

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG

BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

DIEGO FERNANDO DE SOUZA SILVA

**ESTUDO DE ANTEPROJETO PARA DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO
FLEXÍVEL POR MEIO DA AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DAS PATOLOGIAS DA
AVENIDA AYRTON SENNA LOCALIZADA EM POUSO ALEGRE - MG**

Varginha

2019

DIEGO FERNANDO DE SOUZA SILVA

**ESTUDO DE ANTEPROJETO PARA DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO
FLEXÍVEL POR MEIO DA AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DAS PATOLOGIAS DA
AVENIDA AYRTON SENNA LOCALIZADA EM POUSO ALEGRE - MG**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharelado, sob a orientação da MSc. Tiely Zurlo Mognhol.

Varginha MG

2019

DIEGO FERNANDO DE SOUZA SILVA

**ESTUDO DE ANTEPROJETO PARA DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO
FLEXÍVEL POR MEIO DA AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DAS PATOLOGIAS DA
AVENIDA AYRTON SENNA LOCALIZADA EM POUSO ALEGRE - MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS-MG), como pré-requisito para obtenção do grau de bacharelado pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

MSc. Tiely Zurlo Mognhol

Professor (a), Convidado (a)

Professor (a), Convidado (a)

OBS.:

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Antônio e Silvana, por todo apoio e força nos momentos difíceis, e à todos os meus familiares e amigos que sempre estiveram presentes nos momentos bons e ruins desta jornada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me dar forças para vencer todos os obstáculos, e me proporcionar esta vitória.

Agradeço a Prof^a. MSc. Tiely Zurlo Moghol, pela atenção e um excelente acompanhamento do trabalho de conclusão de curso.

Aos professores que estiveram presentes ao longo do curso transmitindo seu valioso conhecimento a mim e à todos os meus colegas.

Aos amigos que fiz durante o curso citando em especial Fábio e Felipe, e aos colegas de classe, pela companhia durante esta incrível jornada.

Aos meus pais Antônio e Silvana por todo apoio e suporte nos momentos de dificuldades, me incentivando a buscar os meus sonhos.

EPÍGRAFE

“Nunca ande pelo caminho traçado, pois ele
conduz somente até onde os outros foram.”

Alexander Graham Bell

RESUMO

Este trabalho tem como foco principal realizar o diagnóstico do pavimento flexível da Avenida Ayrton Senna, localizada na cidade de Pouso Alegre – MG, determinando a sua qualidade de trafegabilidade e serventia. O estudo foi realizado por meio do método de análise superficial das patologias, visto que é necessário garantir a qualidade de deslocamento e segurança para os usuários deste trecho. As propostas para solução da problemática exposta incluem técnicas para recuperação do pavimento existente e uma proposta para dimensionamento de um novo pavimento flexível, tomando como parâmetros de anteprojeto o volume médio de veículos que utilizam a via. A via, objeto de estudo, é constituída por um trecho com cerca 4,7 km de extensão e tem grande importância para a cidade, sendo responsável pelo desvio do tráfego de veículos pesados do centro urbano. Utilizando o método de Valor de Serventia Atual (VSA), no qual o pavimento é avaliado com nota de 0 a 5, foram diagnosticados oito trechos com cerca de 500 metros cada, inclusive aqueles que apresentam maior degradação em decorrência da falta de manutenção. Utilizando relatórios fotográficos, foi possível catalogar e diagnosticar a situação atual do trecho, no qual foi observada a necessidade de realizar processos de manutenção corretiva como medida a curto prazo e restauração do pavimento asfáltico, como medida a longo prazo.

Palavras-chave: Análise de Serventia. Pavimento Flexível. Patologias.

ABSTRACT

The main focus of this work is to diagnose the flexible pavement of Avenida Ayrton Senna, located in Pouso Alegre - MG, determining its quality of traffic and serviceability. The study was carried out by the superficial pathology analysis method, since it is necessary to guarantee the quality of displacement and safety for the users of this stretch. Proposals for the solution of the exposed problem include techniques for the recovery of existing pavement and a proposal for dimensioning a new flexible pavement, taking as preliminary design parameters the average volume of vehicles that use the road. The road, object of study, consists of a stretch about 4.7 km long and is of great importance for the city, being responsible for the diversion of heavy vehicle traffic from the urban center. Using the Current Servant Value (VSA) method, in which the pavement is rated with a score from 0 to 5, eight stretches of about 500 meters each were diagnosed, including those that show greater degradation due to lack of maintenance. Using photographic reports, it was possible to catalog and diagnose the current situation of the stretch, in which it was observed the need to perform corrective maintenance processes as a short-term measure and asphalt pavement restoration as a long-term measure.

Key words: *Serventi analysis. Flexible Pavement. Pathology.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Corte da Estrutura do Pavimento Flexível.....	17
Figura 02 – Detalhe de sarjeta.....	21
Figura 03 – Bocas de lobo.....	22
Figura 04 – Ficha de avaliação do VSA.....	25
Figura 05 – Ficha de avaliação do VSA.....	25
Figura 06 – Período recomendável para a intervenção dos pavimentos.....	26
Figura 07 – Trinca Isolada Transversal.....	29
Figura 08 – Trinca Isolada Longitudinal.....	30
Figura 09 – Trinca Tipo Couro de Jacaré.....	31
Figura 10 – Trinca Tipo “Bloco”.....	31
Figura 11 – Afundamento plástico na trilha de roda.....	32
Figura 12 – Afundamento por consolidação na trilha de roda.....	33
Figura 13 – Ondulações.....	33
Figura 14 – Escorregamento.....	34
Figura 15 – Exsudação.....	35
Figura 16 – Desgastes.....	35
Figura 17 – Painela ou Buraco.....	36
Figura 18 – Ábaco de dimensionamento de espessuras.....	43
Figura 19 – Ficha de Preenchimento.....	48
Figura 20 – Avenida Ayrton Senna – Pouso Alegre – MG.....	58
Figura 21 – Relatório do trecho 01.....	61
Figura 22 – Relatório do trecho 02.....	62
Figura 23 – Relatório do trecho 03.....	63
Figura 24 – Relatório do trecho 04.....	64
Figura 25 – Relatório do trecho 05.....	65
Figura 26 – Relatório do trecho 06.....	66
Figura 27 – Relatório do trecho 07.....	67
Figura 28 – Relatório do trecho 08.....	68
Figura 29 – Ensaio de caracterização.....	80
Figura 30 – Ensaio de caracterização.....	81
Figura 31 – Ensaio de caracterização.....	82
Figura 32 – Ensaio de caracterização.....	83

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 01 – Níveis de Serventia.....	25
Quadro 02 – Quadro resumo de patologias.....	27
Quadro 03 – Parâmetros da espessura do revestimento em relação ao Número “N”.....	39
Quadro 04 – Classificação das vias e parâmetros de tráfego.....	41
Quadro 05 – Coeficiente de equivalência.....	42
Quadro 06 – Parâmetro CBR.....	43
Quadro 07 – Tipos de Veículos com descrição dos Eixos.....	52
Quadro 08 – Fator de Veículos para caminhões vazios.....	53
Quadro 09 – Fator de Veículos para carga legal (DNER).....	54
Quadro 10 – Fator de Veículos para carga máxima (Com Tolerância).....	55
Quadro 11 – Espessura de revestimento asfáltico dos trechos.....	70
Quadro 12 – Contagem de Veículos na Avenida Ayrton Senna.....	73
Quadro 13 – Cálculo do Fator Horário de Pico (FHP).....	75
Quadro 14 – Calculo do Volume Horário de Pico (VHP).....	75
Quando 15 – Aumento Populacional na cidade de Pouso Alegre.....	75
Quadro 16 – Cálculo Fator Veículo (FV)	78
Quadro 17 – Classificação das Rodovias.....	85
Quadro 18 – Largura da faixa de rolamento	86
Quadro 19 - Largura da faixa de acostamento.....	86
Quadro 20 – Composição de Preço Unitário (Escavação do Subleito).	88
Quadro 21 – Composição de Preço Unitário (Regularização do Subleito).....	88
Quadro 22 – Composição de Preço Unitário (Sub-Base)	89
Quadro 23 – Composição de Preço Unitário (Base).....	89
Quadro 24 – Composição de Preço Unitário (Imprimação)	90
Quando 25 - Composição de Preço Unitário (Pavimentação).....	90
Tabela 01 – Preço unitário de serviços.....	91

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Valor de Serventia atual dos trechos (VSA).....	69
Gráfico 02 – Contagem de Tráfego.....	73

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CNT	Confederação Nacional de Transportes
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
FHP	Fator Horário de Pico
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
"N"	Número de operações do eixo padrão de 80 KN
VSA	Valor de Serventia Atual
VHP	Volume Horário de Pico
VMD	Volume Médio Diário
VMDA	Volume Médio Diário Anual

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivo específico	14
3 JUSTIFICATIVA	15
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
4.1 Pavimentos	16
4.2 Pavimento Flexível.....	16
4.2.1 Camadas que constituem o Pavimento Flexível	17
4.3 Formas de Intervenção no Pavimento Asfáltico (manutenções)	18
4.3.1 Conservação	19
4.3.2 Conservação Rotineira	19
4.3.3 Conservação Periódica	19
4.3.4 Conservação de Emergência	19
4.3.5 Restauração	20
4.3.6 Reconstrução	20
4.4 Sistemas de drenagem pluvial	20
4.4.1 Sarjetas	21
4.4.2 Bocas de Lobo.....	21
4.4.3 Meios-fios.....	22
4.4.4 Galerias.....	23
4.5 Avaliação Funcional do Pavimento	23
4.5.1 Valor de Serventia Atual (VSA)	23
4.6 Tipos De Patologias No Pavimento Flexível.....	27
4.6.1 Causas dos Defeitos em Pavimentos Flexíveis	28
4.7 Tipos de Patologias	28
4.7.1 Fendas (F)	28
4.7.2 Afundamentos (A)	32
4.7.3 Corrugação e Ondulações Transversais (O)	33
4.7.4 Escorregamento (E).....	34
4.7.5 Exsudação (EX)	34
4.7.6 Desgastes ou Desagregação (D).....	35
4.7.7 Panela ou Buraco (P).....	36
4.7.8 Remendo (R).....	36

4.8 Técnicas para Revitalização Funcional do Pavimento	37
4.8.1 Lama Asfáltica (LAMA)	37
4.8.2 Tratamento Superficial Simples ou Duplo (TSS ou TSD)	37
4.8.3 Microrrevestimento Asfáltico a Frio (MICRO)	37
4.8.4 Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ)	38
4.9 Método de dimensionamento DNER.....	38
4.9.1 Número “N” – Determinação da espessura do Revestimento.....	38
4.9.2 Número “N”.....	39
4.9.2.1 Dimensionamento do Número “N” (Método IP – 02/2004	
CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS).....	40
4.9.2.2 Dimensionamento do Número “N” pelo cálculo adotado pelo DNER	41
4.9.3 Dimensionamento das Camadas do Pavimento Flexível Método DNER	42
4.9.3.1 Capacidade de Suporte Califórnia (CBR)	42
4.9.3.2 Dimensionamento das camadas do pavimento flexível.....	44
4.9.4 Volume Médio Diário (VMD)	44
4.9.4.1 Método do Volume Médio Diário (VMD) ou tráfego médio diário (TMD)	
.....	45
4.9.4.2 Cálculo volume total do primeiro quadrimestre (VMD1).....	45
4.9.4.3 Cálculo volume total do segundo quadrimestre (VMD2).....	46
4.9.4.4 Cálculo volume total do terceiro quadrimestre (VMD1).....	46
4.9.4.5 Cálculo do volume médio diário anual (VMDA)	47
4.9.5 Método de contagem pelo volume horário de pico (VHP)	47
4.9.5.1 Cálculo da População Futura e Volume de Tráfego Futuro	49
4.9.6 Fator Veículos (FV)	51
5 METODOLOGIA	57
5.1 Classificação da pesquisa.....	57
5.2 Caracterização do estudo de caso.....	57
5.3 Planejamento da Pesquisa	58
6 RESULTADOS	60
6.1 Análise dos Resultados	60
6.2 Correções das patologias	70
6.2.1 Conservação das estradas	70
6.2.2 Tratamento de Patologias (Correções)	70
7 ESTUDO DE TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL	72

7.1 Estudo do tráfego.....	72
7.1.1 Contagem de tráfego pelo método do volume horário de pico	72
7.1.2 Cálculo do Volume de Tráfego pelo método Volume Horário de Pico.....	74
7.2 Volume de tráfego futuro na Avenida Ayrton Senna.....	75
7.3 Cálculo do Fator Veículo (FV)	77
7.4 Determinação do Número “N”	78
7.5 Determinação da Espessura do Revestimento do pavimento.....	79
7.6 Dimensionamento das camadas do pavimento flexível.....	79
7.6.1 Cálculo para dimensionamento das camadas do pavimento flexível.....	84
7.6.2 Dimensionamento da largura das faixas de rolamento e acostamento.....	85
7.6.3 Detalhamento da largura de faixas e seção transversal do pavimento.....	86
7.7 Levantamentos de custos referentes ao dimensionamento do pavimento flexível	
.....	87
8 CONCLUSÃO.....	93
REFERÊNCIAS.....	94
APÊNDICE A – QUADROS DE CONTAGEM DE VEÍCULOS.....	96
APÊNDICE B – QUADRO DE FATOR VEÍCULO SEMANAL.....	99
APÊNDICE C – DETALHAMENTO DA SEÇÃO TRANSVERSAL DO PAVIMENTO	
.....	101
APÊNDICE D – ÁBACO DE DIMENSIONAMENTO DE CAMADSS DO	
PAVIMENTO FLEXÍVEL.....	104

1 INTRODUÇÃO

O pavimento, conforme Bernuci et al (2008) apresenta, é de suma importância no meio social, pois, por meio dele, é realizado o deslocamento e a trafegabilidade urbana, o que impacta diretamente na economia da população. Portanto, uma via pavimentada tem como objetivo garantir conforto, qualidade de rodagem e segurança para os usuários, sendo este último, o ponto o mais importante. O tipo de pavimento empregado no Brasil é, em sua maioria, do tipo flexível, constituído por camadas de solo com graduação de agregados controlada, responsáveis por dissipar as cargas dos veículos de maneira distribuída até o subleito ou terreno de fundação.

No Brasil existe grande dependência do modal rodoviário, visto que cerca de 60% do transporte de cargas é feito por meio deste modal, de acordo com dados da Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2018). Ainda segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2016), cerca de 57% das vias analisadas se encontram em condições inadequadas. Por outro lado, este mesmo estudo aponta o aumento da frota de veículos, o que conduz algumas rodovias a condições precárias, gerando um déficit no setor de transportes, causando perdas na economia do país em função do elevado índice de acidentes, e também do tempo gasto para se deslocar em todo território nacional.

Com base nos dados observados nos parágrafos anteriores, pode-se relacionar este aspecto diretamente com a situação atual da Avenida Ayrton Senna em estudo, onde a via apresenta-se com baixa qualidade de trafegabilidade, segurança e conforto em toda a sua extensão, deixando clara a necessidade de estudo e diagnóstico do trecho.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como principal objetivo realizar o levantamento das patologias presentes no pavimento flexível da Avenida Ayrton Senna – Pouso Alegre – MG, e propor técnicas de manutenção corretiva para essas patologias e/ou recuperação total da via.

2.2 Objetivo específico

- Classificar as patologias existentes.
- Identificar o valor de serventia atual da avenida (VSA).
- Identificar o Volume Médio Diário Anual (VMDA).
- Propor técnicas para manutenção corretiva e recuperação das patologias identificadas.
- Propor o dimensionamento para o pavimento da via em estudo.
- Propor o levantamento de custos referentes ao dimensionamento do pavimento flexível.

3 JUSTIFICATIVA

O pavimento tem como principal função, garantir o deslocamento de veículos e pessoas, diminuindo consideravelmente o tempo de viagem até o destino desejado, além de garantir aos usuários conforto, segurança e qualidade de rodagem ao longo de sua vida útil de projeto. Infelizmente de acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2016), conforme já citado, cerca de 57% das vias se encontram em condições inadequadas para deslocamento seguro, visto que na maioria dos casos, as vias se encontram em condições de total abandono, ocasionando o surgimento de patologias. Cabe ressaltar ainda, a necessidade de conduzir a execução do pavimento em acordo ao projeto executivo, a fim de garantir a durabilidade proposta e economia a longo prazo.

No pavimento da Avenida Ayrton Senna na cidade de Pouso Alegre - MG, as patologias estão presentes em praticamente toda a sua extensão, o que conduz a falta de segurança e qualidade do deslocamento, visto que esse trecho é importante por exercer o papel de desvio do tráfego de veículos pesados do centro urbano, contribuindo economicamente para o município, pois facilita a entrada e saída de cargas da cidade. As manutenções executadas neste trecho são exclusivamente do tipo “tapa buracos” e não se sustentam por um longo período, tendo em vista o caráter emergencial da solução.

Considerando a importância da avenida em estudo e a condição atual de uso, é latente a necessidade de um estudo aprofundado das patologias existentes, a fim de possibilitar a proposição de técnicas para tratamento e correção dos defeitos existentes, ou, na pior situação, apresentar a proposta de um novo dimensionamento do pavimento asfáltico.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Pavimentos

De acordo com Balbo (2007), o homem com o passar dos tempos, para obter acessibilidade e facilidade de transporte e locomoção, começou a se preocupar com a qualidade das estradas criando técnicas de aperfeiçoamento do pavimento. Assim nos dias atuais a melhoria operacional das estradas é de grande responsabilidade da engenharia, garantindo a operacionalidade da via e segurança nas pistas de rolamento, determinando assim conforto no deslocamento. Ainda segundo Bernucci et al (2008), o pavimento é descrito como um tipo de estrutura formado por camadas de dimensões variáveis e sobrepostas, criadas sobre o tratamento de terraplenagem, que desempenha a tarefa de resistir aos esforços horizontais e pontuais que são aplicados de forma intensa pelo tráfego veicular e o clima característico da região.

Contudo de forma geral, de acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), os pavimentos são basicamente designados por três tipos: rígidos, semi-rígidos e flexíveis.

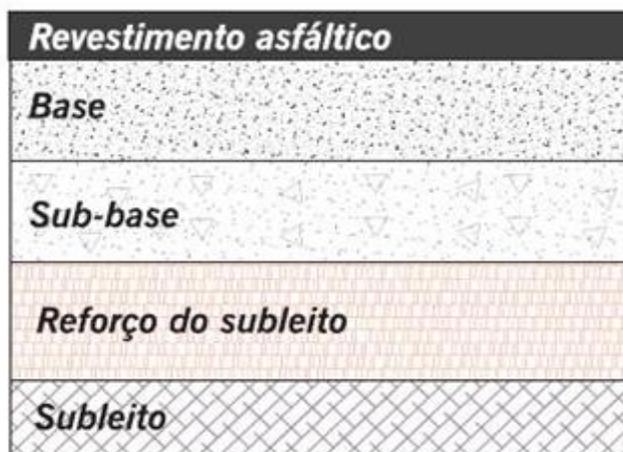
- **Rígido:** estruturado para desempenhar grande rigidez em comparação às camadas inferiores, visto que a primeira camada recebe e absorve totalmente os esforços aplicados pelo tráfego, construído basicamente como uma laje de concreto armado de cimento portland.
- **Semi-rígido:** tipo composto por uma camada de base cimentada formada por algum material com função cimentícia, citando como exemplo uma camada de solo cimento com revestimento asfáltico.
- **Flexível:** pavimento composto por camadas, onde todas elas sofrem deformação proveniente do tráfego viário sob o pavimento. Sendo assim as tensões se aplicam de forma equivalente entre as camadas que o constituem. Exemplo comum em pavimentos formados por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou uma base de solo com pedregulhos, revestido com a capa asfáltica.

4.2 Pavimento Flexível

Segundo Pinto e Pinto (2015), o pavimento flexível pode ser caracterizado como sendo uma estrutura formada de uma espessura pequena de revestimento asfáltico, onde esta

estará sujeita a receber os esforços vindos diretamente do tráfego intenso de veículos, que em relação ao tipo de terreno, nomeado de subleito ainda deve ser complementado por camadas de base, sub-base e reforço do subleito, como pode ser observado na figura 01 na página seguinte.

Figura 01 – Corte da Estrutura do Pavimento Flexível



Fonte: Bernucci et al (2008, p.338).

4.2.1 Camadas que constituem o Pavimento Flexível

O pavimento é considerado uma estrutura não perene, ou seja, é um elemento que não será eterno, com base nisto deve ser dimensionado com camadas sobrepostas formadas por materiais diferentes, com a finalidade de atender de forma estrutural e operacional ao tráfego viário, podendo ser determinado assim horizontes de manutenção preventiva e possíveis correções ao longo da vida útil, segundo Balbo (2007).

- **Subleito:** segundo Balbo (2007), o subleito irá receber os esforços impostos pelo tráfego e o mesmo irá se dissipar ao longo de sua profundidade. Podendo ser descrito como uma camada formada por solo natural proveniente da região, sendo realizado um processo de corte e aterro para que o material seja consolidado e compactado, podendo ser atingido uma espessura máxima de 20 centímetros.
- **Reforço do Subleito:** de acordo com Pavimentação – Reforço do Subleito – Especificação de Serviço DNIT 138/2010 – ES, é a uma camada tratada granulometricamente, subsenquentemente empregando energia de compactação adequada, a fim de melhorar suas características mecânicas executando-a sobre a camada do subleito. A formação desta camada pode ser realizada através da mistura de

materiais com presença de rochas ou calcário para garantir resistência aos esforços verticais.

- **Sub-base:** Balbo (2007) descreve esta camada como sendo algum tipo de complementação ao restante das camadas, ou como uma maneira exemplificada de definição, quando as camadas anteriores não tem a resistência adequada para que se haja uma absorção adequada dos esforços aplicados pelo tráfego.
- **Base:** caracterizada de acordo com Balbo (2007), camada que tem como objetivo receber e aliviar as pressões sobre as camadas de solo inferiores do pavimento, podendo trabalhar ainda como tipo de função drenante na superfície do pavimento. Podendo ser formada por solo natural, brita graduada, mistura de solos juntamente com agregados, brita graduada tratada com cimento ou algum tipo de aglomerante asfáltico.
- **Pintura de Ligação:** Conhecida também como imprimação ou impermeabilizante, segundo Balbo (2007), tem a função de fazer com que a camada anterior e a posterior que no caso é o próprio revestimento asfáltico, aplicadas geralmente em forma de emulsões asfálticas e asfaltos diluídos.
- **Revestimento:** conforme explica (Bernucci et al.) é a camada formada por ligantes viscosos e impermeáveis onde estes deverão impedir os deslocamentos horizontais, no qual o revestimento será submetido ao recebimento de cargas estáticas ou dinâmicas e mesmo após estes esforços deverá se manter na sua forma original, não sofrendo assim uma elevada deformação plástica ou elástica.

4.3 Formas de Intervenção no Pavimento Asfáltico (manutenções)

Como é caracterizado pelo Manual De Restauração De Pavimentos Asfálticos – DNIT 2006, a conservação do pavimento pode ser denominada como um conjunto de procedimentos, que de forma combinada irão devolver a funcionalidade ou devolver a condição de trafegabilidade, adequando-se a que o asfalto foi projetado. A prática de métodos de conservação do asfalto deve ser tomada como um tipo de investimento na infraestrutura, com finalidade de evitar uma possível manutenção com custos elevados. Basicamente os tipos de intervenção são classificados em três grupos: Conservação (rotineira, periódica e emergência), restauração e a reconstrução.

4.3.1 Conservação

Segundo o Manual de Conservação Rodoviária do DNIT (2005), os serviços de conservação trabalham como uma união de funções que ao longo do tempo da vida útil do pavimento, irão garantir conforto e qualidade de rodagem para usuários da via, neste tipo de intervenção engloba também os dispositivos que auxiliam a boa funcionalidade, como por exemplo o sistema de drenagem pluvial, sinalização, obras de arte especiais e faixas de domínio.

4.3.2 Conservação Rotineira

De acordo com o Manual de Conservação rodoviária DNIT (2005), este tipo de atividade é caracterizado principalmente pela função de desempenhar técnicas reparatórias na via de tráfego, garantindo a manutenção e eliminação dos defeitos presentes na pista de rodagem, garantindo assim a funcionalidade adequada e qualidade de deslocamento.

4.3.3 Conservação Periódica

Conforme mencionado no Manual de Conservação rodoviária do DNIT (2005), este tipo de operação de conservação aborda como foco de trabalho deter o surgimento ou a evolução de patologias. Este tipo de intervenção tem relação com o tipo de topografia presente, clima típico da região, intensidade do tráfego, onde estes fatores irão interferir na vida útil da via.

4.3.4 Conservação de Emergência

Segundo a norma DNER-TER 02-79, caracteriza este modo de conservação como sendo uma junção de atividades que tem como função específica a sanar defeitos ou danos impostos de maneira inesperada ou súbita, como fatores climáticos ou de origem da natureza, que por sua vez causam o mau funcionamento do tráfego ou que apontam riscos aos usuários da via. Alguns exemplos de empregabilidade são: correções de erosões das camadas que formam a via, comprometendo a integridade da estrutura do pavimento.

4.3.5 Restauração

Segundo Manual de Conservação Rodoviária do DNIT (2005), é composta por uma junção de atividades que tem como função, garantir o restabelecimento da funcionalidade de algo avariado ou danificado, neste caso o pavimento. Desta forma promove a funcionalidade das características de projeto, fazendo com que as técnicas originais de projeto sejam empregadas, proporcionando assim o aumento da vida útil do pavimento fazendo a adequação para um horizonte futuro de tráfego.

4.3.6 Reconstrução

Conforme é demonstrado pela DNER-TER 02-79, a reconstrução pode ser definida como a junção de atividades que irão proporcionar a via novas características, ou até mesmo a modificação das propriedades existentes. Pode ser tratada como a remoção de todo material que constitui a parte estrutural e física da rodovia. Empregada quando os gastos para a uma possível manutenção não são viáveis, também quando a qualidade de rodagem e desempenho não podem ser mantidas ou quando ocorra uma mudança brusca nas condições operacionais e trafegabilidade operacional da via.

4.4 Sistemas de drenagem pluvial

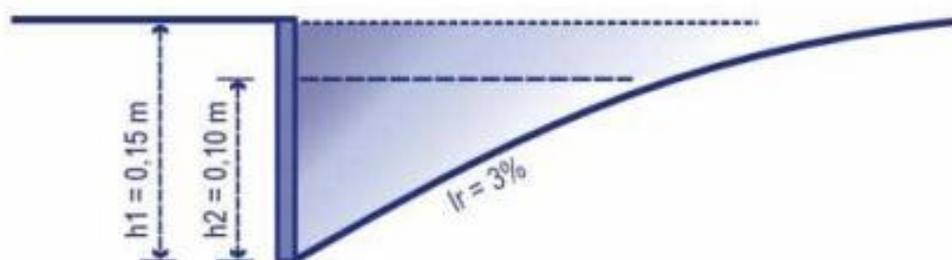
Conforme define Tucci et al. (1995), os sistemas de drenagem atuam de forma essencial no controle e transporte de águas pluviais, onde para que exista um sistema eficiente de drenagem e que neste garanta o escoamento de águas superficialmente pelas vias, necessariamente deve existir a captação através de canaletas laterais denominadas sarjetas. Para complementar o funcionamento das sarjetas e realizar a captação da água são implementadas as bocas de lobo, que atuam como forma de evitar o escoamento entre os cruzamentos, dando suporte e evitando que a sarjeta não alcance o sua capacidade máxima de drenagem.

Ainda segundo Tucci et AL. (1995), para a condução de toda essa água captada pelos dispositivos de drenagem citados acima são necessárias as denominadas galerias, que podem ser canais a céu aberto ou tubulações.

4.4.1 Sarjetas

Segundo a definição de Tucci (2001), as sarjetas são classificadas como parte da via pública, instaladas de forma paralela na extremidade ao lado da calçada. Sua composição se assemelha a uma calha, desempenhando papel de receber e escoar as águas pluviais.

Figura 02 – Detalhe de sarjeta



Fonte: TUCCI (2001, p. 830).

4.4.2 Bocas de Lobo

De acordo com Tucci (2001), as bocas de lobo são classificadas como dispositivos localizados em pontos específicos nas sarjetas, especificamente nas proximidades de cruzamentos realizando assim a captação de águas pluviais. Ainda segundo Tucci (2001) as bocas de lobo são classificadas em três grupos, sendo eles:

- Bocas ou ralos de guias;
- Ralos de sarjetas (grelha);
- Ralos combinados.

Figura 03 – Bocas de lobo



Fonte: SUDERHSA (2002, p. 104-105).

4.4.3 Meios-fios

Segundo Tucci et al (1995), os meios-fios são caracterizados por serem elementos estruturais formados por pedras ou concreto, instalados de forma localizada entre a calçada e a via pública, paralelamente ao eixo da rua, onde o mesmo dará suporte a sarjeta.

4.4.4 Galerias

De acordo com Tucci et al (1995), as galerias são descritas como um tipo de canalização pública, onde desempenham papel fundamental na drenagem urbana, pois funcionam como meio condutor de águas pluviais provenientes das sarjetas e bocas de lobo.

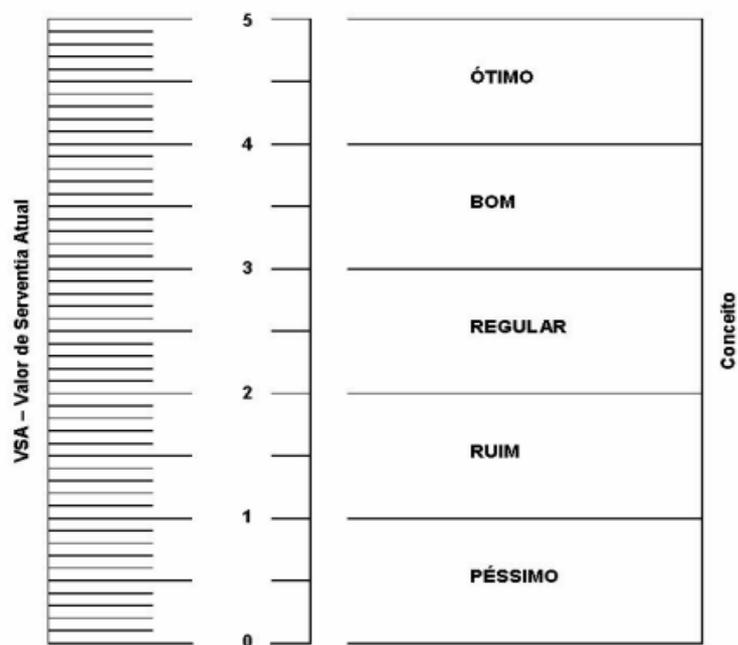
4.5 Avaliação Funcional do Pavimento

4.5.1 Valor de Serventia Atual (VSA)

Segundo Berbucci et al (2008), o valor de serventia tem relação direta com a caracterização do pavimento, como seu estado de conservação afeta diretamente sobre o conforto de rodagem. Ainda de acordo com a Norma DNIT 009/2003-PRO, que regulamenta os critérios avaliativos do Valor de Serventia Atual (VSA), define como sendo a capacidade que a via tem de garantir qualidade de deslocamento em qualquer condição de trafegabilidade.

De acordo com a Norma DNIT 009/2003-PRO, a caracterização do pavimento é feita através de avaliação superficial, catalogando e classificando cada patologia presente, de acordo com o grau de interferência na rodagem de veículos. A partir deste estudo pode-se efetuar um diagnóstico da atual situação superficial do pavimento. No Brasil esta caracterização é feita através de uma ficha avaliativa, que funciona com uma atribuição numérica que varia de um (1) a cinco (5), realizada por um grupo de cinco (5) avaliadores que se deslocam pelo trecho a ser observado por meio de um veículo de passeio, mantendo uma velocidade próxima a máxima da via. Como pode ser notado na figura 04 e 05, a ficha avaliativa é dotada de uma escala de 0 a 5, com a possibilidade de se efetuar anotações de caráter individual de cada um dos examinadores, determinando assim as condições qualitativas da via.

Figura 04 – Ficha de avaliação do VSA



Fonte: DNIT 009/2003-PRO

Figura 05 – Ficha de avaliação do VSA

Rodovia: _____ _____ _____
Observações: _____ _____ _____
Nº do Avaliador: _____ _____ _____
Data: ____/____/____
_____ / Índice geral

Fonte: DNIT 009/2003-PRO

Como foi mencionado anteriormente na Norma DNIT 009/2003-PRO, conforme mostra o quadro 01, o valor de VSA é obtido através de uma avaliação numérica, onde varia de 0 a 5, onde 0 é considerado como uma via de péssimas condições de trafegabilidade e 5 sendo valor máximo, considerado como uma ótima via com qualidade e condição de uma rodagem confortável.

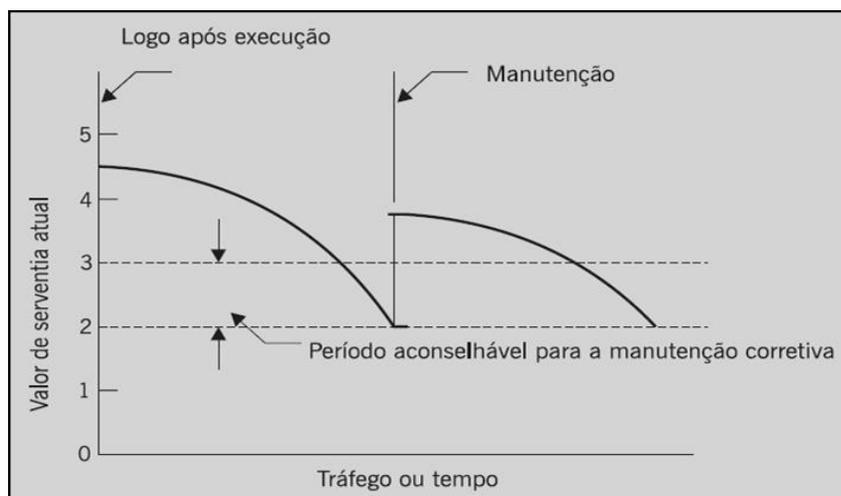
Quadro 01 – Níveis de Serventia

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

Fonte: Bernucci et al (2008, p.404)

Segundo Bernucci et al (2008), o clima tem papel fundamental na questão em que se diz respeito a durabilidade do pavimento, visto que com o passar do tempo juntamente com as intempéries e o tráfego de veículos, a água pode ocasionar uma queda de desempenho deste asfalto causando movimento nas estruturas e assim formando uma maior quantidade de defeitos na superfície de rodagem. Existe um limite ideal de conforto e trafegabilidade na rodagem, levando em consideração o VSA atual do pavimento logo após a execução ou manutenção, pode também ser levado como padrão um limite de aceitabilidade para que se ocorra uma eventual manutenção no asfalto, como pode ser visto na imagem 06 a seguir.

Figura 06 – Período recomendável para a intervenção dos pavimentos



Fonte: BERNUCCI et al (2008, p.406)

Conforme propõe a Norma DNIT 009/2003-PRO, o estudo do VSA, deve ser feito através de uma análise dos diferentes trechos presentes no pavimento, levando em consideração a avaliação de todos os membros avaliativos e seus respectivos resultados e observações, estudando um trecho máximo de 2 quilômetros, a partir desta coleta de dados deve-se então realizar a média dos valores obtidos por cada examinador chegando assim ao VSA real, que no caso é o VSA médio total da via, onde este valor é feito através da equação abaixo.

$$VSA = \frac{\sum X}{n} \quad (1)$$

Fonte: DNIT 009/2003-PRO

Onde:

VSA = Valor de Serventia Atual;

X = A soma de Valores de Serventia Atual individual de cada avaliador;

n = Número de avaliadores.

4.6 Tipos De Patologias No Pavimento Flexível

Conforme explica Bernucci et al (2008), os defeitos podem ser caracterizados como imperfeições no asfalto que podem ser analisados ou identificados através da análise visual, sendo classificados de acordo com padrão de nomenclatura normatizada da Norma DNIT 005/2003-TER. Para se obter um efetivo controle na qualidade do pavimento, deve ser feito um levantamento das patologias presentes na via, estes dados apontados no levantamento tem como foco principal a avaliação do estado de conservação e de qualidade de rodagem da via, e a partir destes dados posteriormente pode-se realizar um estudo para que se consiga propor uma solução adequada para cada tipo de problema encontrado. O quadro 02 mostra a classificação das patologias de acordo com a Norma DNIT 005/2003-TER.

Quadro 02 – Quadro resumo de patologias

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento	TRR	FC-1	FC-2	FC-3	
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3
	OUTROS DEFEITOS				CODIFICAÇÃO		
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP			
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP			
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC			
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC			
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base				O			
Escorregamento (do revestimento betuminoso)				E			
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento				EX			
Desgaste acentuado na superfície do revestimento				D			
"Painelas" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P			
Remendos			Remendo Superficial	RS			
			Remendo Profundo	RP			

Fonte: Norma DNIT 005/2003-TER

4.6.1 Causas dos Defeitos em Pavimentos Flexíveis

Segundo Bernucci et al (2008), os defeitos em pavimentos podem ocorrer em um curto período em um pavimentos novo, levando em consideração algumas condições inadequadas como por exemplo os erros de projetos, e defeitos decorrentes em um médio ou longo espaço de tempo, causados por fatores devido a utilização intensa do tráfego viário, visto que em alguns casos, tem-se dificuldade em prever o fluxo de veículos no período de projeto, ocasionada por falta de dados regionais ou um mal planejamento estratégico.

De acordo com Bernucci et al (2008), existem diversos fatores de cunho construtivos que irão influenciar no surgimento de futuros defeitos, pode-se exaltar entre os fatores:

- Camadas com espessuras inadequadas;
- Má compactação do solo;
- Compactação de misturas com temperatura inadequada;
- Erros nas taxas de imprimação ou pintura de ligação;
- Dosagem inadequada de materiais;
- Escolha de agregados para camadas de base e sub-base.

4.7 Tipos de Patologias

4.7.1 Fendas (F)

Conforme especifica a Norma DNIT 005/2003-TER, fenda pode ser qualquer descontinuidade presente na integridade da superfície do pavimento, onde há a presença de aberturas com menor ou maiores espaçamentos. Para melhor classificação desta patologia ela é dividida em trincas e fissuras, onde as trincas apresentam uma subdivisão que engloba as trincas isoladas transversais, trincas isoladas longitudinais, trincas de retração, trincas do tipo couro de jacaré e trincas do tipo bloco.

- **Fissuras:** de acordo com a Norma DNIT 005/2003-TER é geralmente formada por uma fenda de largura capilar, ou seja, de espessuras menores podendo ser notada apenas com uma visada através de uma distância máxima de 1,50 metros. Este tipo de patologia não causa efeitos funcionais no pavimento, podendo ser caracterizada com a ocorrência no revestimento, sendo posicionada de forma transversal, longitudinal ou oblíqua ao eixo da via.

- **Trinca:** caracterizada como uma fenda presente no revestimento asfáltico e com abertura maior que a presente em fissuras, onde pode apresentar-se de maneira isolada ou interligada.
- **Trinca isolada (transversal):** apresenta direção predominante perpendicular ao eixo da via como pode ser observado na figura 07, formada por trincas de comprimento de até 1 metro de extensão, classificadas como transversal curta. Quando as trincas forem superiores a 1 metro de extensão estas são classificadas como transversal longa.

Figura 07: Trinca Isolada Transversal



Fonte: Norma DNIT 005/2003-TER

- **Trinca isolada (longitudinal):** segundo a Norma DNIT 005/2003-TER, tem como característica principal a ocorrência predominante ao eixo paralelo a via como pode ser observado na figura 08, sendo classificada em trinca curta com até 1,0 metros de extensão e longa com extensão acima de 1,0 metro.

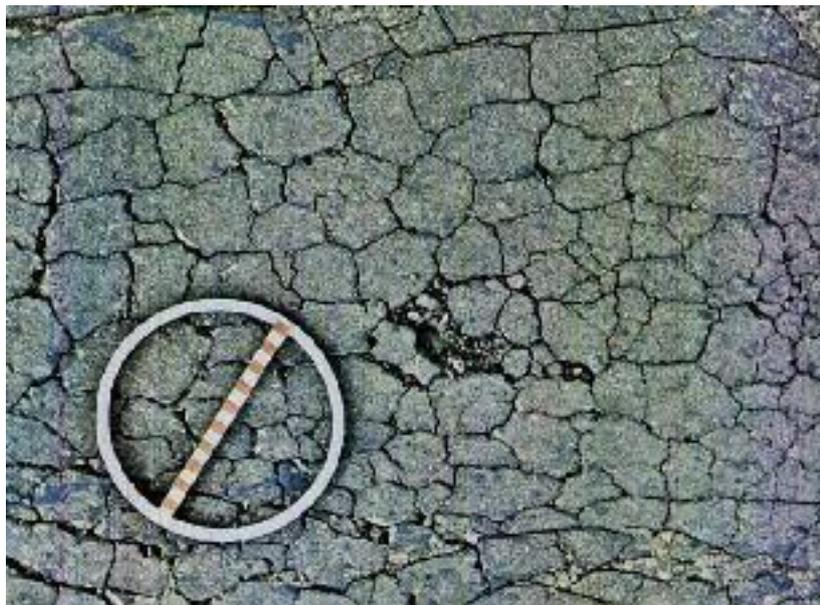
Figura 08 – Trinca Isolada Longitudinal



Fonte: Norma DNIT 005/2003-TER

- **Trinca de Retração:** conforme classifica a Norma DNIT 005/2003-TER, este tipo de trinca pode ser relacionada com os fatores térmicos como pode ser observado na figura 08, relacionada diretamente com a retração da camada de revestimento ou do material da base rígida e semirígida.
- **Trinca Tipo Couro de Jacaré:** de acordo com a Norma DNIT 005/2003-TER, este tipo de trinca é caracterizada por uma junção de trincas em formato interligado, formando um conjunto de trincas que tem a semelhança com um couro de jacaré como pode ser visto na figura 09. Este tipo de patologia pode conter ou não algum tipo de erosão acentuada nos arredores de suas bordas.

Figura 09 – Trinca Tipo Couro de Jacaré



Fonte: Norma DNIT 005/2003-TER

- **Trinca tipo “Bloco”**: segundo a Norma DNIT 005/2003-TER, este tipo de defeito pode ser descrita como uma combinação de várias trincas, formando um aspecto com estrutura bem definida se assemelhando a configuração de blocos como pode ser visualizado na figura 10. Assim como a trinca couro de jacaré, pode ou não apresentar erosão em suas bordas.

Figura 10 – Trinca Tipo “Bloco”



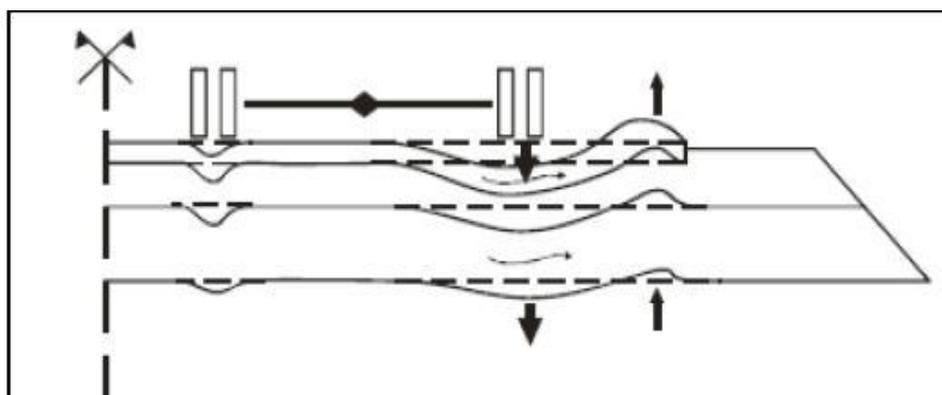
Fonte: Norma DNIT 005/2003-TER.

4.7.2 Afundamentos (A)

Conforme a Norma DNIT 005/2003-TER, descreve este tipo de patologia como um tipo de depressão permanente no pavimento asfáltico, onde a mesma pode ser caracterizada por meio da presença de solevamento. Classificada em dois tipos: afundamento plástico e afundamento de consolidação.

- **Afundamentos Plásticos:** tipo de afundamento causado pelo movimento das camadas do pavimento ou do subleito, onde pode ocorrer à presença de solevamento como pode ser visto na figura 11. Pode ser subdividido em duas categorias: os afundamentos plásticos locais, formado por afundamentos com extensão máxima de até 6 metros e os afundamentos plásticos da trilha, caracterizados por afundamentos superiores a 6 metros de extensão.

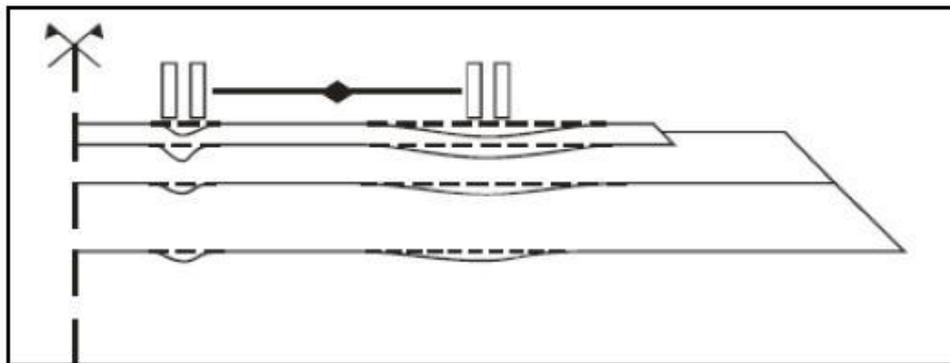
Figura 11 – Afundamento plástico na trilha de roda.



Fonte: Manual de Restauração de Pavimentos Flexíveis (2006).

- **Afundamentos por Consolidação:** Formado pela consolidação (endurecimento) de forma distinta de uma camada ou as demais camadas que constituem o pavimento, outra possível causa é a subleito sem a presença de solevamento (ação de erguer). Sendo definidas em duas composições: afundamentos inferiores a 6 metros de extensão são denominados como afundamentos locais e os que apresentarem extensões maiores que 6 metros são chamados de afundamento de consolidação por trilha de roda, conforme pode ser notado na figura 12 a seguir.

Figura 12 - Afundamento por consolidação na trilha de roda

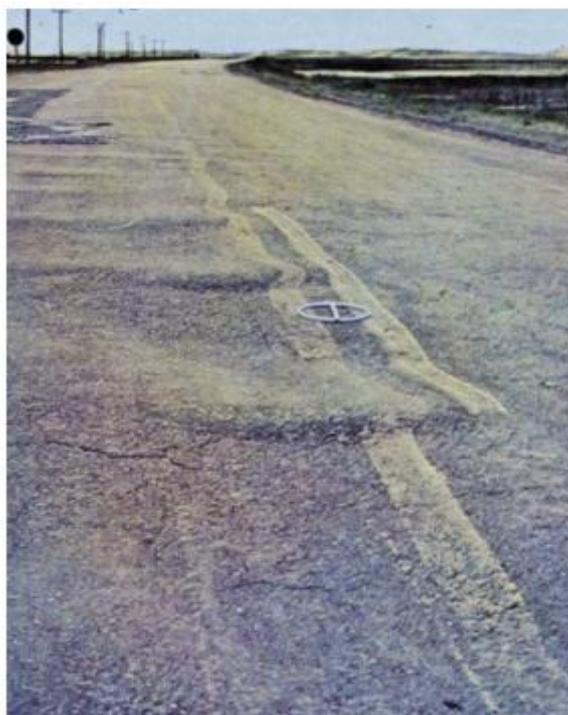


Fonte: Manual de Restauração de Pavimentos Flexíveis (2006)

4.7.3 Corrugação e Ondulações Transversais (O)

Segundo Bernucci et al. (2008), este tipo de patologia é descrita como sendo semelhante a algum tipo de deformação transversal, juntamente com algumas depressões e elevações formando uma cadeia de ondulações no pavimento, tais ondulações podem apresentar comprimentos variáveis entre alguns centímetros ou algumas dezenas de centímetros como pode ser observado na figura 13.

Figura 13 – Ondulações



Fonte: Norma DNIT 005/2003-TER.

4.7.4 Escorregamento (E)

Conforme caracteriza Bernucci et al. (2008), o escorregamento ocorre devido a fluidez do pavimento asfáltico, fazendo com que ocorra uma deformação da camada de revestimento. Ainda de acordo com a Norma DNIT 005/2003-TER, pode ser descrito como uma deformação proveniente do descolamento parcial do revestimento, levando em consideração a camada inferior do pavimento, fazendo com que forme o aparecimento de fendas que podem se assemelhar a uma meia-lua como pode ser visto na figura 14.

Figura 14 – Escorregamento



Fonte: Norma DNIT 005/2003-TER.

4.7.5 Exsudação (EX)

Conforme descreve a Norma DNIT 005/2003-TER, a exsudação pode ser caracterizada pela ocorrência de excesso de ligante betuminoso utilizado no revestimento asfáltico, formando assim o aparecimento de manchas escuras no asfalto como na figura 15 a seguir.

Figura 15– Exsudação



Fonte: Norma DNIT 005/2003-TER.

4.7.6 Desgastes ou Desagregação (D)

Segundo a Norma DNIT 005/2003-TER, descreve como desgaste ou degradação o fator de perda de material que o asfalto sofre, sendo este arrancado com o passar do tempo em função do uso viário, caracterizado principalmente pelo aspecto desgastado da superfície pavimentada como visto na figura 16.

Figura 16 – Desgastes



Fonte: Norma DNIT 005/2003-TER.

4.7.7 Painela ou Buraco (P)

De acordo com Bernucci et al. (2008), este tipo de patologia é denominado como painela ou buraco, caracteriza-se pela presença de uma cavidade no pavimento asfáltico como pode ser visto na figura 17, que pode ou não chegar as camadas superpostas do revestimento. Ainda segundo a Norma DNIT 005/2003-TER, descreve que este tipo de patologia pode desenvolver-se pela falta de aderência das camadas constituintes do pavimento, fazendo com que haja o deslocamento das mesmas.

Figura 17 – Painela ou Buraco



Fonte: Norma DNIT 005/2003-TER.

4.7.8 Remendo (R)

Segundo a Norma DNIT 005/2003-TER, remendo pode ser descrito como um tipo de “quebra galho” para se resolver o problema das painelas ou buracos presentes no pavimento, este tipo de operação também denominada como “tapa buraco”. Os remendos ainda podem ser classificados em: remendos profundos e remendos superficiais.

- **Remendos profundos:** onde o pavimento recebe substituição de revestimento e podendo ainda ter o tratamento e substituição de uma ou mais camadas constituintes, geralmente este tipo de defeito apresenta formado retangular.

- **Remendo Superficial:** correção efetuada somente na superfície do pavimento, realizando a aplicação de uma fina camada de revestimento betuminoso.

4.8 Técnicas para Revitalização Funcional do Pavimento

Conforme explica Bernucci et al (2008), pavimentos onde não existirem problemas graves que denifiquem a funcionalidade do revestimento asfáltico, podem ser adotadas técnicas de revitalização do pavimento, corrigindo basicamente os defeitos da superfície. Estes tipos de revestimentos podem ser aplicados de maneira combinada ou isolados.

4.8.1 Lama Asfáltica (LAMA)

De acordo com a Norma DNER-ES 314/1997, lama asfáltica consiste na junção de mineral agregado com uma mistura de material de enchimento (filer), emulsão asfáltica e água, possuindo a consistência fluída. Este tipo de tratamento é empregado para se realizar a renovação do asfalto, sendo utilizado especificamente para o cobrimento de trincas presentes no pavimento.

4.8.2 Tratamento Superficial Simples ou Duplo (TSS ou TSD)

Segundo a Norma DNER-ES 309/97, define este tipo de tratamento como a aplicação de duas camadas de revestimento asfáltico, aplicadas de forma sucessiva juntamente com ligante betuminoso, sobrepostas por uma camada de agregado mineral e submetidas aos esforços de compressão do equipamento. Ainda segundo Bernucci et al (2008), este processo tem a finalidade de cobrir e selar possíveis trincas que existem no asfalto, recuperando assim a aderência da via.

4.8.3 Microrrevestimento Asfáltico a Frio (MICRO)

Conforme caracteriza a norma Norma DNIT 035/2005 – ES, o micro revestimento asfáltico a frio com emulsão pode ser empregado para realizar o trabalho de camada selante ou impermeabilizante do pavimento, realizando a regularização e a renovação do mesmo, trabalhando também como uma camada aderente, evitando consideravelmente derrapagens.

Ainda segundo Bernucci et al (2008), este composto de agregados minerais, pode conter em grande parte de sua maior composição a brita, utilizando o filer como material de enchimento, juntamente com emulsão asfáltica e água.

4.8.4 Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ)

Conforme a Norma DNIT 031/2006-ES, (CBUQ) ou concreto betuminoso usinado a quente é formado por uma mistura à quente, onde é produzida em usina controlada, onde em sua composição específica, tem presente agregado graduado, e como material de enchimento utiliza-se o (filer) e caso seja necessário é utilizado o complemento de cimento asfáltico. Este tipo de revestimento é aplicado em altas temperaturas na faixa de rodagem do pavimento, e após a aplicação este material o mesmo é compactado através de equipamentos adequados.

4.9 Método de dimensionamento DNER

O método para dimensionamento do pavimento flexível e suas camadas no Brasil, segue como parâmetros as normas de pavimento betuminoso estipuladas Segundo a Norma do DNER 667 de 1981, entretando para este trabalho será adotado para o dimensionamento o método simplificado trabalhado de acordo com DNER, onde primeiramente é determinado o valor do Número “N”, onde este é relacionado diretamente com o tráfego de veículos.

4.9.1 Número “N” – Determinação da espessura do Revestimento

De acordo com o Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006), o número “N” é diretamente ligado ao tráfego viário que irá transitar e realizar a solicitação de carga sobre o pavimento, no processo de dimensionamento de uma via deve-se levar em consideração a quantidade de veículos que irão circular ao longo de sua vida útil, visto que os veículos causam um proceso de carregamento e descarregamento de cargas através dos eixos das rodas. Este tipo de solicitação de carga efetuada pelos veículos, com o passar do tempo se torna bastante relevante, visto que irá submeter o pavimento a um processo de fadiga. Ainda segundo o Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006), o número “N” é adotado como método de dimensionamento como outro qualquer, e pode ser levado em consideração para

parâmetros de escolha de espessura do revestimento asfáltico como pode ser visto no quadro 03 abaixo.

Quadro 03 – Parâmetros da espessura do revestimento em relação ao Número “N”

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

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

4.9.2 Número “N”

Segundo o Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006), o fator “N” é caracterizado de acordo com o fluxo rodoviário presente na via, levando em consideração o número de repetições do eixo veicular, visto que as solicitações descritas na norma, tem a ordem de grandeza 8,2 tf por eixo, levando em consideração o tempo de utilização proposto para este pavimento.

4.9.2.1 Dimensionamento do Número “N” (Método IP – 02/2004 CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS)

Este método de dimensionamento é aplicado pela PMSP (Prefeitura Municipal de São Paulo), onde o número “N” é obtido através da classificação da intensidade de circulação de veículos pesados no local de estudo, podendo assim realizar uma estimativa de solicitações que o pavimento irá sofrer ao longo da via útil. Ainda segundo a Norma IP – 02/2004 CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS, a estimativa de tráfego para dimensionamento de pavimento deve levar em consideração a classificação do fluxo de veículos que caracteriza a via a ser dimensionada, tais considerações podem ser observadas nas definições a seguir:

- **Tráfego Leve:** Ruas destinadas basicamente a uso residencial, onde a circulação de veículos pesados não passe de 20 por dia, caracterizando um número “N” igual a 10^5 para um período de projeto de 10 anos.
- **Tráfego Médio:** Ruas ou avenidas onde está prevista a circulação de veículos pesados em uma quantidade de 21 a 100 por dia, por faixa de rodagem, onde adota-se número “N” igual a 5×10^5 , utilizado para período de projeto de 10 anos.
- **Tráfego Médio Pesado:** caracterizado por ruas e avenidas, onde a previsão de circulação de caminhões e ônibus esteja em uma margem de 101 a 300 veículos diários, por faixa de tráfego, onde é utilizado número “N” igual a 2×10^6 em um período de projeto de 10 anos.
- **Tráfego Pesado:** definido por ruas e avenidas onde é prevista a passagem de veículos pesados onde o número de solicitações pode variar entre 301 e 1000 por dia, por faixa de tráfego, onde o número “N” utilizado é igual a 2×10^7 , podendo variar entre 10 e 12 anos em período de projeto.
- **Tráfego Muito Pesado:** Ruas e avenidas onde a circulação de caminhões e ônibus, onde a margem destes tipos de veículos deve se manter entre 1001 a 2000 por dia em suas faixas de rodagem mais solicitadas, para este caso adota-se número “N” de 5×10^7 , este para um período de projeto de 12 anos.
- **Faixa Exclusiva de Ônibus:** estes tipos de vias são previstas para uso quase que exclusivo de ônibus ou outros veículos de uso comercial onde são classificadas em dois tipos: Faixas exclusivas para volume médio para veículos de transporte com menores dimensões onde é adotado número “N” igual a 10^7 . Faixas Exclusivas de

Volume Elevado, onde serão aplicados a vias onde existe a circulação de ônibus com dimensões maiores com número de circulação maior que 500 por dia, para este caso adota-se “N” igual a 5×10^7 e ambos os casos adota-se período de projeto de 12 anos.

O quadro a seguir demonstra os parâmetros do tipo de via e caracterização do tráfego para a determinação do valor de número “N” a ser adotado em projeto.

Quadro 04 - Classificação das vias e parâmetros de tráfego

Função predominante	Tráfego previsto	Vida de projeto	Volume inicial faixa mais carregada		Equivalente / Veículo	N	N característico
			Veículo Leve	Caminhão/ Ônibus			
Via local	LEVE	10	100 a 400	4 a 20	1,50	$2,70 \times 10^4$ a $1,40 \times 10^5$	10^5
Via Local e Coletora	MÉDIO	10	401 a 1500	21 a 100	1,50	$1,40 \times 10^5$ a $6,80 \times 10^5$	5×10^5
Vias Coletoras e Estruturais	MEIO PESADO	10	1501 a 5000	101 a 300	2,30	$1,4 \times 10^6$ a $3,1 \times 10^6$	2×10^6
	PESADO	12	5001 a 10000	301 a 1000	5,90	$1,0 \times 10^7$ a $3,3 \times 10^7$	2×10^7
	MUITO PESADO	12	> 10000	1001 a 2000	5,90	$3,3 \times 10^7$ a $6,7 \times 10^7$	5×10^7
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		< 500		3×10^6 ⁽¹⁾	10^7
	VOLUME PESADO	12		> 500		5×10^7	5×10^7

Fonte: IP – 02/2004 CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS.

4.9.2.2 Dimensionamento do Número “N” pelo cálculo adotado pelo DNER

Segundo o Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do DNER (1996), classifica o Número “N” como sendo a quantidade de solicitações que o pavimento flexível estará sujeito a sofrer pelo uso proveniente do tráfego de veículos, para dimensionamento deste número é necessário a aplicação da seguinte equação 2 abaixo.

$$N = 365 \times VMD \times P \times FC \times FE \times FR \quad (02)$$

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

Onde:

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

P = Período de projeto ou vida útil, em anos;

VMD = Volume Médio Diário na rodovia;

FC = Fator de Carga;

FE = Fator Eixo;

FR = Fator Climático Regional (considerado 1,0 quando não existe dados sobre o clima da região)

FC x FE = FV = Fator Veículos.

4.9.3 Dimensionamento das Camadas do Pavimento Flexível Método DNER

De acordo com o Manual de estudos de tráfego DNIT (2006), após o estudo de tráfego e a determinação do Número “N”, respectivamente o fator responsável pela escolha a espessura do revestimento betuminoso, sendo assim posteriormente é necessário o dimensionamento das camadas que fazem parte da estrutura do pavimento flexível, camadas denominadas como: Base, Sub-base, Reforço do Subleito e Subleito.

Ainda segundo o Manual de Dimensionamento DNER 667 de 1981 é necessário levar em consideração o material utilizado no dimensionamento das camadas, visto que cada material oferece um coeficiente de equivalência estrutural conform epode ser observado no quadro 05 abaixo.

Quadro 05 - Coeficiente de equivalência

Tipo de material	Coeficiente
Base ou revestimento em concreto asfáltico	2.0
Base ou revestimento pré-misturado a quente	1.7
Base ou revestimento pré-misturado a frio	1.4
Revestimento betuminoso por penetração	1.2
Base ou sub-base granular	1.0

Fonte: DNER 667/1981

4.9.3.1 Capacidade de Suporte Califórnia (CBR)

Segundo a Norma DNIT 172/2016 a Capacidade de Suporte Califórnia (CBR) é o valor relativo de suporte dos solos, este estudo é necessário para o reconhecimento do

material utilizado no dimensionamento, visto que cada camada necessita de um valor específico de CBR como pode ser visto no Quadro 06 a seguir.

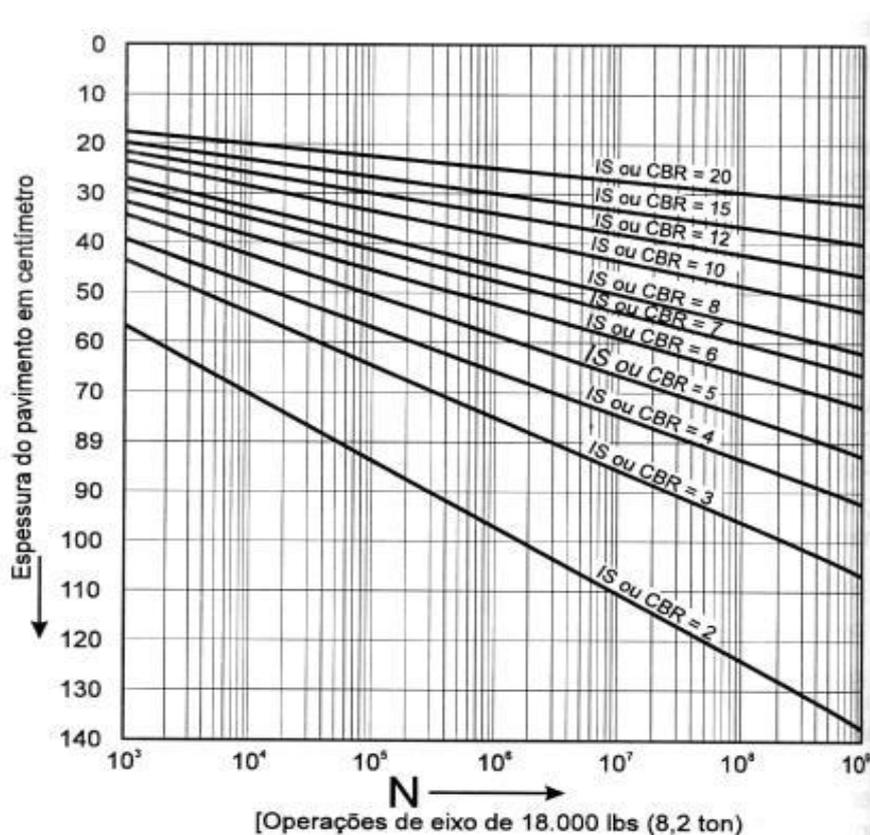
Quadro 06 - Parâmetro CBR

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

Fonte: DNER 667/1981

Após a determinação do CBR, através do ábaco, conforme figura 18, é possível determinar a espessura das camadas para serem utilizadas posteriormente nas equações.

Figura 18 - Ábaco de dimensionamento de espessuras



Fonte: DNIT 667/1981

4.9.3.2 Dimensionamento das camadas do pavimento flexível

Para a determinação das espessuras da base, sub-base, reforço do subleito e subleito são utilizadas correlações através da espessura do revestimento e do valor CBR, conforme apresentados nas equações 3, 3.1, 3.2 e 3.3 a seguir.

$$\mathbf{R \times Kr + B \times Kb \geq H20} \quad (3)$$

Onde:

R = espessura do revestimento asfáltico;

Kr = Coeficiente K do revestimento asfáltico;

B = espessura da base;

Kb = Coeficiente K do tipo de material da base;

H20 = Espessura geral do ábaco.

$$\mathbf{R \times Kr + B \times Kb + H20 \times Ks \geq HN} \quad (3.1)$$

Onde:

H20 = Espessura da Sub-base;

Ks = Coeficiente K referente ao tipo de material da sub-base;

HN = Espessura geral do ábaco.

$$\mathbf{R \times Kr + B \times Kb + H20 \times KS + Hs \times Kref \geq HN} \quad (3.2)$$

Onde:

Kref = Coeficiente referente ao material do reforço do subleito;

HN = Espessura geral do ábaco.

$$\mathbf{R \times Kr + B \times Kb + H20 \times KS + Hs \times Kref + Hsub \times Ksub \geq HN} \quad (3.3)$$

Onde:

Ksub = Coeficiente referente ao material do subleito;

HN = Espessura geral do ábaco.

4.9.4 Volume Médio Diário (VMD)

Conforme caracteriza o Manual de Restauração dos Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), para a realização do cálculo do VMD, deve-se levar em consideração a avaliação das séries históricas de volume de tráfego existentes do trecho em estudo. A partir deste estudo, pode-se então determinar a taxa de crescimento anual do fluxo de veículos que trafegam na via.

Ainda segundo o Manual de Restauração dos Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006),

a coleta de dados pode ser feita através de órgãos responsáveis pela jurisdição da via, estes dados podem ser coletados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre (DNIT) ou o Departamento de Estradas de Rodagem (DER) do estado. No entanto em algumas localidades, não existe séries históricas ou órgãos responsáveis pela coleta de dados, fazendo com que em situações, onde é necessário intervenções imediatas ou um possível dimensionamento, ocorra uma prorrogação de projeto, para que haja uma análise de tráfego, para que a execução do projeto ocorra de acordo com as especificações da localidade.

4.9.4.1 Método do Volume Médio Diário (VMD) ou tráfego médio diário (TMD)

Segundo as especificações de Senço (2008), o volume médio diário é de certa forma correspondente ao volume de tráfego média que transita pela via, este valor é alcançado através da divisão do tráfego anual por 365 ou 366 em casos onde seja ano bissexto. Ainda conforme explica Senço (2008), a contagem de veículos para a determinação do volume de tráfego é realizada em três etapas, onde cada uma delas é disposta em intervalos de contagens, o tráfego então é classificado durante uma semana, onde são escolhidos meses representativos em cada quadrimestre. Os meses indicados para este estudo são:

- **Abril (Primeiro Quadrimestre - 120 dias):** levando em consideração que as atividades escolares voltaram a normalidade.
- **Julho (Segundo Quadrimestre - 123 dias):** Este mês leva em conta o período típico de férias.
- **Outubro (Terceiro Quadrimestre – 122 dias):** o mês em questão é próximo ao período de festivos do final do ano.

A contagem segundo Senço (2008), realizada com duração de 24 horas, onde o tráfego recebe classificação de acordo com veículos que irão transitar na via, onde podem ser do tipo: reboques, semi-reboques, caminhões pesados, médios e leves, ônibus, utilitários, automóveis, motocicletas, bicicletas, veículos que utilizam tração animal e outros.

4.9.4.2 Cálculo volume total do primeiro quadrimestre (VMD1).

- Média realizada com os dados coletados dos 7 dias em estudo multiplicados pelos 120

dias do primeiro quadrimestre.

$$VMD1 = \frac{\sum_{i=1}^7 \text{Volume Diário 1}}{7} \quad (4)$$

- **Volume total nos 120 ou 121 dias do primeiro quadrimestre.**

$$VMD1 = Vmd1 \times 120 \text{ ou } (121 \text{ dias}) \quad (4.1)$$

4.9.4.3 Cálculo volume total do segundo quadrimestre (VMD2).

- **Média realizada com os dados coletados dos 7 dias em estudo multiplicados pelos 123 dias do segundo quadrimestre.**

$$VMD2 = \frac{\sum_{i=1}^7 \text{Volume Diário 2}}{7} \quad (5)$$

- **Volume total nos 123 dias do segundo quadrimestre.**

$$VMD2 = Vmd2 \times 123 \quad (5.1)$$

4.9.4.4 Cálculo volume total do terceiro quadrimestre (VMD3).

- **Média realizada com os dados coletados dos 7 dias em estudo multiplicados pelos 122 dias do terceiro quadrimestre.**

$$VMD3 = \frac{\sum_{i=1}^7 \text{Volume Diário 3}}{7} \quad (6)$$

- **Volume total nos 122 dias do terceiro quadrimestre.**

$$VMD3 = Vmd3 \times 122 \quad (6.1)$$

4.9.4.5 Cálculo do volume médio diário anual (VMDA)

O Volume Médio Diário Anual (VMDA) é obtido através da média dos valores respectivos de VMD1, VMD2 e VMD3.

$$VMDA = \frac{VMD1 + VMD2 + VMD3}{365 \text{ ou } (366 \text{ em anos bissextos)}} \quad (7)$$

4.9.5 Método de contagem pelo volume horário de pico (VHP)

Segundo o Manual de estudos de tráfego DNIT (2006), um dos fatores mais relevantes, em relação ao que se diz respeito ao estudo do fluxo de tráfego é o fator chamado variação generalizada, onde esta variação ocorre dentro da hora, do dia, da semana, do mês e do ano, onde pode variar também de acordo com a faixa de rodagem do pavimento.

De acordo com Manual de estudos de tráfego DNIT (2006), levando como base um ano de 365 dias, onde cada um de seus dias obtém seu respectivo pico no fluxo de tráfego, pode se considerar que o volume de projeto tem grandes semelhanças com um dos volumes de pico relacionados ao ano. A análise é desenvolvida através de um estudo onde se realiza a contagem do fluxo de tráfego durante uma semana, geralmente empregada em dias úteis, ou seja de segunda-feira à sexta-feira, onde é aplicado em 4 intervalos de 15 minutos totalizando 1 hora, onde é escolhido o horário de fluxo intenso presente na via em estudo. Através da fórmula 8 a seguir pode se determinar o Fator Horário de Pico (FHP) do trecho.

$$FHP = \frac{VHP}{4 \times V15, \max} \quad (8)$$

Onde:

FHP = fator horário de pico;

VHP = volume horário de pico (soma dos valores de tráfego no período de 1 hora);

v15,máx = volume do período de 15 minutos com maior fluxo de tráfego dentro da hora de pico.

Juntamente associado ao Fator Horário de Pico, existe a chamada taxa máxima dentro da hora (V), onde é descrita simplificada, como a capacidade da via em relação ao pico de tráfego presente. Onde este valor é determinado pela equação abaixo.

4.9.5.1 Cálculo da População Futura e Volume de Tráfego Futuro

A estimativa do volume de tráfego, de acordo com Manual de Estudos de Tráfego DNIT IPR-723 pode ser estabelecida através do crescimento populacional por uma forma de curva logística que segue um padrão parecido com uma curva em formato de S.

Este método pode ser utilizado para a determinação de uma população futura, levando em consideração séries históricas existentes, onde estas, geralmente são fornecidas por órgãos governamentais, como por exemplo, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A partir deste estudo, pode-se então determinar o volume médio diário de veículos para o ano desejado, visto que esta projeção futura deve estar ligada ao horizonte de projeto estipulado para estradas e rodovias.

- Condições necessárias para o estudo
 - a) $P_0 < P_1 < P_2$
 - b) $P_0 \times P_2 < P_1^2$

Onde:

$P_0 = T_0$ = Dado mais antigo referente a população da cidade;

$P_1 = T_1$ = Dado referente à penúltima contagem populacional;

$P_2 = T_2$ = Dado mais recente relacionada a contagem populacional.

- Método do crescimento logístico (PS)

$$PS = \frac{2 \times (P_0 \times P_1 \times P_2) - (P_1^2) \times (P_0 + P_2)}{(P_0 \times P_2) - (P_1^2)} \quad (9)$$

$$K_1 = \frac{1}{T_2 - T_1} \times \ln \frac{P_0 \times (PS - P_1)}{P_1 \times (PS - P_0)} \quad (9.1)$$

- Cálculo do coeficiente C

$$C = \frac{PS - P_0}{P_0} \quad (9.2)$$

Onde:

PS = População futura;

P0 = Dado mais antigo referente a população da cidade.

- População Futura (Pf)

$$Pf = \frac{PS}{1 + c x e^{K1 x (t-t_0)}} \quad (9.3)$$

- Fator de Crescimento (Fc)

$$Fc = \frac{PF}{PA = P2} \quad (9.4)$$

Onde:

PF = População futura

Fc = Fator de crescimento

Pa = P2 = População Atual.

Após a realização dos cálculos necessários para se determinar o crescimento populacional para a realização do dimensionamento do tráfego futuro, pode-se então determinar volume médio diário de veículos para o ano de horizonte de projeto, este parâmetro é alcançado através da equação abaixo.

- Tráfego futuro (Tf)

$$Tf = Ta x Fc \quad (9.5)$$

Onde:

Ta = Tráfego atual

Fc = Fator de crescimento

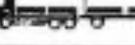
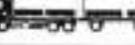
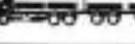
4.9.6 Fator Veículos (FV)

Segundo o Manual de Restauração dos Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), o Fator Veículos (FV) é descrito através do produto realizado utilizando o Fator Eixo com o Fator Carga, onde estão descritos de forma resumida abaixo:

- **Fator Eixo:** Referente ao coeficiente que corresponde ao número a quantidade de eixos presentes em veículos de carga, estes valores podem ser observados na Tabela 01.
- **Fator Carga:** Segundo o Manual de Restauração dos Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), é o coeficiente determinado pela multiplicação do número de eixos equivalentes padrões de 8,2 tf, onde estes podem ser os valores máximos estipulados por balanças com limite de tolerância.

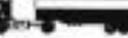
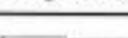
Ainda segundo o Manual de Restauração dos Pavimentos Asfálticos do DNER (2006), os valores referentes aos coeficientes relacionados ao Fator Veículo (FV), podem variar de acordo com a situação, onde tais situações podem variar de acordo com fatores de equivalência, valores estes já estabelecidos em normas para três situações diferentes, sendo elas para caminhões sem a presença de carga (vazios), carregados de forma adequada para a via (carga legal), e carga máxima com tolerância. Estes dados estão disponíveis nos Quadros 07, 08, 09 e 10.

Quadro 07 – Tipos de Veículos com descrição dos Eixos

TIPOS DE VEÍCULOS										
CLASSE / TIPO		CONFIGURAÇÃO	TIPOS DE EIXOS				Nº EIXOS	Nº PNEUS	Nº UNIDADES	
			1º	2º	3º	4º				
VEÍCULOS LEVES	CARROS DE PASSEIO		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS SIMPLES			02	04	01	
	UTILITÁRIOS (PICK-UPS E FURGÕES)	 	SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS SIMPLES			02	04	01	
ÔNIBUS	ÔNIBUS ≧ 2C		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS DUPLAS			02	06	01	
	TRIBUS		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	DUPLO ESPECIAL			03	08	01	
VEÍCULOS COMERCIAIS	CAMINHÃO LEVE (608 e F4000)	2C LEVE		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS DUPLAS			02	06	01
		2C		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS DUPLAS			02	06	01
	CAMINHÕES MÉDIOS E PESADOS	3C		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	DUPLO TANDEM			03	10	01
		4C		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	TRIPLO TANDEM			04	14	01
		CAMINHÕES COM SEMI-REBOQUE (CARRETAS)	2S1		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	SIMPLES DE RODAS DUPLAS		03	10
	2S2			SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	DUPLO TANDEM		04	14	01
	2S3			SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	TRIPLO TANDEM		05	18	01
	3S2			SIMPLES DE RODAS SIMPLES	DUPLO	DUPLO TANDEM		05	18	01
	3S3			SIMPLES DE RODAS SIMPLES	DUPLO	TRIPLO TANDEM		06	22	01
	CAMINHÕES COM REBOQUE (ROMEU E JULIETA)	2C2		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	04	14	02
		2C3		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	DUPLO	05	18	02
		3C2		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	DUPLO	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	05	18	02
		3C3		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	DUPLO	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	DUPLO	06	22	02
	"TREMINHÃO"	3C4		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	DUPLO	DUPLO	DUPLO	07	26	02

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

Quadro 08 – Fator de Veículos para caminhões vazios

FATORES DE VEÍCULOS PARA CAMINHÕES VAZIOS									
CLASSE / TIPO		CONFIGURAÇÃO	F.V.	TIPOS DE EIXOS				F.V. (VEÍCULOS)	
				1º	2º	3º	4º		
VEÍCULOS LEVES	CARROS DE PASSEIO			AASHTO					
				USACE					
	UTILITÁRIOS (PICK-UPS E FURGÕES)			AASHTO					
				USACE					
ÔNIBUS	ÔNIBUS ≅ 2C			AASHTO	0,0164	0,2635			0,289
				USACE	0,02	0,30			0,329
	TRIBUS			AASHTO					
				USACE					
VEÍCULOS COMERCIAIS CAMINHÕES	CAMINHÃO LEVE (508 e F4000)	2C LEVE		AASHTO	0,0001	0,0023			0,002
				USACE	0,0002	0,004			0,0042
	CAMINHÕES MÉDIOS E PESADOS	2C		AASHTO	0,0028	0,0457			0,049
				USACE	0,004	0,05			0,054
		3C		AASHTO	0,0164	0,0725			0,089
				USACE	0,02	0,29			0,22
		4C		AASHTO	0,0164	0,2182			0,235
				USACE	0,02	0,92			0,94
	CAMINHÕES COM SEMI-REBOQUE (CARRETAS)	2S1		AASHTO	0,0164	0,2635	0,2635		0,543
				USACE	0,02	0,30	0,30		0,62
		2S2		AASHTO	0,0164	0,2635	0,0725		0,352
				USACE	0,02	0,30	0,20		0,52
		2S3		AASHTO	0,0164	0,2635	0,2182		0,498
				USACE	0,02	0,30	0,32		1,24
		3S2		AASHTO	0,0164	0,0417	0,0725		0,131
				USACE	0,02	0,10	0,20		0,32
		3S3		AASHTO	0,0164	0,0417	0,2182		0,276
				USACE	0,02	0,10	0,92		1,04
	CAMINHÕES COM REBOQUE (ROMEU E JULIETA)	2C2		AASHTO	0,0164	0,2635	0,2635	0,2635	0,807
				USACE	0,02	0,30	0,30	0,30	0,92
		2C3		AASHTO	0,0164	0,2635	0,2635	0,0417	0,585
				USACE	0,02	0,30	0,30	0,10	0,72
		3C2		AASHTO	0,0164	0,0417	0,2635	0,2635	0,885
				USACE	0,02	0,10	0,30	0,30	0,72
		3C3		AASHTO	0,0164	0,0417	0,2635	0,0417	0,363
				USACE	0,02	0,10	0,30	0,10	0,52
	"TREMINHÃO"	3C4		AASHTO	0,0164	0,0417	0,0417	0,0417	0,142
				USACE	0,02	0,10	0,10	0,10	0,32

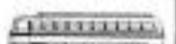
Fonte: Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006)

Quadro 09 – Fator de Veículos para carga legal (DNER)

FATORES DE VEÍCULOS PARA CARGA LEGAL (DNER)									
CLASSE / TIPO		CONFIGURAÇÃO	F.V.	TIPOS DE EIXOS				F.V. (VEÍCULO)	
				1º	2º	3º	4º		
VEÍCULOS LEVES	CARROS DE PASSEIO			AASHTO					
				USACE					
	UTILITÁRIOS (PICK-UPS E FURGÕES)		 	AASHTO					
				USACE					
ÔNIBUS	ÔNIBUS ≅ 2C			AASHTO	0,057	0,091		0,748	
				USACE	0,090	0,732		0,702	
	TRIBUS			AASHTO					
				USACE					
VEÍCULOS COMERCIAIS	CAMINHÃO LEVE (508 e F4000)	2C LEVE		AASHTO	0,003	0,046		0,049	
				USACE	0,004	0,050		0,054	
	CAMINHÕES MÉDIOS E PESADOS	2C		AASHTO	0,149	1,642		1,791	
				USACE	0,100	7,000		7,100	
		3C		AASHTO	0,149	2,007		3,369	
				USACE	0,100	7,000		17,438	
		4C		AASHTO	0,149	1,569		1,709	
				USACE	0,100	7,000		7,500	
	CAMINHÕES COM SEMI-REBOQUE (CARRETAS)	2S1		AASHTO	0,149	2,394	2,394	4,937	
				USACE	0,100	3,500	3,500	7,100	
		2S2		AASHTO	0,149	2,394	1,542	4,105	
				USACE	0,100	3,500	7,000	10,609	
		2S3		AASHTO	0,149	2,394	1,560	4,103	
				USACE	0,100	3,500	7,000	11,400	
		3S2		AASHTO	0,149	0,978	21,642	2,789	
				USACE	0,100	4,000	7,000	11,100	
		3S3		AASHTO	0,149	0,978	1,560	2,687	
				USACE	0,100	4,000	7,000	11,900	
	CAMINHÕES COM REBOQUE (ROMEU E JULIETA)	2C2		AASHTO	0,149	2,394	2,394	2,394	7,331
				USACE	0,100	3,500	3,500	3,500	10,000
		2C3		AASHTO	0,149	2,394	2,394	2,394	6,916
				USACE	0,100	3,500	3,500	3,500	11,100
		3C2		AASHTO	0,149	0,978	2,394	2,394	11,065
				USACE	0,100	4,000	3,500	3,500	23,438
		3C3		AASHTO	0,149	0,978	2,394	2,394	8,431
				USACE	0,100	4,000	3,500	3,500	24,536
	"TREMINHÃO"	3C4		AASHTO	0,149	0,978	6,978	6,978	3,083
				USACE	0,100	4,000	4,000	4,000	12,100

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

Quadro 10 – Fator de Veículos para carga máxima (Com Tolerância)

FATORES DE VEÍCULOS PARA CARGA MÁXIMA (COM TOLERÂNCIA)									
CLASSE / TIPO		CONFIGURAÇÃO	F.V.	TIPOS DE EIXOS				F.V. (VEÍCULOS)	
				1º	2º	3º	4º		
VEÍCULOS LEVES	CARROS DE PASSEIO			AASHTO					
				USACE					
	UTILITÁRIOS (PICK-UPS E FURGÕES)			AASHTO					
				USACE					
ÔNIBUS	ÔNIBUS ≥ 2C			AASHTO	0,327	2,294		2,721	
				USACE	0,300	2,500		2,800	
	TRIBUS			AASHTO					
				USACE					
VEÍCULOS COMERCIAIS	CAMINHÃO LEVE (600 e F4000)	2C LEVE		AASHTO	0,603	0,076		0,679	
				USACE	0,604	0,070		0,674	
	CAMINHÕES MÉDIOS E PESADOS	2C		AASHTO	0,662	4,379		4,941	
				USACE	0,438	7,300		7,738	
		3C		AASHTO	0,662	2,807		3,369	
				USACE	0,438	17,096		17,438	
		4C		AASHTO	0,662	2,696		3,258	
				USACE	0,438	16,590		16,938	
	CAMINHÕES COM SEMI-REBOQUE (CARRETAS)	2S1		AASHTO	0,662	4,379	4,379	9,320	
				USACE	0,438	7,300	7,300	15,038	
		2S2		AASHTO	0,662	4,379	2,807	7,748	
				USACE	0,438	7,300	17,096	24,738	
		2S3		AASHTO	0,662	4,379	2,696	7,637	
				USACE	0,438	7,300	16,606	24,238	
		3S2		AASHTO	0,662	1,745	2,807	5,114	
				USACE	0,438	8,400	17,096	25,838	
		3S3		AASHTO	0,662	1,745	2,696	5,063	
				USACE	0,438	8,400	16,590	25,338	
	CAMINHÕES COM REBOQUE (ROMEU E JULIETA)	2C2		AASHTO	0,662	4,379	4,379	4,379	13,689
				USACE	0,438	7,300	7,300	7,300	22,338
		2C3		AASHTO	0,662	4,379	4,379	1,745	11,065
				USACE	0,438	7,300	7,300	8,400	23,438
		3C2		AASHTO	0,662	1,745	4,379	4,379	11,065
				USACE	0,438	8,400	7,300	7,300	23,438
		3C3		AASHTO	0,662	1,745	4,379	1,745	8,431
				USACE	0,438	8,400	7,300	8,400	24,538
	"TREMINHÃO"	3C4		AASHTO	0,662	1,745/28	1,745	1,745	5,797
				USACE	0,438	8,400	8,400	8,400	25,638

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

Ainda de acordo com o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006) a Equação 10 abaixo, define pelo Método AASHTO ou antigo DNER, o Fator Veículo Final do Trecho.

$$FV_{final} = \sum \frac{VMDA_v \times FV_v}{VMDA_f} \quad (10)$$

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

Onde:

FV_{final} = Fator Veículo Final;

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

VMDA_f = Volume Médio Diário Anual na rodovia dos Veículos de Carga (futuro);

FV_v = Fator Veículo específico.

5 METODOLOGIA

5.1 Classificação da pesquisa

Esta pesquisa é classificada como estudo de caso.

Para elaboração do trabalho, foram utilizadas as normas que regulamentam e fiscalizam técnicas de desenvolvimento e manutenção de rodovias, além de seguir os critérios estabelecidos para coleta de dados presentes em campo, utilizando referências bibliográficas, normas e livros.

A coleta de dados foi realizada por meio de fotografias, análise de VSA e contagem de veículos. Os dados coletados foram organizados em planilhas e foram utilizados para diagnosticar a atual situação do pavimento flexível da Avenida Ayrton Senna, localizada na cidade de Pouso Alegre – MG.

5.2 Caracterização do estudo de caso

A Avenida Ayrton Senna, objeto de estudo, é de grande importância para cidade de Pouso Alegre. Essa via facilita o acesso as rodovias BR 381 e BR 459, além de garantir o desvio do tráfego pesado do centro urbano da cidade, conforme apresentado na figura 20. A via possui uma extensão de, aproximadamente, 4,7 quilômetros, e reduz os congestionamentos nos horários de pico durante o período comercial.

Entretanto, essa avenida encontra-se em condições de rodagem com deficit de qualidade e conforto, visto que as manutenções aplicadas na via são precárias, semelhante ao chamado “tapa buracos”, no qual a manutenção é executada apenas para garantir qualidade em um curto período de tempo.

Figura 20 – Avenida Ayrton Senna – Pouso Alegre - MG



Fonte: Adaptado de Google Maps (coordenadas 24°1'05", 45°54'27" W).

5.3 Planejamento da Pesquisa

O trabalho apresentado, tem como foco principal coletar dados referentes à Avenida Ayrton Senna localizada na cidade de Pouso Alegre e realizar uma análise dos defeitos ali presentes referentes à pavimentação do trecho, a fim de propor soluções. Foram analisados oito (8) trechos com cerca de 500 metros cada um, escolhidos conforme o estado de conservação. Por meio dos dados coletados, foi possível classificar a avenida e verificar as possíveis técnicas de revitalização dos trechos. As seguintes etapas foram cumpridas:

- **Primeira etapa:** análise da situação da via por meio da classificação através do Valor de Serventia Atual da via, estudo realizado através da avaliação dos trechos citados.
- **Segunda etapa:** determinação do fluxo de veículos existentes na via, por meio de contagens padronizadas, onde foi utilizado como base de contagem o Volume Horário de Pico (VHP), após a determinação do volume de tráfego, posteriormente foi realizada a projeção do mesmo para um horizonte de projeto de 10 anos, com isso foi possível determinar o volume de veículos no futuro através do crescimento populacional, podendo-se então determinar o Fator Veículo e posteriormente a obtenção do Número “N” e conseqüentemente a espessura do revestimento betuminoso.
- **Terceira etapa:** após o dimensionamento da camada de revestimento, deu-se seqüência ao estudo e obteve-se o dimensionamento das camadas que compõem a estrutura do pavimento flexível seguindo os procedimentos impostos pelo Manual de estudos de tráfego DNIT (2006), visto que elas desempenham o papel de receber e distribuir os esforços provenientes do tráfego de veículos.

6 RESULTADOS

6.1 Análise dos Resultados

O registro das patologias foi realizado por meio de visitas de veículo e caminhadas, visto que a extensão da avenida é curta e proporciona a possibilidade de uma análise detalhada de todas as patologias existentes. Os registros foram dispostos através de quadros onde é demonstrado o tipo de patologia e o valor de VSA de cada trecho.

O Valor de Serventia atual (VSA) de cada trecho foi determinado através do nível de conforto de rodagem, onde a qualidade de deslocamento foi de certa forma comprometida pela presença de patologias, onde em todos os casos a incidência de tais deformidades é visível em praticamente toda a avenida em estudo.

Na via em estudo pode ser notada a presença de vários pontos de afundamento, trincas e panelas. As patologias citadas têm relação direta com:

- Dimensionamento inadequado das camadas do pavimento asfáltico;
- Drenagem pluvial inadequada;
- Solicitações excessivas sofridas pelo tráfego intenso de veículos;
- Envelhecimento do pavimento.

Outra questão analisada foi a respeito da espessura de revestimento asfáltico de cada trecho, onde cada um foi subdividido em quatro segmentos e realizado uma média, determinando assim a espessura em centímetros de cada trecho.

Figura 21 – Relatório do trecho 01

VALOR DE SERVENTIA		
LOCAL: Avenida Ayrton Senna - Pouso Alegre - MG		
TRECHO 01		
REGISTRO FOTOGRÁFICO		
Remendo (R) / Trinca "Couro de Jacaré" sem erosão (J)		Remendo (R)
Remendo (R) / Trinca "Couro de Jacaré" Com erosão (JE)		Afundamento Plástico Local (ALC) / Escorregamento (E)
		
RECORRÊNCIA	TIPO DE PATOLOGIA	VALOR DE VSA DO TRECHO
	FISSURA (F)	1
	TRINCA ISOLADA TRANSVERSAL CURTA (TTC)	
	TRINCA ISOLADA TRANSVERSAL LONGA (TTL)	
	TRINCA LONGITUDINAL CURTA (TLC)	
	TRINCA LONGITUDINAL LONGA (TLL)	
	TRINCA DE RETRAÇÃO (TRR)	
	TRINCA COURO DE JACARÉ COM EROSÃO (JE)	
	TRINCA COURO DE JACARÉ SEM EROSÃO (J)	
	TRINCA "BLOCO" COM EROSÃO (TBE)	
	TRINCA "BLOCO" SEM EROSÃO (TB)	
	AFUNDAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO LOCAL (ALC)	
	AFUNDAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO DE TRILHO DE RODA	
	AFUNDAMENTO PLÁSTICO LOCAL (ALC)	
	AFUNDAMENTO PLÁSTICO DA TRILHA DE RODA (ATP)	
	ONDULAÇÕES (O)	
	ESCORREGAMENTO (E)	
	EXSUDAÇÃO (EX)	
	DESGASTE (D)	
	PANELA (P)	
	REMENDO (R)	

Fonte: O Autor (2019).

Figura 22 – Relatório do trecho 02

VALOR DE SERVENTIA		
LOCAL: Avenida Ayrton Senna - Pouso Alegre - MG		
TRECHO 02		
REGISTRO FOTOGRÁFICO		
<p>Panela (P)</p> 		<p>Trinca "Couro de Jacaré" Sem Erosão (J)</p> 
<p>Afundamento Plástico Local (ALC)</p> 		<p>Remendo (R)</p> 
RECORRÊNCIA	TIPO DE PATOLOGIA	VALOR DE VSA DO TRECHO
	FISSURA (F)	0,75
	TRINCA ISOLADA TRANSVERSAL CURTA (TTC)	
	TRINCA ISOLADA TRANSVERSAL LONGA (TTL)	
	TRINCA LONGITUDINAL CURTA (TLC)	
	TRINCA LONGITUDINAL LONGA (TLL)	
	TRINCA DE RETRAÇÃO (TRR)	
	TRINCA COURO DE JACARÉ COM EROSÃO (JE)	
	TRINCA COURO DE JACARÉ SEM EROSÃO (J)	
	TRINCA "BLOCO" COM EROSÃO (TBE)	
	TRINCA "BLOCO" SEM EROSÃO (TB)	
	AFUNDAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO LOCAL (ALC)	
	AFUNDAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO DE TRILHO DE RODA	
	AFUNDAMENTO PLÁSTICO LOCAL (ALC)	
	AFUNDAMENTO PLÁSTICO DA TRILHA DE RODA (ATP)	
	ONDULAÇÕES (O)	
	ESCORREGAMENTO (E)	
	EXSUDAÇÃO (EX)	
	DESGASTE (D)	
	PANELA (P)	
	REMENDO (R)	

Figura 23 – Relatório do trecho 03

VALOR DE SERVENTIA		
LOCAL: Avenida Ayrton Senna - Pouso Alegre - MG		
TRECHO 03		
REGISTRO FOTOGRÁFICO		
<p>Panela (P)</p> 	<p>Desgaste (D)</p> 	
<p>Trinca "Couro de Jacaré" Sem erosão (J) / Panela (P)</p> 	<p>Trinca Longitudinal Longa (TLL) / Escorregamento (E)</p> 	
RECORRÊNCIA	TIPO DE PATOLOGIA	VALOR DE VSA DO TRECHO
	FISSURA (F)	1
	TRINCA ISOLADA TRANSVERSAL CURTA (TTC)	
	TRINCA ISOLADA TRANSVERSAL LONGA (TTL)	
	TRINCA LONGITUDINAL CURTA (TLC)	
	TRINCA LONGITUDINAL LONGA (TLL)	
	TRINCA DE RETRAÇÃO (TRR)	
	TRINCA COURO DE JACARÉ COM EROSÃO (JE)	
	TRINCA COURO DE JACARÉ SEM EROSÃO (J)	
	TRINCA "BLOCO" COM EROSÃO (TBE)	
	TRINCA "BLOCO" SEM EROSÃO (TB)	
	AFUNDAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO LOCAL (ALC)	
	AFUNDAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO DE TRILHO DE RODA	
	AFUNDAMENTO PLÁSTICO LOCAL (ALC)	
	AFUNDAMENTO PLÁSTICO DA TRILHA DE RODA (ATP)	
	ONDULAÇÕES (O)	
	ESCORREGAMENTO (E)	
	EXSUDAÇÃO (EX)	
	DESGASTE (D)	
	PANELA (P)	
	REMENDO (R)	

Figura 24 – Relatório do trecho 04.

VALOR DE SERVENTIA		
LOCAL: Avenida Ayrton Senna - Pouso Alegre - MG		
TRECHO 04		
REGISTRO FOTOGRÁFICO		
<p>Trinca Isolada Transversal Longa (TTL) / Trinca Longitudinal Longa (TLL)</p>  <p>Panela (P)</p> 		
RECORRÊNCIA	TIPO DE PATOLOGIA	VALOR DE VSA DO TRECHO
	FISSURA (F)	1,75
	TRINCA ISOLADA TRANSVERSAL CURTA (TTC)	
	TRINCA ISOLADA TRANSVERSAL LONGA (TTL)	
	TRINCA LONGITUDINAL CURTA (TLC)	
	TRINCA LONGITUDINAL LONGA (TLL)	
	TRINCA DE RETRAÇÃO (TRR)	
	TRINCA COURO DE JACARÉ COM EROSIÃO (JE)	
	TRINCA COURO DE JACARÉ SEM EROSIÃO (J)	
	TRINCA "BLOCO" COM EROSIÃO (TBE)	
	TRINCA "BLOCO" SEM EROSIÃO (TB)	
	AFUNDAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO LOCAL (ALC)	
	AFUNDAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO DE TRILHO DE RODA	
	AFUNDAMENTO PLÁSTICO LOCAL (ALC)	
	AFUNDAMENTO PLÁSTICO DA TRILHA DE RODA (ATP)	
	ONDULAÇÕES (O)	
	ESCORREGAMENTO (E)	
	EXSUDAÇÃO (EX)	
	DESGASTE (D)	
	PANELA (P)	
	REMENDO (R)	

Figura 25 – Relatório do trecho 05.

VALOR DE SERVENTIA		
LOCAL: Avenida Ayrton Senna - Pouso Alegre - MG		
TRECHO 05		
REGISTRO FOTOGRÁFICO		
Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)		Panela (P) / Trinca "Couro de Jacaré" Sem erosão (J)
Manutenção Inadequada		Trinca Longitudinal Longa (TLL)
		
RECORRÊNCIA	TIPO DE PATOLOGIA	VALOR DE VSA DO TRECHO
	FISSURA (F)	1,25
	TRINCA ISOLADA TRANSVERSAL CURTA (TTC)	
	TRINCA ISOLADA TRANSVERSAL LONGA (TTL)	
	TRINCA LONGITUDINAL CURTA (TLC)	
	TRINCA LONGITUDINAL LONGA (TLL)	
	TRINCA DE RETRAÇÃO (TRR)	
	TRINCA COURO DE JACARÉ COM EROSÃO (JE)	
	TRINCA COURO DE JACARÉ SEM EROSÃO (J)	
	TRINCA "BLOCO" COM EROSÃO (TBE)	
	TRINCA "BLOCO" SEM EROSÃO (TB)	
	AFUNDAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO LOCAL (ALC)	
	AFUNDAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO DE TRILHO DE RODA	
	AFUNDAMENTO PLÁSTICO LOCAL (ALC)	
	AFUNDAMENTO PLÁSTICO DA TRILHA DE RODA (ATP)	
	ONDULAÇÕES (O)	
	ESCORREGAMENTO (E)	
	EXSUDAÇÃO (EX)	
	DESGASTE (D)	
	PANELA (P)	
	REMENDO (R)	

Figura 26 – Relatório do trecho 06.

VALOR DE SERVENTIA		
LOCAL: Avenida Ayrton Senna - Pouso Alegre - MG		
TRECHO 06		
REGISTRO FOTOGRÁFICO		
Trinca Longitudinal Longa (TLL)		Trinca "Couro de Jacaré" Com erosão (JE) / Panela (P)
	Escorregamento (E)	Escorregamento (E)
		
RECORRÊNCIA	TIPO DE PATOLOGIA	VALOR DE VSA DO TRECHO
	FISSURA (F)	0,75
	TRINCA ISOLADA TRANSVERSAL CURTA (TTC)	
	TRINCA ISOLADA TRANSVERSAL LONGA (TTL)	
	TRINCA LONGITUDINAL CURTA (TLC)	
	TRINCA LONGITUDINAL LONGA (TLL)	
	TRINCA DE RETRAÇÃO (TRR)	
	TRINCA COURO DE JACARÉ COM EROSÃO (JE)	
	TRINCA COURO DE JACARÉ SEM EROSÃO (J)	
	TRINCA "BLOCO" COM EROSÃO (TBE)	
	TRINCA "BLOCO" SEM EROSÃO (TB)	
	AFUNDAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO LOCAL (ALC)	
	AFUNDAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO DE TRILHO DE RODA	
	AFUNDAMENTO PLÁSTICO LOCAL (ALC)	
	AFUNDAMENTO PLÁSTICO DA TRILHA DE RODA (ATP)	
	ONDULAÇÕES (O)	
	ESCORREGAMENTO (E)	
	EXSUDAÇÃO (EX)	
	DESGASTE (D)	
	PANELA (P)	
	REMENDO (R)	

Figura 27 – Relatório do trecho 07.

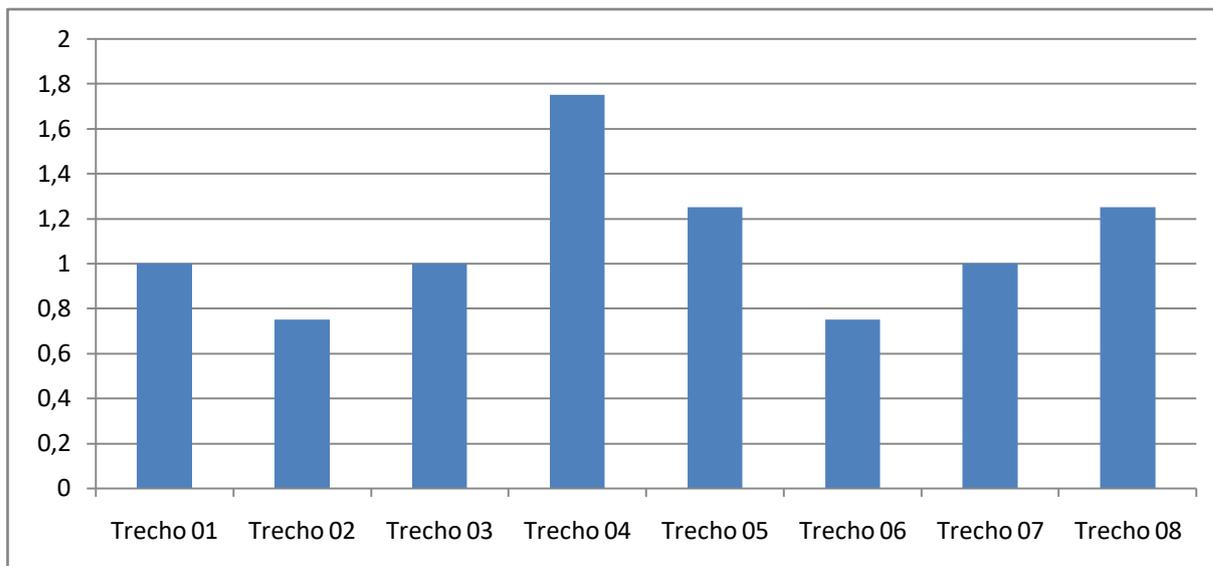
VALOR DE SERVENTIA		
LOCAL: Avenida Ayrton Senna - Pouso Alegre - MG		
TRECHO 07		
REGISTRO FOTOGRÁFICO		
<p>Panela (P)</p> 	<p>Trinca "Couro de Jacaré" Com erosão (JE)</p> 	
<p>Remendo (R) / Trinca "Couro de Jacaré" sem erosão (J)</p> 	<p>Desgaste (D)</p> 	
RECORRÊNCIA	TIPO DE PATOLOGIA	VALOR DE VSA DO TRECHO
	FISSURA (F)	1
	TRINCA ISOLADA TRANSVERSAL CURTA (TTC)	
	TRINCA ISOLADA TRANSVERSAL LONGA (TTL)	
	TRINCA LONGITUDINAL CURTA (TLC)	
	TRINCA LONGITUDINAL LONGA (TLL)	
	TRINCA DE RETRAÇÃO (TRR)	
	TRINCA COURO DE JACARÉ COM EROSÃO (JE)	
	TRINCA COURO DE JACARÉ SEM EROSÃO (J)	
	TRINCA "BLOCO" COM EROSÃO (TBE)	
	TRINCA "BLOCO" SEM EROSÃO (TB)	
	AFUNDAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO LOCAL (ALC)	
	AFUNDAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO DE TRILHO DE RODA	
	AFUNDAMENTO PLÁSTICO LOCAL (ALC)	
	AFUNDAMENTO PLÁSTICO DA TRILHA DE RODA (ATP)	
	ONDULAÇÕES (O)	
	ESCORREGAMENTO (E)	
	EXSUDAÇÃO (EX)	
	DESGASTE (D)	
	PANELA (P)	
	REMENDO (R)	

Figura 28 – Relatório do trecho 08.

VALOR DE SERVENTIA		
LOCAL: Avenida Ayrton Senna - Pouso Alegre - MG		
TRECHO 08		
REGISTRO FOTOGRÁFICO		
<p>Panela (P) / Trinca "Couro de Jacaré" com erosão (JE)</p> 	<p>Remendo (R) / Desgaste (D)</p> 	
<p>Trinca "Couro de Jacaré" sem erosão (J)</p> 	<p>Trinca "Couro de Jacaré" sem erosão (J)</p> 	
RECORRÊNCIA	TIPO DE PATOLOGIA	VALOR DE VSA DO TRECHO
	FISSURA (F)	1,25
	TRINCA ISOLADA TRANSVERSAL CURTA (TTC)	
	TRINCA ISOLADA TRANSVERSAL LONGA (TTL)	
	TRINCA LONGITUDINAL CURTA (TLC)	
	TRINCA LONGITUDINAL LONGA (TLL)	
	TRINCA DE RETRAÇÃO (TRR)	
	TRINCA COURO DE JACARÉ COM EROSÃO (JE)	
	TRINCA COURO DE JACARÉ SEM EROSÃO (J)	
	TRINCA "BLOCO" COM EROSÃO (TBE)	
	TRINCA "BLOCO" SEM EROSÃO (TB)	
	AFUNDAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO LOCAL (ALC)	
	AFUNDAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO DE TRILHO DE RODA	
	AFUNDAMENTO PLÁSTICO LOCAL (ALC)	
	AFUNDAMENTO PLÁSTICO DA TRILHA DE RODA (ATP)	
	ONDULAÇÕES (O)	
	ESCORREGAMENTO (E)	
	EXSUDAÇÃO (EX)	
	DESGASTE (D)	
	PANELA (P)	
	REMENDO (R)	

Fonte: O Autor (2019).

Gráfico 01 – Valor de Serventia atual dos trechos (VSA).



Fonte: O Autor (2019).

Com base nos dados coletados de cada trecho, realizando-se a média geral dos valores de VSA obtidos através da equação a seguir foi determinado o valor de serventia atual da avenida.

$$VSA = \frac{\sum X}{n}$$

Fonte: DNIT 009/2003-PRO

$$VSA = \frac{1 + 0,75 + 1 + 1,75 + 1,25 + 0,75 + 1 + 1,25}{8} = 1,093$$

De acordo com a Norma DNIT 009/2003-PRO, o valor de VSA da via pode variar de 0 a 5, onde 0 é o pior valor que uma via pode receber através de uma avaliação caracterizada com uma via de péssimas condições. O valor do VSA obtido através da média realizada, por meio dos dados coletados ficou situado entre 1 e 2, onde tem-se a característica de uma via de condições ruins, necessitando de correções em praticamente todo o trecho da avenida.

Conforme o quadro 11 abaixo, pode ser observado a espessura de pavimento asfáltico de cada trecho estudado, parâmetros necessários para estudo e comparação para determinar se é necessário ou não um novo dimensionamento deste pavimento. Conforme os cálculos realizados para o Numero “N” no item 7.5, a espessura encontrada se mostrou abaixo do mínimo exigido que é de 5,0 cm, onde abaixo deste valor é classificado como tráfego leve.

Quadro 11 – Espessura de revestimento asfáltico de cada trecho.

ESPESSURA DE REVESTIMENTO ASFÁLTICO - AVENIDA AYRTON SENNA - POUSO ALEGRE - MG								
	TRECHO 01	TRECHO 02	TRECHO 03	TRECHO 04	TRECHO 05	TRECHO 06	TRECHO 07	TRECHO 08
SUBTRECHO								
1	3,0	3,1	3,4	5,0	3,5	3,5	3,1	2,9
2	3,5	4,0	4,9	5,2	3,8	3,3	3,9	3,8
3	3,6	3,7	2,6	4,9	4,0	3,8	4,0	3,1
4	3,7	3,3	3,5	4,6	3,0	3,5	3,2	3,6
MÉDIA (cm)	3,5	3,5	3,6	4,9	3,6	3,5	3,6	3,4

Fonte: O Autor (2019).

6.2 Correções das patologias

6.2.1 Conservação das estradas

Segundo Senço (2001), deve-se manter o estado de conservação das estradas pavimentadas, com a finalidade de se manter apenas manutenções preventivas no pavimento flexível, realizando assim manutenções que irão servir de antecipação, para que se evitem possíveis patologias que poderão afetar a via ao longo de sua vida útil.

6.2.2 Tratamento de Patologias (Correções)

- **Falhas na borda:** segundo Senço (2001), este tipo de defeito pode ser tratado através da eliminação nas falhas de drenagem, realizando assim limpeza nas valetas e verificando a permeabilidade do acostamento, caso este apresente falhas o mesmo deve ser compactado e nivelado de acordo com a borda do asfalto.

- **Superfície Gasta:** Senço (2001) propõe para este tipo de patologia a pulverização utilizando a emulsão asfáltica diluída, sendo depositada com uma média de 0,45 litros por metro quadrado. Caso apresente falta de material é necessário a utilização de uma camada de lama asfáltica.
- **Panelas:** de acordo com Senço (2001), o tratamento para este tipo de defeito é realizado primeiramente através do corte do asfalto em formato retangular, deve-se então repor o material de base que foi perdido ao longo do tempo, caso necessário pulverize a cavidade com asfalto diluído e posteriormente preencha com material pré-misturado para que seja realizada a compactação da manutenção.
- **Trincas “Couro de Jacaré”:** conforme menciona Senço (2001), neste caso é necessário antes de tudo verificar as falhas na drenagem, após os problemas de drenagem serem identificados e resolvidos pode-se realizar o tratamento destes defeitos com a utilização de asfalto líquido juntamente com uma camada de agregados finos.
- **Exsudação:** necessário realizar a escarificação do local, após este procedimento realizar a remistura do material com adição de areia, caso exista excesso de asfalto ou falhas na drenagem ambos devem ser corrigidos primeiro de acordo com Senço (2001).
- **Trincas Longitudinais e Transversais:** realizar o enchimento das trincas e selamento. Causadas geralmente por variações de temperatura, endurecimento da camada asfáltica e recalques das camadas do pavimento.
- **Ondulação e Depressão:** Nivelamento do local e remendo na superfície. As principais causas deste tipo de patologia são a falta de estabilidade da mistura asfáltica e umidade excessiva presente no subleito.

7 ESTUDO DE TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

Mediante as condições do trecho estudado, conforme mostrado nos relatórios fotográficos, o pavimento se encontra degradado e com patologias avançadas, para a real situação será adotado o método de dimensionamento aplicado pelo DNER.

7.1 Estudo do tráfego

A melhor forma de se realizar o estudo de tráfego de uma via é através de séries históricas do fluxo viário que são realizadas pelo órgão responsável pela via, no caso em estudo esses dados são inexistentes, sendo assim será adotado a contagem veicular pelo Fator Horário de Pico.

7.1.1 Contagem de tráfego pelo método do volume horário de pico

Conforme as disposições impostas pelo Manual de Manual de estudos de tráfego DNIT (2006), a contagem pelo volume horário de pico foi realizada na avenida em estudo, onde neste procedimento foi adotado um total de 2:00 horas de contagem, visto a mesma foi realizada no período das 17:00 horas até as 19:00. A escolha do horário em específico se deu pelo fato que este é a pior solicitação sofrida pelo pavimento ao longo do dia, onde as pessoas estão se deslocando do centro urbano no fim do período de trabalho.

Conforme pode ser observado no quadro 12 a seguir referente a sexta-feira, a contagem foi realizada em intervalos de 15 minutos, separando os veículos de acordo com seu tipo onde o pior caso se encontra na sexta-feira, possivelmente um reflexo do final da semana, onde a maioria das pessoas estão retornando de viagens relacionadas à trabalho e também final do expediente. O restante dos dados coletados através da contagem se encontra no Apêndice A.

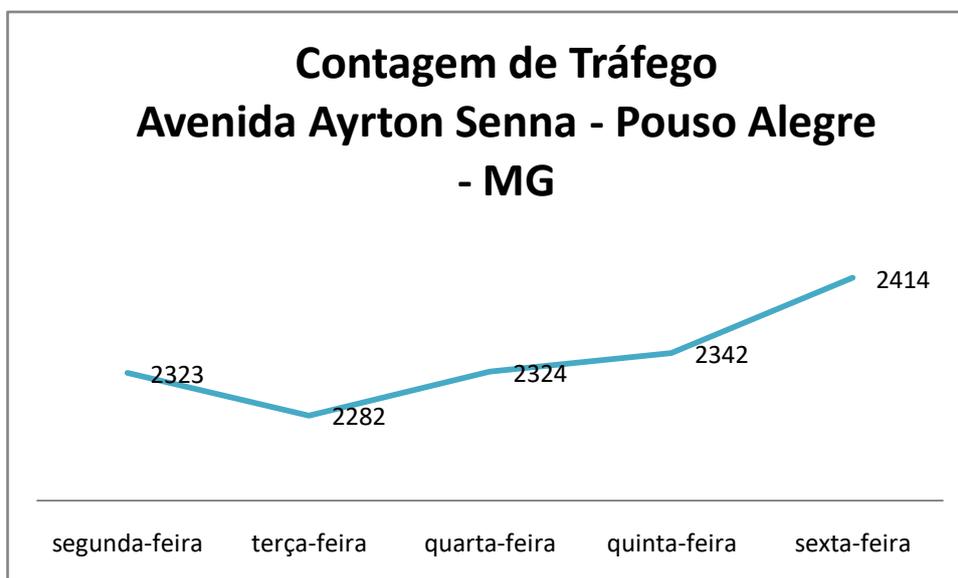
Quadro 12 – Contagem de Veículos na Avenida Ayrton Senna

CONTAGEM DE VEÍCULOS NA AVENIDA AYRTON SENNA REFERÊNTE A SEXTA-FEIRA					
HORÁRIO	TIPO DE VEÍCULO				TOTAL EM 15 MINUTOS
	CARROS	MOTOCICLETAS	CAMINHÕES	ÔNIBUS	
17:00	219	41	14	6	280
17:15	255	36	14	4	309
17:30	231	24	19	2	276
17:45	238	33	19	0	290
18:00	247	30	19	3	299
18:15	228	36	16	1	281
18:30	216	29	17	0	262
18:45	184	25	15	2	226
19:00	163	19	9	0	191
TOTAL DE VEÍCULOS EM 120 MINUTOS					2414

Fonte: o Autor (2019)

De certa forma os valores coletados através da contagem de veículos permaneceram próximos conforme observado no gráfico 2 abaixo.

Gráfico 2 – Contagem de Tráfego



Fonte: o Autor (2019)

7.1.2 Cálculo do Volume de Tráfego pelo método Volume Horário de Pico

Com base nos dados obtidos através da contagem de veículos realizada, foi possível determinar o volume horário e o Fator Horário de Pico na semana em questão, onde foi possível avaliar a pior situação de solicitação do pavimento dentro da semana. Os valores referentes ao Volume Horário de pico foram determinados através das fórmulas abaixo, onde foi tomado como padrão uma contagem de 2:00 horas para atingir melhor precisão nos cálculos.

- Cálculo do Fator Horário de Pico referente à sexta-feira

$$FHP = \frac{VHP \text{ (Soma do volume de tráfego dentro de 60 minutos)}}{4 \times V15, \max \text{ (Volume máximo de tráfego dentro de 15 minutos)}}$$

$$FHP = \frac{309 + 276 + 290 + 299}{4 \times 309} = 0,94$$

- Cálculo do Volume Horário de Pico

$$V = \frac{4 \times V15, \max}{FHP}$$

$$V = \frac{4 \times 309}{0,94} = 1315 \text{ veículos/hora}$$

Como pode ser observado nos Quadros 13 e 14 a seguir, os cálculos do FHP e VHP estão dispostos de acordo com o dia em estudo, onde eventualmente através dos dados obtidos o pior caso de solicitação do pavimento esteve presente na sexta-feira onde o valor quantitativo de veículos é relativamente maior. Onde $V15, \max$ é o o maior volume dentro de 15 minutos, o restante dos dados pode ser observado no APÊNDICE A na página 96.

Quadro 13 – Cálculo do Fator Horário de Pico (FHP)

FATOR HORÁRIO DE PICO (FHP)			
	VHP	V15, MAX	FHP
SEGUNDA-FEIRA	1151	299	0,96
TERÇA-FEIRA	1145	296	0,97
QUARTA-FEIRA	1149	298	0,96
QUINTA-FEIRA	1145	297	0,96
SEXTA-FEIRA	1149	309	0,94

Fonte: o Autor (2019)

Quadro 14 – Cálculo do Volume Horário de Pico (VHP)

VOLUME HORÁRIO DE PICO (V = Veículos/hora)			
	V15, MAX	FHP	V
SEGUNDA-FEIRA	299	0,96	1246
TERÇA-FEIRA	297	0,97	1225
QUARTA-FEIRA	298	0,96	1242
QUINTA-FEIRA	297	0,96	1238
SEXTA-FEIRA	309	0,94	1315

Fonte: o Autor (2019)

7.2 Volume de tráfego futuro na Avenida Ayrton Senna

Segundo dados coletados através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade de Pouso Alegre, vem recebendo um grande aumento populacional ao longo dos anos, este aumento relativamente alto tem grande impacto na frota de veículos, conseqüentemente exigindo mais de suas vias de tráfego. Abaixo pode ser observado através do quadro 15 o aumento populacional ao longo dos anos.

Quadro 15 – Aumento Populacional na cidade de Pouso Alegre

Crescimento Populacional em Pouso Alegre - MG		
Ano de Estudo		
2010	2015	2019
130.615 hab.	143.846 hab.	150.737 hab.

Fonte: o Autor (2019)

Em posse dos dados populacionais pode-se então realizar o cálculo do tráfego futuro através das fórmulas abaixo.

- **Condições iniciais para o estudo**

$$1) P_0 < P_1 < P_2 \therefore 130615 < 143846 < 150737 = \text{OK}$$

$$2) P_0 \times P_2 < P_1^2 \therefore 130615 \times 150737 < 143846^2 \\ \therefore 19688513255 < 20691641716 = \text{OK}$$

- **Método do crescimento logístico (PS)**

$$PS = \frac{2 \times (P_0 \times P_1 \times P_2) - (P_1^2) \times (P_0 + P_2)}{(P_0 \times P_2) - (P_1^2)}$$

$$PS = \frac{2 \times (130615 \times 143846 \times 150737) - (143846^2) \times (130615 + 150737)}{(130615 \times 150737) - (143846^2)}$$

$$PS = 156919,84$$

$$K_1 = \frac{1}{T_2 - T_1} \times \ln \frac{P_0 \times (PS - P_1)}{P_1 \times (PS - P_0)}$$

$$K_1 = \frac{1}{2019 - 2015} \times \ln \frac{130615 \times (156919,84 - 143846)}{143846 \times (156919,84 - 130615)} = -0,1989$$

- **Cálculo do coeficiente C**

$$C = \frac{PS - P_0}{P_0}$$

$$C = \frac{156919,84 - 130615}{130615} = 0,201$$

Em posse dos dados obtidos através dos cálculos dos coeficientes de K1 e C, pode-se então determinar a população futura para o ano de horizonte de projeto. O horizonte de projeto para dimensionamento do tráfego foi adotado como sendo 10 anos.

- População Futura (Pf)

$$Pf = \frac{PS}{1 + c x e^{K1 x (t-t_0)}}$$

$$Pf = \frac{156919,84}{1 + 0,201 x e^{-0,1989 x (2029-2010)}} = 156821,31$$

- Fator de Crescimento (Fc)

$$Fc = \frac{PF}{PA = P2}$$

$$Fc = \frac{156919,84}{150737} = 1,04101$$

A partir dos dados obtidos através do cálculo do fator de crescimento em função do crescimento populacional na cidade de Pouso Alegre-MG, tem-se o tráfego futuro de veículos para o ano de 2029, na Avenida Ayrton Senna, valor este determinado por intermédio do produto do fator de crescimento pelo Volume Horário de Pico referente à sexta-feira como pode ser observado abaixo na equação.

- Tráfego Futuro (Tf)

$$Tf = 1315 x 1,04101 = 1368 \text{ veículos/dia}$$

7.3 Cálculo do Fator Veículo (FV)

Segundo o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006), o Fator Veículo é determinado através do fator de carga equivalente de cada tipo de veículo que transita sobre a via, para este estudo foi adotado como parâmetro de dimensionamento deste valor o quadro 10 na página 55, onde este apresenta o Fator Veículo mais crítico, onde é considerada a carga máxima por lei somada à tolerância permitida. Para os cálculos do (FV) final utiliza-se o valor do tráfego futuro para o ano de 2029.

No cálculo do Fator Veículo (FV), é considerado um valor específico para de equivalência de eixo para cada tipo de veículos, conforme pode ser observado no quadro 15 a seguir, onde com base nos cálculos chegou-se ao valor (FV) final. No Apêndice B se encontra o FV respectivo para cada dia da semana onde foi realizada a contagem de veículos.

Quadro 16 – Cálculo Fator Veículo (FV)

CLASSE /TIPO DE VEÍCULO		VM DA EM 2029	FATOR VEÍCULOS (FV)		
			F _{vi}	$VMDA_v \times FV_v / \sum VMDA_f$	
VEÍCULOS DE PASSEIO	MOTOS	143			
	CARROS LEVES	1080			
	UTILITÁRIOS	51			
ÔNIBUS		2C	3	2,72	0,10
		3C	7	2,72	0,21
CAMINHÃO LEVE		2C	26	0,08	0,03
			0		
CAMINHÕES MÉDIOS E PESADOS		2C	1	4,94	0,16
		3C	2	3,36	0,14
		4C	0		
CAMINHÕES COM SEMI-REBOQUE (CERRETAS)		2S1	21	9,32	0,14
		2S2	0	7,74	
		2S3	0		
		3S2	33	5,11	0,12
		3S3			
CAMINHÕES REBOQUE (BI-TREM)		2C2			
		2C3			
		3C2			
		3C3			
TREMINHÃO		3C4			
TOTAL			1368		0,90

Fonte: O Autor (2019)

7.4 Determinação do Número “N”

Após a obtenção de todos os valores necessários, pode-se então realizar o cálculo para dimensionamento do número “N” através da fórmula a seguir.

$$N = 365 \times 1315 \times 10 \times 0,90 \times 1$$

$$N = 4,31 \times 10^6$$

7.5 Determinação da Espessura do Revestimento do pavimento

Com base nos dados obtidos referentes ao Número “N”, encontra-se a espessura do revestimento betuminoso através do quadro 03 na página 36. Para efeito comparativo será levantado também o valor do Número “N” proposto na Norma IP – 02/2004 CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS utilizada pelo estado de São Paulo.

- **Método DNER**

$$10^6 < 4,31 \times 10^6 < 5 \times 10^6$$

- **Método IP – 02/2004 CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS**

$$10^6 < 2 \times 10^6 < 5 \times 10^6$$

Ambos os valores se mostraram próximos quando levado em consideração o fator de dimensionamento da espessura do pavimento. Com base nestes resultados a espessura mínima do pavimento asfáltico deve ser de **5,0 cm**, espessura maior que a encontrada em todos os trechos analisados.

7.6 Dimensionamento das camadas do pavimento flexível

O dimensionamento das camadas que constituem o pavimento asfáltico, deve levar em consideração para fator de cálculo o tipo de material presente na composição do revestimento e do material constituinte das camadas, para este caso foi considerado para revestimento o material concreto betuminoso, que possui coeficiente igual a 2,0, já para a base e demais camadas foi adotado como padrão materiais granulares com coeficiente igual a 1,0.

Outro parâmetro necessário para o dimensionamento das camadas do pavimento é o conhecimento do CBR de cada camada, visto que este é o valor de suporte de carga de cada camada. Para o dimensionamento foi considerado os valores mínimos de CBR para as camadas de base, sub-base, e reforço do subleito, tais valores adotados estão presentes na Norma DNER 667/1981. Ainda a respeito dos valores referentes ao CBR, o presente trabalho tem em posse o valor de CBR do subleito, este valor pode ser visualizado na figura 29 referente ao ensaio realizado nas proximidades da avenida em estudo.

Figura 29 – Ensaio de caracterização

COMPACTAÇÃO DNER - ME 129/94 - 162/94										
CLIENTE:		OBRA: SAIDA DO FUTURO AESSO			SUB-TRECHO: Subleito			REGISTRO: CMS-B-SOL-001		
ESTACA: ST-2		POSIÇÃO: -	PROFUND.: 7 m	MATERIAL: ARGILA SILTOSA MARRON CLARA			ESTUDO: CARACTERIZAÇÃO			
% RET. PEN. Nº 4:		PROCTOR Intermediário		GOLPES 26	OPERADOR:	ENCARREGADO:	ENGENHEIRO:	DATA: 19/07/2019		
Cilindro nº		C-43	C-50	C-36	C-51	C-31	UMID. HIGROSCÓPICA			
Cápsula nº										
C + S + A								334,40	337,10	
C + S								317,50	320,60	
A - Água								16,90	16,50	
C - Cápsula								232,10	236,60	
S - Solo								85,40	84,00	
Umidade - h								19,79	19,64	
UMIDADE MÉDIA								19,72		
UMIDADE CALCULADA		19,70	20,90	23,30	25,70	28,10		PESO MATERIAL: 7.000		
Água Adicionada (ml)			70,00	210,00	350,00	490,00		PESO MAT. SECO: 5.847		
% Água adicionada			1,00%	3,00%	5,00%	7,00%		MOLDES		
M + S + A		9.340	9.411	9.561	9.510	9.511		Nº	PESO	VOLUME
M. Molde		5.456	5.453	5.445	5.383	5.422		C-43	5456	2070
S + A		3.885	3.958	4.116	4.127	4.089		C-50	5453	2068
Dens. Úmida		1.876	1.914	1.981	1.995	1.971		C-36	5445	2078
DENS. CONVERTIDA		1.876	1.895	1.923	1.900	1.842		C-51	5383	2069
DENS. SECA		1.567	1.583	1.607	1.587	1.539		C-31	5422	2074
								EFICIÊNCIA DE COMPACTAÇÃO CBR: 100,0	#N/D	#N/D
								D. Máx.		
								1.607		
								HOT		
								23,5	%	
								C.B.R.: 19,70	%	
								EXPANSÃO: 2,35	%	
								EQ. AREIA: %		
								I.P.: 17,92	%	
								I.G.: 12		
								H.R.B.: A-7-5		
								Observações:		
								Responsável:		
								Fiscalização:		

CURVA DE COMPACTAÇÃO

C.B.R.

EXPANSÃO

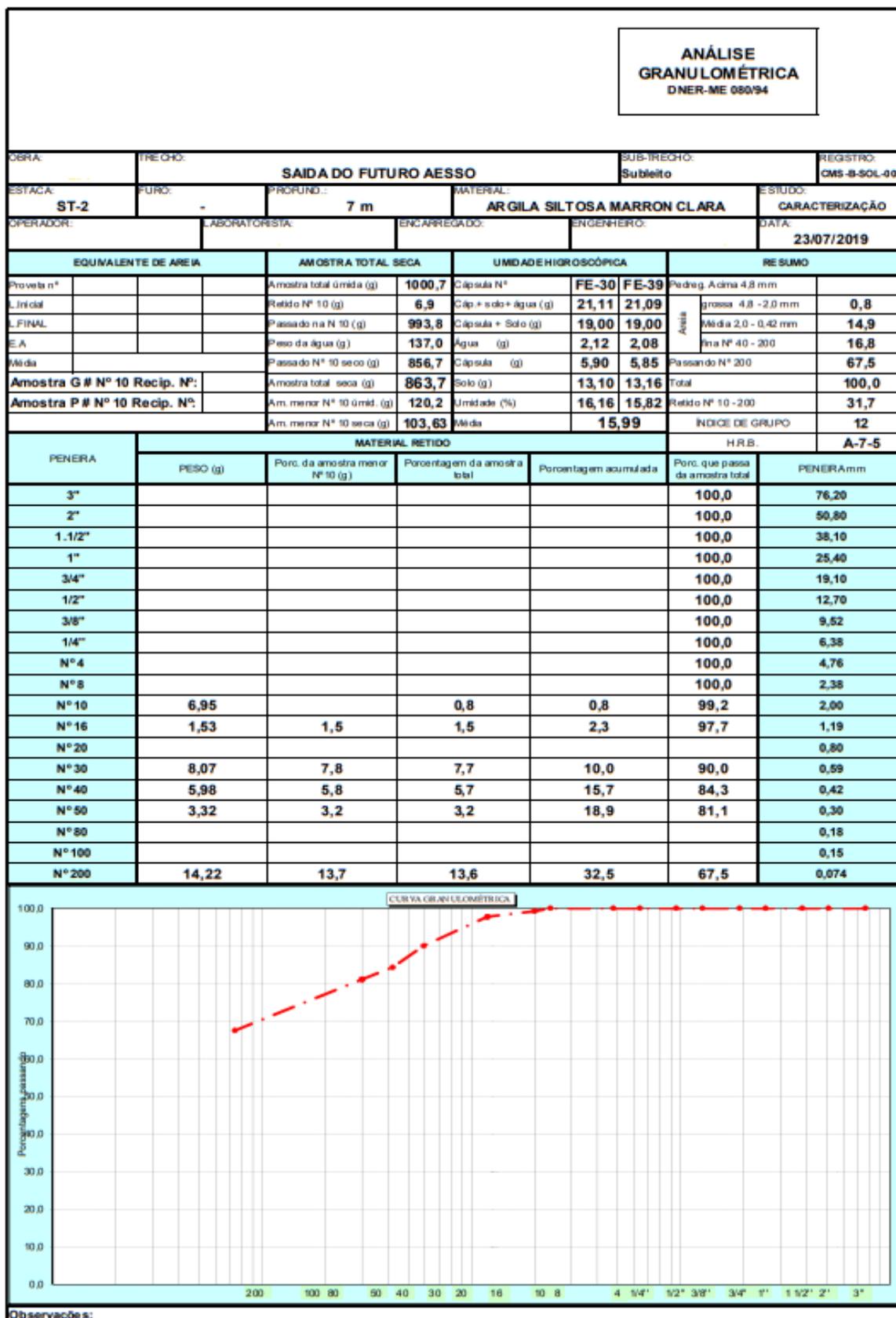
Fonte: Empresa especializada em ensaios de caracterização(2019).

Figura 30 - Ensaio de caracterização

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA DNER-ME 049/94 </div>												
OBRA:		TRECHO: SAIDA DO FUTURO AESSO			SUB-TRECHO: Subleito			REGISTRO: CMS-B-SOL-001				
ESTACA: ST-2		POSIÇÃO: -	PROFUND.: 7 m	MATERIAL: ARGILA SILTOSA MARRON CLARA			ESTUDO: CARACTERIZAÇÃO					
OPERADOR:		LABORATORISTA:		ENCARREGADO:		ENGENHEIRO:		DATA: 23/07/2019				
ANEL DINAMOMÉTRICO N.º		CONSTANTE:			UMIDADE (%)							
ANEL DINAMOMÉTRICO N		CONSTANTE: 0,1023			Ponto		SECO		HOT.	SATURADO		
RESULTADOS	PRESSÕES kg/cm ² PADRONIZADAS		0,1 POL.	0,2 POL.	Cápsula n.º							
			70,31	105,46	C + S + A (g)							
	CILINDRO N.º		UMIDADE (%)			C + S (g)						
	I.S.C. %		19,70			Água (g)						
	EXPANSÃO %		0,30	2,35	0,44	Cápsulas (g)						
	C.B.R. (FINAL)		19,70			Solo seco (g)						
EXPANSÃO (FINAL)		2,35			UMIDADE (%)							
					UMID MÉDIA							
					EXPANSÃO (%)							
					PUNTO		SECO		HOT.		SATURADO	
					CILINDRO N.º		C-50		C-36		C-51	
					EXTENS. N.º							
					LEITURA INICIAL		2,00		2,00		2,00	
					LEITURA 24h							
					LEITURA 48h							
					LEITURA 72h							
					LEITURA 96h		2,35		4,70		2,50	
					DIFERENÇA		0,35		2,70		0,50	
EXPANSÃO %		0,30		2,35		0,44						
CILINDRO N.º: C-50					ORDEM: SECO							
PENE TRACÇÃO			LEITURA		PRES SÃO kg/cm ²		I.S.C.					
TEMPO	m.m.	POL.	ANEL	DETER.	CORRIG.	%						
30 SEG.	0,63	0,025	9	0,92								
1 MIN.	1,27	0,050	15	1,54								
1,5 MIN.	1,90	0,075	22	2,25								
2 MIN.	2,54	0,100	30	3,07			4,40					
3 MIN.	3,81	0,150	45	4,61								
4 MIN.	5,08	0,200	57	5,83			5,50					
6 MIN.	7,62	0,300	85	8,70								
8 MIN.	10,15	0,400	111	11,36								
10 MIN.	12,70	0,500	135	13,82								
CILINDRO N.º: C-36					ORDEM: HOT							
PENE TRACÇÃO			LEITURA		PRES SÃO kg/cm ²		I.S.C.					
TEMPO	m.m.	POL.	ANEL	DETER.	CORRIG.	%						
30 SEG.	0,63	0,025	25	2,56								
1 MIN.	1,27	0,050	59	6,04								
1,5 MIN.	1,90	0,075	95	9,72								
2 MIN.	2,54	0,100	125	12,79			18,20					
3 MIN.	3,81	0,150	172	17,60								
4 MIN.	5,08	0,200	203	20,78			19,70					
6 MIN.	7,62	0,300	250	25,59								
8 MIN.	10,15	0,400	285	29,17								
10 MIN.	12,70	0,500	315	32,24								
CILINDRO N.º: C-51					ORDEM: SATURADO							
PENE TRACÇÃO			LEITURA		PRES SÃO kg/cm ²		I.S.C.					
TEMPO	m.m.	POL.	ANEL	DETER.	CORRIG.	%						
30 SEG.	0,63	0,025	16	1,64								
1 MIN.	1,27	0,050	35	3,58								
1,5 MIN.	1,90	0,075	53	5,42								
2 MIN.	2,54	0,100	70	7,16			10,20					
3 MIN.	3,81	0,150	100	10,23								
4 MIN.	5,08	0,200	125	12,79			12,10					
6 MIN.	7,62	0,300	170	17,40								
8 MIN.	10,15	0,400	207	21,18								
10 MIN.	12,70	0,500	238	24,36								
OBSERVAÇÕES:												

Fonte: Empresa especializada em ensios de caracterização(2019).

Figura 31 - Ensaio de caracterização



Fonte: Empresa especializada em ensaios de caracterização(2019).

Figura 32 - Ensaio de caracterização

ENSAIOS FÍSICOS DNER-ME 082/94 - 122/94						
OBRA:	TRECHO:		SUB-TRECHO:		REGISTRO:	
	SAIDA DO FUTURO AESSO		Subleito		CMS-B-SOL-001	
ESTACA:	POSIÇÃO:	PROFUND.:	MATERIAL:		ESTUDO:	
ST-2	-	7 m	ARGILA SILTOSA MARRON CLARA		CARACTERIZAÇÃO	
OPERADOR:	LABORATORISTA:	ENCARREGADO:	ENGENHEIRO:	DATA:		
				23/07/2019		
LIMITE DE LIQUIDEZ - DNER-ME 122/94						
AMOSTRA	Cápsula nº:	FE-21	FE-36	FE-19	FE-44	FE-48
	C + S + A g	10,57	10,45	10,65	10,47	10,34
	C + Solo g	8,92	8,93	8,88	8,74	8,64
	Cápsula g	5,950	6,260	5,874	5,863	5,883
	Água g	1,64	1,52	1,77	1,73	1,70
	Solo g	2,97	2,67	3,01	2,88	2,76
	Umidade %	55,28	56,90	58,87	59,93	61,65
	Fator Correção					
	Valor Corrigido					
	GOLPES	35	30	25	20	17
ÍNDICE DE PLASTICIDADE						
Limite de Liquidez %						58,20
Limite de Liquidez Corrigido %						
Limite de plasticidade %						40,28
Índice de plasticidade %						17,92
RESUMO						
Equivalente de areia						
Passado na #200 %						67,50
Índice de grupo						12
Classificação HRB						A-7-5
Classificação USC						
Obs.:						
OPERADOR:	LIMITE DE PLASTICIDADE - DNER-ME 082/94				DATA:	
William					23/07/2019	
AMOSTRA	Cápsula nº:	FE-12	FE-11	FE-31	FE-37	FE-45
	C + S + A g	7,65	8,07	8,13	7,79	7,89
	C + Solo g	7,15	7,45	7,60	7,20	7,34
	Cápsula g	5,859	5,933	6,278	5,799	5,972
	Água g	0,50	0,61	0,53	0,59	0,55
	Solo g	1,29	1,52	1,32	1,40	1,37
	Umidade %	38,70	40,50	39,90	42,10	40,20
LIMITE DE PLASTICIDADE :		40,28	%	OBS.:		

Fonte: Empresa especializada em ensaios de caracterização(2019).

7.6.1 Cálculo para dimensionamento das camadas do pavimento flexível

Para o cálculo de dimensionamento das camadas do pavimento, foram utilizadas correlações das fórmulas abaixo levando em consideração o CBR das camadas e o valor de Número N obtido, juntamente com a utilização do ábaco na Figura -18 na página 43. Abaco utilizado no APÊNDICE 4 na página 103.

- Cálculo da base (CBR adotado 80%)

$$R \times Kr \times B \times Kb \geq H20$$

$$(5 \times 2) + (B \times 1) \geq 1 \therefore B = 15 \text{ cm}$$

- Cálculo da Sub-base (CBR adotado 20%)

$$R \times Kr + B \times Kb + SB \times Ks \geq HN$$

$$(5 \times 2) + (16 \times 1) + (SB \times 1) \geq 25 \therefore SB = 15 \text{ cm (espessura mínima)}$$

- Cálculo do reforço do subleito (CBR adotado 20%)

$$R \times Kr + B \times Kb + SB \times Ks + Refsb \times Kref \geq HN$$

$$(5 \times 2) + (16 \times 1) + (15 \times 1) + (Refsb \times 1) \geq 40 \therefore Refsb = 15 \text{ cm (espessura mínima)}$$

- Cálculo do subleito (CBR 19,7 % de acordo com o ensaio)

$$R \times Kr + B \times Kb + SB \times Ks + Refsb \times Kref + Sub \times KSub \geq HN$$

$$(5 \times 2) + (16 \times 1) + (15 \times 1) + (15 \times 1) + (Sub \times 1) \geq 25 \therefore Sub = 15 \text{ cm espessura mínima}$$

Para fator de dimensionamento, foram adotados valores de CBR para que os cálculos referentes às espessuras das camadas chegassem o mais próximo possível da espessura

mínima especificada por norma. Detalhe da seção transversal do pavimento flexível dimensionado e detalhe do pavimento flexível atual (para efeito comparativo), encontram-se no apêndice C.

7.6.2 Dimensionamento da largura das faixas de rolamento e acostamento

Para a realização da escolha e dimensionamento da largura de acostamento e das faixas de rodagem, devem ser analisadas algumas diretrizes estipuladas pela Norma DNER 706/200 – MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO, onde as vias são classificadas de acordo com sua classe. A avenida em estudo foi classificada como sendo de classe 1-A devido a presença de duas faixas de rodagem e Volume Horário de Pico (VHP) elevado.

Quadro 17 – Classificação das Rodovias

CLASSE DE PROJETO	CARACTERÍSTICAS	CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA	VELOCIDADE DE PROJETO POR REGIÃO(Km/h)		
			Plana	Ondulada	Montanhosa
0	Via Expressa - controle total de acesso	Decisão administrativa	120	100	80
1	A	Pista dupla - controle parcial de acesso	100	80	60
	B	Pista simples			
2	Pista simples	VMD = 700 - 1400	100	70	50
3	Pista simples	VMD = 300-700	80	60	40
4	Pista simples	VMD <300	80-60	60-40	40-30

Fonte: DNER - 706/200 – MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO.

A definição da classe teve como princípio o fato de que a via em estudo é formada por pista dupla e, juntamente a este fator, o estudo apresenta valor de Volume Horário de Pico maior que o existente na classe 1-B. Após a classificação da via pode-se então determinar a largura da faixa de rolamento e a faixa referente ao acostamento, utilizando como parâmetros os quadros 18 e 19.

A largura da faixa de rolamento encontrada através da classe de classificação o tipo de relevo da via em estudo foi de 3,60 metros em função do tipo de relevo da via em estudo, que é predominantemente plano.

Quadro 18 – Largura da faixa de rolamento

CLASSE DE PROJETO	RELEVO		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	3,60	3,60	3,60
Classe 1	3,60	3,60	3,50
Classe 2	3,60	3,50	3,30
Classe 3	3,50	3,30	3,30
Classe 4 -A	3,00	3,00	3,00
Classe 4 -B	2,50	2,50	2,50

Fonte: DNER - 706/200 – MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO.

O parâmetro de determinação da largura da faixa de acostamento segue os mesmos critérios avaliativos da faixa de rolamento, com base neste dado de classificação foi determinado através do quadro 19 a largura mínima de 3,00 metros.

Quadro 19 - Largura da faixa de acostamento.

CLASSE DE PROJETO	RELEVO		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	3,50	3,00	3,00
Classe 1	3,00	2,50	2,50
Classe 2	2,50	2,50	2,00
Classe 3	2,50	2,00	1,50
Classe 4 -A	1,30	1,30	0,80
Classe 4 -B	1,00	1,00	0,50

Fonte: DNER - 706/200 – MANUAL DE PROJETO GEOMÉTRICO.

7.6.3 Detalhamento da largura de faixas e seção transversal do pavimento

O detalhe da largura das faixas de rolamento, acostamento e seção transversal das camadas, conforme a falta de espaço ideal para visualização foi anexado no APÊNDICE C na página 101, melhorando assim o entendimento e detalhamento da espessura de cada camada do pavimento.

7.6.4 Solução prévia para a problemática

Com base nos dados observados ao longo do estudo, é necessário realizar intervenções nas patologias existentes, tomando como princípio básico parâmetros apontados no tópico **6.6.2 Tratamento das patologias**, onde é descrito como tratar cada tipo de patologia.

Outro aspecto relevante para o bom funcionamento da via seria a implantação de um sistema de drenagem, onde neste deverá ser instaladas sarjetas para o escoamento das águas pluviais recebidas pelo pavimento, juntamente a bocas de lobo e galerias para escoamento e transporte dessas águas.

Após a manutenção e estabilização da via, melhorando a sua qualidade e segurança de trafegabilidade, pode-se então preparar um plano futuro de projeto para que possa ser aplicado o dimensionamento proposto, onde neste será realizado o pavimento em sua totalidade, composto por todas as camadas calculadas.

7.7 Levantamentos de custos referentes ao dimensionamento do pavimento flexível

Conforme o estudo desenvolvido a respeito do pavimento flexível e sua composição estrutural, foi possível dimensionar as camadas que o constituem, possibilitando então definir os custos aplicados para cada etapa, ou seja, cada camada do pavimento flexível.

Considerando que o orçamento deve ser desenvolvido com a finalidade de exibir dados detalhados a respeito de cada serviço aplicado, juntamente informações unitárias, quantitativas, preços com BDI e sem BDI. A partir disso foram feitas composições de preços, tomando como base serviços descritos na Tabela de Composição de Preços para Orçamento (TCPO/14), onde o preço de cada insumo foi atualizado conforme a planilha do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices SINAPI de setembro de 2019.

Os preços de cada atividade ou insumo estão organizados nos quadros a seguir, onde foram organizados de acordo com as camadas do pavimento flexível, conseqüentemente a partir dos valores unitários obtidos de cada etapa do pavimento, foi possível determinar o valor final para o anteprojeto em estudo, como pode ser demonstrado na tabela 01.

Quadro 20 – Composição de Preço Unitário (Escavação do Subleito).

Código	Descrição	Un.	Clas.	Coef.	Preço Unit(R\$)	Total (R\$)	Consumo
02.005.00004 9.SER	Escavação mecânica de material 1ª categoria, proveniente de corte de subleito	M²					
01.026.00000 1.MOD	Operador de terraplanagem	H	MOD	0,00690	21,50	0,148	0,00690
36.014.00024 8.EQH	Trator de esteiras, potência 170 HP, peso operacional 19T, caçamba 5,2 m³ - CHP diurno	CHP	EQH	0,00794	172,58	1,370	0,00794
				M.O :	0,15	Total s/ Taxa (Unit.)	1,52
				Outros :	1,37	Valor LS :	0,00
						Valor BDI :	0,00
						Valor Total c/ Taxa :	1,52

Fonte: Valores com base na TCPO com valores atualizados conforme SINAPI/2019.

Quadro 21 – Composição de Preço Unitário (Regularização do Subleito).

Código	Descrição	Un.	Clas.	Coef.	Preço Unit(R\$)	Total (R\$)	Consumo
30.005.000012.SER	Regularização e compactação de subleito com espessura de até 20 cm, para pavimentação	M²					
01.026.000001.MOD	Operador de terraplanagem	H	MOD	0,01074	21,50	0,231	0,01074
36.014.000082.EQH	Motoniveladora potência básica líquida 125 HP, peso bruto 13032KG, largura da lâmina de 3,7 m - CHP diurno	CHP	EQH	0,00185	147,35	0,273	0,00185
36.014.000154.EQH	Rolo compactador vibratório, com pneus de tração e 1 cilindro pé-de-carneiro em aço 83 HP 62 kW, peso operacional 8,8 t	CHP	EQH	0,00268	131,06	0,352	0,00268
36.014.000248.EQH	Trator de pneus com potência de 85 CV, tração 4x4, com vassoura mecânica acoplada - CHP diurno	CHP	EQH	0,00134	82,75	0,111	0,00134
36.015.000027.EQH	Caminhão pipa 10.000L trucado, peso bruto total 23.000 KG, carga máxima 15.935KG, distância entre eixos 4,8M, potência 230CV - CHP diurno	CHP	EQH	0,00161	166,82	0,269	0,00161
				M.O :	0,23	Total s/ Taxa (Unit.)	1,24
				Outros :	1,01	Valor LS :	0,00
						Valor BDI :	0,00
						Valor Total c/ Taxa :	1,24

Fonte: Valores com base na TCPO com valores atualizados conforme SINAPI/2019.

Quadro 22 – Composição de Preço Unitário (Sub-Base)

Código	Descrição	Un.	Clas.	Coef.	Preço Unit(R\$)	Total (R\$)	Consumo
30.005.000012.SER	Regularização e compactação de sub-base com pedra britada ou bica corrida	M³					
01.026.000001.MOD	Operador de terraplanagem	H	MOD	0,08260	21,50	1,78	0,08260
03.002.000007. MAT	Pedra britada ou bica corrida	M³	MAT	0,08210	75,75	6,22	0,08210
36.014.000022. EQH	Escavadeira hidráulica sobre esteiras, caçamba 0,80 m³, peso operacional 17T, potência bruta 111 HP - CHP diurno	CHP	EQH	0,01130	130,96	1,48	0,01130
36.014.000154.EQH	Rolo compactador vibratório, com pneus de tração e 1 cilindro pé-de-carneiro em aço 83 HP 62 kW, peso operacional 8,8 t	CHP	EQH	0,00220	128,23	0,28	0,00220
36.014.000036.EQH	Rolo compactador vibratório de um cilindro aço liso, potência 80 HP, peso operacional máximo 8,1 T, largura de trabalho 1,68 M - CHP diurno	CHP	EQH	0,00310	94,08	0,29	0,00310
			M.O :	1,78		Total s/ Taxa (Unit.)	10,05
			Outros :	97,82		Valor LS :	0,00
						Valor BDI :	0,00
						Valor Total c/ Taxa :	10,05

Fonte: Valores com base na TCPO com valores atualizados conforme SINAPI/2019.

Quadro 23 – Composição de Preço Unitário (Base)

Código	Descrição	Un.	Clas.	Coef.	Preço Unit(R\$)	Total (R\$)	Consumo
30.005.000012.SER	Execução e compactação de base com brita graduada simples, espessura 15 cm	M³					
01.026.000001.MOD	Operador de terraplanagem	H	MOD	0,0563	21,50	1,21	0,0563
03.002.000007. MAT	Brita graduada simples	M³	MAT	1,0000	116,48	116,48	1,0000
36.014.000082.EQH	Motoniveladora potência básica líquida 125 HP, peso bruto 13032KG, largura da lâmina de 3,7 m - CHP diurno	CHP	EQH	0,0077	147,35	1,13	0,0077
36.014.000036.EQH	Rolo compactador vibratório de um cilindro aço liso, potência 80 HP, peso operacional máximo 8,1 T, largura de trabalho 1,68 M - CHP diurno	CHP	EQH	0,0077	94,08	0,72	0,0077
36.014.000034.EQH	Rolo compactador de pneus, estático, pressão variável, potênci 110 HP, largura de rolagem 2,30 M - CHP diurno	CHP	EQH	0,0122	134,22	1,64	0,0122
36.015.000027.EQH	Caminhão pipa 10.000L trucado, peso bruto total 23.000 KG, carga máxima 15.935KG, distânci entre eixos 4,8M, potência 230CV - CHP diurno	CHP	EQ	0,0058	166,82	0,97	0,0058
			M.O :	1,21		Total s/ Taxa (Unit.)	121,19
			Outros :	119,98		Valor LS :	0,00
						Valor BDI :	0,00
						Valor Total c/ Taxa :	121,19

Fonte: Valores com base na TCPO com valores atualizados conforme SINAPI/2019.

Quadro 24 – Composição de Preço Unitário (Imprimação)

Código	Descrição	Un.	Clas.	Coef.	Preço Unit(R\$)	Total (R\$)	Consumo	
30.005.000003.SER	Imprimação ligante betuminosa para pavimentação	M²						
01.026.000001.MOD	Servente	H	MOD	0,0020	21,50	0,04	0,0020	
09.001.000003.MAT	Imprimação com asfalto diluído CM-30	KG	MAT	1,2000	6,24	7,49		
09.001.000005.MAT	Emulsão asfáltica RR 2C	KG	MAT	1,2000	5,17	6,20	1,2000	
36.014.000248.EQH	Trator de pneus com potência de 85 CV, tração 4x4, com vassoura mecânica acoplada - CHP diurno	CHP	EQH	0,0017	78,06	0,13	0,0017	
36.014.000257.EQH	Vassoura mecânica rebocável, faixa de trabalho 2,44 m	CHP	EQH	0,0017	5,57	0,01	0,0017	
36.015.000025.EQH	Caminhão espargidor de asfalto, tanque 6000 L, 174 hp 130 kW	CHP	EQH	0,0020	171,66	0,34	0,0020	
				M.O :	0,04		Total s/ Taxa (Unit.)	14,22
				Outros :	6,69		Valor LS :	0,00
							Valor BDI :	0,00
							Valor Total c/ Taxa :	14,22
CONTEÚDO DO SERVIÇO	Considera material, mão de obra e equipamentos para execução do serviço descrito.							
CRITÉRIO DE MEDIÇÃO	Pela área imprimada.							

Fonte: Valores com base na TCPO com valores atualizados conforme SINAPI/2019.

Quando 25 - Composição de Preço Unitário (Pavimentação)

Código	Descrição	Un.	Clas.	Coef.	Preço Unit(R\$)	Total (R\$)	Consumo	
30.005.000003.SER	Pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento, espessura de 5 cm	M³						
01.026.000001. MOD	Rasteleiro	H	MOD	1,1301	21,50	24,297	1,1301	
03.001.000008. MAT	Concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) para pavimentação asfáltica, padrão DNIT, com CAP 50/70	M³	MAT	2,5548	360,00	919,728	2,5548	
36.014.000259. EQH	Vibroacabadora de asfalto sobre esteira, largura de pavimentação 1,90m a 5,30m, capacidade 450 T/H - CHP	KG	EQH	0,0464	248,03	11,509	0,0464	
36.015.000004. EQH	Caminhão basculante 10m³, trucado cabine simples, peso bruto total 23.000kg, carga útil máxima 15.935kg, distância entre eixos 4,80m - CHP diurno	M³	EQH	0,0464	170,02	7,889	0,0464	
36.014.000036.EQH	Rolo compactador vibratório tandem, aço liso, potência 125 HP, largura de trabalho 1,73m - CHP diurno	M³	EQH	0,0805	135,29	10,891	0,0805	
36.014.000034.EQH	Rolo compactador de pneus, estático, pressão variável, potência 110 HP, largura de rolagem 2,30 m - CHP diurno	CHP	EQH	0,0419	134,22	5,624	0,0419	
36.014.000248.EQH	Trator de pneus com potência de 85 CV, tração 4x4, com vassoura mecânica acoplada - CHP diurno	CHP	EQH	0,0341	83,03	2,831	0,0341	
				M.O :	24,30		Total s/ Taxa (Unit.)	982,77
				Outros :	958,47		Valor LS :	0,00
							Valor BDI :	0,00
							Valor Total c/ Taxa	982,77

Fonte: Valores com base na TCPO com valores atualizados conforme SINAPI/2019.

Após a determinação dos preços unitários, referentes a cada etapa constituinte do pavimento flexível, foi possível determinar o valor total para o anteprojeto, juntamente com preço por Km e o preço total do via dimensionada.

Tabela 01 – Preço unitário de serviços

ITEM	DESCRIÇÃO	UN	QUANT	PREÇO UNIT. (SEM BDI) (R\$)	PREÇO UNIT. (COM BDI) (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
1. PAVIMENTAÇÃO						
1.1.	Escavação mecânica de material 1ª categoria, proveniente de corte de subleito.	M³	6.768	1,52	1,94	13.129,92
1.2.	Regularização e compactação de subleito com espessura de até 20 cm, para pavimentação.	M²	33.840	1,24	1,58	53.467,20
1.3.	Regularização e compactação de sub-base com pedra britada ou bica corrida.	M³	5.076	10,05	12,76	64.769,76
1.4.	Execução e compactação de base com brita graduada simples, espessura 15 cm.	M³	5.076	121,19	154,69	785.190,78
1.5.	Imprimação ligante betuminosa para pavimentação.	M²	33.840	14,22	18,05	610.812,00
1.6.	Pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento, espessura de 5 cm.	M³	1.692	982,77	1.254,41	2.122.461,72
TOTAL:					R\$ 3.649.831,38	
CUSTO DE PAVIMENTAÇÃO POR KM						
DISTÂNCIA TOTAL: 4,7 KM					R\$ 3.649.831,38	
1,0 KM					R\$ 776.559,86	
0,7 KM					R\$ 543.591,09	

Fonte: O Autor (2019)

BDI: 27,64%

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

CHP = Custo Horário Produtivo

Escavação = (4.700m x 7,20m x 0,20m) = 6.768m³

Regularização = (4.700m x 7,20m) = 33.840m²

$$V_{\text{base}} = (4.700\text{m} \times 7,20\text{m} \times 0,15\text{m}) = 5.076\text{m}^3$$

$$V_{\text{base}} = (4.700\text{m} \times 7,20\text{m} \times 0,15\text{m}) = 5.076\text{m}^3$$

$$\text{Imprimação} = (4.700\text{m} \times 7,20\text{m}) = 33.840\text{m}^2$$

$$V_{\text{cbruq}} = (4.700\text{m} \times 7,20\text{m} \times 0,05\text{m}) = 1.692\text{m}^3$$

8 CONCLUSÃO

Levando em consideração a coleta de dados realizada através do estudo de caso referente à Avenida Ayrton Senna – Pouso Alegre – MG, e ao longo do uso de todo material utilizado como referencial teórico e embasamento de normas respectivamente voltadas para o campo da engenharia de transportes, pode-se notar que o trecho estudado se encontra em condições impróprias para trafegabilidade de acordo com valor de serventia apontado no estudo. O principal fator que levou a avenida a este estado se diz respeito à falta de manutenção periódica e o tráfego intenso de veículos ao longo dos anos.

Alguns fatores contribuíram para que a avenida em estudo chegasse a este estado, um dos principais fatores é a espessura do pavimento em que, de acordo com o estudo realizado e a coleta de dados, pode-se notar que o revestimento se encontra fora do parâmetro de dimensionamento, obtido através do estudo onde a média geral de espessura do revestimento asfáltico se mostrou entre 3,0 cm e 4,0 cm, valor abaixo do estipulado através dos cálculos que foi de 5,0 cm de espessura mínima de capa asfáltica.

Outro fator predominante na situação da via é a falta de sistema de drenagem, onde o sistema de mostrou inexistente na maioria do trecho, fazendo com que grande parcela das patologias fosse causada por falta de drenagem pluvial eficaz.

Com base nos dados coletados através da contagem de veículos para a determinação do VMD que foi obtido através do Volume Horário de Pico, foi possível compreender o horizonte de projeto e crescimento populacional, proporcionando uma solução viável de projeto com intuito econômico, visto que o horizonte de projeto de 10 anos proporciona uma economia no dimensionamento do revestimento asfáltico.

Fica definido através deste estudo, a necessidade de manutenção adequada para o trecho, visto a necessidade de melhorias para garantir a qualidade e segurança na rodagem, evitando que a evolução das patologias ocorra, trabalhando como uma solução prévia para a problemática. Após manutenções fica claro a necessidade de aplicar o dimensionamento total das camadas e do revestimento asfáltico, conforme demonstrado no estudo, onde foi encontrado a espessura mínima da capa de revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito, a fim de garantir melhores condições e segurança para o tráfego de veículos a longo prazo.

REFERÊNCIAS

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

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

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de pavimentação.** 3 .ed. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Pavimentação – Reforço do subleito – Especificações de Serviço, IPR 138/ 2010.**

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de conservação rodoviária.** 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Estudo de Tráfego – IPR 723.** 2006.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Conservação, Restauração e melhoramentos, DNER-TER 02-79.** Rio de Janeiro, 1979.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos, DNIT 005/2003 - TER.** Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER **Método de projeto de pavimento flexível.** Rio de Janeiro. 1981. Disponível em <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/coletanea-de-normas>. Acessado em 09 de abril de 2019.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Pavimentação – Lama asfáltica, DNER-ES 314/97.** Rio de Janeiro. 1997.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Pavimentação – Tratamento Superficial Duplo, DNER-ES 309/97.** Rio de Janeiro. 1997.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias, DNER 706/2000**. Rio de Janeiro, 1999.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos, DNIT 009/2003-PRO**. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Pavimentos Flexíveis – **Microrrevestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero – Especificação do serviço, DNIT 035/2005-ES**. Rio de Janeiro. 2005

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Pavimentos Flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação do serviço, DNIT 031/2006-ES**. Rio de Janeiro. 2006

PINTO, S. **Pavimentação Asfáltica: Conceitos Fundamentais Sobre Materiais e Revestimentos Asfálticos**. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação: Volume 2**. São Paulo: Pini, 2001

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Projetos Rodoviários**. São Paulo, 2008

SINAPI. Preços e Insumos: **Tabela de Preços Unitários**. Disponível em: <http://cadevasf.gov.br>. Acesso em: 18 de novembro de 2019.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL – SUDERHSA. **Plano diretor de drenagem para a bacia do rio Iguaçu na região metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 2002.

TCPO. **Tabela e Composições e Preços para Orçamentos**. São Paulo: PINI, 2014.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade(UFRGS),2001.

APÊNDICE A – Quadros de Contagem de Veículos

CONTAGEM DE VEÍCULOS NA AVENIDA AYRTON SENNA REFERÊNTE A SEXTA-FEIRA					
HORÁRIO	TIPO DE VEÍCULO				TOTAL EM 15 MINUTOS
	CARROS	MOTOCICLETAS	CAMINHÕES	ÔNIBUS	
17:00	219	12	14	6	251
17:15	255	36	14	4	309
17:30	231	24	19	2	276
17:45	238	33	19	0	290
18:00	247	30	19	3	299
18:15	228	36	16	1	281
18:30	216	29	17	0	262
18:45	184	25	15	2	226
19:00	163	19	9	0	191
TOTAL DE VEÍCULOS EM 120 MINUTOS					2385

CONTAGEM DE VEÍCULOS NA AVENIDA AYRTON SENNA REFERÊNTE A QUINTA-FEIRA					
HORÁRIO	TIPO DE VEÍCULO				TOTAL EM 15 MINUTOS
	CARROS	MOTOCICLETAS	CAMINHÕES	ÔNIBUS	
17:00	232	38	10	5	285
17:15	241	37	16	3	297
17:30	212	29	25	1	267
17:45	235	31	18	0	284
18:00	244	34	18	1	297
18:15	218	41	14	3	276
18:30	212	27	9	2	250
18:45	181	22	13	0	216
19:00	146	14	9	1	170
TOTAL DE VEÍCULOS EM 120 MINUTOS					2342

CONTAGEM DE VEÍCULOS NA AVENIDA AYRTON SENNA REFERÊNTE A QUARTA-FEIRA					
HORÁRIO	TIPO DE VEÍCULO				TOTAL EM 15 MINUTOS
	CARROS	MOTOCICLETAS	CAMINHÕES	ÔNIBUS	
17:00	216	38	15	3	272
17:15	222	37	13	4	276
17:30	239	29	21	1	290
17:45	238	31	16	0	285
18:00	245	34	17	2	298
18:15	222	41	18	3	284
18:30	209	9	7	1	226
18:45	168	22	12	2	204
19:00	139	14	10	1	164
TOTAL DE VEÍCULOS EM 120 MINUTOS					2299

CONTAGEM DE VEÍCULOS NA AVENIDA AYRTON SENNA REFERÊNTE A TERÇA-FEIRA					
HORÁRIO	TIPO DE VEÍCULO				
	CARROS	MOTOCICLETAS	CAMINHÕES	ÔNIBUS	TOTAL EM 15 MINUTOS
17:00	211	31	16	3	261
17:15	233	42	19	2	296
17:30	218	33	20	2	273
17:45	222	26	13	0	261
18:00	235	31	16	1	283
18:15	218	39	21	2	280
18:30	208	25	11	4	248
18:45	165	24	10	1	200
19:00	132	16	10	1	159
TOTAL DE VEÍCULOS EM 120 MINUTOS					2282

Fonte: O Autor (2019).

CONTAGEM DE VEÍCULOS NA AVENIDA AYRTON SENNA REFERÊNTE A SEGUNDA-FEIRA					
HORÁRIO	TIPO DE VEÍCULO				
	CARROS	MOTOCICLETAS	CAMINHÕES	ÔNIBUS	TOTAL EM 15 MINUTOS
17:00	215	38	14	4	271
17:15	245	37	16	1	299
17:30	222	29	21	1	273
17:45	238	31	14	2	285
18:00	241	34	16	3	294
18:15	212	41	21	0	274
18:30	208	27	13	2	250
18:45	171	22	12	2	207
19:00	145	14	9	2	170
TOTAL DE VEÍCULOS EM 120 MINUTOS					2323

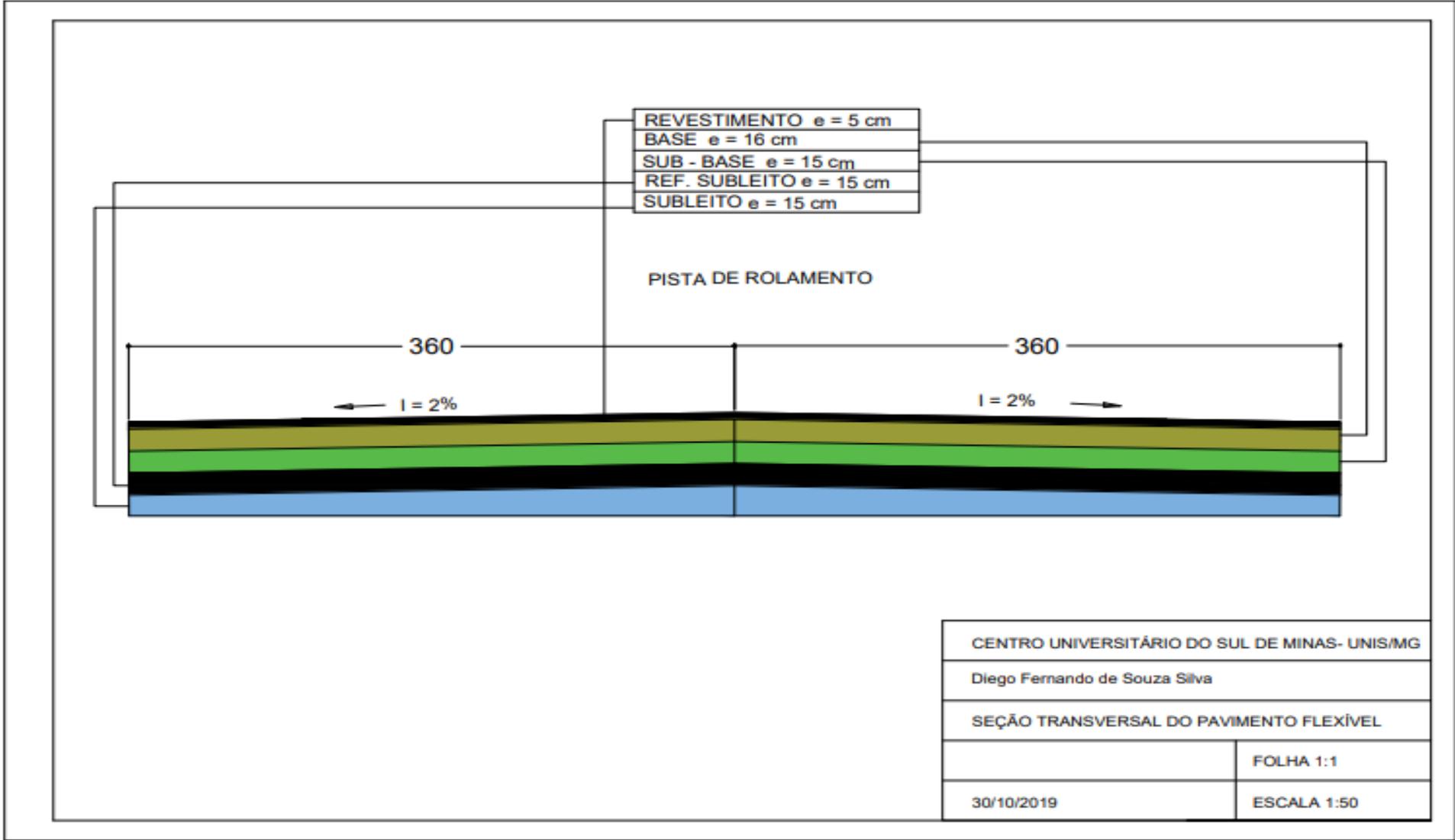
Fonte: O Autor (2019).

APÊNDICE B – Quadro de Fator Veículo Semanal

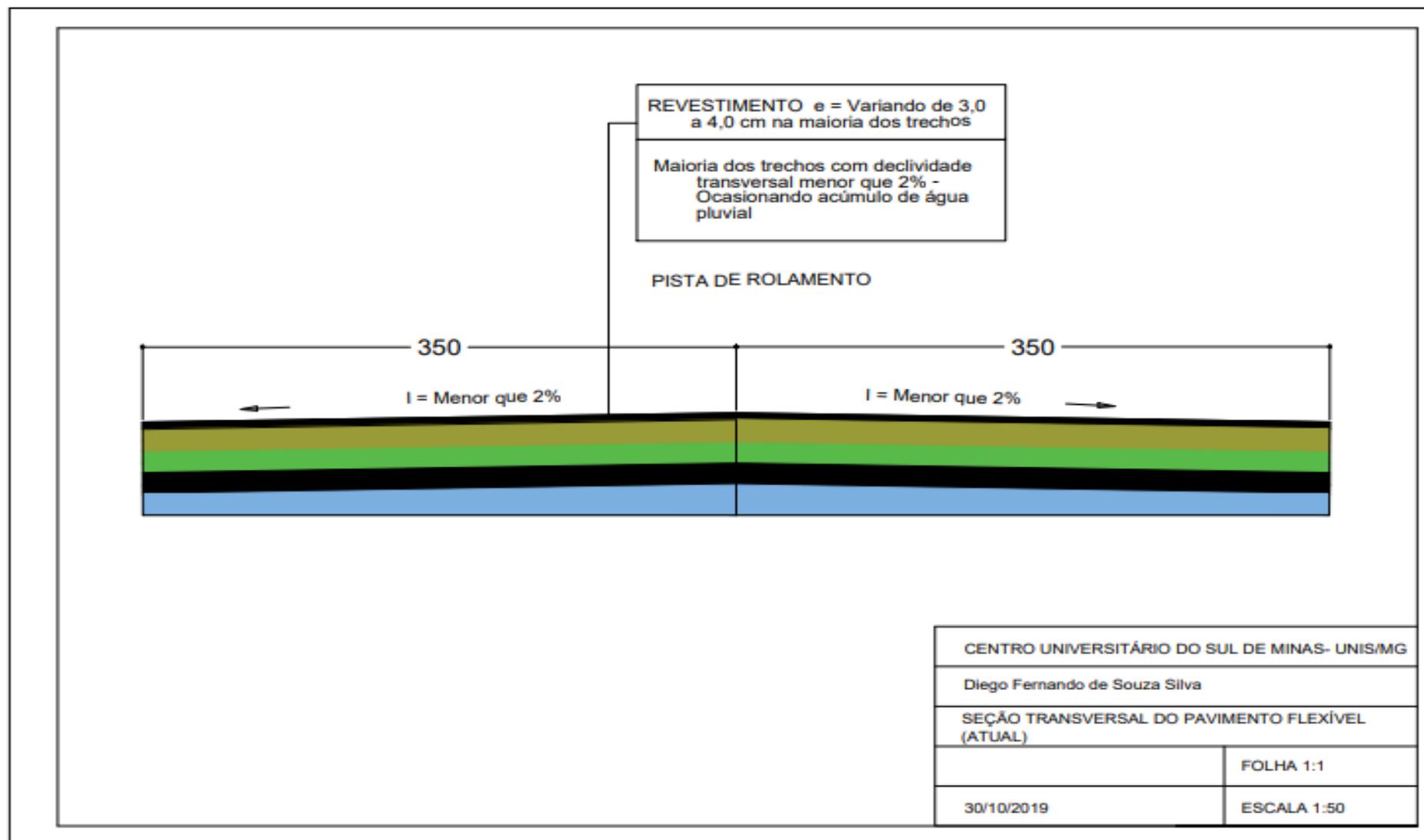
CLASSE /TIPO DE VEÍCULO		VMDA segunda- feira	VMDA terça- feira	VMDA quarta- feira	VMDA quinta- feira	VMDA sexta- feira	
VEÍCULOS DE PASSEIO	MOTOS	273	267	255	273	244	
	CARROS LEVES	1842	1776	1825	1899	1944	
	UTILITÁRIOS	55	87	73	22	37	
ÔNIBUS		2C	9	8	12	10	
		3C	8	8	5	6	8
VEÍCULOS COMERCIAIS/CAMINHÕES	CAMINHÃO LEVE	2C	41	36	22	39	27
		CAMINHÕES MÉDIOS E PESADOS	2C	15	22	30	35
	3C		30	18	18	24	21
	4C				3	2	1
	CAMINHÕES COM SEMI- REBOQUE (CERRETAS)	2S1	21	15	28	6	24
		2S2	9	20	12	16	10
		2S3				5	
		3S2	20	25	16	5	18
	CAMINHÕES REBOQUE (BI- TREM)	3S3					
		2C2					
		2C3					
		3C2					
	TREMINHÃO	3C3					
		3C4					
	TOTAL		2323	2282	2299	2342	2385

Fonte: O Autor (2019).

APÊNDICE C – Detalhamento da seção transversal do pavimento

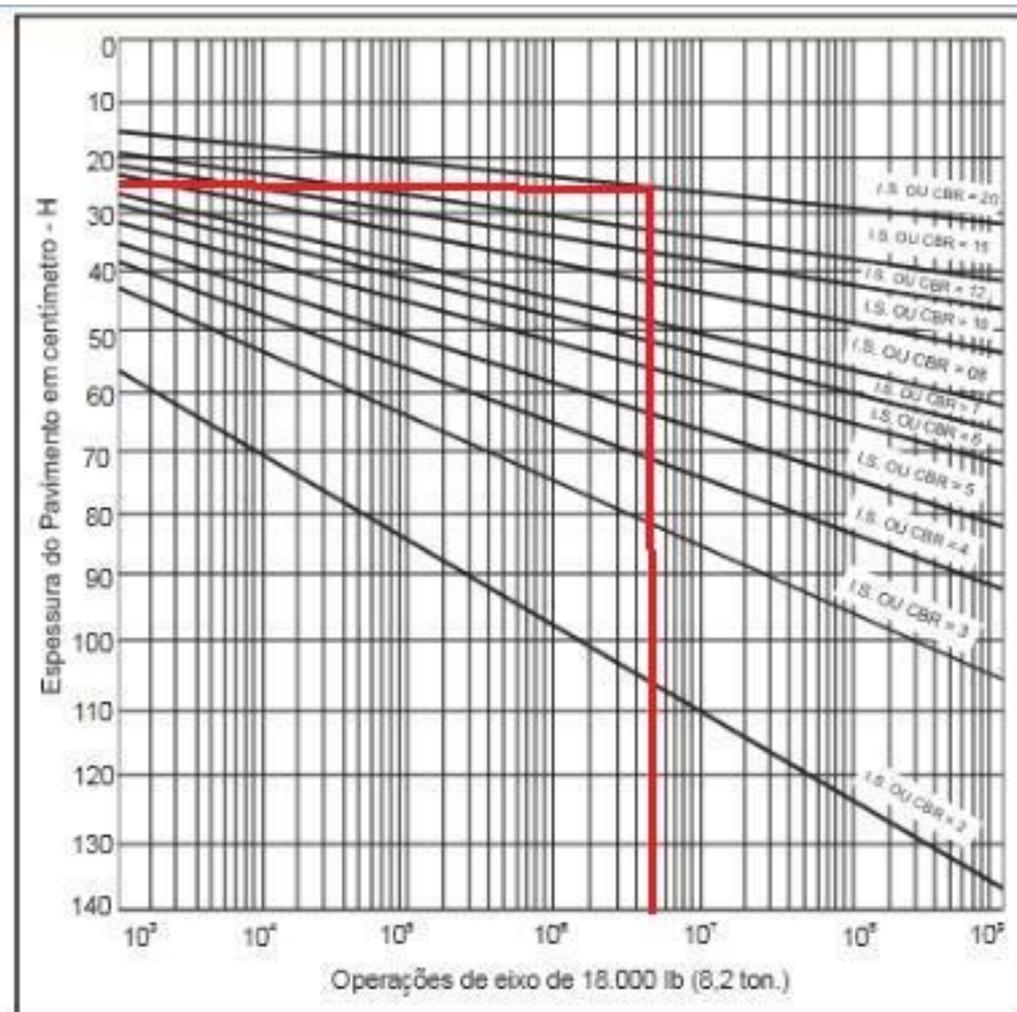


Fonte: O Autor (2019).



Fonte: O Autor (2019).

APÊNDICE D – Ábaco de Dimensionamento de camadas do pavimento flexível



Fonte: O Autor (2019).