Vazios (%)</b>
BR - 267 (km 337 - 357) Cambuquira a Conceição do Rio Verde	<b>0,99</b>

Fonte: O autor (2016)

De acordo com DNIT (2006), a porcentagem de vazios deve estar entre uma faixa de 3% a 5%.

#### 6.4.5 Vazios cheios de betume VCB

O VCB é a porcentagem de vazios relacionados há não ocupação do VAM, não há normas que especificas faixas de trabalho para esta situação. Abaixo Tabela 21 com o VCB do trecho km 337-357.

Tabela 21– Volumes cheios com betume (VCB).

<b>Trecho</b>	<b>VCB %</b>
BR - 267 (km 337 - 357) Cambuquira a Conceição do Rio Verde	<b>11,50</b>

Fonte: O autor (2016)

Vazios de Agregado mineral é encontrado nas amostras do revestimento asfáltico, conforme Tabela 22.

Tabela 22– Vazios agregado mineral (VAM).

<b>Trecho</b>	<b>VAM %</b>
BR - 267 (km 337 - 357) Cambuquira a Conceição do Rio Verde	<b>12,49</b>

Fonte: O autor (2016)

De acordo com DNIT (2006), a porcentagem de vazios no agregado mineral deve estar a uma faixa de trabalho de 13% a 18%.

#### 6.4.6 Relação de betume – vazios

A Tabela 23 detalha a relação betumes e vazios

Tabela 23– Relação betumes - vazios (RBV).

<b>Trecho</b>	<b>RBV %</b>
BR - 267 (km 337 - 357) Cambuquira a Conceição do Rio Verde	<b>92,07</b>

Fonte: O autor (2016)

De acordo com DNIT (2006), a relação de betume-vazios deve estar a uma faixa de trabalho de 75% a 82%.

## 7 AVALIAÇÃO VSA BR 267





O estudo de caso tem como objetivo de organizar, caracterizar e quantificar valores por meios de relatórios fotográficos, tabelas e gráficos, formando assim os valores de VSA (Valor de Serventia Atual) do determinado trecho. O trecho a ser analisado é dividido de 500 em 500 metros, e em seguida por meio de análises é calculado a média total de conservação atual do trecho.

A análise do VSA é realizada de acordo com a Norma do DNIT 009/2003-PRO, que através de notas de 0 a 5 é avaliado a condição dos trechos em estudos, de acordo com as notas obtidas se tem como resultado a situação atual de conservação do pavimento, caso a nota atribuída seja 0 significa que o trecho está em péssimo estado de conservação, caso a nota atribuída seja de 5 significa que o trecho está em excelente estado de conservação.

Deste modo, em cada trecho de 500 em 500 metros foi realizado os registros conforme mencionado, analisado e encontrado os valores de VSA do trecho em estudo conforme as figuras abaixo. Foram realizadas várias visitas de carro no trecho, analisando cada Km do mesmo por meio de caminhada sobre a estrutura asfáltica.

## 7.1 Trecho 337km a 337,5km





Tabela 24- VSA do trecho 337 a 337,5 km

<b>VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL</b>	
<b>Avaliador = Marcel Gustavo Vitor</b>	<b>BR-267 Entre Cambuquira - MG / Conceição do Rio Verde - MG</b>
	
	
<b>Panela, atingindo a base (P)</b>	<b>Panela, atingindo a base (P)</b>
<b>Tipos de Patologias encontrado no trecho 337,00 a 337,50</b>	
<b>Valor de Serventia adotado - (0 a 5)</b>	<b>Observações Técnicas.</b>
<b>1,5</b>	<p><b>Panela (atingindo a base) P</b> = De acordo com Bernucci et al (2008), onde há trincas ligadas principalmente pela ação do tráfego, intempéries onde houve a remoção do revestimento, falta de compactação se cria a panela.</p> <p><b>Trinca tipo couro de jacaré (J)</b> = De acordo com Bernucci et al (2008), vários fatores podem influenciar estes problemas a trinca de jacaré, seja por fator repetitivo da ação do tráfego, ações climáticas, falta de compactação dos solos, envelhecimento do ligante e perda de flexibilidade.</p> <p><b>Panela (P)</b> = De acordo com Bernucci et al (2008), alguns problemas de "panela (P) são causadas, pela falha na pintura de ligação em camadas de revestimento, assim causando o problema de descolamento ou despelamento.</p>

Fonte: O autor (2016).

## 7.2 Trecho 337,5 km a 338km

Tabela 25- VSA do trecho 337,5 a 338 km

<b>VSA - VALOR DE SERVIENTIA ATUAL</b>	
<b>Avaliador = Marcel Gustavo Vitor</b>	<b>BR-267 Entre Cambuquira - MG / Conceição do Rio Verde - MG</b>
	
	
<b>Conjunto de trincas longitudinais longas (i)</b>	<b>Trinca tipo couro de jacaré (J)</b>
<b>Tipos de Patologias encontrado no trecho 337,50 a 338,00</b>	
<b>Valor de Servientia adotado - (0 a 5)</b>	<b>Observações Técnicas.</b>
<b>1,5</b>	<p><b>Escorregamento do revestimento (E)</b> = De acordo com Bernucci et al (2008), este problema é ocasionado por problemas construtivos, ou por falha na pintura de ligação.</p> <p><b>Trinca tipo couro de jacaré com erosão (JE)</b> = De acordo com Bernucci et al (2008), vários fatores podem influenciar estes problemas a trinca de jacaré, seja por fator repetitivo da ação do tráfego, ações climáticas, falta de compactação dos solos, envelhecimento do ligante e perda de flexibilidade.</p> <p><b>Conjunto de trincas longitudinais longas (i)</b> = De acordo com Bernucci et al (2008), essas trincas são ocasionadas por acostamentos não protegidos, infiltração na base e ação conjunta do tráfego.</p>



### 7.3 Trecho 338km a 338,5 km

Tabela 26- VSA do trecho 338 a 338,5 km

<b>VSA - VALOR DE SERVIENTIA ATUAL</b>	
<p><b>Avaliador = Marcel Gustavo Vitor</b></p> 	<p><b>BR-267 Entre Cambuquira - MG / Conceição do Rio Verde - MG</b></p>
<b>Afundamento de consolidação local (ALC)</b>	<b>Trinca de retração térmica (J)</b>
<b>Tipos de Patologias encontrado no trecho 338,00 a 338,50</b>	
<b>Valor de Servientia adotado - (0 a 5)</b>	<b>Observações Técnicas.</b>
<b>2</b>	<p><b>Escorregamento do revestimento (E)</b> = De acordo com Bernucci el tal (2008), este problema é ocasionado por problemas construtivos, ou por falha na pintura de ligação.</p> <p><b>Trinca tipo couro de jacaré com erosão (J)</b> = De acordo com Bernucci el tal (2008), vários fatores podem influenciar estes problemas a trinca de jacaré, seja por fator repetitivo da ação do tráfego, ações climáticas, falta de compactação dos solos, envelhecimento do ligante e perda de flexibilidade.</p> <p><b>Afundamento por consolidação localizado (ALC)</b> = De acordo com Bernucci el tal (2008), este problema pode ser gerado por falhas de compactação, presença de borrachudo no solo, deficiências construtivas.</p> <p><b>Trinca de retração térmica</b> = De acordo com Bernucci el tal (2008), a trinca de retração térmica se desenvolve por enraizamento de árvores próximo a pista, em ambientes sujeitos a baixas temperaturas.</p>

## 7.4 Trecho 339,0 km a 339,5 km

Tabela 27- VSA do trecho 339,0 a 339,5 km





<b>VSA - VALOR DE SERVIENTIA ATUAL</b>	
<p><b>Avaliador = Marcel Gustavo Vitor</b></p>	<p><b>BR-267 Entre Cambuquira - MG / Conceição do Rio Verde - MG</b></p>
<p>Trecho km = 339,00 a 339,50</p> 	<p>Escala = 500</p> 
	
<p><b>Escorregamento de massa (E)</b></p>	<p><b>Remendo Mal executado (R)</b></p>
<p><b>Tipos de Patologias encontrado no trecho 339,00 a 339,50</b></p>	
<p><b>Valor de Servientia adotado - (0 a 5)</b></p>	<p><b>Observações Técnicas.</b></p> <p><b>Afundamento plástico nas trilhas de roda (ATP)</b> = De acordo com Bernucci el tal (2008), a falha de dosagem de mistura asfálticas são uns dos fatores que causam o problema do afundamento plástico nas trilhas de roda, outros fatores, excesso de ligante, falha na seleção do tipo de revestimento asfáltico para tal carga solicitante.</p> <p><b>Escorregamento de massa (E)</b> = De acordo com Bernucci el tal (2008), é decorrente de fluência do revestimento asfáltico.</p> <p><b>Remendo Mal Executado (R)</b> = De acordo com Bernucci el tal (2008), alguns tipos de remendo mal executado se dá pela falta de técnicas para reparos.</p>
<h1>2,5</h1>	

Fonte: O autor (2016).







## 7.5 Trecho 339,5 km a 340 km

Tabela 28- VSA do trecho 339,5 a 340 km

<b>VSA - VALOR DE SERVIENTIA ATUAL</b>	
<b>Avaliador = Marcel Gustavo Vitor</b>	<b>BR-267 Entre Cambuquira - MG / Conceição do Rio Verde - MG</b>
	
	
<b>Escorregamento de massa (E)</b>	<b>Remendo bem executado (R)</b>
<b>Tipos de Patologias encontrado no trecho 339,50 a 340,00</b>	
<b>Valor de Servientia adotado - (0 a 5)</b>	<b>Observações Técnicas.</b>
<b>2</b>	<p><b>Trinca “couro de jacaré” (JE)</b> = De acordo com Bernucci et al (2008), vários fatores podem influenciar estes problemas a trinca de jacaré, seja por fator repetitivo da ação do tráfego, ações climáticas, falta de compactação dos solos, envelhecimento do ligante e perda de flexibilidade.</p> <p><b>Afundamento plástico nas trilhas de roda (ATP)</b> = De acordo com Bernucci et al (2008), a falha de dosagem de mistura asfálticas são uns dos fatores que causam o problema do afundamento plástico nas trilhas de roda, outros fatores, excesso de ligante, falha na seleção do tipo de revestimento asfáltico para tal carga solicitante.</p> <p><b>Escorregamento de massa (E)</b> = De acordo com Bernucci et al (2008), é decorrente de fluência do revestimento asfáltico.</p>

## 7.6 Trecho 340,0 km a 340,5 km





Tabela 29- VSA do trecho 340,0 a 340,5 km

<b>VSA - VALOR DE SERVIENTIA ATUAL</b>	
<b>Avaliador = Marcel Gustavo Vitor</b>	<b>BR-267 Entre Cambuquira - MG / Conceição do Rio Verde - MG</b>
<b>Trecho km = 340,00 a 340,50</b>	<b>Extensão = 500m</b>
<b>Data = Maio / 16</b>	
	
<b>Trinca couro de jacaré (JE)</b>	<b>Panela, atingindo a base (P)</b>
	
<b>Remendo bem executado (R)</b>	<b>Acostamento Danificado</b>
<b>Tipos de Patologias encontrado no trecho 340,00 a 340,50</b>	
<b>Valor de Servientia adotado - (0 a 5)</b>	<b>Observações Técnicas.</b>
<b>3</b>	<p><b>Trinca “couro de jacaré” (JE)</b> = De acordo com Bernucci el tal (2008), vários fatores podem influenciar estes problemas a trinca de jacaré, seja por fator repetitivo da ação do tráfego, ações climáticas, falta de compactação dos solos, envelhecimento do ligante e perda de flexibilidade...</p> <p><b>Panela (P)</b> = De acordo com Bernucci el tal (2008), alguns problemas de "panela (P) são causadas, pela falha na pintura de ligação em camadas de revestimento, assim causando o problema de destacamento ou despelamento.</p>

Fonte: O autor (2016).

## 7.7 Trecho 344km a 344,5km

Tabela 30- VSA do trecho 344 a 344,5 km

<b>VSA - VALOR DE SERVIENTIA ATUAL</b>	
<b>Avaliador = Marcel Gustavo Vitor</b>	<b>BR-267 Entre Cambuquira - MG / Conceição do Rio Verde - MG</b>
<b>Trecho km = 344,00 a 344,50</b>	<b>Extensão = 500m</b>
<b>Data = Maio / 16</b>	
	
<b>Trinca tipo couro de jacaré (J)</b>	<b>Exsudação (EX)</b>
	
<b>Afundamento de consolidação local (ALC)</b>	<b>Afundamento de consolidação local (ALC)</b>
<b>Tipos de Patologias encontrado no trecho 344,00 a 344,50</b>	
<b>Valor de Servientia adotado - (0 a 5)</b>	<b>Observações Técnicas.</b>
<h1>2,5</h1>	<p><b>Trinca tipo couro de jacaré (J)</b> = De acordo com Bernucci el tal (2008), vários fatores podem influenciar estes problemas a trinca de jacaré, seja por fator repetitivo da ação do tráfego, ações climáticas, falta de compactação dos solos, envelhecimento do ligante e perda de flexibilidade.</p> <p><b>Exsudação (EX)</b> = De acordo com Bernucci el tal (2008), os problemas encontrados em uma rodovia com exsudação, pode ser provocada pela falha de dosagem provocando excesso de ligante em alguns pontos do trecho, concentração de ligantes.</p> <p><b>Afundamento por consolidação localizado (ALC)</b> = De acordo com Bernucci el tal (2008), este problema pode ser gerado por falhas de compactação, presença de borrachudo no solo, deficiências construtivas.</p>



De acordo com as análises em campo e com os registros fotográficos do trecho foram levantados o valor médio da serventia atual do respectivo pavimento flexível. Como mostra a Tabela 31 a seguir.

Tabela 31- Média do VSA do trecho

<b>Média do VSA (Valor de Serventia Atual) 2016</b>		
Rodovia	BR 267	
Localização	Cambuquira/ Conceição do Rio Verde	
Km inicial	Km final	VSA
337,00	337,50	1,50
337,50	338,00	1,50
338,00	338,50	2,00
339,00	339,50	2,50
339,50	340,00	2,00
340,00	340,50	3,00
344,00	344,50	2,50
<b>Valor médio= 2,15</b>		

Fonte: O autor (2016).

O valor médio obtido no trecho em estudo é de 2,15 que predomina o conceito “regular”, assim seu estado de conservação atual necessita de reparos na estrutura asfáltica.

Conforme Tabela 32 o valor obtido pelo VSA médio está de acordo com a real situação do estudo realizado recentemente pela CNT (Confederação Nacional do Transporte).

Tabela 32- Situação Real da Rodovia

<b>Pesquisa CNT de Rodovias 2015</b>					
Estado		Minas Gerais			
Rodovia	Extensão pesquisada - km	Estado Geral	Pavimento	Sinalização	Geometria da via
BR-267	472	Regular	Regular	Regular	Ruim

Fonte: CNT de Rodovias (2015)

## 8 ESTUDO DE TRÁFEGO

O trecho analisado em estudo é importante ressaltar que os dados obtidos foram através de pesquisa bibliográfica no Departamento de Estradas de Rodagem de MG (DER-MG) da 10ª Coordenadoria Regional de Varginha-MG.

Foi coletada informações sobre estudo da via em estudo, trecho BR-267 Cambuquira MG/ Conceição Rio Verde MG, em 2008 e em 2013. Foi realizado um estudo de série histórica visando obter resultados da taxa de crescimento do VMDA (Velocidade Média Diária Anual), admitindo assim a sua projeção futura. Conforme Tabela 33 a série histórica do VMDA 2008 fornecido pelo DER.

Tabela 33- Série Histórica do VMDA 2008 da Rodovia BR-267 trecho em estudo.

<b>Rede de conservação</b>	<b>10ª coordenadoria Regional Varginha</b>							
<b>Rodovia</b>	<b>Superfície</b>		<b>Contagem Volumétrica de Tráfego</b>					
<b>Trecho</b>	<b>Categoria</b>	<b>Revestimento</b>	<b>Passeio</b>	<b>Coletivo</b>	<b>Carga Leve</b>	<b>Carga Média</b>	<b>Carga Pesada</b>	<b>VMDA * AT</b>
<b>BR 267 - CAMBUQUIRA MG/ CONCEIÇÃO DO RIO VERDE</b>	PAV	CBUQ	1800	178	275	414	269	2936

Fonte: Boletim Rodoviário do DER-MG (2008)

Na Tabela 34 a série histórica do VMDA 2013 fornecido pelo DER.

Tabela 34- Série Histórica do VMDA 2013 da Rodovia BR-267 trecho em estudo.

<b>Rede de conservação</b>	<b>10ª coordenadoria Regional Varginha</b>							
<b>Rodovia</b>	<b>Superfície</b>		<b>Contagem Volumétrica de Tráfego</b>					
<b>Trecho</b>	<b>Categoria</b>	<b>Revestimento</b>	<b>Passeio</b>	<b>Coletivo</b>	<b>Carga Leve</b>	<b>Carga Média</b>	<b>Carga Pesada</b>	<b>VMDA * AT</b>
<b>BR 267 - CAMBUQUIRA MG/ CONCEIÇÃO DO RIO VERDE</b>	PAV	CBUQ	2502	123	550	207	337	3719

Fonte: Boletim Rodoviário do DER-MG (2013)

## 8.1 Taxa de Crescimento Anual

Essa taxa de crescimento anual tem o objetivo de demonstrar o crescimento de veículos nas vias em estudo, este fator é principal para definir a projeção futura.

Contudo isso, a equação onde se desenvolve a taxa de crescimento é obtida de acordo:

$$\text{TAXA DE CRESCIMENTO AO ANO \%} = \frac{\text{VMDA 2013} - \text{VMDA 2008}}{\frac{5 \text{ ANOS} - 1}{\text{VMDA 2008}}} \times 100$$

$$\text{TX\%} = \frac{3719 - 2936}{\frac{5 - 1}{2936}} \times 100$$

$$\text{TX \%} = 6,66 \% \text{ ao ano}$$

### 8.1.1 VMDA atual

De acordo com a série histórica obtida, com os resultados podemos analisar e definir o VMDA do ano atual (2016), portanto abaixo a equação que se define o VMDA atual:

$$\text{VM DA ATUAL} = \text{VM DA 2013} \times (1 + \text{TX\%})^3$$

$$\text{VM DA 2016} = 3719 \times (1 + 6,66\%)^3$$

$$\text{VM DA 2016} = 4513 \text{ veículos/dia}$$

### 8.1.2 VMDA Projeção Futura

De acordo com dados obtidos pelo VMDA atual é possível definir o VMDA de projeção futura, conforma equação abaixo:

$$\text{VM DA 2026} = 4513 \times (1 + 6,66\%)^{10}$$

$$\text{VM DA 2016} = 8600 \text{ veículos/dia}$$

## 9.1 Fator de Dimensionamento do Pavimento Flexível

### 9.1.1 Número N

Conforme DNIT (2006) Manual de Estudo de Tráfego, em pavimentos flexíveis um dos fatores que influenciam no dimensionamento é o tráfego que promovera determinada via no decorrer de sua vida útil de serviço. No pavimento flexível as cargas que atuam sobre a estrutura do pavimento ao longo de um período “P” para o qual é o projeto o pavimento são constituintes pelo ato do ciclo de carregamento e descarregamento em um certo ponto fixo da superfície de rolamento quando da passagem das rodas dos veículos.

### 9.1.2 Conceito – Número “N”

Conforme DNIT (2006) Manual de Estudo de Tráfego, este índice é o número de repetições dos eixos dos veículos, em relação as solicitações do eixo padronizado rodoviário de 8,2 tf durante o período considerado de vida útil do pavimento.

Observação: O eixo padrão rodoviário brasileiro, é o eixo de rodas duplas um eixo simples, com uma carga total de 80 (KN) que se transmite ao pavimento.

Este método chamado de Numero “N”, é um método que pode ser utilizado como dimensionamento da espessura de revestimento asfáltico, conforme Tabela 35.

Tabela 35- Espessura mínima para revestimento asfáltico, em relação ao Número “N”

<b>N</b>	<b>Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso</b>
$N \leq 10^6$	Tratamento superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimento betuminoso 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).

### 9.1.3 Cálculo adotado pelo DNER

Em 1996, o DNER define o Número N, utilizando a seguinte equação:

$$N = 365 \times \text{VMDA} \times \text{FV} \times \text{FR} \times \text{FD}$$

Onde:

N = Número equivalente de operações de eixo-padrão de 8,2 tf;

365 = Números de dias no ano;

VMDA = Volume médio diário anual na rodovia;

FV= Fator veículos;

FR= Fator Climático Regional (adotado = 1,0);

FD = Fator Direcional (avaliando como sendo 50% de pista simples no caso de rodovia).

Conforme Manual de Restauração dos Pavimentos Asfálticos DNIT (2006), para projeção de tráfego futuro, se estabelece quantidade de projeção em anos, levando em consideração a taxa de crescimento de veículos via, com base da série histórica, conforme equação abaixo:

Equação de tráfego futuro para projeção geométrica.

$$\text{VMDAf} = \text{VMDAi} \times (1+i)^n$$

Onde:

VMDAf = Volume médio anual na rodovia (valor futuro);

VMDAi = Volume médio diário anual na rodovia (valor atual);

N = Número de anos do período do projeto;

i = Taxa de crescimento anual

### 9.1.4 Fator Carga





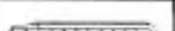



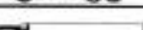







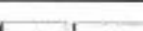


Fator Carga é o coeficiente que multiplicado pela quantidade de eixo que movimentada, assim temos o valor equivalente de eixos padrões.



## 9.1.5 Fator de Equivalência de Carga




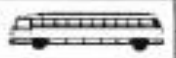












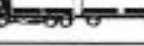
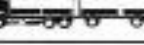

Conforme Manual de Restauração dos Pavimentos Asfálticos DNIT (2006), o fator que providencia a carga equivalente é de 8,2 tf. Cada veículo comercial, há um controle, limites de cargas há serem transportadas, estes limites são aplicados fixados pela lei da balança, conforme Tabela 36, 37 e 38.

Tabela 36- Tabelas de fatores de veículos para caminhões vazios.

FATORES DE VEÍCULOS PARA CAMINHÕES VAZIOS									
CLASSE / TIPO		CONFIGURAÇÃO	F.V.	TIPOS DE EIXOS				F.V. (VEÍCULO)	
				1º	2º	3º	4º		
VEÍCULOS LEVES	CARROS DE PASSEIO			AASHTO					
				USACE					
	UTILITÁRIOS (PICK-UPS E FURGÕES)			AASHTO					
				USACE					
ÔNIBUS	ÔNIBUS = 2C			AASHTO	0,0164	0,2635			0,290
				USACE	0,02	0,30			0,320
	TRIBUS			AASHTO					
				USACE					
VEÍCULOS COMERCIAIS	CAMINHÃO LEVE (608 e F4000)	2C LEVE		AASHTO	0,0601	0,0023			0,062
				USACE	0,0602	0,004			0,0042
	CAMINHÕES MÉDIOS E PESADOS	2C		AASHTO	0,0028	0,0457			0,049
				USACE	0,004	0,05			0,054
		3C		AASHTO	0,0164	0,0725			0,099
				USACE	0,02	0,30			0,32
		4C		AASHTO	0,0164	0,2182			0,235
				USACE	0,02	0,92			0,94
	CAMINHÕES COM SEMI-REBOQUE (CARRETAS)	2S1		AASHTO	0,0164	0,2635	0,2635		0,543
				USACE	0,02	0,30	0,30		0,62
		2S2		AASHTO	0,0164	0,2635	0,0725		0,352
				USACE	0,02	0,30	0,20		0,62
		2S3		AASHTO	0,0164	0,2635	0,2182		0,498
				USACE	0,02	0,30	0,92		1,34
	3S2		AASHTO	0,0164	0,0417	0,0725		0,131	
			USACE	0,02	0,10	0,20		0,32	
	3S3		AASHTO	0,0164	0,0417	0,2182		0,276	
			USACE	0,02	0,10	0,92		1,04	
	CAMINHÕES COM REBOQUE (ROMEU E JULIETA)	2C2		AASHTO	0,0164	0,2635	0,2635	0,2635	0,807
				USACE	0,02	0,30	0,30	0,30	0,92
		2C3		AASHTO	0,0164	0,2635	0,2635	0,0417	0,585
				USACE	0,02	0,30	0,30	0,10	0,72
		3C2		AASHTO	0,0164	0,0417	0,2635	0,2635	0,585
				USACE	0,02	0,10	0,30	0,30	0,72
		3C3		AASHTO	0,0164	0,0417	0,2635	0,0417	0,283
				USACE	0,02	0,10	0,30	0,10	0,52
	"TREMINHÃO"	3C4		AASHTO	0,0164	0,0417	0,0417	0,0417	0,142
				USACE	0,02	0,10	0,10	0,10	0,32





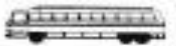










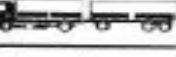



Fonte: Manual de estudos de tráfego DNIT (2006).

Tabela 37- Tabelas de fatores de veículos para carga legal.

FATORES DE VEÍCULOS PARA CARGA LEGAL (DNER)								
CLASSE / TIPO		CONFIGURAÇÃO	F.V.	TIPOS DE EIXOS				F.V. (VEÍCULOS)
				1º	2º	3º	4º	
VEÍCULOS LEVES	CARROS DE PASSEIO		AASHTO					
		USACE						
	UTILITÁRIOS (PICK-UPS E FURGÕES)		AASHTO					
			USACE					
ÔNIBUS	ÔNIBUS ≧ 2C		AASHTO	0,857	0,801			8,748
		USACE	0,860	0,732			8,782	
	TRIBUS		AASHTO					
		USACE						
VEÍCULOS COMERCIAIS	CAMINHÃO LEVE (608 e F4000)	2C LEVE 	AASHTO	0,032	0,048			0,049
			USACE	0,034	0,050			0,054
	CAMINHÕES MÍDIOS E PESADOS	2C 	AASHTO	0,149	1,642			1,791
			USACE	0,100	7,000			7,100
		3C 	AASHTO	0,149	2,807			3,389
			USACE	0,100	7,000			17,438
		4C 	AASHTO	0,149	1,560			1,709
			USACE	0,100	7,800			7,500
	CAMINHÕES COM SEMI-REBOQUE (CARRETAS)	2S1 	AASHTO	0,149	2,394	2,394		4,937
			USACE	0,100	3,500	3,500		7,100
		2S2 	AASHTO	0,149	2,394	1,642		4,186
			USACE	0,100	3,500	7,000		10,600
		2S3 	AASHTO	0,149	2,394	1,560		4,103
			USACE	0,100	3,500	7,800		11,400
		3S2 	AASHTO	0,149	0,978	21,642		2,769
			USACE	0,100	4,000	7,000		11,100
		3S3 	AASHTO	0,149	0,978	1,560		2,687
			USACE	0,100	4,000	7,800		11,900
	CAMINHÕES COM REBOQUE (ROMEU E JULIETA)	2C2 	AASHTO	0,149	2,394	2,394	2,394	7,331
			USACE	0,100	3,500	3,500	3,500	10,600
		2C3 	AASHTO	0,149	2,394	2,394	2,394	6,916
			USACE	0,100	3,500	3,500	3,500	11,100
		3C2 	AASHTO	0,149	0,978	2,394	2,394	11,696
			USACE	0,100	4,000	3,500	3,500	23,438
		3C3 	AASHTO	0,149	0,978	2,394	2,394	8,431
			USACE	0,100	4,000	3,500	3,500	24,538
	"TREMINHÃO"	3C4 	AASHTO	0,149	0,978	0,978	0,978	3,883
			USACE	0,100	4,000	4,000	4,000	12,100

Fonte: Manual de estudos de tráfego DNIT (2006).

Tabela 38- Fatores de veículos para carga máxima (com tolerância).

FATORES DE VEÍCULOS PARA CARGA MÁXIMA (COM TOLERÂNCIA)								
CLASSE / TIPO		CONFIGURAÇÃO	F.V.	TIPOS DE EIXOS				F.V. (VEÍCULOS)
				1º	2º	3º	4º	
VEÍCULOS LEVES	CARROS DE PASSEIO		AASHTO					
		USACE						
	UTILITÁRIOS (PICK-UPS E FURGÕES)		AASHTO					
			USACE					
ÔNIBUS	ÔNIBUS ≅ 2C		AASHTO	0,327	2,394			2,721
		USACE	0,300	2,500			2,800	
	TRIBUS		AASHTO					
		USACE						
VEÍCULOS COMERCIAIS	CAMINHÃO LEVE (608 e F4000)	2C LEVE 	AASHTO	0,053	0,075			0,075
			USACE	0,054	0,079			0,074
	CAMINHÕES MÉDIOS E PESADOS	2C 	AASHTO	0,562	4,379			4,941
			USACE	0,438	7,303			7,738
		3C 	AASHTO	0,562	2,897			3,369
			USACE	0,438	17,609			17,438
		4C 	AASHTO	0,562	2,696			3,268
			USACE	0,438	16,500			16,938
	CAMINHÕES COM SEMI-REBOQUE (CARRETAS)	2S1 	AASHTO	0,562	4,379	4,379		9,320
			USACE	0,438	7,300	7,300		16,938
		2S2 	AASHTO	0,562	4,379	2,897		7,748
			USACE	0,438	7,300	17,000		24,738
		2S3 	AASHTO	0,562	4,379	2,696		7,637
			USACE	0,438	7,300	16,500		24,238
		3S2 	AASHTO	0,562	1,745	2,897		5,194
			USACE	0,438	8,400	17,000		25,838
		3S3 	AASHTO	0,562	1,745	2,696		5,093
			USACE	0,438	8,400	16,500		25,338
	CAMINHÕES COM REBOQUE (ROMEU E JULIETA)	2C2 	AASHTO	0,562	4,379	4,379	4,379	13,690
			USACE	0,438	7,303	7,300	7,300	22,338
		2C3 	AASHTO	0,562	4,379	4,379	1,745	11,066
			USACE	0,438	7,300	7,300	8,800	23,438
		3C2 	AASHTO	0,562	1,745	4,379	4,379	11,066
			USACE	0,438	8,400	7,300	7,300	23,438
		3C3 	AASHTO	0,562	1,745	4,379	1,745	8,431
			USACE	0,438	8,400	7,300	8,400	24,538
	"TREMINHÃO"	3C4 	AASHTO	0,562	1,745	1,745	1,745	5,797
			USACE	0,438	8,400	8,400	8,400	26,638

Fonte: Manual de estudos de tráfego DNIT (2006).

## 10 Análise VMDA

Conforme Manual de Restauração dos Pavimentos Asfálticos DNIT (2006), a determinação do número “N”, é preciso avaliar, conhecer:

- VMDA do trecho por tipo de veículo;
- Composição dos veículos por tipo e classe;
- Fator Climático Regional (adotado atualmente = 1)
- Fator de Veículo dos diversos tipos e classes de veículos;
- Fator de Distribuição Direcional do Tráfego;
- Ano de Abertura da Rodovia;
- Ano de Projeto da Rodovia;

O fator de distribuição direcional do tráfego para rodovias de pista simples é equivalente a 50%, esse valor inclui todos os tipos de veículos. Em rodovias de pista dupla, necessita-se considerar o tráfego incidente na faixa de tráfego mais solicitada, conforme Tabela 39.

Tabela 39– Incidências de veículos nas faixas de tráfego.

INCIDÊNCIA DE VEÍCULOS NAS FAIXAS DE TRÁFEGO (I.D.H.)			
	NÚMERO DE FAIXAS DE TRÁFEGO DA RODOVIA OU RUA	(P <sub>1</sub> )	
		VEÍCULOS COMERCIAIS	CARROS DE PASSEIO
		2 ou 3	50%
	4	45%	32%
	6 ou mais	40%	20%

RODOVIAS OU RUAS COM 2 OU 3 FAIXAS DE TRÁFEGO	CARROS DE PASSEIO.	50% ←	50% →	TOTAL: 100%		
	VEÍCULOS COMERCIAIS.	50% ←	50% →	TOTAL: 100%		
RODOVIAS OU RUAS COM 4 FAIXAS DE TRÁFEGO	CARROS DE PASSEIO	32% ←	18% →	32% ←	18% →	TOTAL: 100%
	VEÍCULOS COMERCIAIS	45% ←	5% →	5% →	45% ←	TOTAL: 100%
	<p>CONVENÇÃO:  - FAIXA DE PROJETO</p> <p> - SENTIDO DE TRÁFEGO</p>					
RODOVIAS OU RUAS COM 6 OU MAIS FAIXAS DE TRÁFEGO	CARROS DE PASSEIO	20% ←	30% →	30% ←	20% →	TOTAL: 100%
	VEÍCULOS COMERCIAIS	40% ←	10% →	10% →	40% ←	TOTAL: 100%
	<p>CONVENÇÃO:  - FAIXA DE PROJETO</p> <p> - SENTIDO DE TRÁFEGO</p>					

Fonte: Manual de estudos de tráfego DNIT (2006).

A equação que define o fator de veículo final do trecho, de acordo com Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006):

$$FV_{\text{final}} = \sum \frac{VMDA_v \times FV_v}{VMDA_f}$$

Onde:

$FV_{\text{final}}$  = Fator de veículo final;

$VMDA_v$  = Volume Médio Diário Anual do tipo do veículo na rodovia (futuro);

$VMDA_f$  = Volume Médio Diário Anual na rodovia dos Veículos de Carga;

$FV_v$  = Fator Veículo específico;

Taxa de Crescimento (TX)

A taxa de crescimento do VMDA é definida pela seguinte equação.

$$TX(\%) = \frac{VMDA_f - VMDA_i}{\frac{n-1}{VMDA_i \times 100}}$$

TX= Taxa de crescimento anual de veículos;

$VMDA_f$ = Volume médio diário anual do último ano da série histórica;

$VMDA_i$  = Volume médio diário anual do início da série histórica;

N= número de anos da série histórica.

### 10.1 Estudo de tráfego

O trecho analisado em estudo é importante ressaltar que os dados obtidos foram através de pesquisa bibliográfica no Departamento de Estradas de Rodagem de MG (DER-MG) da 10ª Coordenadoria Regional de Varginha –MG.

Foi coletado informações sobre os últimos estudo da via em estudo, trecho BR-267 Cambuquira MG/ Conceição Rio Verde MG, em 2013. Foi realizado um estudo de série histórica

visando obter resultados da taxa de crescimento do VMDA, admitindo assim a sua projeção futura, conforme Tabela 40 e 41

Tabela 40- Série Histórica do VMDA 2008 da Rodovia BR-267 trecho em estudo.

Rede de conservação			10ª Coordenadoria Regional de Varginha					
Rodovia	Superfície		Contagem volumétrica de tráfego - 2008					
Trecho	Categoria	Revestimento	Passeio	Coletivo	Carga Leve	Carga Média	Carga Pesada	VMDA*AT
BR 267 - CAMBUQUIRA MG / CONCEIÇÃO DO RIO VERDE MG	PAV	CBUQ	1800	178	275	414	269	2936

Fonte: Boletim Rodoviário do DER-MG (2008)

Tabela 41- Série Histórica do VMDA 2008 da Rodovia BR-267 trecho em estudo.

Rede de conservação			10ª Coordenadoria Regional de Varginha					
Rodovia	Superfície		Contagem volumétrica de tráfego - 2013					
Trecho	Categoria	Revestimento	Passeio	Coletivo	Carga Leve	Carga Média	Carga Pesada	VMDA*AT
BR 267 - CAMBUQUIRA MG / CONCEIÇÃO DO RIO VERDE MG	PAV	CBUQ	2502	123	550	207	337	3719

Fonte: Boletim Rodoviário do DER-MG (2013)

### 10.1.1 Taxa de Crescimento Anual

Essa taxa de crescimento anual tem o objetivo de demonstrar o crescimento de veículos nas via em estudo, este fator é principal para definir a projeção futura.

Contudo isso, a equação onde se desenvolve a taxa de crescimento é obtida de acordo:

$$TX(\%) = \frac{3719-2936}{\frac{5-1}{2936 \times 100}} = 6,66 \% \text{ ao ano}$$

### 10.1.2 VMDA Atual

De acordo com a série histórica obtida, com os resultados podemos analisar e definir o VMDA do ano atual (2016), portanto abaixo a equação que se define o VMDA atual:

$$\text{VMDA 2016} = 3719 \times (1 + 6,66\%)^3 = 4513 \text{ Veículos/dia.}$$

### 10.1.3 VMDA Projeção Futura

De acordo com dados obtidos pelo VMDA atual é possível definir o VMDA de projeção futura, conforma equação abaixo:

$$\text{VMDA 2026} = 4513 \times (1 + 6,66\%)^{10} = 8599 \text{ Veículos/dia.}$$

### 10.1.4 Determinação da espessura do pavimento asfáltico

Para se obter o resultado final da espessura do revestimento betuminoso, será preciso determinar o Número “N”, através da equação abaixo, que posteriormente a espessura mínima no revestimento asfáltico.

$$N = 365 \times 8599 \times 5,532 \times 1,00 \times 0,50 = 8,681 \times 10^6$$

Com base no quadro espessura mínima de revestimento betuminoso, a espessura do revestimento é determinada:

$$5 \times 10^6 < 8,681 \times 10^6 <= 10^7$$

Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) = 7,50 cm.



## **11 Memorial Descritivo**

Execução dos serviços de Engenharia para execução de demolição do trecho asfáltico localizado BR 267 - KM 337,50 a KM 344,50 entre Conceição do Rio Verde Minas Gerais a Cambuquira Minas Gerais para reconstrução da pavimentação asfáltica, (Remoção do pavimento existente, limpeza, base, imprimação, pintura de ligação, capeamento e conservação).

### **11.1 Objetivo**

O presente memorial descritivo tem como finalidade de orientar e especificar a execução dos serviços, estabelecendo as condições para uso dos materiais e emprego dos equipamentos a serem utilizados na obra em questão.

O serviço trata-se da execução na BR 267 Km 337,50 a Km 344,50 com principal objetivo de reconstruir a via onde foi realizado vários estudos comprovando a emergência de uma manutenção, conservação periódica e conservação emergencial. Os serviços deverão ser realizados de acordo com as necessidades do local, a fim de que o mesmo tenha condições satisfatórias de uso. A execução deve ser feita com a utilização de boas técnicas de engenharia e com emprego materiais de primeira qualidade e a medição final será realizada por um levantamento topográfico.

#### **11.1.1 Informações do projeto**

##### **11.1.1.1 Remoção do pavimento existente**

Será necessário a remoção do pavimento existente nos locais onde a pavimentação está em situação de conservação emergencial, será removida 27,5 cm de pavimento onde será executada novamente 20 cm de base e 7,5 cm de asfalto conforme os cálculos realizados sobre os ensaios de extração de betume do determinado trecho.

#### 11.1.1.2 Execução da Base

A base a ser executada obterá uma espessura de 20cm constituinte do seguinte material 100% Bica corrida, será lançado o material acima do subleito, tratado, nivelado conforme greide e emudecido, será de responsabilidade da contratante o transporte e fornecimento do agregado.

#### 11.1.1.3 Imprimação

Consiste na aplicação de camada do material betuminoso sobre a superfície granular concluída (Base), a imprimação terá como objetivo de proteger a base contra retrações, impermeabilizar e permitir condições de aderência entre o revestimento a ser implantado o capeamento, incluindo transporte do material betuminoso e agregados até a usina.

Os ligantes betuminosos empregado na imprimação serão do tipo “asfalto diluídos CM-30”.

#### 11.1.1.4 Pintura de Ligação

Consiste na aplicação de ligante betuminoso do tipo RR-1C, sobre a superfície de base imprimada objetivando promover condições de aderência entre as camadas, incluindo transporte do material betuminoso e agregados da usina.

#### 11.1.1.5 Concreto Betuminoso

Execução de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) com material betuminoso (massa pronta), incluindo transporte do material betuminoso dentro do canteiro de obras, tem como objetivo de receber todo rolamento de veículos e disposta a melhorar, nos requisitos quanto a segurança, conforto e resistência ao desgaste.

Será utilizado o CAP 30/45, Brita 0, Pó de pedra e Areia, a massa deverá estar enquadrada na faixa C, onde a porcentagem de composição dos agregados deve ser a seguinte:

- 33,30% Brita 0
- 43,80% Pó de Pedra
- 22,9% Areia
- 4,80% CAP 30/45

É indispensável os ensaios de granulometria, densidade real, densidade aparente, e nos dias da aplicação os ensaios do teor de betume que deve estar na faixa de 4,8 a 5,2.

#### 11.1.1.6 Conservação

A conservação rodoviária compreende o conjunto de operações, periódicas e de emergência realizadas com objetivo de preservar as características técnicas e operacionais do sistema rodoviário e das instalações fixas, dentro de padrões de serviço estabelecidos.

As tarefas de conservação a ser realizado na BR-267 Km 337,50 a Km 344,50 segue abaixo:

Roçada manual – Consiste no corte da vegetação de pequeno porte na faixa de domínio com objetivo de melhorar a visibilidade e aspecto da rodovia.

Limpeza de valeta de corte – Consiste na remoção do entulho e dos sedimentos existentes.

Selagem de trinca – Em caso de trinca no pavimento se preciso realizar o enchimento de trincas e fissuras no revestimento betuminoso de modo a evitar maiores danos ao pavimento.

Remoção de lixo e entulho – Consiste em recolhimento, carga e transporte e descarga em local predeterminado de lixo e entulho.

Substituição de balizador – Consiste na substituição de balizador.

Pintura (Caição) – Consiste na pintura de cal de sarjetas, meio fio, muros, guarda-corpos ou quaisquer outras superfícies, visando melhorar a visibilidade e aumentar a segurança dos usuários.

Lama asfáltica – Consiste na aplicação de uma mistura fluída de agregado miúdo, filler, emulsão asfáltica e água, em proporções definidas.

## 12 Orçamento

Tabela 42- Orçamento de remoção de pavimento

<b>COMPOSIÇÃO DE CUSTO</b>			
<b>SERVIÇO</b>			
<b>Remoção do Pavimento existente, Limpeza, Subleito, Base, Imprimação, Pintura Capeamento e Conservação.</b>			
Item	Descrição	Unidade	Área Total
<b>1</b>	<b>Rodovia BR 267 KM 337,50 a 344,50</b>	<b>M²</b>	<b>49.000,00</b>

<b>REMOÇÃO DO PAVIMENTO</b>			
Área total de abertura	<b>49.000,00</b>	<b>M²</b>	<b>METAS DE PRODUÇÃO</b>
% Empolamento	<b>35,00</b>	<b>%</b>	
Espessura da Caixa	<b>27,50</b>	<b>Cm</b>	<b>10.000,00</b>
<b>TOTAL EM M³</b>	<b>18.191,25</b>	<b>M³</b>	

Composição Unitária	Unid	Quantidade	Custo Unitário	Custo	<b>COMPOSIÇÃO TOTAL</b>	
					Qtde Total	Custo Total
Patrol	HR	0,0007	75,00	0,05	11,82	886,82
Operador de Patrol	HR	0,0008	21,50	0,02	14,55	312,89
Pá Carregadeira	HR	0,0007	55,00	0,04	11,82	650,34
Operador de Carregadeira	HR	0,0008	15,00	0,01	14,55	218,30
Transporte de Material	HR	1,0000	3,50	3,50	18.191,25	63.669,38
Deslocamento	Unid	3,0000	4,50	13,50	170,00	765,00

<b>CUSTO TOTAL REMOÇÃO DO PAVIMENTO M²</b>	<b>R\$</b> <b>1,36</b>	<b>CUSTO TOTAL REMOÇÃO DO PAVIMENTO</b>	<b>R\$</b> <b>66.502,72</b>
--	---------------------------	---	--------------------------------

Fonte: O autor (2016)

Tabela 43- Composição de equipamentos para remoção de pavimentos

QTDE	DESCRIÇÃO	UNID	QTDE UN	VL. UNIT. MÉDIO
1,00	Patrol	HR	6,50	75,00
1,00	Operador Patrol	HR	8,00	21,50
1,00	Pá Carregadeira	HR	6,50	55,00
1,00	Operador Pá Carregadeira	HR	8,00	15,00
3,00	Transporte Terceirizado	HR	1,00	1,00

\*Deslocamento 170 km ida e volta

Fonte: O autor (2016)

Tabela 44-Orçamento de execução de base

## EXECUÇÃO DA BASE

Área total de base	49.000,00		METAS DE PRODUÇÃO	
Espessura da base	20,00	Cm	1.500,00	M <sup>2</sup>

## Memória de Cálculo de Base

ÁREA EM M <sup>2</sup>	ETAPA	ESPESSURA	COMPACTAÇÃO / PERDA
49.000,00	Lançamento Material de Base	0,2	32,00%

% Bica Corrida	100,00%
----------------	---------

Un.	Valor Un	Frete	Custo Un. Total	Qtde. Total	Custo Total Produto
TN	26,00	10,00	36,00	23.284,80	<b>R\$ 838.252,80</b>
Valor total material de base					<b>R\$ 838.252,80</b>
Valor de material de base por m <sup>2</sup>					<b>R\$ 17,11</b>

COMPOSIÇÃO UNITÁRIA	UN ID	QTDE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO
Patrol	HR	0,0047	75,00	0,35
Operador Patrol	HR	0,0053	21,50	0,11
Rolo Compactador - Pata	HR	0,0043	55,00	0,24
Operador de Rolo Compactador	HR	0,0053	15,00	0,08
Trator de Pneu com Grade	HR	0,0040	35,00	0,14
Operador de Trator	HR	0,0053	10,20	0,05
Caminhão Pipa	HR	0,0047	40,00	0,19

COMPOSIÇÃO TOTAL	
Qtde Total	Custo Total
228,67	17.150,00
261,33	5.618,67
212,33	11.678,33
261,33	3.920,00
196,00	6.860,00
261,33	2.665,60
228,67	9.146,67

Fonte: O autor (2016)

Continuação Tabela 44- orçamento de execução de base

Motorista Pipa	HR	0,0053	13,50	0,07	261,33	3.528,00
Pá Carregadeira	HR	0,0047	55,00	0,26	228,67	12.576,67
Operador Pá Carregadeira	HR	0,0053	15,00	0,08	261,33	3.920,00
Rolo Compactador - Chapa	HR	0,0017	36,00	0,06	81,67	2.940,00
Operador de Rolo Compactador	HR	0,0027	11,50	0,03	130,67	1.502,67
Caminhão Truck	HR	0,0053	60,00	0,32	261,33	15.680,00
Motorista Truck	HR	0,0053	12,50	0,07	261,33	3.266,67
Transporte de material	HR	0,0053	35,00	0,19	261,33	9.146,67

<b>CUSTO TOTAL BASE M²</b>	<b>R\$</b> <b>19,34</b>
----------------------------	----------------------------

<b>CUSTO TOTAL REMOÇÃO DO PAVIMENTO</b>	<b>R\$</b> <b>109.599,93</b>
---	---------------------------------

**CUSTO TOTAL REMOÇÃO DO PAVIMENTO**

**R\$**  
**947.852,73**

Fonte: O autor (2016)

Tabela 45-Composição de equipamentos para execução de base

QTDE	DESCRIÇÃO	UNID	QTDE UN	VL. UNIT. MÉDIO
1,00	Patrol	HR	7,00	75,00
1,00	Operador Patrol	HR	8,00	21,50
1,00	Rolo Compactador Pata	HR	6,50	55,00
1,00	Operador de Rolo Compactador	HR	8,00	15,00
1,00	Trator de Pneus com Grade	HR	6,00	35,00
1,00	Operador de Trator	HR	8,00	10,20
1,00	Caminhão Pipa	HR	7,00	40,00
1,00	Motorista Pipa	HR	8,00	13,50
1,00	Pá Carregadeira	HR	7,00	55,00
1,00	Operador Pá Carregadeira	HR	8,00	15,00
1,00	Rolo Compactador Chapa	HR	2,50	36,00
1,00	Operador de Rolo Compactador	HR	4,00	11,50
1,00	Caminhão Truck	HR	8,00	60,00
1,00	Motorista Truck	HR	8,00	12,50
1,00	Transporte Terceirizado	HR	8,00	35,00

Fonte: O autor (2016)

Tabela 46- Orçamento de impressão

<b>IMPRIMAÇÃO / CM 30</b>		
Área total de base	<b>49.000,00</b>	
Litros x M <sup>2</sup>	<b>0,80</b>	<b>Cm</b>
<b>METAS DE PRODUÇÃO</b>		
	<b>5.000,00</b>	<b>M<sup>2</sup></b>

CM 30	Un.	Valor Un	Armazenagem	Custo Un. Total	Qtde. Total	Custo Total Produto
	Lt	2,45	0,15	2,60	39.200,00	<b>R\$ 101.920,00</b>
Valor total material de Impressão						<b>R\$ 101.920,00</b>
Valor de material de Impressão por m <sup>2</sup>						<b>R\$ 2,08</b>

COMPOSIÇÃO UNITÁRIA	UNID	QTDE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO	COMPOSIÇÃO TOTAL	
					Qtde Total	Custo Total
Caminhão Espargidor	HR	0,0013	45,00	0,06	63,70	2.866,50
Motorista Espargidor	HR	0,0016	15,60	0,02	78,40	1.223,04
Ajudante Espargidor	HR	0,0013	11,20	0,01	63,70	713,44
Deslocamento	DIA	0,0002	35,00	0,01	9,80	343,00

<b>CUSTO TOTAL IMPRIMAÇÃO</b>	<b>R\$</b>
<b>M<sup>2</sup></b>	<b>2,19</b>

<b>CUSTO TOTAL IMPRIMAÇÃO</b>	<b>R\$</b>
	<b>5.145,98</b>

<b>CUSTO TOTAL IMPRIMAÇÃO</b>	<b>R\$</b>
	<b>107.065,98</b>

Fonte: O autor (2016)

Tabela 47- Composição de equipamentos para impressão

QTDE	DESCRIÇÃO	UNID	QTDE UN	VL. UNIT. MÉDIO
1,00	Caminhão Espargidor	HR	6,50	45,00
1,00	Motorista Espargidor	HR	8,00	15,60
1,00	Ajudante Espargidor	HR	6,50	11,20

Fonte: O autor (2016)

Tabela 48- Orçamento de pintura de ligação

<b>PINTURA DE LIGAÇÃO - RR 1C</b>					
Área total de base	<b>49.000,00</b>		<b>METAS DE PRODUÇÃO</b>		
%Diluição RR1C	<b>75,00</b>	<b>%</b>	<b>2.500,00</b>		<b>M²</b>
Litros x M²	<b>0,80</b>	<b>Cm</b>			

Un.	Valor Un	Armazenagem	Custo Un. Total	Qtde. Total	Custo Total Produto
Lt	1,67	0,10	1,77	29.400,00	<b>R\$ 52.038,00</b>
Valor total material de Imprimação					<b>R\$ 52.038,00</b>
Valor de material de Imprimação por m²					<b>R\$ 1,06</b>

COMPOSIÇÃO UNITÁRIA	UNID	QTDE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO	COMPOSIÇÃO TOTAL	
					Qtde Total	Custo Total
Caminhão Espargidor	HR	0,0026	45,00	0,12	127,40	5.733,00
Motorista Espargidor	HR	0,0032	15,60	0,05	156,80	2.446,08
Caminhão Pipa	HR	0,00004	45,00	0,00	2,00	90,00
Deslocamento	DIA	0,0004	35,00	0,01	19,60	686,00

<b>CUSTO TOTAL IMPRIMAÇÃO M²</b>	<b>R\$ 1,24</b>
----------------------------------	-----------------

<b>CUSTO TOTAL IMPRIMAÇÃO</b>	<b>R\$ 8.955,08</b>
-------------------------------	---------------------

<b>CUSTO TOTAL IMPRIMAÇÃO</b>	<b>R\$ 60.993,08</b>
-------------------------------	----------------------

Fonte: O autor (2016)

Tabela 49- Composição de equipamentos para pintura de ligação

QTDE	DESCRIÇÃO	UNID	QTDE UN	VL. UNIT. MÉDIO
1,00	Caminhão Espargidor	HR	6,50	45,00
1,00	Motorista Espargidor	HR	8,00	15,60
	Caminhão Pipa	HR		45,00

Fonte: O autor (2016)



Tabela 50-Orçamento de execução de capeamento

<b>EXECUÇÃO DE CAPEAMENTO</b>						
Área total de CBUQ	<b>49.000,00</b>		<b>METAS DE PRODUÇÃO</b>			
Espessura do asfalto	<b>7,50</b>	<b>Cm</b>	<b>4.000,00</b>		<b>M²</b>	
<b>CBUQ</b>	Un.	Valor Un	Frete	Custo Un. Total	Qtde. Total	Custo Total Produto
	TN	152,00	12,60	164,60	8.820,00	<b>R\$ 1.451.772,00</b>
	Valor total material de capeamento					<b>R\$ 1.451.772,00</b>
	Valor de material de capeamento por m²					<b>R\$ 29,63</b>
<b>COMPOSIÇÃO UNITÁRIA</b>					<b>COMPOSIÇÃO TOTAL</b>	
	UNID	QTDE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO	Qtde Total	Custo Total
Pavimentadora	HR	0,0018	45,00	0,08	85,75	3.858,75
Operador Pavimentadora	HR	0,0020	17,00	0,03	98,00	1.666,00
Rolo Pneu	HR	0,0013	35,00	0,04	61,25	2.143,75
Operador Rolo Pneu	HR	0,0020	13,00	0,03	98,00	1.274,00
Rolo Chapa	HR	0,0013	35,00	0,04	61,25	2.143,75
Operador Rolo Chapa	HR	0,0020	12,00	0,02	98,00	1.176,00
Caminhão de Transporte	HR	0,0018	36,00	0,06	85,75	3.087,00
Encarregado de Asfalto / Motorista	HR	0,0020	18,50	0,04	98,00	1.813,00
Operador Mesa Acabadora	HR	0,0020	15,00	0,03	98,00	1.470,00
Rasteiros / Ajudantes Gerais	HR	0,0020	12,50	0,03	98,00	1.225,00
Rasteiros / Ajudantes Gerais	HR	0,0020	11,50	0,02	98,00	1.127,00
Mobilização / Desmobilização	HR	0,0010	11,50	0,01	49,00	563,50
<b>CUSTO TOTAL CAPEAMENTO</b>				<b>R\$ 30,07</b>	<b>CUSTO TOTAL CAPEAMENTO</b>	
					<b>R\$ 21.547,75</b>	
<b>CUSTO TOTAL CAPEAMENTO</b>						<b>R\$ 1.473.319,75</b>

Fonte: O autor (2016)

Tabela 51-Composição de equipamentos para execução de capeamento

QTDE	DESCRIÇÃO	UNID	QTDE UN	VL. UNIT. MÉDIO
1,00	Pavimentadora	HR	7,00	45,00
1,00	Operador Pavimentadora	HR	8,00	17,00
1,00	Rolo Pneu	HR	5,00	35,00
1,00	Operador Rolo Pneu	HR	8,00	13,00
1,00	Rolo Chapa	HR	5,00	35,00
1,00	Operador Rolo Chapa	HR	8,00	12,00
1,00	Caminhão de Transporte	HR	7,00	36,00
1,00	Encarregado de Asfalto / Motorista	HR	8,00	18,50
1,00	Operador Mesa Acabadora	HR	8,00	15,00
1,00	Rasteiros / Ajudantes Gerais	HR	8,00	12,50
1,00	Rasteiros / Ajudantes Gerais	HR	8,00	11,50
1,00	Mobilização / Desmobilização	HR	4,00	11,50
Frete			12,6	

Fonte: O autor (2016)

Tabela 52-Orçamento de conservação e outros

## CONSERVAÇÃO E OUTROS

COMPOSIÇÃO UNITÁRIA	UNID	QTDE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO	COMPOSIÇÃO TOTAL	
					Qtde Total	Custo Total
Topografia	DIA	1,0000	4.900,00	4.900,00	4.900,00	4.900,00
Documentação (ART)	VB	1,0000	250,00	250,00	250,00	250,00
Laboratório	DIA	1,0000	4.900,00	4.900,00	4.900,00	4.900,00
Ferramentas	VB	1,0000	400,00	400,00	400,00	400,00
Placa de Obra	VB	1,0000	200,00	200,00	200,00	200,00
Limpeza - Conservação	DIA	1,0000	11,20	11,20	49.000,00	548.800,00

<b>CUSTO TOTAL CONSERVAÇÃO E OUTROS M<sup>2</sup></b>	<b>R\$ 11,42</b>
---	------------------

<b>CUSTO TOTAL CONSERVAÇÃO E OUTROS</b>	<b>R\$ 559.450,00</b>
---	-----------------------

<b>CUSTO TOTAL CONSERVAÇÃO E OUTROS</b>	<b>R\$ 559.450,00</b>
---	-----------------------

Fonte: O autor (2016)

Tabela 53- Composição de equipe técnica e outros

QTDE	DESCRIÇÃO	UNID	QTDE UN	VL. UNIT. MÉDIO
	Topografia	DIA		
	Documentação (ART)	VB		
	Laboratório	DIA		
	Ferramentas	VB		
	Placa de Obra	VB		
6,00	Funcionários	HR	7,00	11,20

Fonte: O autor (2016)

Tabela 54-Custo Total

<b>CUSTO POR M<sup>2</sup></b>	<b>R\$ 65,616</b>	<b>PREÇO FINAL DE VENDA</b>	<b>R\$ 4.018.980,33</b>
<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$ 3.215.184,26</b>		

Fonte: O autor (2016)

## 13 CONCLUSÃO

De acordo com os dados impostos durante toda a pesquisa e a realização do trabalho, foi analisado e realizado os ensaios para controle tecnológico, sempre observando as especificações e regulamentações respectivas das normas técnicas, verificando a qualidade do asfalto aplicado na Rodovia BR-267 entre o trecho Cambuquira MG / Conceição do Rio Verde MG, os dados atribuídos em relação ao pavimento existente que demonstra a situação real de toda a estrutura.

Os resultados obtidos de acordo com a avaliação superficial das patologias, mostra claramente que o trecho sofre por influência da carência de conservação juntamente pelo crescimento e a intensidade dos veículos, o que resultou em um valor de crescimento de 6,66% ao ano, conforme dados obtidos pelo VMDA (Volume Médio Diário Anual) do trecho em estudo. Contudo isso, futuramente o trecho estará sofrendo maiores carregamentos em sua estrutura devido ao crescimento anual de veículos.

Além disso, dentro dos ensaios realizados em laboratório os problemas de patologias evidenciem que tecnicamente estão relacionados às dosagens realizadas para aplicação da massa asfáltica, onde a porcentagem de betume está abaixo conforme solicitada pela porcentagem de betume de projeto, ou seja,  $4,64 < 5,10$ . Deste modo, vários fatores influenciam o resultado final, como a falta de compactação sobre a estrutura asfáltica, ou seja, tudo que envolve o preenchimento de vazios nas amostras de revestimento asfáltico.

Sobre as considerações finais foram analisados por meio de diagnósticos laboratoriais, registros fotográficos, em que o trecho em estudo necessita urgentemente de restaurações, manutenções e conservações visto que a situação real está relacionada também aos dados dos valores de VSA (Valor de Serventia Atual) que está em situação crítica, promovendo aos usuários risco de segurança, conforto e economia.

O VSA médio traduz visivelmente como está a situação do trecho, o valor obtido do VSA médio de 2,15 enquadra pela norma do DNIT 008/2013 que o trecho está apresentando trincas, buracos superficiais, irregularidades longitudinal e transversal, o que está ocorrendo de fato no trecho em estudo.

Finalizando, será preciso remover todo pavimento existente devido ao grau de deterioração apresentado sobre o pavimento e principalmente pelos os estudos concretizados, e assim trabalhar a estrutura iniciando-se pela base na espessura de 20,0 cm, realizando o controle tecnológico, grau de compactação, controle de umidade, e aplicando o capeamento onde será executado com 7,50 cm, onde o resultado mencionado da espessura do capeamento foi atribuído pelo cálculo do número N,

lembrando que o teor de betume tem que estar enquadrado na respectiva faixa de dosagem em estudo.

Enfim o objetivo geral e principal foi auxiliar e diagnosticar a patologia na compreensão de enfatizar que o trecho necessita urgentemente de uma reconstrução principalmente pelo fato em que os materiais e os procedimentos de execução no determinado trecho não foi realizado e executado conforme os procedimentos das normas técnicas o que trouxe aos usuários, desconforto e insegurança na pista de rolamento.

## REFERÊNCIAS

ABERDA, **Manual Básico de Emulsões Asfálticas**: Orientações básicas para execução de pavimentação asfáltica, Rio de Janeiro, 2010.

ABRAM, Isaac **Manual Prático de Terraplenagem**: Terraplenagem, Rocha: Salvador, 2000.

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica**: Materiais, projeto e restauração. São Paulo, Oficina de textos, 2007.

BERNUCCI, L.B **Pavimentação Asfáltica**: formação para engenheiros, Rio de Janeiro, Petrobrás, 2008.

CNT – Confederação Nacional de Transporte, **Pesquisa CNT de Rodovias**, Brasília, 2015.  
DER/MG – Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais, **Boletim Rodoviário**. Belo Horizonte. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7207/1982** – Terminologia e classificação de Pavimentação. Rio de Janeiro, 1982.

DER/MG – Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais, **Boletim Rodoviário**. Belo Horizonte. 2013

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Pavimentos Flexíveis – Concreto Asfáltico - Especificação do serviço, DNIT 031/2006 – ES**. Rio de Janeiro. 2006.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Pavimentos Flexíveis – Lama Asfáltica - Especificação do serviço, DNIT 314/1997 – ES**. Rio de Janeiro. 2009.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, **Defeitos nos pavimentos flexíveis, e semi rígidos, DNIT 005/2003 – TER**, Rio de Janeiro, 2003.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestutura de Transportes, **Manual de Conservação Rodoviária**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2006.

GOOGLE EARTH-MAPAS. Disponível em:<mapas.google.com> Acessado em 29 mar 2016.

MT – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Misturas Betuminosas –DNER – ME 053/94**, Rio de Janeiro 1994.

SILVA, Paulo Fernando A. **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos: Pavimentos e reparos**, São Paulo, 2005.

WLASTERMILER DE SENÇO – **Manual de Técnicas de Pavimentação: Pavimentação**, São Paulo, 2007.

TCPO. **Tabela de Composição de Preços para Orçamentos**. São Paulo: PINI, 2012.640p.