

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ALINE DE PADUA ALCÂNTARA

**AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS EM DUAS RUAS DO
BAIRRO BOM PASTOR NA CIDADE DE VARGINHA - MG**

Varginha

2017

ALINE DE PADUA ALCÂNTARA

**AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS EM DUAS RUAS NO
BAIRRO BOM PASTOR NA CIDADE DE VARGINHA - MG**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação da Prof^a. M^a Luana Bernardete Dariva.

Varginha
2017

ALINE DE PADUA ALCÂNTARA

**AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NO BAIRRO BOM
PASTOR NA CIDADE DE VARGINHA - MG**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia civil do
Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito
para obtenção do grau de bacharel pela Banca
Examinadora composta pelos membros:
Orientadora: Prof. Luana Bernardete Dariva.

Aprovado em / /

Prof. M. Luana Bernardete Dariva

Prof.

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho à minha família que sempre esteve presente desde o início dessa jornada incentivando-me e não me deixando enfraquecer em momento algum.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por sempre guiar e iluminar meus passos, aos meus pais por me propiciarem toda a possibilidade e incentivo durante toda minha formação acadêmica, aos professores e colegas de classe e em especial minha avó M^a Aparecida por ter acompanhado, orado e torcido para que tudo desse certo ao longo dessa trajetória.

“Só é digno da liberdade, como da vida, aquele
que se empenha em conquistá-la.”
Johann Goethe

RESUMO

Este presente trabalho teve como objetivo avaliar a superfície do pavimento flexível urbano de duas vias específicas, localizadas no bairro Bom Pastor no município de Varginha – MG, de acordo com sua capacidade de proporcionar ao usuário uma boa condição de trafegabilidade, levando em consideração o conforto, a economia e a segurança dada ao usuário. A partir do estudo das vias, foram identificadas suas principais patologias e então avaliadas a condição de tráfego de cada uma, avaliando-as com nota de 0 a 5 de VSA (Valor de Serventia Atual). Posteriormente foi levado em consideração os dados obtidos para a proposição de melhorias para ambas as vias e feito uma estimativa de custos para tais.

Palavras-chave: Avaliação Superficial do Pavimento, Patologias do Pavimento Flexível, Valor de Serventia Atual.

ABSTRACT

This study was to evaluate the surface of the flexible pavement urban of two specific streets, localized in the Bom Pastor in the Varginha municip, MG, according their capacity to propitiate to the user a good condition of trafegability, taking into account the confort, the economy and the security ofered to user. Trought the study of the streets was identified their mains pathologies and so evaluated the condition of trafic in each street evaluate them with notes frmo 0 to 5 of VSA (Current Value Usefulness). Subsequently, the data obtained for the proposition of improvements for both streets was taken into account and an estimate of costs for such routes was made.

Keywords: *Current Service Value, Pathologies of the Flexible Pavement, Surface Evaluation of Pavemetn.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esforços em camada do pavimento	18
Figura 2 – Corte transversal pavimento flexível típico.....	19
Figura 3 – Trinca isolada transversal longa	23
Figura 4 – Trincas	23
Figura 5 – Trinca de retração	24
Figura 6 – Trinca interligada tipo jacaré.....	24
Figura 7 – Trinca interligada tipo bloco	25
Figura 8 – Afundamento	25
Figura 9 – Ondulação.....	26
Figura 10 – Escorregamento	26
Figura 11 – Exsudação.....	27
Figura 12 – Desgaste.....	27
Figura 13 – Panela/Buraco.....	28
Figura 14 – Remendo.....	28
Figura 15 – Recapeamento	31
Figura 16 – Curva serventia e tempo de utilização.....	33
Figura 17 – Bairro Bom Pastor	47
Figura 18 – Trechos Av. Arthur Salviolo Lima.....	48
Figura 19 – Trechos R. Tenente Joaquim Pinto.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Termos aplicáveis a camadas de revestimento asfáltico	21
Tabela 2 - Níveis de serventia (DNIT, 2003b)	33
Tabela 3 - Valor do fator de ponderação	36
Tabela 4- Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG	37
Tabela 5 - Fatores de equivalência de carga da AASHTO	43
Tabela 6 - Fatores de equivalência de carga do USACE	43
Tabela 7 - Trechos Av. Arthur Salviolo Lima	49
Tabela 8 - Trechos R. Tenente Joaquim Pinto	49
Tabela 9 - Estudo de caso 1 - Trecho 1 - 2	50
Tabela 10 - Estudo de caso 1 - Trecho 2 - 3	51
Tabela 11 - Estudo de caso 1 - Trecho 3 - 4	52
Tabela 12 - Estudo de caso 1 - Trecho 4 - 5	53
Tabela 13 - Estudo de caso 1 - Trecho 5 - 6	54
Tabela 14 - Estudo de caso 1 - Trecho 6 - 7	55
Tabela 15 – Estudo de caso 1 - Trecho 7 - 8	56
Tabela 16 – Estudo de caso 2 -Trecho 1 - 2	58
Tabela 17 - Estudo de caso 2 - Trecho 2 - 3	59
Tabela 18 – Estudo de caso 2 - Trecho 3 - 4	60
Tabela 19 - Estudo de caso 2 - Trecho 4 - 5	61
Tabela 20 – Estudo de caso 2 - Trecho 5 - 6	62
Tabela 21 – Estudo de caso 2 - Trecho 6 - 7	63
Tabela 22 – Estudo de caso 2 - Trecho 7 - 8	64
Tabela 23 - Contagem Veículos	68
Tabela 24 - Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso	69
Tabela 25 - Estimativa de Custos Av. Arthur Salviolo Lima	70
Tabela 26 - Estimativa de Custos R. Tenente Joaquim Pinto	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - VSA Av. Arthur Salviolo Lima.....	57
Gráfico 2 - Nota VSA R. Tenente Joaquim Pinto.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS

DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente

LISTA DE SÍMBOLOS

ALC	Afundamento de Consolidação Local
ALP	Afundamento Plástico Locas
ATC	Afundamento de Consolidação da Trilha
ATP	Afundamento Plástico da Trilha
D	Desgaste
E	Escorregamento
EX	Exsudação
FC	Fator de Equivalência de Carga
FE	Fator Eixo
FI	Fissuras
FR	Fator Climático Regional
J	Trincas Tipo “Couro de Jacaré”
JE	Trincas Tipo “Couro de Jacaré” Com Erosão Nas Bordas
N	Número de Repetições do Eixo-Padrão
O	Ondulação
P	Panelas
R	Remendo
S	Solapamento
TB	Trincas Tipo Bloco
TBE	Trincas Tipo Bloco Com Erosão Nas Bordas
TLC	Trincas Longitudinais Curtas
TLL	Trincas Longitudinais Longas
TRR	Trincas de Retração
TTC	Trincas Transversais Curtas
TTL	Trincas Transversais Longas

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE Gráficos.....	10
LISTA DE ABREVIATURAS.....	11
LISTA DE SÍMBOLOS	12
SUMÁRIO	13
1 INTRODUÇÃO.....	16
2 OBJETIVO.....	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 Pavimento	18
3.2 Patologias do Pavimento Flexível	21
3.3 Tipos de Patologias	22
3.4 Causas dos Defeitos.....	28
3.5 Técnicas de Restauração de Pavimento.....	30
3.6 Avaliação Funcional do Pavimento	31
3.6.1 Avaliação Subjetiva da Superfície de Pavimentos flexíveis	31
3.6.2 Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos	34
3.7 Estudo de Tráfego.....	37
3.8 Dimensionamento do Pavimento	42
4 METODOLOGIA DO TRABALHO	46
4.1 Classificação da Pesquisa	46
4.2 O município de Varginha	46
4.3 Delimitação da região em estudo.....	47
5 PAVIMENTO EXISTENTE.....	48
5.1 O pavimento existente	48
5.2 Determinação do VSA	48
6 PROPOSIÇÃO DE MÉTODOS PARA ADEQUAÇÃO DO PAVIMENTO EXISTENTE	66
6.1 Solução – Av Arthur Salviolo Lima e Rua Tenente Joaquim Pinto.....	66
7 REPAROS E RECONSTRUÇÃO DAS VIAS	67
7.1 Determinação do Número N	67

7.1.1	Tráfego Futuro	67
7.2	Estimativa de custos	70
8	CONCLUSÃO.....	72
9	REFERÊNCIAS.....	73
10	ANEXOS.....	75

1 INTRODUÇÃO

O principal objetivo da pavimentação é assegurar aos usuários trafegabilidade em qualquer época e condição climática, proporcionando segurança, conforto e economia. Os esforços gerados pelo tráfego de veículos sob o solo fazem com que seja necessária a construção de uma estrutura, pois o solo por si só não é o bastante. A estrutura, denominada pavimento, é construída em camadas sobre o subleito e composta por materiais resistentes aos possíveis esforços solicitados, diminuindo assim as tensões e deformações causados pelo tráfego assegurando a via uma vida útil longa e com qualidade.

Quando se trata de materiais de construção, é inevitável que durante sua vida útil os mesmos sofram processo de danificação e deterioração, o que ocasiona alterações nas propriedades mecânicas fazendo com que o material se torne mais frágil. O tráfego intenso de veículos e as intempéries ajudam ainda mais na danificação e deterioração dos materiais. A perda de qualidade estrutural e ou funcional dos pavimentos faz surgir as patologias, ou defeitos, prejudicando a capacidade do pavimento exercer seu objetivo principal.

O presente trabalho analisa as principais patologias presentes na superfície dos pavimentos de duas ruas do bairro Bom Pastor, na cidade de Varginha – MG, a partir de um levantamento quantitativo da degradação presente na camada de revestimento em Concreto Betuminoso Usinado a Quente, CBUQ. Levando em conta que operações “tapa buraco” são constantemente feitas na cidade, principalmente após períodos chuvosos, torna-se fundamental quantificar e caracterizar as principais patologias encontradas e, também apontar possíveis causas e soluções para o problema que está diretamente ligado à segurança, conforto e economia do usuário. Apresentando ainda determinações que devem ser levadas em consideração na execução de medidas reparadoras e estimativa de custos para as mesmas.

2 OBJETIVO

Objetivo Geral:

Este trabalho tem como objetivo principal a análise e caracterização de patologias que ocorrem no pavimento flexível de duas ruas do bairro Bom Pastor, do município de Varginha - MG, identificando suas causas e efeitos aos usuários.

Objetivos Específicos:

Para que o objetivo principal fosse alcançado, foram necessários os seguintes objetivos específicos:

- Delimitar o bairro escolhido, Bom Pastor.
- Selecionar as vias coletoras dentro do bairro escolhido para estudo de caso.
- Levantamento em campo das patologias existentes nas vias.
- Caracterizar as patologias encontradas nas ruas coletoras escolhidas do bairro Bom Pastor do município de Varginha/MG.
- Utilizar os parâmetros estabelecidos no VSA para avaliação do pavimento.
- Propor possíveis soluções para os defeitos encontrados

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Pavimento

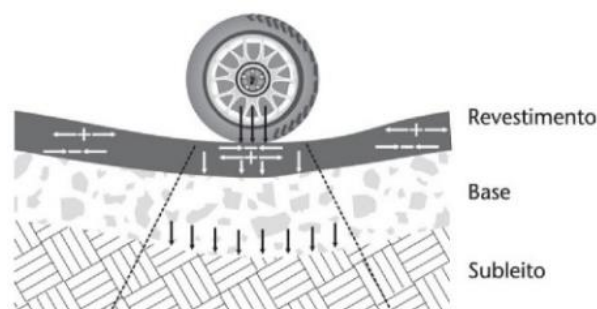
Segundo a NBR 7207/1982, o pavimento é uma estrutura composta por camadas de espessuras delimitadas, construída sobre uma superfície terraplenada com o objetivo técnico e econômico de resistir aos esforços resultantes pelo tráfego de veículos e pelo clima, possibilitando a melhora de rolamento, conforto e segurança aos usuários da via.

Considera-se então pavimento essa superestrutura composta pelo conjunto de camadas finitas sobre um plano, assentadas sobre um semi-espaço, a qual é designada de subleito (DNIT, 2006).

O pavimento rodoviário é de forma geral classificados em tipos: rígido, semirrígido e flexível. Existe uma tendência em denominar os pavimentos rígido e flexível como pavimentos de concreto de cimento Portland (ou concreto-cimento) e pavimentos asfálticos respectivamente.

O pavimento de concreto de cimento Portland, como o próprio nome já diz, são pavimentos cujo revestimento é feito em concreto de cimento Portland. A espessura desses pavimentos se dá em função da resistência à flexão das placas de concreto e das camadas subjacentes. O pavimento de concreto-cimento é composto pelas camadas subleito, sub-base e o revestimento conforme ilustrado na Figura 1. O revestimento de concreto Portland, com espessura de 20 cm, pode ser armado ou não por barras de aço e apresenta rigidez superior em relação as camadas inferiores, com isso a carga aplicada é praticamente absorvida por completo pelo mesmo (BERNUCCI et al, 2008).

Figura 1 - Esforços em camada do pavimento



Fonte: BALBO (2007)

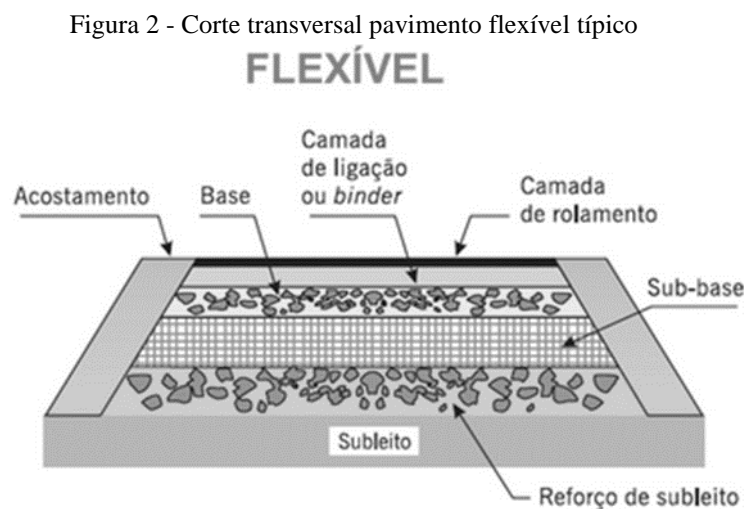
O pavimento semirrígido caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como, por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica (DNIT, 2006).

O pavimento flexível, podendo também ser denominado como pavimento asfáltico, possui revestimento asfáltico composto por agregados e ligante asfáltico. Normalmente os pavimentos flexíveis tem sua estrutura formada por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço de subleito. Todas as camadas sofrem deformação elástica significativa quando está sob efeito de carregamento, dessa forma a carga aplicada sob o mesmo se distribui entre as camadas em parcelas com equivalência aproximada. (BERNUCCI et al, 2006).

O Pavimento Flexível é uma estrutura não perene formada por camadas de materiais compactados de modo que seja durável e tenha o menor custo possível, consideradas diferentes perspectivas para serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação (BALBO, 2007).

O pavimento é estruturado para receber e transmitir esforços com o intuito de aliviar pressões sobre as camadas inferiores, que geralmente apresentam menor resistência, no entanto isso não é uma regra geral. Para funcionamento correto as camadas devem trabalhar conforme sua natureza e capacidade, de modo que rupturas e quaisquer danificações não ocorram de forma prematura (BALBO, 2007).

Segundo Bernucci et al (2008), os pavimentos flexíveis são formados por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito conforme Figura 2.



Fonte: BERNUCCI et al (2008)

A NBR 7207 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1982) define essas camadas como:

- a) Subleito: terreno de fundação do pavimento ou do revestimento;
- b) Sub-base: camada corretiva do subleito ou complementar a base, se não aconselhável por alguma situação construir o pavimento diretamente sobre o leito da terraplanagem;
- c) Base: destinada a resistir e distribuir os esforços verticais provenientes dos veículos;
- d) Revestimento: camada impermeável (tanto quanto possível) que recebe diretamente a ação do rolamento de veículos, destinada a resistir às ações do tráfego e melhorar as condições de rolamento dos veículos.

A camada do subleito recebe esforços impostos em sua superfície que serão amenizados em sua profundidade. Portanto é necessário dar maior atenção e preocupar-se com os estragos superiores, onde há atuação de maior grandeza dos esforços solicitantes, de 0,60 m a 1,50 m (BALBO, 2007).

O subleito será composto de material natural consolidado e compactado ou por material transportado e compactado (BALBO, 2007).

De acordo com Manual do DNIT (2006), reforço do subleito é uma camada de espessura constante com características inferiores ao material usado na camada superior a ele e melhor que o material usado no subleito.

Segundo a especificação de serviço DNIT ES 138/2010 o reforço do subleito é feito sobre o subleito compactado e regularizado, utilizada somente se houver a necessidade de reduzir espessuras elevadas presentes na sub-base.

A sub base é a camada complementar à base, usada quando a camada de base por alguma razão é muito espessa. Divide-se então a camada base em duas: base e sub-base, sendo a segunda geralmente de menor custo, por motivos econômicos e construtivos.

O Manual do DNIT (2006) conceitua que base é a camada designada a resistir e distribuir os esforços resultantes do tráfego e sobre a qual se dispõe o revestimento.

“Podem ser constituídas por solo estabilizado naturalmente, mistura de solos e agregados (solo-brita), brita graduada, brita gradada tratada com cimento, solo estabilizado quimicamente com ligante hidráulico ou asfáltico, concretos etc” (BALBO, 2007).

Bernucci et al (2008) define revestimento asfáltico como a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento e melhorar as condições de rolamento.

Os revestimentos asfálticos por razões técnicas, construtivas e de custo são regularmente subdivididos em duas ou mais camadas, sendo assim comuns nomenclaturas como “camada de rolamento” e “camada de ligação” para descrever a camada de revestimento composta por dois materiais diferentes. De acordo com o Tabela 1 é possível distinguir as possíveis camadas de revestimento asfáltico, de acordo com a terminologia empregada no meio rodoviário (BALBO, 2007).

Tabela 1 - Termos aplicáveis a camadas de revestimento asfáltico

Designação do Revestimento	Definição	Associações
Camada de rolamento	É a camada superficial do pavimento, diretamente em contato com as cargas e com ações ambientais	Camada de desgaste, capa de rolamento, revestimento
Camada de ligação	É a camada intermediária, também em mistura asfáltica, entre a camada de rolamento e base do pavimento	Camada de <i>binder</i> ou simplesmente <i>binder</i>
Camada de nivelamento	Em geral, é a primeira camada de mistura asfáltica empregada na execução de reforços (recapeamento), cuja função é corrigir os desníveis em pista, afundamentos localizados, enfim, nivelar o perfil do greide para posterior execução da nova camada de rolamento	Camada de reperfilagem ou simplesmente reperfilagem
Camada de reforço	Nova camada de rolamento, após anos de uso do pavimento existente, executada por razões funcionais, estruturais ou ambas	"Recape" e recapeamento são termos populares (usa-se também a expressão "pano asfáltico", que muitas vezes parece comprometer menos)

Fonte: Balbo (2007)

3.2 Patologias do Pavimento Flexível

As deformidades de superfície são danos ou deteriorações na superfície do pavimento asfáltico capazes de serem percebidas a olho nu e classificadas segundo uma terminologia normatizada pelo DNIT (DNIT 005/2003-TER-DNIT, 2003a) (BERNUCCI, 2008).

O conhecimento e classificação dos defeitos presentes na superfície do pavimento tem por finalidade a avaliação de conservação dos mesmos, contribuindo assim no alcance da solução tecnicamente devida para o problema ou indicar a(s) melhor(es) forma(s) de restauração do pavimento.

Os defeitos na superfície do pavimento podem aparecer precocemente, consequente de erros ou inadequações de projeto e/ou execução, ou a médio e longo prazo, devido à utilização da via e efeitos das intempéries.

Os erros causadores de defeitos precoces podem acontecer separada ou conjuntamente, dentre eles destacam-se: erros ou inadequações na seleção, na dosagem ou na produção do material, erros ou inadequações construtivas, erros ou inadequações nas alternativas de conservação e manutenção (BERNUCCI, 2008).

Para Bernucci et al (2008) quando há erro de projeto ele decorre de fatores correntemente ligados à dificuldade de prever o tráfego real que atuará no local. Essas dificuldades sucedem da falta de dados sobre o tráfego local ou ausência de planejamento estratégico regional, que resultam no desconhecimento da taxa de crescimento. Podem também ocorrer erros ou problemas dentro do projeto com dimensionamento estrutural seja por erro do próprio projeto ou erro quanto a previsão da capacidade de suporte dos materiais utilizados.

Podem ser ressaltados como erros e problemas construtivos espessuras menores que as especificadas em projeto, falta de compactação ou uso de técnica impropria nas camadas, entre outros.

3.3 Tipos de Patologias

De acordo com Norma do DNIT 005/2003, existem diversos tipos de patologias no pavimento flexível, definidas como:

Segundo Norma do DNIT 005/2003, fenda é qualquer descontinuidade presente na superfície do pavimento que leve a ocorrência de aberturas de pequeno ou grande porte. As fendas podem se apresentar de diversas formas, conforme descrito adiante.

Fissura (FI) é uma fenda, longitudinal, transversal ou oblíqua ao eixo da via, de largura capilar que pode ser vista somente a uma distância inferior a 1,50 m. O DNIT ressalta que, “fissuras são fendas incipientes que ainda não causam problemas funcionais ao revestimento, não sendo assim consideradas quanto à gravidade nos métodos atuais de avaliação das condições de superfície” (DNIT, 2003a).

Essas fendas são subdivididas quanto a tipologia da gravidade em classes de 1 a 3, onde *classe 1* são fendas com abertura não superior a 1mm, *classe 2* são fendas com abertura superior a 1 mm e *classe 3* são fendas com abertura superior a 1 mm e desagregação ou erosão junto às bordas (BERNUCCI et al, 2008).

Já trinca é uma fenda de fácil percepção com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se de duas formas: Trinca Isolada ou Trinca Interligada.

As trincas isoladas podem ser transversais curtas (TTC) ou transversais longas (TTL), longitudinais curtas (TLC) ou longitudinais longas (TLL) e trincas de retração. A trinca transversal manifesta-se em sua maioria na direção ortogonal ao eixo da via. Pode ser denominada quanto à sua extensão, sendo trinca transversal curta quando apresentar extensão de até 100 cm e trinca transversal longa quando sua extensão for maior que 100 cm, conforme Figura 3.

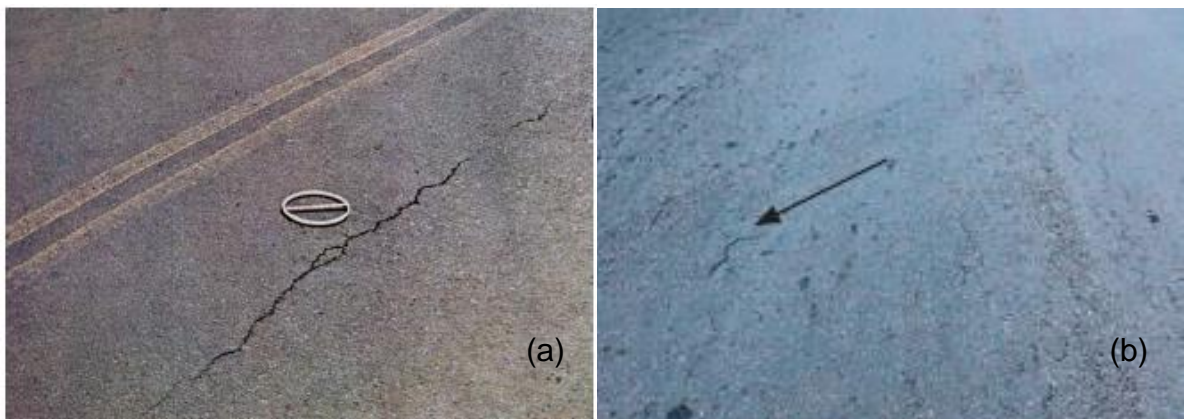
Figura 3 - Trinca isolada transversal longa



Fonte: DNIT 005/2003 - TER

Já a trinca longitudinal predominantemente se expressa na direção paralela ao eixo da via. Podendo também ser denominada quanto à sua extensão, trinca longitudinal curta quando sua extensão for menor que 100 cm e trinca longitudinal longa quando apresentar extensão superior a 100 cm conforme Figura 4.

Figura 4 – Trincas



(a) Trinca isolada longitudinal longa
Fonte: DNIT 005/2003 - TER

(b) Trinca isolada longitudinal curta
Fonte: BERNUCCI et al 2008

A trinca de retração não se remete aos fenômenos decorrentes da fadiga, essa trinca se atribui aos fenômenos de retração térmica ou do material utilizado no revestimento, base ou subjacentes ao revestimento, visível na Figura 5.

Figura 5 - Trinca de retração



Fonte: BERNUCCI et al 2008

As trincas interligadas são subdivididas em trincas tipo “couro de jacaré” (J) e trincas de bloco (TB). Essas trincas podem ou não retratar erosão acentuada nas bordas, sendo denominadas como trinca tipo jacaré (JE) e trinca de bloco (TBL) quando as mesmas apresentam erosão nas bordas.

A trinca tipo couro de jacaré não se apresentam de forma padronizada geometricamente e são geralmente causadas pela fadiga do revestimento asfáltico. Recebem esse nome pois sua aparência se assemelha ao couro de jacaré como se pode ver na Figura 6.

Figura 6 - Trinca interligada tipo jacaré



Fonte - DNIT 005/2003 - TER

As trincas tipo bloco são trincas interligadas que se caracterizam pela formação de blocos com lados bem definidos, seguindo um padrão geométrico conforme Figura 7.

Figura 7 - Trinca interligada tipo bloco



Fonte: DNIT 005/2003 - TER

Afundamento é a deformação permanente a qual apresenta depressões da superfície do pavimento, pode ser acompanhada de solevamento. Apresenta-se como afundamento plástico ou de consolidação.

O afundamento plástico é um afundamento acompanhado de solevamento. É causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito. Pode ser denominado quanto à sua extensão: afundamento plástico local quando apresenta extensão de até 6 m ou afundamento da trilha de roda, quando apresenta extensão maior que 6 m e se localiza ao longo da trilha de roda. (DNIT, 2003a)

Já o afundamento de consolidação é um afundamento sem o acompanhamento de solevamento. É causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento e pode ser denominado de acordo com sua extensão da seguinte forma: afundamento de consolidação local quando apresenta extensão de até 6 m ou afundamento de consolidação da trilha de roda, quando sua extensão ultrapassa 6 m e está localizado ao longo da trilha de roda. Afundamento visível na Figura 8. (DNIT, 2003a)

Figura 8 - Afundamento



Fonte: DNIT 005/2003 - TER

Ondulação ou corrugação, como o próprio nome já diz, são deformações identificadas por apresentar na superfície do pavimento ondulações ou corrugações transversais conforme Figura 9.

Figura 9 - Ondulação



Fonte: DNIT 005/2003 - TER

Escorregamento é a locomoção do revestimento asfáltico em relação à camada inferior do pavimento que apresenta fendas com formato de meia-lua. Escorregamento visível na Figura 10.

Figura 10 - Escorregamento



Fonte: DNIT 005/2003 - TER

Exsudação se dá devido ao excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento conforme Figura 11.

Figura 11 - Exsudação



Fonte: DNIT 005/2003 - TER

Desgaste, caracterizado pela aspereza superficial, Figura 12, é o efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento. O desgaste é causado pelos esforços gerados pelo tráfego no local.

Figura 12 - Desgaste



Fonte: DNIT 005/2003 - TER

Panela ou buraco é uma cavidade formada no revestimento que se dá por diversos motivos. Podem atingir camadas inferiores e causar desagregação de camadas do pavimento conforme Figura 13.

Figura 13 - Painela/Buraco

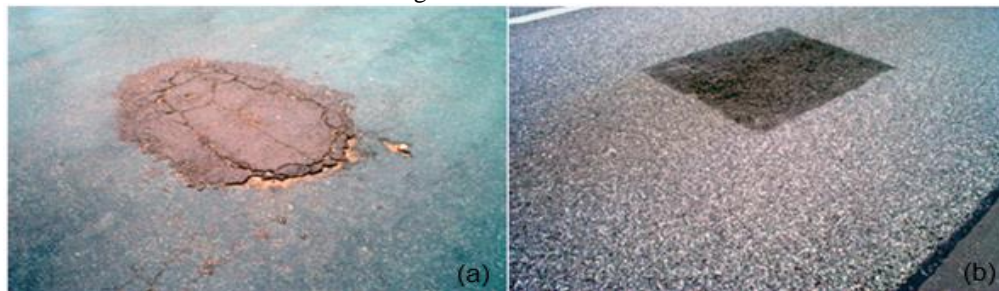


Fonte: DNIT 005/2003 - TER

Remendo, feito nas operações “tapa-buraco”, é o preenchimento de alguma painela com uma ou mais camadas de pavimento, podendo ser profundo ou superficial.

Remendo profundo, geralmente apresentado sob forma retangular, é quando há substituição do revestimento e por ventura de uma ou mais camadas inferiores do pavimento. Remendo superficial é a correção da superfície do revestimento pela colocação de uma camada betuminosa em determinado local. Remendos bem e mal executados mostrados na Figura 14.

Figura 14 - Remendo



(a) Remendo mal executado

(b) Remendo bem executado

Fonte: BERNUCCI et al

Solapamento é a presença de um buraco profundo de grande dimensão que ocorre principalmente em vias urbanas.

3.4 Causas dos Defeitos

As aparições dos defeitos no pavimento derivam de diversas causas que podem suceder de possíveis erros no projeto ou execução da estrutura. Os defeitos podem ser causados por uma

ou mais causa como: escolha errada na seleção de materiais ou no dimensionamento, má compactação das camadas, drenagem ineficiente, enfraquecimento de uma camada ou mais, inadequação quanto a conservação e manutenção, contaminação da mistura asfáltica, dosagem errada do traço CBUQ, temperatura acima do permitido do ligante no momento da mistura, até diferenças de temperaturas diárias, recalque do material de aterro entre outras possibilidades. (DNIT, 2006).

As causas possíveis de trincas longitudinais são falhas na temperatura de compactação ou na hora da dosagem asfáltica, defeitos na execução, envelhecimento do ligante asfáltico. Já as trincas de reflexão são em decorrência do trincamento das camadas inferiores no pavimento, propagando-se até as camadas superiores. De acordo com o Manual do DNIT (2006) a propagação até as camadas superiores equivalem ao enfraquecimento da estrutura do pavimento consequente do aumento da umidade.

As prováveis causas das trincas interligadas tipo bloco são, segundo Bernucci et al (2008) decorrentes da reflexão de trincas em solo base. Já as causas das trincas interligadas tipo jacaré são variadas e podem ser: ação repetida de cargas de tráfego, ações climáticas, perda de flexibilidade pelo excesso de temperatura na usinagem ou tempo de exposição, compactação deficiente, envelhecimento do ligante, subdimensionamento, deficiência no teor de ligante asfáltico.

O afundamento pode se dar devido a densificação ou ruptura por cisalhamento de camadas subjacentes ao revestimento, por consequência do descolamento da película de asfalto junto ao agregado, problemas construtivos, falha de compactação, existência de solo “borrachudo”, falha na dosagem de mistura asfáltica ou na seleção de tipo de revestimento asfáltico para a carga solicitante ou problemas quanto a drenagem (BERNUCCI et al, 2008).

O escorregamento é causado pelo excesso de ligante presente na massa ou falhas construtivas. Já a corrugação se dá devido a fluência da massa asfáltica e ocorre geralmente em áreas de aceleração ou desaceleração, rampas e curvas. A exsudação tem como possíveis causas falha de dosagem ocasionando excesso de ligante, segregação da massa ou pelo cravamento de agregados em base e ascensão de ligante à superfície. O desgaste e segregação podem ser dados por falha de adesividade, presença de água aprisionada e sobre pressão em vazios da camada de revestimento causando deslocamento do ligante, problemas de dosagem, executivos ou de projeto de misturas (BERNUCCI et al, 2008).

Os buracos podem ser causados por locais que apresentavam trincas interligadas e com as ações do tráfego e intempéries ocorreu a remoção do revestimento, falha construtiva, deficiência na compactação, umidade excessiva, falha na imprimação, desagregação causada

por falha na dosagem. Os remendos são causados pelo preenchimento de depressões ou painelas com massa asfáltica (BERNUCCI et al, 2008).

3.5 Técnicas de Restauração de Pavimento

Segundo Bernucci et al (2008), quando não há problemas estruturais e existe a necessidade de restauração, a correção se dá devido aos problemas funcionais superficiais. Para essa correção são empregados geralmente revestimentos do tipo: lama asfáltica para selagem de trincas e rejuvenescimento, tratamento superficial simples para selagem de trincas e restauração da aderência superficial, micro revestimento asfáltico a frio ou quente para selagem de trincas e restauração da aderência superficial quando existe condição de ação abrasiva acentuada do tráfego, concreto asfáltico quando o defeito funcional principal é a irregularidade elevada e mistura do tipo camada porosa de atrito, SMA ou misturas descontínuas para melhorar a condição de atrito e o escorregamento de água superficial.

Para correção de trincas, Pinto e Preussler (2010) afirmam que tanto para trincas transversais quanto para longitudinais, deve ser feita uma selagem com ligante betuminoso. Bernucci et al (2008), afirma que para trincas isoladas o tratamento por selagem é eficaz quanto a evolução das trincas, retardando sua evolução e conseqüentemente a necessidade de uma maior intervenção de restauração. As trincas tipo “Couro de Jacaré” e tipo bloco, podem ser corrigidas por selagem, remendo ou fresagem do revestimento, reforçando que, de acordo com Pinto e Preussler (2010), a execução da selagem com ligante especial é essencial para minimizar a degradação do pavimento. As trincas de reflexão possuem medidas variadas para solucioná-las, conforme Bernucci et al (2008), podem ser aplicados geossintéticos ou geogrelhas, pode ser executada uma camada intermediária para aliviar as tensões com materiais granulares ou micro revestimentos asfálticos ou ainda aumentar a espessura da camada de revestimento asfáltico.

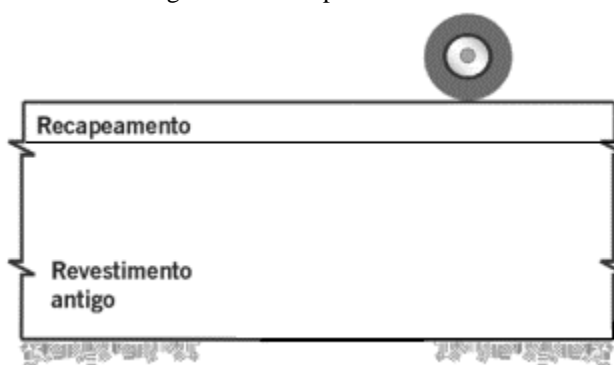
De acordo com Pinto e Preussler (2010), a correção do afundamento, na maioria dos casos, pode ser feita pelo restabelecimento da seção transversal com massa betuminosa, sendo preciso ou não a realização de estudos específicos para definição do grau do problema do trecho analisado. Para a correção de ondulações ou corrugação e escorregamento é necessária a remoção do pavimento e reconstrução do mesmo.

Segundo Pinto e Preussler (2010) para o defeito de exsudação a medida corretiva é a aplicação de capa selante e/ou execução de fresagem no local. E para correção de painelas é necessário reparar a área com a execução de remendo, superficial ou profundo.

Quanto à correção do desgaste, para revestimentos que não apresentam desgaste profundo, é preciso que seja feita construção de uma capa selante. Quando o processo de desgaste já chegou a desintegração, é necessária a reconstrução das camadas do pavimento. A medida corretiva para solapamento se dá somente pela reconstrução das camadas afetadas (BERNUCCI et al, 2008).

Segundo Bernucci et al (2008), recapeamento é uma técnica de restauração de pavimentos através da incorporação de novas camadas à estrutura, conforme Figura 15. O recapeamento deve ser feito após a remoção por fresagem do pavimento, e é necessário quando existe a necessidade de reduzir a propagação de trincas existentes no revestimento antigo.

Figura 15 - Recapeamento



Fonte - A Autora

3.6 Avaliação Funcional do Pavimento

A avaliação funcional de um pavimento se dá de acordo com a avaliação da superfície do pavimento, é a capacidade desse pavimento propiciar conforto de rolamento. Por essa avaliação é possível definir a influência do estado atual do pavimento sobre o rolamento de veículos, identificando problemas e obtendo o conhecimento do grau de deterioração. O DNIT dispõe de duas Normas regulamentadoras para a avaliação funcional de pavimentos flexíveis, podendo ser feita uma avaliação subjetiva ou objetiva do pavimento.

Avaliação Subjetiva da Superfície de Pavimentos flexíveis

A avaliação subjetiva é feita pelo Valor de Serventia Atual (VSA). Serventia atual é a capacidade do pavimento de um determinado trecho oferecer rolamento confortável e suave aos usuários em qualquer condição de trafegabilidade. Portanto o VSA é o método de avaliação

subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis. Essa análise mostra o grau de conforto e suavidade de rolamento nesse pavimento. O Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT) estabelece os procedimentos exigidos para essa avaliação na Norma DNIT 009/2003 – PRO.

As condições de superfície de um pavimento são medidas por avaliadores que percorrem o trecho a ser analisado, fichando suas opiniões quanto à suavidade e ao conforto a respeito da eficácia do pavimento em atender às solicitações do tráfego atuante nesse local. A Norma DNIT 009/2003 – PRO determina que a avaliação do pavimento pelo método VSA deve ser feita por um grupo de cinco membros que tenham o perfeito conhecimento dos propósitos dessa norma. No entanto sempre que possível a avaliação desse pequeno grupo deve ser comparada com a avaliação de um grupo maior, composto de dez a quinze integrantes com experiência no assunto. A conferência dessa avaliação deve ser por meio de uma verificação experimental (DNIT, 2003b).

A verificação experimental da equipe de avaliação deve ser feita de forma em que sejam escolhidos trechos de pavimentos e cada integrante do grupo avaliador deve atribuir subjetivamente o Valor de Serventia Atual a cada trecho, usando a ficha de avaliação padronizada conforme Anexo A (DNIT, 2003b).

Após a avaliação individual ser feita, os valores obtidos devem ser relacionados e calculadas suas médias. Caso haja mais de um grupo avaliador, os valores das médias de ambos devem ser comparados. A média do grupo menor é considerada boa para avaliação caso a diferença entre as médias for de no máximo 0,3 e admite-se diferenças de até 1,5 entre os valores individuais das avaliações de um mesmo grupo (DNIT, 2003b).

Cada avaliador deve apresentar o Valor de Serventia Atual do pavimento levando em conta sua experiência em dirigir veículos e examinar extensões de rodovias. As condições necessárias para avaliar o pavimento impostar pela Norma DNIT 009/2003 – PRO ressaltam que o trecho deve ser avaliado tal como para uma rodovia de tráfego intenso e composto de veículos comerciais e de passageiros, o avaliador deve julgar apenas o estado da superfície do pavimento. A avaliação não deve ser feita em dias com condições climáticas desfavoráveis, como chuva e neblina.

Pinto e Preussler (2010), afirmam que, os avaliadores não devem levar em conta durante suas análises, problemas geométricos de trecho como cruzamentos rodoviários, problemas ligados a resistência a derrapagem, aterros ou bueiros.

Cada trecho deve ser avaliado individualmente, as condições do trecho anterior não devem ser consideradas. Os componentes do grupo avaliador não devem comentar entre si a

respeito de suas avaliações, e não buscar ajuda de terceiros sobre o estado do pavimento (DNIT, 2003b).

Para o processo de avaliação cada componente do grupo avaliador deve utilizar a ficha de avaliação, uma para cada trecho, e registrar o valor de serventia atual (DNIT, 2003b). Segundo Bernucci et al (2008), o valor de serventia se dá numa escala de 0 a 5, onde 0 seria o pior caso e 5 o melhor deles conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Níveis de serventia (DNIT, 2003b)

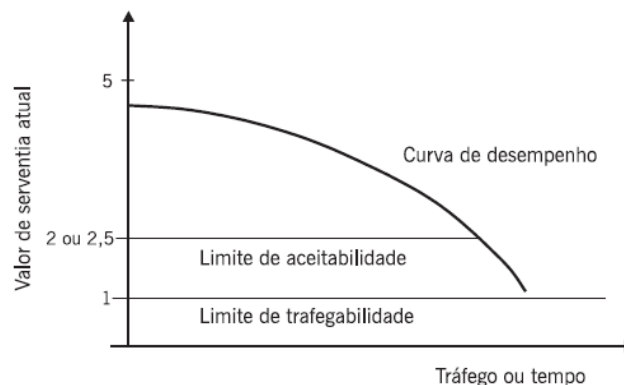
Padrão de conforto ao rolamento	Avaliação (faixa de notas)
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: BERNUCCI et al (2008)

Bernucci et al (2008), ressalta que a condição de perfeição, encontrada como nota 5, não é encontrada na prática, é possível encontrá-la apenas logo após a construção do pavimento quando o mesmo foi bem executado.

O Valor de Serventia Atual (VSA) vai diminuindo com o passar do tempo devido dois principais motivos: o tráfego e as intempéries. A curva de serventia com tempo de utilização da via é apresentada conforme Figura 16 (BERNUCCI et al, 2008).

Figura 16 - Curva serventia e tempo de utilização



Fonte: BERNUCCI et al (2008)

O pavimento se deteriora devido ao frequente tráfego de veículos na via e pelas intempéries. O contínuo uso da via com pequenas irregularidades provoca uma piora gradativa ocasionando o aparecimento de patologias e criando assim desconfortos crescentes aos

usuários. Quanto ao clima o auxílio na deterioração é consequência da água que pode provocar queda de capacidade de transporte, tendo por consequência maior deslocamento da estrutura solicitada pelo tráfego provocando danos estruturais e de superfícies maiores. Além do que, quando o pavimento apresenta trincas a entrada de água é facilitada (BERNUCCI et al, 2008).

Bernucci et al (2008), afirma que a altas temperaturas provocam redução da viscosidade dos ligantes asfálticos e a resistência das misturas asfálticas às deformações permanentes, já temperaturas reduzidas podem por retração provocar trincas.

Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos

A avaliação objetiva de pavimentos consiste em avaliar o pavimento através da contagem e classificação de ocorrências aparentes e da medida das deformações permanentes nas trilhas de roda. A norma regulamentadora que serve de base para essa avaliação é a Norma DNIT 006/2003 – PRO.

Essa Norma deve ser aplicada quando se deseja ter um inventário de ocorrências e suas prováveis causas além de um parâmetro definidor das condições de superfície do pavimento ou como uma etapa preliminar, para análise da necessidade de ser feita uma avaliação estrutural do pavimento e como um complemento dessa avaliação (DNIT, 2003c).

A avaliação objetiva do pavimento requer o uso de aparelhagem como treliça de alumínio, padronizada e equipamento e material auxiliar para localização e demarcação na pista, como trena, giz, tinta e formulários (DNIT, 2003c).

A superfície de avaliação é delimitada por duas seções transversais, localizada a 3,0 m após a estação considerada, e pelas bordas da faixa de tráfego, situadas 3,0 m antes da estação considerada (DNIT, 2003c).

Segundo a Norma DNIT 006/2003, as superfícies de avaliação devem ser localizadas nas rodovias de pista simples a cada 20 m alternados em relação ao eixo da pista de rolamento e nas rodovias de pista dupla, a cada 20 m na faixa de tráfego mais solicitada de cada pista. Cada estação recebe o número conforme a estaca ou a distância ao marco quilométrico, a numeração deve ser demarcada sobre o pavimento com tinta de demarcação utilizando um gabarito apropriado.

Para a medição das flechas, inicialmente devemos definir a mesma. De acordo com a Norma DNIT 006/2003 – PRO, flecha na trilha de roda é a medida, em milímetros, do ponto de máxima depressão da deformação permanente no sulco presente nas trilhas de roda interna (TRI) e externa (TER). As flechas devem ser medidas em cada estação utilizando uma treliça.

Para cada área demarcada deve-se anotar a existência de qualquer defeito existente no pavimento. Neste inventário de defeitos (ocorrências) os defeitos devem ser anotados da seguinte maneira: todas as trincas isoladas como Tipo 1, os remendos, tanto superficiais como profundos, como Remendos – R. Deve ainda anotar o tipo de seção de terraplanagem no local, A para aterro, C para corte, SMA para seção mista, lado de aterro, SMC para seção mista, lado de corte, CR para corte em rocha e PP para ponto de passagem.

Na avaliação objetiva há a necessidade de se calcular, de acordo com a Norma DNIT 006/2003 – PRO, frequências absolutas e relativas, parâmetros e índice de gravidade individual e global. Conforme descrito na Norma as frequências absoluta e relativa, de acordo com a Norma DNIT 005/2003 – TER, devem ser calculadas das ocorrências inventariadas:

- Tipo I – Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR);
- Tipo 2 – FC-2 (J e TB);
- Tipo 3 – FC-3 (JE e TBE);
- Tipo 4 – ALP e ATP;
- Tipo 5 – O e P;
- Tipo 6 – EX;
- Tipo 7 – D;
- Tipo 8 – R.

A frequência absoluta (f_a) equivale ao número de vezes em que a ocorrência foi constatada e a frequência relativa (f_r) é tida pela equação 1.

$$f_r = \frac{f_a \times 100}{n} \quad \text{EQ. 1}$$

Onde:

f_r – frequência relativa;

f_a – frequência absoluta;

n – número de estações inventariadas

Para as flechas que foram medidas é necessário se calcular parâmetros descritos na Norma DNIT 006/2003 – PRO. Para rodovias de pista simples é preciso realizar os cálculos de média (\bar{x}) e a variância (s^2) das flechas e para rodovias de pista dupla, também deve-se calcular a média e a variância das flechas das faixas mais solicitadas em cada pista, separadamente. Os cálculos de média (\bar{x}) e variância (s) são obtidos através das equações 2 e 3 respectivamente.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \text{EQ. 2}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{EQ. 3}$$

Onde:

\bar{x} – média aritmética dos valores das flechas medidas (TRI e TER);

x_i – valores individuais;

s – desvio padrão dos valores das flechas medidas (TRI e TER);

s^2 – variância

O índice de gravidade individual (IGI) deve ser calculado para cada uma das ocorrências inventariadas pela equação 4.

$$IGI = f_r \times f_p \quad \text{EQ. 4}$$

Onde:

f_r – frequência relativa;

f_p – fator de ponderação, obtido de acordo com a Tabela 3

Tabela 3 -Valor do fator de ponderação

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2002 – TER “Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia “	Fator de Ponderação f_p
1	Fissuras e Trincas Isoldas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE) NOTA: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem (f_r) e Índice de Graviade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2.	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O, P, E	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT (2003)

O Índice de Gravidade Global (IGG) é obtido através da equação 5.

$$IGG = \sum IGI \quad \text{EQ. 5}$$

Onde:

$\sum IGI$ – somatório dos Índices de Gravidade Individuais

Com o objetivo de conferir ao pavimento inventariado uma definição que represente o grau de degradação atingido, é definido os parâmetros conforme mostrado na Tabela 4.

Tabela 4- Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Ruim	$80 < IGG \leq 160$
Péssimo	$IGG > 160$

Fonte: DNIT (2003)

3.7 Estudo de Tráfego

Para realização do estudo de tráfego normalmente são utilizadas pesquisas como mecanismos para levantamento de dados de campo, podem ser realizadas por meio de entrevistas ou observação direta.

Nas entrevistas, são coletadas informações a partir de perguntas formuladas, podendo ser escritas ou orais, onde o entrevistado dá suas respostas de acordo com padrões estabelecidos. Na observação direta, o levantamento de dado é feito através do registro de fenômenos de trânsito sem perturbá-los. (DNIT, 2006).

Uma das técnicas e pesquisas mais utilizadas nos estudos de tráfego é a contagem volumétrica, descrita a seguir:

3.7.1 Contagem Volumétrica

As contagens volumétricas, têm por objetivo estabelecer a quantidade, o sentido e a composição do fluxo de veículos que percorrem por um ou mais pontos selecionados do sistema viário, num determinado tempo. As informações obtidas serão utilizadas na análise de capacidade, na avaliação das causas de congestionamento e de elevados índices de acidentes, no dimensionamento do pavimento, nos projetos de canalização de tráfego e outras melhorias.

As contagens volumétricas classificam-se em globais, direcionais e classificatórias. Contagens globais é a contagem na qual se tem o número de veículos que circulam por um determinado trecho de via, sem considerar seu sentido. Já as contagens direcionais levam em conta o sentido de fluxo de veículos na realização das contagens. Nas contagens classificatórias são obtidos os volumes para os vários tipos de veículos.

O método de contagem pode ser automático ou manual. As contagens automáticas, como o próprio nome induz a pensar, são feitas através de contadores automáticos de diversos tipos. Nas contagens feitas manualmente, utiliza-se a ficha de contagem volumétrica, conforme Anexo 1, que são preenchidas com traços simbolizando veículos respeitando cada tipo de veículo contabilizado. O período de contagem deve ser de no mínimo de 03 (três) dias, comumente dias úteis, e devem ser feitas durante oito horas (DNIT, 2006).

3.7.2 Volume de Tráfego

De acordo com DNIT (2006), volume de tráfego tem por definição ser a quantidade de veículos que passam por uma determinada seção de uma via durante uma unidade de tempo. Expressa em veículos/dia (vpd) ou veículos/hora (vph).

O volume médio diário (VMD), de acordo com Senço (2008), é o volume médio de tráfego por dia, obtido pela divisão do tráfego total pela quantidade de dias de contagem. O VMD é utilizado para averiguar se a via estudada comporta o volume que circula por ela.

3.7.3 Volume do tráfego futuro

Quando se tem a intenção de realizar estudos para readequação rodoviária, é necessário ter o conhecimento do tráfego atual e futuro da via em estudo para que futuramente a mesma suporte o tráfego demandado sem sofrer grandes danos. Portanto é preciso estimar-se o volume de tráfego futuro.

Segundo Campos (2013), a estimativa de tráfego é tida através de métodos de projeção ou modelos de planejamento de transporte. Podendo estes serem estimativa incondicional, utilizando séries históricas independente de outras variáveis, ou estimativa condicional, que possui vínculo com outras variáveis como população e renda.

Dentro da estimativa incondicional existem quatro tipos de projeção: linear, geométrica, linha de tendência e curva logística (CAMPOS, 2013).

3.7.3.1 Projeção Linear

Tal projeção aceita o aumento da demanda segundo uma progressão aritmética. A razão é tida através do percentual da demanda por ano no período da série histórica, conforme equação 1.

$$V_n = V_0 (1 + n \cdot a) \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

V_n = volume e tráfego no ano “n”;

V_0 = volume de tráfego no ano base;

a = taxa de crescimento anual;

n = número de anos decorridos após o ano base.

3.7.3.2 Projeção Geométrica

Tem a demanda inicial como primeiro termo e a razão como fator de crescimento anual, considerando o crescimento da demanda conforme uma progressão geométrica dada pela equação 2.

$$D_n = a + bx \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

D_n = demanda no ano “n”;

D_0 = volume de tráfego no ano base;

a = taxa de crescimento anual;

n = número de anos decorridos após o ano base.

3.7.3.3 Linha de Tendência

Esta demanda procura identificar a tendência do crescimento da demanda em um determinado período de tempo através de uma série histórica. Utiliza-se o método dos mínimos quadrados a partir da equação 3.

$$Y = a + bx \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

Y = variável dependente (demanda);

x = variável independente (ano correspondente);

a = coeficiente linear (intercepto);

b = coeficiente angular.

Os coeficientes são calculados pelas equações 4 e 5 a seguir:

$$b = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{Eq.4})$$

$$a = y - b\bar{x} \quad (\text{Eq.5})$$

Onde:

x_i - valor observado da variável independente;

y_i – valor observado da variável dependente;

\bar{x} e \bar{y} – valores médios das observações.

3.7.3.4 Curva Logística

Segundo CAMPOS (2013), esta demanda determina o volume de tráfego em um ano condicionando este dado ao valor de saturação, utiliza-se a equação 6.

$$V_n = \frac{C}{1 + ke^{-b(n-n_0)}} \quad (\text{Eq.6})$$

Onde:

V_n = volume de tráfego no ano “n”;

C = capacidade da rodovia;

k = constante;

b = constante;

n = ano a que se refere o V_n ;

n_0 = ano base.

Os valores de k e b são definidos pelas equações 7, 8, 9, 10 e 11 a seguir:

$$z = ke^{-b(n-n_0)} \quad (\text{Eq.7})$$

$$w = \ln z = \ln k + bn_0 - b_n \quad (\text{Eq.8})$$

$$w = \ln k - b(n - n_0) \quad (\text{Eq.9})$$

$$V_n = \frac{C}{1 + z} \quad (\text{Eq.10})$$

$$z = \frac{C}{V_n - 1} \quad (\text{Eq.11})$$

3.7.4 Estimativa Condicional

A estimativa condicional é feita com o conhecimento dos fatores e variáveis causadores de efeitos na demanda e como os mesmos afetam ou fazem parte dos sistemas de transportes. Os fatores que determinam a demanda estão associados com o nível de serviço e características sociais e econômicas dos usuários. (CAMPOS, 2013).

Nesta estimativa o método estatístico de regressão é usado e consiste na determinação das funções matemáticas aptas de representarem a associação existente entre duas variáveis. A regressão pode ser feita através de análise simples ou múltipla (CAMPOS, 2013).

A regressão simples é utilizada para determinar uma função que englobe somente duas variáveis, variável dependente e variável independente, conforme equação 12.

$$y = a + bx \quad (\text{Eq.12})$$

Onde:

y – demanda;

x – variável independente.

Já a regressão múltipla é utilizada para a determinação de uma função que englobe mais de duas variáveis, uma dependente e as demais independentes, conforme equação 13.

$$Y = a + a_1x_1 + a_2x_2 \dots a_nx_n \quad (\text{Eq.13})$$

Onde:

a, x = variáveis condicionadas.

3.8 Dimensionamento do Pavimento

De acordo com DNIT (2006), a avaliação da solicitação do tráfego é um componente essencial do processo de dimensionamento do pavimento. Para o dimensionamento do reforço ou definição de outras intervenções é necessária a determinação do tráfego futuro. É desejável que sejam definidos os seguintes elementos inerentes ao tráfego:

- Volume médio diário;
- Classificação da frota;
- Carregamento da frota;
- Fator de equivalência de carga;
- Número equivalente “N”.

3.8.1 Volume Médio Diário (VMD)

Como já descrito, o cômputo dos volumes de tráfego deve ser baseado em contagens volumétricas no(s) trecho(s) em análise. Deve-se fazer uma estimativa do tráfego futuro baseando-se em taxas de crescimento do tráfego baseadas em séries históricas existentes ou em dados como a evolução da população e renda per capita, (DNIT, 2006).

3.8.2 Classificação da Frota

Segundo DNIT (2006), a variedade de efeitos exercidos sobre o pavimento pelos diferentes tipos de veículos rodoviários levou à necessidade da existência de uma classificação de frota, principalmente no que se refere aos veículos de carga. A classificação de veículos adotada nas contagens volumétricas classificatórias conforme Anexo 3.

3.8.3 Carregamento da Frota

Os pesos por eixo de cada tipo de veículo de carga, assim como a classificação da frota, é de extrema importância. Para a avaliação do efeito do tráfego sobre o pavimento é preciso ter o conhecimento das cargas dos veículos que circulam na via. (DNIT, 2006).

3.8.4 Fatores de Equivalência de Carga por Eixo (FC)

É preciso converter o tráfego misto em um número equivalente de operações de um eixo tido como padrão é feita pela aplicação dos Fatores de Equivalência de Cargas (FC). O Método de Projeto do DNIT e o TECNAPAV (PRO 269/94) adotam um eixo-padrão de 8,2 toneladas, (DNIT, 2006).

A determinação do FC é dada por uma equação que varia de acordo com o tipo de eixo dos veículos que passam pela via conforme Tabelas 5 e 6 a seguir:

Tabela 5 - Fatores de equivalência de carga da AASHTO

Tipos de eixo	Equações (P em tf)
Simplex de rodagem simples	$FC = (P / 7,77)^{4,32}$
Simplex de rodagem dupla	$FC = (P / 8,17)^{4,33}$
Tandem duplo (rodagem dupla)	$FC = (P / 15,08)^{5,14}$
Tandem triplo (rodagem dupla)	$FC = (P / 22,95)^{4,22}$

Fonte: DNIT (2006)

Tabela 6 - Fatores de equivalência de carga do USACE

Tipos de eixo	Faixas de carga	Equações (P em tf)
Dianteiro simples e traseiro simples	0 - 8	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
	≥ 8	$FC = 1,8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Tandem duplo	0 - 11	$FC = 1,5920 \times 10^{-4} \times P^{3,472}$
	≥ 11	$FC = 1,5280 \times 10^{-6} \times P^{5,484}$
Tandem triplo	0 - 18	$FC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$

$$\left| \begin{array}{l} \geq 18 \\ \text{Fonte: DNIT (2006)} \end{array} \right| \quad \left| \overline{FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}} \right|$$

3.8.4 Número “N”

O número “N” se refere ao número de repetições do eixo padrão dado pela equação 14

$$N = 365 \cdot V_m \cdot P \cdot FC \cdot FE \cdot FR \quad (\text{Eq.14})$$

Onde:

V_m = Volume médio diário de tráfego no sentido mais solicitado

FC = Fator de carga

FE = Fator eixo

FR = Fator climático regional

Para o cálculo de V_m é preciso a adoção de crescimento de tráfego para o período do projeto. Podem-se adotar dois tipos de crescimento de tráfego: crescimento linear e crescimento geométrico.

No crescimento linear o Volume médio diário de tráfego é calculado pela equação 15.

$$V_m = (V_1 + V_p)/2 \quad (\text{Eq.15})$$

Onde:

V_1 = Tráfego no sentido mais solicitado no primeiro ano de período de projeto

V_p = Volume de tráfego estimado para o ano de projeto

Multiplicando o valor encontrado de V_m por 365, que são os dias de um ano, e pela diferença do ano de projeto para o ano atual, obtemos o valor do volume acumulado de tráfego no ano de projeto. Conforme equação 16.

$$V_t = 365 \cdot V_m \cdot P \quad (\text{Eq.16})$$

Onde:

V_m = Volume médio diário

P = Diferença do ano de projeto e ano atual

Pelo método do crescimento geométrico o volume acumulado de tráfego no ano de projeto é dado pela equação 17.

$$V_t = V_1 \cdot \left[\frac{(1+t)^P - 1}{t} \right] \quad (\text{Eq.17})$$

Onde:

V_1 = Tráfego no sentido mais solicitado no primeiro ano de período de projeto

t = Taxa histórica de crescimento do tráfego

P = Diferença do ano de projeto e ano atual

4 METODOLOGIA DO TRABALHO

4.1 Classificação da Pesquisa

Esta pesquisa classifica-se como estudo de caso. Os procedimentos utilizados para obtenção de dados em campo, envolvem técnicas normativas e ainda como base teórica o meio científico por meio de livros, normas, manuais, trabalhos de conclusão de curso e teses.

A pesquisa coleta dados em campo organizando-as em tabelas, gráficos e fotografias para a partir de então serem avaliadas para apontar suas possíveis causas e soluções.

4.2 O município de Varginha

A cidade de Varginha, localizada no sul do estado de Minas Gerais, recebe anualmente a manutenção do pavimento asfáltico devido a necessidade de reparos nas vias as quais sofrem deterioração frequente ocasionando desconforto aos usuários.

A cidade com pouco mais de cento e trinta mil habitantes, segundo dados de 2015/2016 do IBGE, possui uma frota de 74.338 veículos, considerando automóveis, caminhões, motocicletas e ônibus. A falta de planejamento quanto ao crescimento futuro da cidade, faz com que as ruas e principalmente as principais avenidas recebam volume de tráfego elevado, algo que se tornou prejudicial à vida útil do pavimento flexível com revestimento asfáltico nesses locais.

Quanto ao dimensionamento de pavimentos a prefeitura de Varginha determina ao loteador que as vias da cidade tenham o seguinte dimensionamento: espessura de 10,0 cm de sub-base, base de 10,0 cm e capa asfáltica de 3,0 cm, com exceção das vias principais de circulação de coletivo urbano, essas definidas pelo DEMUTRAN – Departamento Municipal de Transportes e Trânsito, que tem seu dimensionamento exigido por espessura de sub base e base de 15,0 cm cada e espessura da capa asfáltica de 5,0 cm.

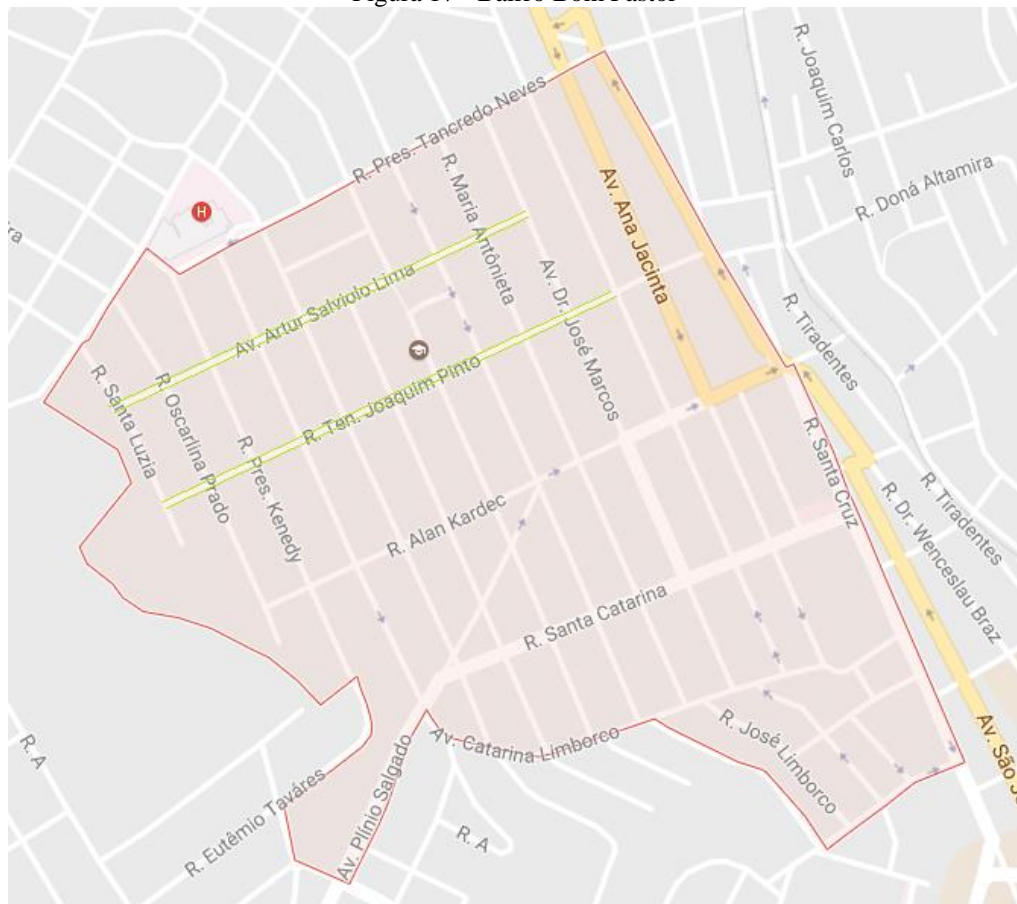
A necessidade de se cumprir esse dimensionamento em novos loteamentos não garante por si só que o pavimento cumpra sua vida útil longa. Além da indispensabilidade que o projeto e a execução do pavimento sejam feitos adequadamente, a manutenção das áreas quando preciso deve ser feita. No entanto esse ato não se faz presente, os órgãos competentes pelo cuidado das vias não o fazem, seja pela falta de verba ou outros fatores resultando assim em uma variedade tamanha de patologias no pavimento em diversos locais de Varginha.

4.3 Delimitação da região em estudo

A cidade de Varginha possui frota atual de 74.338 veículos, segundo dados de 2015/2016 do IBGE, e conta com 564.321 metros de vias públicas. Diversas avenidas e ruas da cidade apresentam grande fluxo de veículos e algumas das vias principais em bairros não centrais apresentam grande número de patologias.

Esta pesquisa tem como pretensão apresentar as patologias presentes no pavimento asfáltico, por meio de dados coletados em campo, manuais e livros, tendo como foco de estudo 02 vias do bairro Bom Pastor na cidade de Varginha - M/G, Avenida Arthur Salviolo Lima e Rua Tenente Joaquim Pinto, ambas vias coletoras que apresentam patologias na superfície do pavimento. Avenida Arthur Salviolo Lima e Rua Tenente Joaquim Pinto em destaque na Figura 17.

Figura 17 - Bairro Bom Pastor



Fonte: Google Maps

5 PAVIMENTO EXISTENTE

5.1 O pavimento existente

A avaliação superficial do pavimento atual existente será feita através da avaliação subjetiva da superfície do pavimento flexível (VSA), respeitando os parâmetros descritos nos itens anteriores.

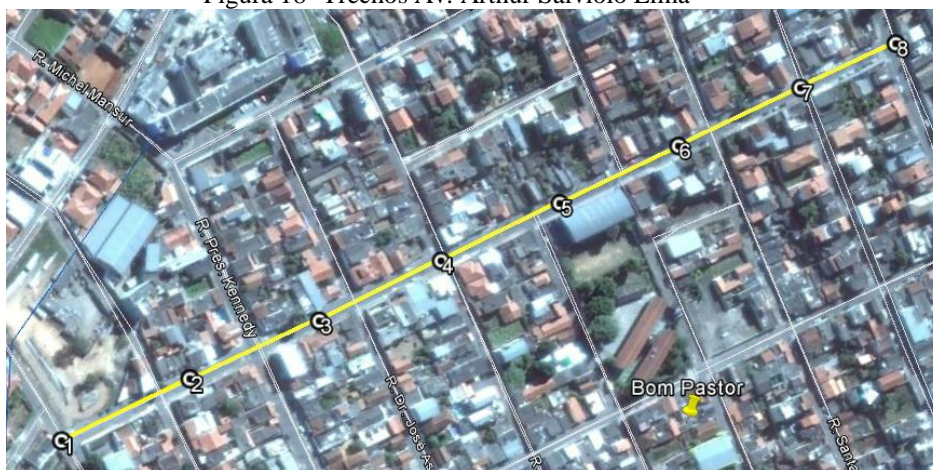
Os estudos de caso das duas vias serão apresentados resumidamente através de tabelas e parecer técnico, com a definição dos valores de VSA, apontado as patologias existentes e apresentando possíveis medidas corretivas as mesmas. As vias foram divididas em trechos inicialmente analisados individualmente, para em seguida ser determinada a média equivalente à toda a extensão da via.

A nota VSA dada a cada trecho foi dada levando em conta as condições apresentadas quanto ao conforto, segurança e trafegabilidade que a via oferece ao usuário em veículo de passeio, locomovendo a uma velocidade próxima do limite apresentado pela via.

5.2 Determinação do VSA

As vias foram divididas em trechos para a avaliação inicial independente por trecho. A Av. Arthur Salviolo Lima, foi dividida conforme apresenta a Figura 18, contendo 7 trechos descritos na Tabela 5 e pode ser identificada como estudo de caso 1.

Figura 18- Trechos Av. Arthur Salviolo Lima



Fonte: Google Earth

Tabela 7 - Trechos Av. Arthur Salviolo Lima

Trecho	Extensão (m)
1 - 2	80
2 - 3	80
3 - 4	80
4 - 5	80
5 - 6	80
6 - 7	80
7 - 8	75

Fonte: A Autora

A Rua Tenente Joaquim Pinto, estudo de caso 2, foi dividida também em 7 trechos conforme Figura 19, tendo as denominações e extensões apresentadas na Tabela 6.

Figura 19 - Trechos R. Tenente Joaquim Pinto



Fonte: Google Earth

Tabela 8 - Trechos R. Tenente Joaquim Pinto

Trecho	Extensão (m)
1 - 2	80
2 - 3	80
3 - 4	80
4 - 5	80
5 - 6	80
6 - 7	80
7 - 8	122

Fonte: A Autora

Após a divisão dos trechos foram calculados os valores de serventia atual correspondente para cada trecho, apresentados e organizados nas tabelas 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20 seguir.

Tabela 9 - Estudo de caso 1 - Trecho 1 - 2

VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL

Avaliador: Aline de Padua Alcântara

Data: 09/05/2017

Avenida / Rua: Av. Arthur Salviolo Lima

Trecho: 1 - 2



Valor de Serventia Atual do Trecho		Observações Técnicas:
1,0	VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL 5 4 3 2 1 0	ÓTIMO BOM REGULAR RUIM PÉSSIMO CONCEITO
		Grandes remendos; Trinca interligada tipo jacaré; Desgaste. Nota: 1

Fonte: A Autora

Tabela 10 - Estudo de caso 1 - Trecho 2 - 3

VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL

Avaliador: Aline de Padua Alcântara

Data: 09/05/2017

Avenida / Rua: Av. Arthur Salviolo Lima

Trecho: 2 - 3



Valor de Serventia Atual do Trecho		Observações Técnicas:
0	VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL 5 4 3 2 1 0	ÓTIMO BOM REGULAR RUIM PÉSSIMO
		CONCEITO Nota: 0 Trinca interligada tipo jacaré com e sem erosão; Panela/Buraco.

Fonte: A Autora

Tabela 11 - Estudo de caso 1 - Trecho 3 - 4

VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL

Avaliador: Aline de Padua Alcântara

Data: 09/05/2017

Avenida / Rua: Av. Arthur Salviolo Lima

Trecho: 3 - 4



Valor de Serventia Atual do Trecho		Observações Técnicas:
1,0	VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL 5 4 3 2 1 0	ÓTIMO BOM REGULAR RUIM PÉSSIMO CONCEITO
Nota: 1		

Fonte: A Autora

Tabela 12 - Estudo de caso 1 - Trecho 4 - 5

VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL

Avaliador: Aline de Padua Alcântara

Data: 09/05/2017

Avenida / Rua: Av. Arthur Salviolo Lima

Trecho: 4 - 5



Valor de Serventia Atual do Trecho		Observações Técnicas:
1,0	VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL 5 4 3 2 1 0	ÓTIMO BOM REGULAR RUIM PÉSSIMO
		CONCEITO Escorregamento; Trinca isolada transversal, Panela/Buraco Nota: 1

Fonte: A Autora

Tabela 13 - Estudo de caso 1 - Trecho 5 - 6

VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL

Avaliador: Aline de Padua Alcântara

Data: 09/05/2017

Avenida / Rua: Av. Arthur Salviolo Lima

Trecho: 5 - 6



Valor de Serventia Atual do Trecho

Observações Técnicas:

2,0

5
4
3
2
1
0

VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL

ÓTIMO
BOM
REGULAR
RUIM
PÉSSIMO

CONCEITO

Trinca interligada tipo jacaré com e sem erosão; Remendo; Panela/Buraco.

Nota: 2

Fonte: A Autora

Tabela 14 - Estudo de caso 1 - Trecho 6 - 7

VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL

Avaliador: Aline de Padua Alcântara

Data: 09/05/2017

Avenida / Rua: Av. Arthur Salviolo Lima

Trecho: 6 - 7



Valor de Serventia Atual do Trecho		Observações Técnicas:
1,0	VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL 5 4 3 2 1 0	ÓTIMO BOM REGULAR RUIM PÉSSIMO CONCEITO
		Trinca interligada tipo jacaré com e sem erosão; Desgaste. Nota: 1

Fonte: A Autora

Tabela 15 – Estudo de caso 1 - Trecho 7 - 8

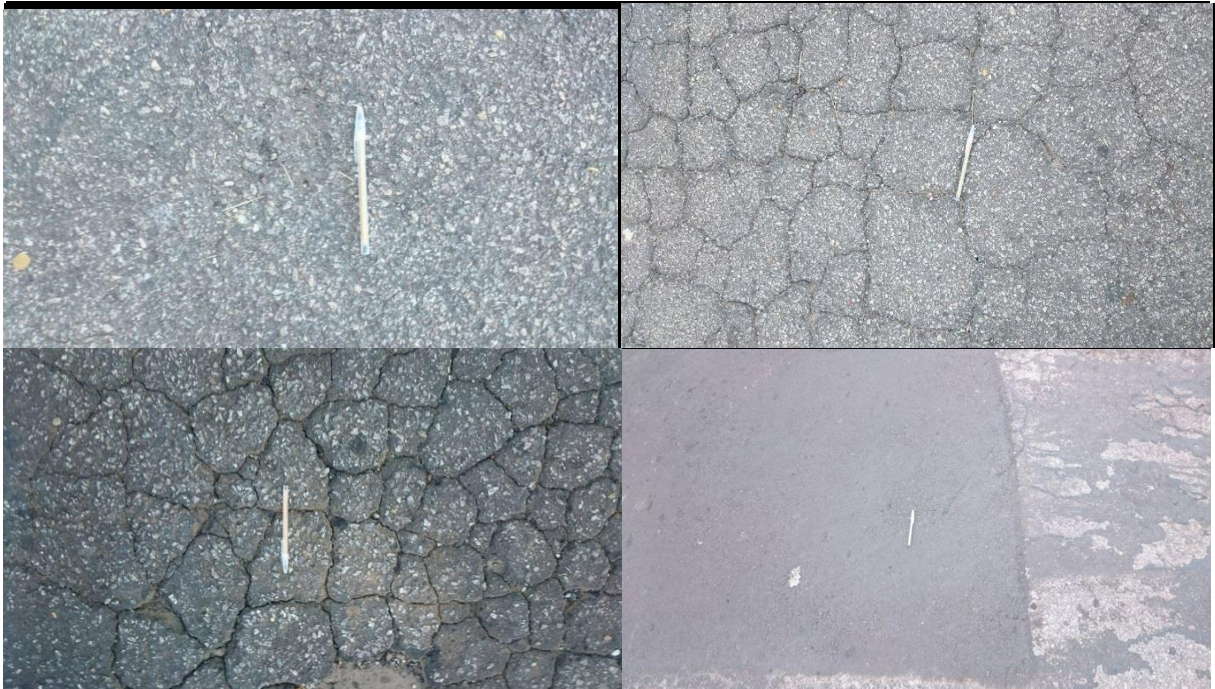
VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL

Avaliador: Aline de Padua Alcântara

Data: 09/05/2017

Avenida / Rua: Av. Arthur Salviolo Lima

Trecho: 7 - 8

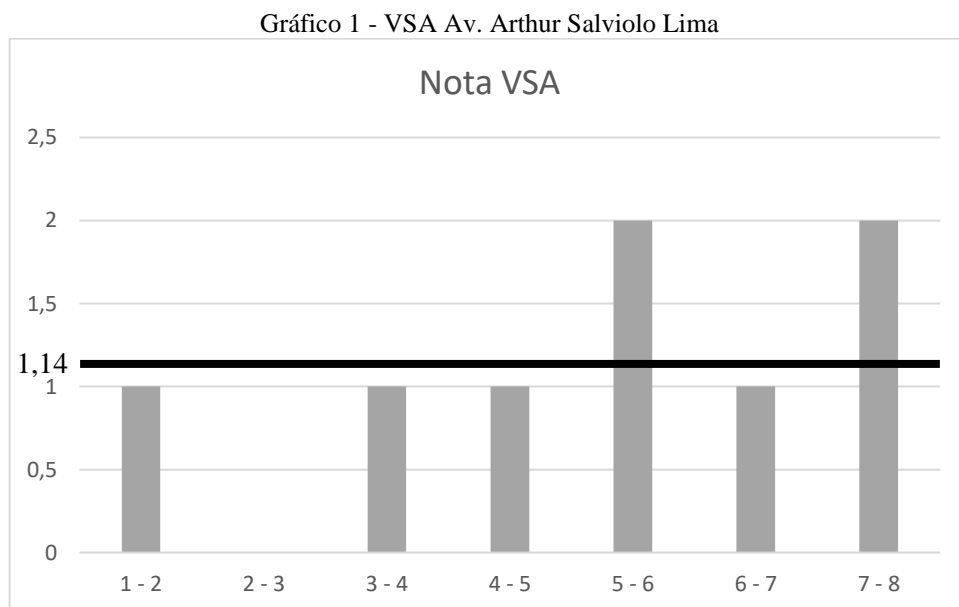


Valor de Serventia Atual do Trecho		Observações Técnicas:
2,0	VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL 5 4 3 2 1 0	ÓTIMO BOM REGULAR RUIM PÉSSIMO CONCEITO Nota: 2 Trinca interligada tipo jacaré; Remendo; Desgaste.

Fonte: A Autora

Como pode-se ver nas tabelas 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13, para a Avenida do estudo de caso 1, as patologias encontradas foram grandes áreas com remendo no trecho 1-2, trincas interligadas tipo jacaré em toda sua extensão, desgastes em alguns trechos, buracos decorrentes das trincas interligadas e escorregamento presente no trecho 4-5. Alguns dos remendos encontrados na via foram bem executados, como os presentes no trecho 5-6.

Os dados obtidos em campo resultaram como nota do valor de serventia o valor médio de 1,14, como pode ser visto no Gráfico 1. Onde as condições de trafegabilidade, levando em conta conforto, segurança e economia são ruins. Apesar de algumas manutenções corretivas terem sido feitas recentemente, como se pode notar nos remendos encontrados, as mesmas foram feitas apenas para corrigir buracos, outras patologias como trincas e desgaste foram ignoradas em tais medidas corretivas. Portanto ainda existe uma necessidade tamanha de se realizar correções das patologias causadas pelo uso do tráfego local e ações de intempéries, principalmente as chuvas.



Fonte: A Autora

Tabela 16 – Estudo de caso 2 -Trecho 1 - 2

VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL

Avaliador: Aline de Padua Alcântara

Data: 09/05/2017

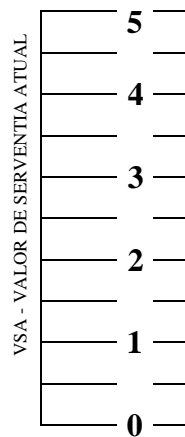
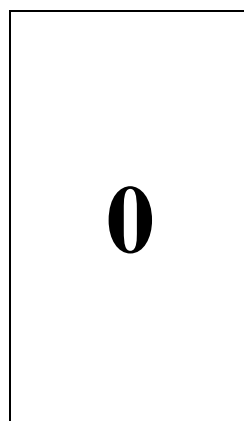
Avenida / Rua:

Trecho: 1 - 2



Valor de Serventia Atual do Trecho

Observações Técnicas:



ÓTIMO

BOM

REGULAR

RUIM

PÉSSIMO

CONCEITO

Desgaste, Remendo, Trincas interligadas tipo jacaré, Ondulação.

Nota: 0

Fonte: A Autora

Tabela 17 - Estudo de caso 2 - Trecho 2 - 3

VSA - VALOR DE SERVIENTIA ATUAL

Avaliador: Aline de Padua Alcântara

Data: 09/05/2017

Avenida / Rua: R. Tenente Joaquim Pinto

Trecho: 2 - 3



Valor de Servientia Atual do Trecho		Observações Técnicas:
1,0	VSA - VALOR DE SERVIENTIA ATUAL 5 4 3 2 1 0	CONCEITO ÓTIMO BOM REGULAR RUIM PÉSSIMO Desgaste, Trincas interligadas tipo jacaré com erosão, Panela/Buraco. Nota: 1

Fonte: A Autora

Tabela 18 – Estudo de caso 2 - Trecho 3 - 4

VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL

Avaliador: Aline de Padua Alcântara

Data: 09/05/2017

Avenida / Rua: R. Tenente Joaquim Pinto

Trecho: 3 - 4



Valor de Serventia Atual do Trecho		Observações Técnicas:	
1,0	5	CONCEITO	
	4		ÓTIMO
	3		BOM
	2		REGULAR
	1		RUIM
	0		PÉSSIMO
		Desgaste, Trincas interligadas tipo jacaré com erosão.	
		Nota: 1	

Fonte: A Autora

Tabela 19 - Estudo de caso 2 - Trecho 4 - 5

VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL

Avaliador: Aline de Padua Alcântara

Data: 09/05/2017

Avenida / Rua: R. Tenente Joaquim Pinto

Trecho: 4 - 5



Valor de Serventia Atual do Trecho

Observações Técnicas:

1,0	5	ÓTIMO	CONCEITO
	4	BOM	
	3	REGULAR	
	2	RUIM	
	1	PÉSSIMO	
	0		

Trincas interligadas tipo jacaré,
Desgaste, Panela/Buraco.

Nota: 1

Fonte: A Autora

Tabela 20 – Estudo de caso 2 - Trecho 5 - 6

VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL

Avaliador: Aline de Padua Alcântara

Data: 09/05/2017

Avenida / Rua: R. Tenente Joaquim Pinto

Trecho: 5 - 6



Valor de Serventia Atual do Trecho		Observações Técnicas:	
1,0	5	CONCEITO	
	4		Desgaste, Trincas interligadas tipo jacaré, Trincas isoladas transversais, Panela/Buraco. Nota: 1
	3		
	2		
	1		
	0		
VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL	CONCEITO		
	ÓTIMO		
	BOM		
	REGULAR		
	RUIM		
	PÉSSIMO		

Fonte: A Autora

Tabela 21 – Estudo de caso 2 - Trecho 6 - 7

VSA - VALOR DE SERVIENTIA ATUAL

Avaliador: Aline de Padua Alcântara

Data: 09/05/2017

Avenida / Rua: R. Tenente Joaquim Pinto

Trecho: 6 - 7



Valor de Servientia Atual do Trecho	Observações Técnicas:												
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 20px; font-size: 2em; margin-right: 10px;">2,0</div> <div style="text-align: center;"> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: 0.8em;">VSA - VALOR DE SERVIENTIA ATUAL</p> <table style="border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border: none; padding: 2px 5px;">5</td><td style="border: none; padding: 2px 5px;">—</td></tr> <tr><td style="border: none; padding: 2px 5px;">4</td><td style="border: none; padding: 2px 5px;">—</td></tr> <tr><td style="border: none; padding: 2px 5px;">3</td><td style="border: none; padding: 2px 5px;">—</td></tr> <tr><td style="border: none; padding: 2px 5px;">2</td><td style="border: none; padding: 2px 5px;">—</td></tr> <tr><td style="border: none; padding: 2px 5px;">1</td><td style="border: none; padding: 2px 5px;">—</td></tr> <tr><td style="border: none; padding: 2px 5px;">0</td><td style="border: none; padding: 2px 5px;">—</td></tr> </table> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 10px; text-align: center;"> <p>ÓTIMO</p> <hr/> <p>BOM</p> <hr/> <p>REGULAR</p> <hr/> <p>RUIM</p> <hr/> <p>PÉSSIMO</p> </div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: 0.8em; margin-left: 5px;">CONCEITO</div> </div>	5	—	4	—	3	—	2	—	1	—	0	—	<p>Desgaste, Trincas interligadas, Panela/Buraco.</p> <p>Nota: 2</p>
5	—												
4	—												
3	—												
2	—												
1	—												
0	—												

Fonte: A Autora

Tabela 22 – Estudo de caso 2 - Trecho 7 - 8

VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL

Avaliador: Aline de Padua Alcântara

Data: 09/05/2017

Avenida / Rua: R. Tenente Joaquim Pinto

Trecho: 7 - 8

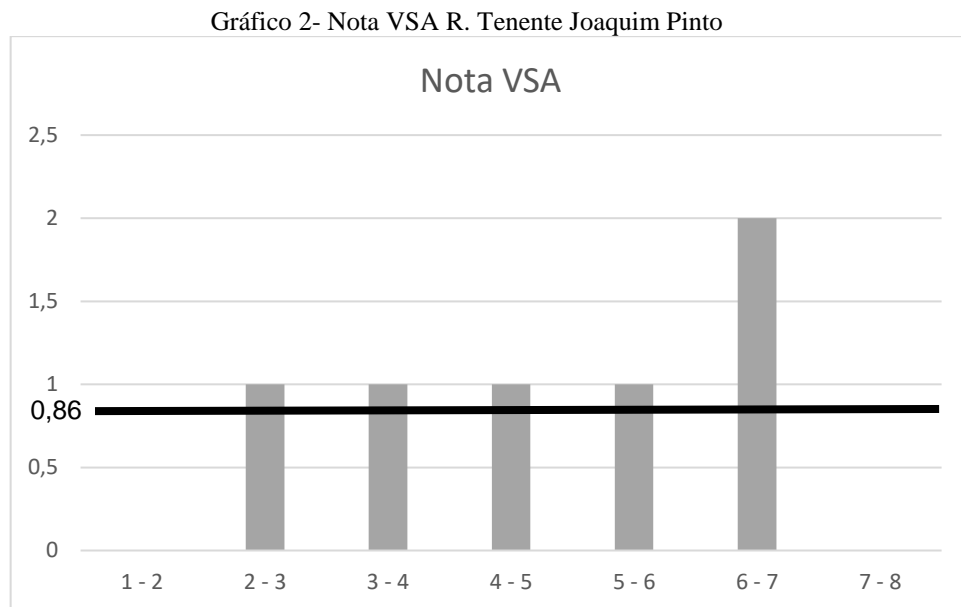


Valor de Serventia Atual do Trecho		Observações Técnicas:
0	VSA - VALOR DE SERVENTIA ATUAL 5 4 3 2 1 0	ÓTIMO BOM REGULAR RUIM PÉSSIMO
		CONCEITO Trincas isoladas longitudinais e transversais, Escorregamento, Panela/Buraco, Desgaste. Nota: 0

Fonte: A Autora

Na Rua do estudo de caso 2, foram encontradas patologias diversas: desgaste, panelas, trincas interligadas tipo jacaré, ondulação, escorregamento, trincas isoladas e remendos. O trecho 7 – 8 apresenta imensa dificuldade de trafegabilidade, devido às inúmeras patologias identificadas, é o pior trecho. Os demais trechos apresentam constantemente desgaste.

Os dados obtidos em campo a partir do estudo de caso resultaram como nota do valor de serventia valor médio de 0,86 conforme Gráfico 2. As condições de trafegabilidade para esse valor, levando em conta conforto, segurança e economia são péssimas. A via sofreu manutenções corretivas em alguns locais nos trechos finais no entanto as medidas corretivas foram somente para panelas, outras patologias como trincas e desgaste foram ignoradas. Ainda existe grande necessidade e pressa em se realizar correções das patologias causadas pelo uso do tráfego local e ações de intempéries, principalmente as chuvas.



Fonte: A Autora

6 PROPOSIÇÃO DE MÉTODOS PARA ADEQUAÇÃO DO PAVIMENTO EXISTENTE

6.1 Solução – Av Arthur Salviolo Lima e Rua Tenente Joaquim Pinto

As soluções existentes para a correção das patologias encontradas nas vias são diversas. As patologias encontradas se deram principalmente em decorrência do tráfego, intempéries e também pela falta de manutenção das vias. A falta de manutenção faz com que pequenos defeitos, que seriam simplesmente solucionados, piorem e se tornem de maior dimensão.

Para as trincas tipo jacaré, patologia mais presente na Avenida Arthur Salviolo Lima, deverá ser realizado selagem, remendo e fresagem do revestimento. Como solução das trincas isoladas, tanto transversais como longitudinais, deverá ser realizada a selagem do local. Para as panelas o procedimento que deve ser executado é a escavação com raio de 40 a 50 cm ao redor do buraco, troca de material de base, compactação vibratória manual, impermeabilização, banho de ligação com asfalto diluído de Ruptura Rápida (RR) e imprimida uma nova camada de revestimento em CBUQ compactada por rolo compactador de pneu e depois compactado por rolo de chapa liso, método para solucionar o pior caso da Rua Tenente Joaquim Pinto.

Para os trechos que apresentam desgaste, a solução é a realização de selagem, remendo e fresagem do revestimento. Os remendos devem ser realizados mantendo a condição de nivelamento da via. Aos remendos existentes, caso apresentem irregularidades quanto ao nivelamento ou conforto ao rolamento, devem ser reconstruídos. O defeito de ondulação deve ser corrigido através da retirada do pavimento e efetuando sua reconstrução.

Como primeira solução para ambas as vias, Avenida Arthur Salviolo Lima e Rua Tenente Joaquim Pinto, pode-se fazer reparos individuais de cada patologia encontrada, principalmente nos trechos que apresentam nota VSA muito baixa. Outra opção é reconstrução do trecho mais afetado, trecho 2-3 na Av. Arthur Salviolo Lima e 7-8 na R. Tenente Joaquim Pinto, e para as demais patologias presentes nas vias efetuar as medidas corretivas citadas anteriormente. Como terceira e última solução, pode ser feito o recapeamento de toda a via, retirando todo o pavimento deteriorado por fresagem e reconstruindo totalmente o pavimento das vias por completo, em toda sua extensão.

7 REPAROS E RECONSTRUÇÃO DAS VIAS

A partir do levantamento em campo e dados obtidos através de pesquisas, pôde ser constatado a real necessidade de reparos ou reconstrução de cada via estudada. Segundo Salomão Pinto (2010) os tipos de serviços que devem ser executados para que a condição funcional do pavimento seja melhorada, levando em consideração os conceitos de avaliação são: para condições excelentes, ou também denominadas ótimas, deve-se apenas ser realizado o serviço de conservação rotineira. Condições boas, há a necessidade de aplicação de micro revestimento. Condições regulares deve-se haver correções em pontos localizados ou até mesmo recapeamento. Para condições ruins deve ser realizado o recapeamento, e para condições péssimas há a necessidade de reconstrução do pavimento.

Tendo as avaliações da Rua Tenente Joaquim Pinto e Avenida Arthur Salviolo Lima como ruim e péssimo respectivamente, podemos dizer que ambas necessitam de reparos intensos. A Avenida necessita de recapeamento do pavimento, que de acordo com DNIT (2006), é a modalidade de intervenção, relativa à restauração do pavimento, que compõe-se na adequada sobreposição do pavimento existente. Já na Rua Tenente Joaquim Pinto, por apresentar situação pior ao da Avenida será preciso realizar a reconstrução da via. Segundo DNIT (2006), a reconstrução do pavimento consiste na remoção total ou parcial da espessura do pavimento, podendo tanger a camada do subleito e na sequente execução existir novas camadas estruturais.

Para o caso em questão a reconstrução do pavimento compreende toda a extensão da via e a execução da mesma foi elaborada de acordo com manuais do DNIT. Para a determinação da espessura do pavimento utilizou-se os valores do número “N”.

7.1 Determinação do Número N

7.1.1 Tráfego Futuro

Para a obtenção do tráfego futuro, inicialmente foi realizada a contagem do tráfego atual para a obtenção do volume médio diário (VMD). A contagem foi feita em ambas as vias no período de 10 dias úteis, com início em 24 de agosto, e tiveram o resultado de acordo com a tabela 23. VMD para a Avenida Arthur Salviolo Lima igual a 717 veículos e para a Rua Tenente

Joaquim Pinto igual a 1.163 veículo. Quando multiplicados por 365 dias, obtém-se valor de tráfego no ano da contagem igual a 261.705 e 424.495 veículos para Avenida e Rua respectivamente.

Tabela 23 - Contagem Veículos

Total de veículos	
Av. Arthur Salviolo Lima	Rua Tenente Joaquim Pinto
784	1.375
654	1.236
673	1.302
689	987
704	953
756	1.326
788	1.341
741	1.207
689	1.132
711	998
697	1.244
703	1.057
727	1.136
714	984
VMD = 717	VMD = 1.163

Fonte: A Autora

Tendo o valor médio diário de ambas as vias foi possível calcular então o volume de tráfego futuro, pela equação de crescimento linear a seguir

$$V_n = V_0 (1 + n \cdot a) \quad (\text{Eq. 17})$$

Para a utilização de tal método seria necessário o conhecimento da taxa de crescimento anual, dado não disponível para o cálculo. Tendo em vista isso o DNIT (2006) diz que a experiência mostra que o tráfego comumente cresce as taxas anuais de variação lentamente. Sendo assim ultimamente comum adotar, quando há falta de informações de variáveis, uma taxa de crescimento anual de 3%, próxima a taxa de crescimento econômico do país.

Considerando ainda ano de projeto para daqui 10 anos e multiplicando o valor de V_n por 365 dias se obteve o volume de tráfego futuro (V_p) para 2027. Tendo assim resultado de 340.217 veículos para Avenida Arthur Salviolo Lima e 551.844 veículos para a Rua Tenente Joaquim Pinto, conforme equações 18 e 19.

$$V_p = 365 \cdot [717(1 + 10 \cdot 0,03)] = 340.217 \text{ veículos}$$

(Eq. 18)

$$V_p = 365. [1163(1 + 10.0,03)] = 551.844 \text{ veículos}$$

(Eq. 19)

Calculado V_p foram obtidos os valores do volume acumulado de tráfego (V_t) para o ano de 2027, resultando em $3,00015 \times 10^6$ para a Avenida e $4,8663 \times 10^6$ para a Rua, conforme os seguintes cálculos:

$$V_t = 261.705. \left[\frac{(1 + 0,03)^{10} - 1}{0,03} \right] = 3,00015 \times 10^6$$

$$V_t = 424.495. \left[\frac{(1 + 0,03)^{10} - 1}{0,03} \right] = 4,8663 \times 10^6$$

Para o cálculo do número de repetições do eixo-padrão foram estabelecidos os valores de FC, FE e FR de acordo com os dados obtidos. O valor de FC foi obtido levando em consideração o peso padrão de 8,2t. O valor de FE obtido pelo produto do percentual de veículos de determinado eixo pelo número de eixos do mesmo, as vias estudadas apresentaram um percentual de 98% de veículos com eixo duplo simples e 2% de veículos com eixo triplo. A cidade de Varginha, possui uma altura média anual de chuva de 1260 mm o que dá FR de 1,4.

Obtidos todas as variáveis necessárias para o cálculo do número “N”, chegando aos resultados de $8,2723 \times 10^6$ para a Avenida Arthur Salviolo Lima e $13,4178 \times 10^6$ para a Rua Tenente Joaquim Pinto.

$$N = 3,00015 \times 10^6. 0,975.2,02.1,4 = 8,2723 \times 10^6$$

$$N = 4,8663 \times 10^6. 0,975.2,02.1,4 = 13,4178 \times 10^6$$

As espessuras mínimas do revestimento asfáltico recomendadas pelo DNIT (2006) em função do número “N” conforme a Tabela 24.

Tabela 24 - Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso

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

Fonte: DNIT 2006

Através das recomendações do DNIT foi estabelecido como espessura empregada no recapeamento e reconstrução em ambas as vias estudadas 5 cm. Na Avenida que sofrerá reconstrução a base estabilizadora terá conforme recomendação do DNIT 15 cm.

Em virtude da escolha do método de restauração do pavimento e espessura do revestimento, foi feita uma estimativa de custos da obra.

7.2 Estimativa de custos

A estimativa de custos para o projeto de restauração das vias em estudo, Avenida Arthur Salviolo Lima e Rua Tenente Joaquim Pinto, foi feita com base nos dados oferecidos pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), que estabelece critérios e regras para a concepção do orçamento de uma obra ou serviço de engenharia. Os custos para as vias estão apresentados nas Tabelas 25 e 26.

Tabela 25 - Estimativa de Custos Av. Arthur Salviolo Lima

	Descrição	Qtde.	Unid.	Material	TOTAL
1. Avenida Arthur Salviolo Lima - Reconstrução					
1	FRESAGEM DE PAVIMENTO ASFÁLTICO, EM LOCAIS COM NÍVEL ALTO DE INTERFERÊNCIA. AF_03/2017	4.440,00	m ²	2,69	11.943,6
2	LIMPEZA E VARRIÇÃO DE SUPERFÍCIE A PAVIMENTAR	4.440,00	m ²	2,2	9768
3	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO ATÉ 20 CM DE ESPESSURA	4.440,00	m ²	1,8	7992
4	PINTURA DE LIGAÇÃO COM EMULSAO RR-2C	4.440,00	m ²	0,18	799,2
5	CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ), CAMADA DE ROLAMENTO, COM ESPESSURA DE 5,0 CM EXCLUSIVO TRANSPORTE. AF_03/2017	222,00	m ³	717,04	159.182,9
				R\$	189.685,7

Fonte: A Autora

Levando em conta as necessidades de execução da Avenida Arthur Salviolo Lima, retirada do pavimento, regularização de subleito, construção do pavimento e outros, foi estimado um custo total para a obra de reconstrução da via de R\$189.6583,70.

Tabela 26 - Estimativa de Custos R. Tenente Joaquim Pinto

	Descrição	Qtde.	Unid.	Material	TOTAL
2. Rua Tenente Joaquim Pinto					
1	FRESADORA DE ASFALTO A FRIO SOBRE RODAS, LARGURA FRESAGEM DE 1,0 M, PO TÊNIA 208 HP - CHP DIURNO. AF_11/2014	4.816,00	m ²	2,69	12.955,04
2	LIMPEZA E VARRIÇÃO DE SUPERFÍCIE A PAVIMENTAR	4.816,00	m ²	2,2	1.0595,2
3	PINTURA DE LIGACAO COM EMULSAO RR-2C	4.816,00	m ²	0,18	866,88
4	CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ), CAMADA DE ROLAMENTO, COM ESPESSURA DE 5,0 CM EXCLUSI VE TRANSPORTE. AF_03/2017	240,80	m ³	717,04	172.663,2
				R\$	197.080,4

Fonte: A Autora

Já para a execução de reparo proposta para a Rua Tenente Joaquim Pinto, o custo total estimado para a obra da via foi de R\$197.080,40.

8 CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos e conhecimentos teóricos aprendidos por meio de pesquisas e leituras, viu-se a partir das notas de avaliação funcional das vias estudadas, a real necessidade de reparos e até mesmo reconstrução das mesmas.

As possíveis causas da aparição de tantos defeitos são tráfego acima do previsto, erro de dimensionamento das camadas de suporte, falha de execução do projeto de pavimentação, fadiga do material e principalmente falta de manutenção do pavimento.

Apresentando a nota mais baixa de VSA, a Avenida Arthur Salviolo Lima se enquadrou em situação péssima ocasionando a precisão de se fazer a reconstrução do pavimento, visto que o asfalto da via apresenta inúmeros tipos de patologias que se repetem em sua extensão como um todo. No caso da Rua Tenente Joaquim Pinto, a partir da nota VSA, constatou-se a necessidade de se executar um recapeamento também em toda a extensão da via.

Tendo em vista a necessidade de se fazer uma nova camada de pavimentação em ambas as vias, tornou-se necessário a determinação da espessura que a camada a ser executada necessitaria para poder suportar o novo tráfego previsto. Isso se deu através da determinação do número de repetições do eixo padrão, número “N”, onde se obteve como resultado a imposição de uma espessura de no mínimo 5 cm para as vias e camada de base igual a 15 cm.

Com a determinação das obras de recuperação necessárias para sanar os problemas encontrados e espessura mínima do pavimento, foi possível estimar os custos para tais obras. A reconstrução da Avenida Arthur Salviolo Lima tendo valor estimado de R\$189.6583,70 e o recapeamento da Rua Tenente Joaquim Pinto com valor de R\$ 197.080,40.

Ao final deste estudo, concluiu-se que a necessidade de se executar tais reparos é de caráter emergencial, pois o benefício de se fazer um projeto levando em conta o tráfego futuro e suas características, juntamente com a boa execução de projeto acarreta uma ótima qualidade de rodagem aos usuários. No entanto o custo para que isso aconteça é elevado, porém, mesmo apresentando custo elevado a utilização dessas medidas reparadoras se mostra melhor do que continuar executando constantemente pequenos reparos como vem sendo feito. Os reparos isolados não são suficientes para manter a via em bom estado, e logo o mesmo local voltará a apresentar defeitos.

Ainda que sejam executadas as medidas cabíveis, a reconstrução e o recapeamento das vias, é indispensável que seja executada a manutenção das mesmas, pois assim será possível manter as patologias em controle e proporcionar aos usuários vias em bom estado para rodagem.

9 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7207**: Terminologia e classificação de pavimentação. Rio de Janeiro, 1982.

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica – Materiais, Projeto e Restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BALBO, J. T. **Pavimentos Asfálticos**: patologias e manutenção. São Paulo: Plêiade, 1997.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfálticas**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobrás; Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto, 2008.

CAMPOS, Vânia B. G. **Planejamento de transportes: conceitos e modelos**. 1ª ed. Rio de Janeiro, Interciência, 2013.188p.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos**. Rio de Janeiro, 2003b.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos**. Rio de Janeiro, 2003c.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos**: terminologia. Rio de Janeiro, 2003a, 12p. Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNIT0052003TER.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2017.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de Estudos de Tráfego**. Rio de Janeiro, 2006, 384p.. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/manual_estudos_trafego.pdf>. Acesso em: 08 nov 2017.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006, 95p. Disponível em: <https://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2017.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. Rio de Janeiro, 2006, 814p. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/..%5Carquivos_internet%5Cipr%5Cipr_new%5Cmanuais%5CManual_de_Restauracao.pdf>. Acesso em: 27 out 2017.

Global Mapper. Blue Marble Geographics. Disponível para download em: <<http://www.bluemarblegeo.com/products/global-mapper.php>>. Acesso em 20/04/2017

Google Earth. Google. Disponível em: <<https://www.google.com.br/intl/ptBR/earth/>>. Acesso em 08/05/2017

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Infográficos:** dados gerais dos municípios. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=317070>>

MAPA CIDADE DE VARGINHA, **Prefeitura Municipal de Varginha.** Disponível para download em: <<http://www.varginha.mg.gov.br/mapa>>. Acesso em 28/04/2017

PEREIRA, Armando Belato Pereira. Guia de Estudo – Engenharia de Transportes I. Varginha: GEAD - UNIS/MG, 2016. 146 p.

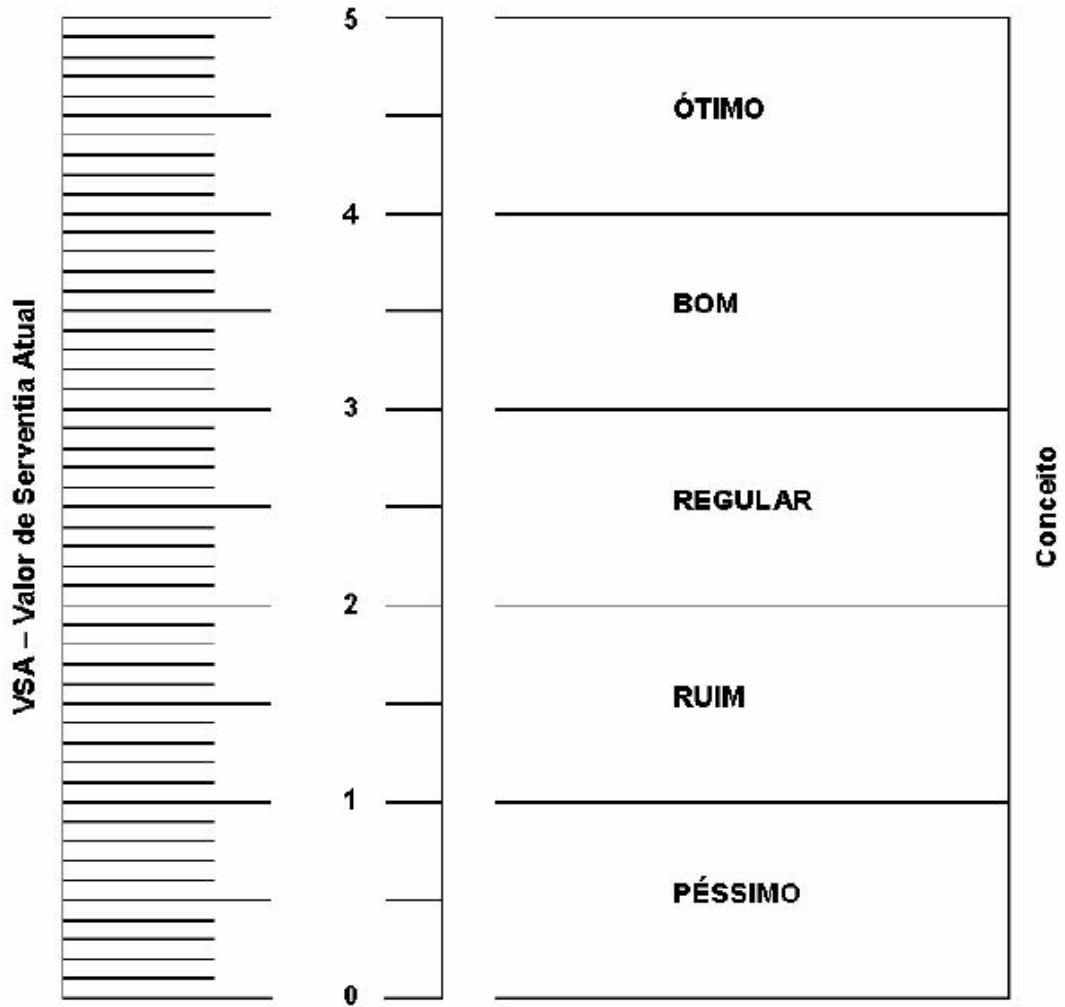
PINTO, S.; PREUSSLER, E. **Pavimentação Rodoviária:** conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis Rio de Janeiro: Synergia IBP, 2010

SOUZA, M. L. (1980). “Pavimentação Rodoviária”. Livros Técnicos e Científicos, Ed. AS, Rio de Janeiro – RJ.

THOSER. **Manual de Técnicas de Pavimentação.** 2ª ed. São Paulo, 2008. 761 p.

10 ANEXOS

ANEXO 2 – FCHA DE AVALIAÇÃO DE SERVENTIA



Rodovia: _____

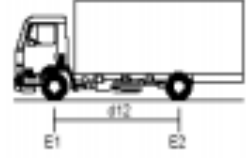




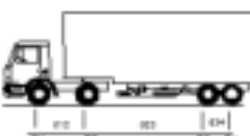

Observações: _____

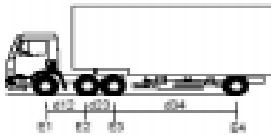
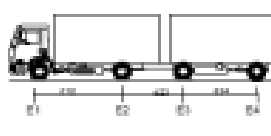
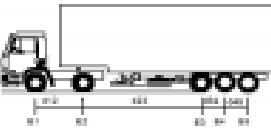
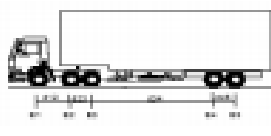
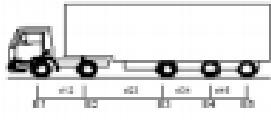
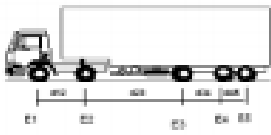
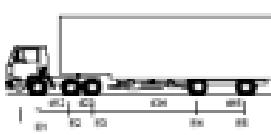
Nº do Avaliador: _____

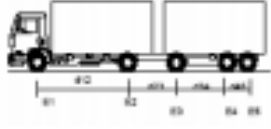
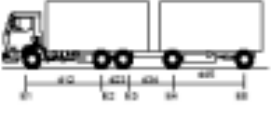

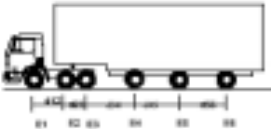
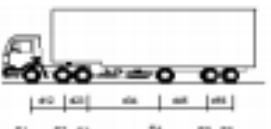

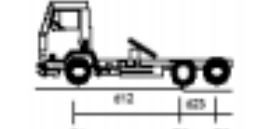
Data: / /

_____ /índice geral

ANEXO 3 – VEÍCULOS ADOTADOS NA CLASSIFICAÇÃO DO DNIT

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	2	16(16,8)	CAMINHÃO E1 = eixo simples (ES), rodagem simples (RS), carga máxima (CM) = 6t ou capacidade declarada pelo fabricante do pneumático E2 = ES, rodagem dupla (RD), CM = 10t $d_{12} \leq 3,50m$	2C
	3	23(24,2)	CAMINHÃO TRUCADO E1 = ES, RS, CM = 6t E2E3 = ES, conjunto de eixos em tandem duplo TD, CM = 17t $d_{12} > 2,40m$ $1,20m < d_{23} \leq 2,40m$	3C
	3	26(27,3)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM = 6t E2 = ED, RD, CM = 10t E3 = ED, RD, CM = 10t $d_{12}, d_{23} > 2,40m$	2S1
	4	31,5(33,1)	CAMINHÃO SIMPLES E1 = ES, RS, CM 6t E2E3E4 = conjunto de eixos em tandem triplo TT; CM = 25,5t $d_{12} > 2,40$ $1,20m < d_{23}, d_{34} \leq 2,40m$	4C
	4	29(30,5)	CAMINHÃO DUPLO DIRECIONAL TRUCADO E1E2 = conjunto de eixos direcionais CED, CM = 12t E3E4 = TD, CM = 17t $1,20m < d_{34} \leq 2,40m$	4CD
	4	33(34,7)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3E4 = TD, CM = 17t $d_{12}, d_{23} > 2,40m$ $1,20m < d_{34} \leq 2,40m$	2S2
	4	36(37,8)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10t $d_{12}, d_{23}, d_{34} > 2,40m$	2I2

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	4	33(34,7)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t d12, d34 > 2,40m 1,20 < d23 ≤ 2,40	3S1
	4	36(37,8)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10m d12, d23, d34 > 2,40m	2C2
	5	41,5(43,6)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD CM10t E3E4E5 = TT, CM 25,5t d12, d23 > 2,40m 1,20m d34, d45 ≤ 2,40m	2S3
	5	40(42)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM17t E4E5 = TD, CM 17t d12, d34 > 2,40m 1,20m < d23, d45 ≤ 2,40m	3S2
	5	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d23, d34, d45 > 2,40m	2I3
	5	43(45,2)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4E5 = TD, CM 17t d12, d23, d34 > 2,40m 1,20m < d45 ≤ 2,40m	2J3
	5	43(45,2)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3I2

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	5	43(45,2)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4E5 = TD, CM 17t d12, d23, d34 > 2,40m 1,20m < d45 ≤ 2,40m	2C3
	5	43(45,2)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3C2
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4E5E6 = TT, CM 25,5t d12, d34, > 2,40m 1,20m < d23, d45, d56 ≤ 2,40m	3S3
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t E6 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45, d56 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3I3
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23, d56 ≤ 2,40m	3J3
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23, d56 ≤ 2,40m	3C3
	6	19,5(20,5)	CAMINHÃO TRATOR E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD(6 pneus), CM 13,5t 1,20m < d23 ≤ 2,40m A CMT do conjunto vai variar conforme a capacidade do semi-reboque, no mínimo 10 ton até, no máximo o limite legal de 4r ton.	X

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	6	50(52,5)	ROMEU E JULIETA(caminhão trucado + reboque) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = T0, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23, d56 ≤ 2,40m	3D3
	7	57(59,9)	ROMEU E JULIETA(caminhão trucado + reboque) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = T0, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t d12, d34, d56 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d67 ≤ 2,40m	3D4
	7	57(59,9)	BI TREM ARTICULADO(caminhão trator trucado + dois semi reboques) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = T0, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t d12, d34, d56 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d67 ≤ 2,40m	3D4
	7	63(66,2)	TREMINHAO(caminhão trucado + dois reboques) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t E6 = ED, RD, CM 10t E7 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d56, d67 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3Q4
	9	74(77,7)	TRI TREM(caminhão trator trucado + três semi reboques) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t E8E9 = TD, CM 17t d12, d34, d56, d78 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d67, d89 ≤ 2,40m	3T6