

FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS
Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica

ALTAMIRO ALVES DE SOUSA
DANIEL VASCONCELLOS DE SOUZA
DOUGLAS DE BRITO ALVES
FRANK ROBERT ALVES FERREIRA
LUANA TEIXEIRA PESSOA

ANÁLISE DO VOLUME MÉDIO DIÁRIO ANUAL DO TRÁFEGO
(VMDAT) COMO PARÂMETRO NO DIMENSIONAMENTO DO
PAVIMENTO DA RODOVIA MG-424

BELO HORIZONTE – MG
JUNHO – 2018

ALTAMIRO ALVES DE SOUSA
DANIEL VASCONCELLOS DE SOUZA
DOUGLAS DE BRITO ALVES
FRANK ROBERT ALVES FERREIRA
LUANA TEIXEIRA PESSOA

**ANÁLISE DO VOLUME MÉDIO DIÁRIO ANUAL DO TRÁFEGO (VMDAT) COMO
PARÂMETRO NO DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO DA RODOVIA MG-424**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Minas Gerais (FEAMIG) como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Engenharia Urbana e de Transportes.

Orientador de conteúdo: Prof. Esp. Fernando César Zanette.

Orientadora de metodologia: Prof.^a Dr.^a. Jocilene Ferreira da Costa.

BELO HORIZONTE – MG
JUNHO – 2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, que nos colocou neste caminho e sempre permaneceu ao nosso lado, guiando e iluminando nossos passos;

Agradecemos também a todos os nossos familiares, por todo amor, todo esforço e toda torcida, já que são peças fundamentais na vida de cada um;

Às importantes amizades que fizemos nesse período e aos colegas pelas trocas de conhecimento, experiências e por tudo que passamos juntos;

Ao Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais que, por meio dos funcionários José Maria dos Santos, Erci Geraldo Batista, Rodrigo de Castro Fonseca e Ronaldo de Assis Carvalho, deram todo o apoio técnico necessário;

Aos orientadores Jocilene Ferreira da Costa, Fernando César Zanette e Marcos Marques Moreira Rocha que se fizeram presentes durante toda esta etapa, transmitindo todo conhecimento possível.

RESUMO

O Brasil passou por um grande crescimento econômico entre 2008 e 2013, o que refletiu no desenvolvimento direcionado ao vetor norte de Belo Horizonte/MG e proporcionou um considerável aumento no tráfego pesado da rodovia MG-424, que faz a ligação da capital com o aeroporto internacional, indústria de bebidas, cimenteiras, montadoras e siderúrgicas. Como o projeto de aumento de capacidade do trecho entre Matozinhos e Prudente de Moraes é de 2008 e há uma iminência do início das obras numa parceria público-privada, este trabalho tem por objetivo realizar uma análise do tráfego, do redimensionamento do pavimento e comparar com o projeto já existente. Para isso foi necessária uma pesquisa de campo no trecho do estudo para coleta dos dados necessários e posteriormente analisar conforme determina as normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Dessa forma, conclui-se que o aumento da frota e o crescimento econômico no Brasil influenciou diretamente no aumento do tráfego no trecho do estudo e por isso, o projeto deverá ser atualizado ou deverá passar por constantes manutenções.

Palavras-chave: Desenvolvimento. Tráfego. Capacidade. Análise do tráfego. Pesquisa de campo.

ABSTRACT

Brazil underwent a great economic growth between 2008 and 2013, which reflected in the development directed to the north vector of Belo Horizonte / MG and provided a considerable increase in the heavy traffic of the highway MG-424, that connects the capital with the airport international, beverage industry, cement companies, assemblers and steel mills. Since the project to increase capacity in the stretch between Matozinhos and Prudente de Moraes is in 2008 and there is an imminence of the beginning of the works in a public-private partnership, this work aims to carry out a traffic analysis, the resizing of the pavement and to compare with the existing project. For this, a field survey was necessary in the study section to collect the necessary data and later to analyze as determined by the regulations of the National Department of Transport Infrastructure (DNIT). Thus, it is concluded that the increase of the fleet and economic growth in Brazil directly influenced the increase of traffic in the study stretch and therefore, the project must be updated or it must undergo constant maintenance.

Keywords: Development. Traffic. Capacity. Traffic analysis. Field research.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução da frota circulante no Brasil	21
Tabela 2 – Fatores K nas rodovias rurais.....	27
Tabela 3 – Fator Horário Pico	41
Tabela 4 – Fator veicular pelos métodos USACE e AASHTO.....	42
Tabela 5 – Projeção do número N para horizonte de 10 anos	45
Tabela 6 – Relação de número N com espessuras de revestimento betuminoso.....	47

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Histograma do VHP da rodovia MG-424.....	20
Gráfico 2 – Relação entre hora e volume horário em rodovias norte-americanas.....	26
Gráfico 3 – Representação do volume de veículos por sentido	40
Gráfico 4 – Representação do volume de veículos por classificação.....	40
Gráfico 5 – Fator veicular individual (Método USACE).....	43
Gráfico 6 – Fator veicular individual (Método AASHTO)	43
Gráfico 7 – Comparação entre o estudo antigo realizado pelo DEER-MG e o atual.	46
Gráfico 8 – Número “N” acumulado com fim de dimensionamento	46

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Fator Horário Pico (FHP).....	27
Equação 2 – Número N.....	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Flutuação do volume dentro da hora.....	29
Figura 2 – Estrutura para pesquisa de contagem volumétrica classificada.....	38
Figura 3 – Utilização dos contadores mecânicos	39

LISTA DE SIGLAS

AASHTO	American Association State Highway Transportation and Officials
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
DEER-MG	Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FEC	Fator de Equivalência de Cargas
FHP	Fator Horário Pico
PNCT	Plano Nacional de Contagem de Tráfego
USACE	United States Army Corps of Engineers
VH	Volume Horário
VHP	Volume Horário Pico
VMDAT	Volume Médio Diário Anual de Tráfego
VPD	Volume por dia
VPH	Volume por Hora

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Problema de pesquisa	15
1.2 Objetivos	15
1.2.1 Objetivo Geral.....	15
1.2.2 Objetivo Específico	15
1.3 Justificativa	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Pesquisas de Tráfego	17
2.1.1 Contagem Volumétrica.....	17
2.1.1.1 Objetivo.....	17
2.1.1.2 Classificação.....	17
2.1.1.2.1 Contagem Global	17
2.1.1.2.2 Direcional.....	18
2.1.1.2.3 Classificatória.....	18
2.1.1.3 Métodos de Contagem.....	18
2.1.1.3.1 Manual	18
2.1.1.3.2 Automática	18
2.1.1.3.3 Videoteipe.....	19
2.1.1.4 Tratamento dos dados de trechos contínuos.....	19
2.2 Veículos Representativos em Pesquisas de Tráfego.....	20
2.2.1 Lei da balança	20
2.2.2 Veículos em trânsito no país.....	21
2.2.2.1 Evolução da frota de veículos	21
2.2.2.2 Evolução da frota de caminhões.....	21
2.2.3 Veículos adotados na classificação do DNIT	22
2.3 Características do tráfego	22
2.3.1 Volume de tráfego.....	22
2.3.1.2 Volume Horário	23
2.3.1.3 Variações de volume de tráfego	23
2.3.1.3.1 Variações ao longo do dia	24
2.3.1.3.2 Variação semanal	24

2.3.1.3.3	Variação anual.....	24
2.3.1.3.4	Variação sentido de tráfego	24
2.3.1.4	Volume horário de projeto.....	25
2.3.1.4.1	Fator K.....	25
2.3.1.4.2	Fator Horário Pico.....	27
2.4	Número N.....	30
2.4.1	Fator Veicular Individual	30
2.4.2	Fator Climático.....	31
2.4.3	Fator Pista ou Direcional.....	31
2.4.4	Equivalência entre Cargas.....	31
2.4.5	Cálculo do Volume Médio Diário Anual.....	32
3	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	33
3.1	Tipos de Pesquisa.....	33
3.2	Pesquisa quanto aos fins	33
3.3	Pesquisa quanto aos meios	34
3.4	Universo e amostra	35
3.5	Coleta e análise dos dados.....	36
3.6	Limitações da pesquisa.....	36
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	38
4.1	Contagem Volumétrica Classificada	38
4.2	Determinação do número N.....	41
4.2.1	Cálculo do Volume Horário Pico (VHP) e Fator Horário Pico (FHP).....	41
4.2.1	Fator Veicular Individual	42
4.2.2	Volume Médio Diário (VMD)	44
4.2.3	Cálculo do Número N.....	44
4.2.3.1	Métodos USACE e AASHTO	44
4.3	Comparação com projeção do DEER/MG	45
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
5.1	Proposição de trabalhos futuros.....	48
	REFERÊNCIAS.....	50
	ANEXOS	52
	ANEXO A – RESOLUÇÃO 210 DO CONTRAN	52
	ANEXO B – VEÍCULOS ADOTADOS NA CLASSIFICAÇÃO DO DNIT	58

APÊNDICES	60
APÊNDICE A – TABULAÇÃO NA PLANILHA DE TABULAÇÃO OFICIAL DO DEER-MG	60
APÊNDICE B – TABULAÇÃO DA CONTAGEM 24 HORAS COM VHP E FHP.....	65
APÊNDICE C – LEI DA BALANÇA (CARREGAMENTO POR EIXO DE VEÍCULO).	66
APÊNDICE D – BASE DE CÁLCULO DE FATOR DE VEÍCULOS INDIVIDUAL (FVI)	67
APÊNDICE E – CÁLCULO DE FATORES DE VEÍCULOS (FVI).....	68
APÊNDICE F – DETERMINAÇÃO DO NÚMERO N (HORIZONTE PARA 10 ANOS)	69
APENDICE G – ARTIGO	70

1 INTRODUÇÃO

Dimensionar um pavimento ou dar manutenção a este não tem sido uma tarefa fácil, pois o tráfego nas rodovias brasileiras aumentou significativamente nos últimos anos e as projeções ainda indicam crescimento. Conseqüentemente, são necessários estudos prévios de volume de tráfego e composição de frota.

Para projetar o dimensionamento de um pavimento, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) preconiza o estudo classificatório do tráfego que atua sobre ele, considerando pesquisas e contagem do volume médio de tráfego diário. Nesse sentido, de posse das informações, pode-se calcular o número N, parâmetro de dimensionamento do pavimento, aplicando-se os métodos, como os usados pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE) e pela Associação Norte-Americana de Especialistas Rodoviários e de Transporte (AASHTO).

O número “N” é definido pelo número de repetições de um eixo-padrão, durante o período de vida útil do projeto, que teria o mesmo efeito que o tráfego previsto sobre a estrutura do pavimento. Além do fator crescimento de tráfego, especificamente, também pode-se atribuir peso no estudo futuro, os dados socioeconômicos das cidades próximas às áreas de estudo, evolução demográfica, renda per capita e atividades industriais e comerciais da região, dentre outros (DNIT,2006).

Com o aquecimento econômico que ocorreu entre 2008 e 2013, o Governo do Estado de Minas Gerais investiu no aumento da capacidade das vias da cidade de Belo Horizonte, visto que é uma posição estratégica para atração de investimentos. Um exemplo dessas melhorias foi a duplicação da Avenida Presidente Antônio Carlos e a Linha Verde (Avenida Cristiano Machado, MG-010 e LMG-800). Essas investidas fazem parte do plano de desenvolvimento do Vetor Norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte (INSTITUTO HORIZONTES, 2005).

A continuação desta reestruturação viária se faz necessária, pois o objetivo é fomentar a criação de um parque industrial de alta tecnologia no entorno do Aeroporto Internacional Tancredo Neves em Confins, com captação de

investimentos de empresas nacionais e internacionais (Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico de MG, 2011). Para tal, o governo visa reestruturar a MG-424 que serve de escoamento de produtos e atração de serviços para a região.

O primeiro projeto executivo de reestruturação da rodovia MG-424 foi realizado em 2008, mas problemas com definição de como as obras seriam executadas, inviabilizou seu início. Este fato prolongou-se até o ano de 2013, quando foi feita uma atualização do projeto original, pois seu dimensionamento ficou defasado.

Passados cinco anos desde a última revisão do projeto, faz-se necessário a análise do atual volume de tráfego da rodovia, classificando cada tipo de veículo a fim de determinar o volume médio diário anual de tráfego (VMDAT), o número N e consequentemente poder confirmar se o projeto de 2008 ainda pode ser executado.

1.1 Problema de pesquisa

O tráfego que circula no trecho Matozinhos/Prudente de Moraes da MG-424 altera os padrões do projeto de 2008?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar através da contagem volumétrica classificatória, no trecho Matozinhos/Prudente de Moraes da rodovia MG-424, determinando o Volume Médio Diário Anual do Tráfego (VMDAT) e comparando os dados com o projeto do Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem (DEER-MG) para indicar se o empreendimento será construído desatualizado.

1.2.2 Objetivo Específico

- a) Realizar a contagem volumétrica classificada de veículos no trecho, atualizando o fluxo e a composição de frota que circula na rodovia MG-424;

- b) Determinar o número equivalente de operações do eixo padrão (N) correspondente ao período “p” anos do projeto a partir dos métodos USACE e AASHTO;
- c) Elaborar um estudo comparativo entre a projeção de tráfego do projeto original da via do ano 2008 com a evolução mensurada até 2018.

1.3 Justificativa

Executar projetos com qualidade é objetivo inicial de todo empreendimento. Seus dimensionamentos visam cobrir todos os parâmetros que envolvem seu desenvolvimento e eficiente operação pós construído. Em face disso, a função de todo projeto é ver sua operação ocorrer com sucesso ao longo da vida útil.

Este trabalho se mostra importante, pois a atualização da contagem volumétrica classificada dos veículos confere precisão ao projeto executivo. Os problemas relacionados à execução de um projeto defasado em uma rodovia vão de gastos desnecessários de recursos públicos até transtornos socioeconômicos.

Para a sociedade, o trabalho contribuirá mostrando que o projeto não pode ser realizado sem um estudo de tráfego mais atual, pois além de causar perturbações pela execução da obra, como o aumento de tempo gasto no trajeto, o projeto pode não gerar os benefícios previstos inicialmente.

No caso das engenharias, é importante mostrar que quanto mais recente for o estudo prévio, mais preciso será o projeto; além de que, é uma obra de infraestrutura de grande porte, e necessitará do conhecimento de várias áreas da engenharia.

Diante do mercado, considera-se a importância dessa via para o escoamento de serviços e produtos. Além de beneficiar a economia e a qualidade de vida de Belo Horizonte, ampliará seus resultados para os municípios vizinhos, integrando-os e fortalecendo o status da região metropolitana do vetor norte.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Lakatos; Marconi (2003), o referencial teórico possibilita fundamentar e dar consistência a todo o estudo, além de ter a função de nortear a pesquisa, apresentando um embasamento da literatura já publicada sobre temas relacionados.

2.1 Pesquisas de Tráfego

2.1.1 Contagem Volumétrica

Segundo Balbo (2007), a melhor maneira de quantificar os volumes que circulam nas vias são as contagens em campo, no entanto, são apenas viáveis quando as mesmas existem. Balbo ainda ressalta que, as contagens são muito empregadas quando se projetam duplicações, melhoramentos, restauração de pavimentos.

2.1.1.1 Objetivo

De acordo com o DNIT (2006), o principal objetivo de uma contagem volumétrica é a determinação da quantidade, sentido e composição do fluxo que passam por um ponto de um sistema viário, numa determinada unidade de tempo. O DNIT ainda indica que há dois tipos de locais para realização de contagens: entre interseções e nas interseções. Entre as interseções, o objetivo é identificar o fluxo de uma via; e nas interseções é levantar o fluxo das vias que se interceptam e de seus ramos de ligação.

2.1.1.2 Classificação

2.1.1.2.1 Contagem Global

Conforme o DNIT (2006), uma contagem global não leva em conta o sentido de circulação de uma via e sim o registro do número de veículos que por ali circulam. Esse tipo de contagem serve para o emprego de cálculo de volume diário, preparação de mapas de fluxo e tendências de tráfego.

2.1.1.2.2 Direcional

Neste tipo de contagem volumétrica, o DNIT (2006) evoca a necessidade de separar o registro da contagem pelo sentido do fluxo. O objetivo nesse tipo de contagem é a determinação de intervalo de sinais, justificação de controle de trânsito, previsão de faixas adicionais em rampas ascendentes.

2.1.1.2.3 Classificatória

Segundo o DNIT (2006), as contagens volumétricas classificatórias são as empregadas para fins de dimensionamento estrutural e o projeto geométrico de rodovias serve de determinantes de fatores para correções de contagens mecânicas.

De acordo com o DEER/MG (2013), a contagem de veículos pela configuração por eixos não poderá ser feita em semanas com feriados, dias santos ou datas específicas que alterem substancialmente o volume de tráfego normal da rodovia. O DEER/MG também indica que para o estudo de campo deverão ser usadas planilhas padronizadas pelos órgãos rodoviários.

2.1.1.3 Métodos de Contagem

2.1.1.3.1 Manual

São contagens realizadas por pesquisadores e que de acordo com instruções do DNIT (2006) deverão ser feitas com auxílios de fichas ou contadores manuais recomendados para contagens classificadas.

2.1.1.3.2 Automática

O DNIT (2006) entende como contadores automáticos aqueles que não são necessários a interação humana no processo de contagem, geralmente realizado por contadores acoplados a computadores. Nesses contadores há dois

componentes básicos: uma unidade captadora para detectar a passagem do veículo e uma unidade acumuladora de dados.

2.1.1.3.3 Videoteipe

De acordo com o DNIT (2006), é possível fazer contagem volumétrica através de câmaras de filmagem, entretanto, muitas vezes gasta-se mais tempo para instalação do que levantar os dados manualmente. Por outro lado, oferece algumas vantagens, como ter todos os movimentos direcionais captados, minorar o erro de levantamento, trabalhar com mais conforto e é possível captar outros dados de interesse.

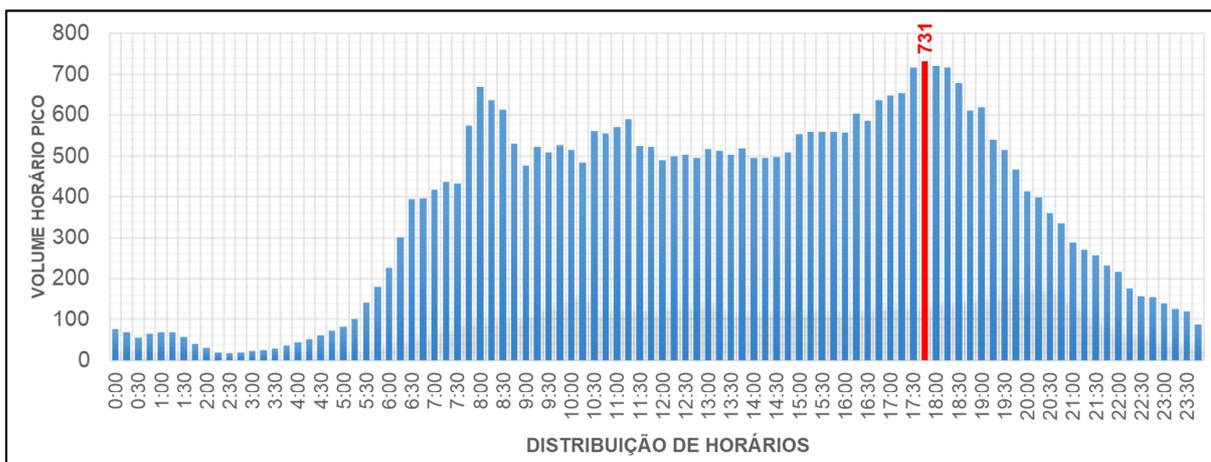
2.1.1.4 Tratamento dos dados de trechos contínuos

Segundo o DNIT (2006) os dados sobre fluxos de veículos podem ser expostos das mais variadas formas, dependendo da finalidade dos estudos. Geralmente são tabulados de forma a agrupá-los em intervalos de tempo, fornecendo os volumes de uma determinada seção ou trecho rodoviário.

Os volumes obtidos nas contagens normalmente são representados da seguinte forma: analiticamente, por meio de tabelas sumárias com os dados coletados, graficamente, por meio de histogramas (DNIT, 2006).

Segundo Lancaster (1974), um histograma é um gráfico que representa a distribuição de frequências de uma massa de medições, que, normalmente, contém diversos retângulos, no qual cada retângulo representa um intervalo, e sua altura representa a frequência naquele intervalo, como apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Histograma do VHP da rodovia MG-424



Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

2.2 Veículos Representativos em Pesquisas de Tráfego

2.2.1 Lei da balança

Macedo et al. (2001) indica que os pavimentos possuem limitações de suporte aos esforços que os veículos lhe transferem e esses limites, quando vencidos a resistência do pavimento, fadigam a rolagem, causando rugas, fissuras ou rupturas.

Macedo et al. (2001) ainda salienta que os veículos com excesso de peso ficam excessivamente lentos, atrapalhando o fluxo dos demais automotores, resultando em acidentes de consequências mais graves.

De acordo com o CONTRAN (2006), sua resolução número 210 estabelece os limites de peso e dimensão para cada veículo que transita pelas rodovias e é apresentado no ANEXO A.

Conforme o CONTRAN (2014), sua resolução 489 estabelece as tolerâncias quanto aos limites de carga, sendo 5% sobre o Peso Bruto Total (PBT), Peso Bruto Total Combinado (PBTC) e a capacidade máxima de tração (CMT). O CONTRAN ainda tolera 7,5% sobre os limites de peso regulamentar por eixo para os veículos que excederam os primeiros 5% e 10% sobre os limites de peso regulamentar para os veículos que não excederam os primeiros 5%.

2.2.2 Veículos em trânsito no país

O DNIT (2006) reforça que é fundamental conhecer a quantidade e as características dos veículos circulantes para realizar estudos econômicos, determinar características geométricas da rodovia, dimensionar os pavimentos e os níveis de serviços, além de ajudar a fixar valores de pedágio em trechos sob concessão à iniciativa privada.

2.2.2.1 Evolução da frota de veículos

De acordo com o DENATRAN (2018), a frota de veículos automotores cresceu 93,52% entre janeiro de 2008 e janeiro de 2018, dados estes, apresentados na Tabela 1. Foram contabilizadas aproximadamente 94,4 milhões de unidades circulantes, entre automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus. Quando os objetos são motocicletas, registrou-se também, mais de 25,8 milhões de unidades em 2018, e essa quantidade representou um acréscimo de 130% em dez anos. Quando se avalia os dados anexando os automóveis e as motocicletas, percebe-se que juntos, são mais de 78 milhões de unidades, representando, praticamente, 91% de toda a frota circulante no país.

Tabela 1 – Evolução da frota circulante no Brasil

SEGUIMENTO	2008	VARIAÇÃO (%)	2009	VARIAÇÃO (%)	2010	VARIAÇÃO (%)	2011	VARIAÇÃO (%)	2012	VARIAÇÃO (%)	2013
AUTOMÓVEL	30.021.842	↑ 7,3	32.213.241	↑ 7,7	34.696.707	↑ 7,7	37.368.830	↑ 7,1	40.029.320	↑ 7,2	42.913.174
MOTOS	11.217.020	↑ 17,0	13.120.012	↑ 12,2	14.720.356	↑ 12,3	16.526.715	↑ 11,7	18.460.061	↑ 8,7	20.059.073
UTILITÁRIOS	4.822.573	↑ 9,3	5.273.098	↑ 9,9	5.795.999	↑ 11,5	6.461.311	↑ 11,8	7.223.894	↑ 10,7	7.998.425
ÔNIBUS	593.317	↑ 7,2	636.053	↑ 6,4	676.537	↑ 7,5	727.442	↑ 8,4	788.457	↑ 6,3	838.150
CAMINHÕES	2.160.459	↑ 5,8	2.285.724	↑ 5,2	2.403.540	↑ 6,9	2.568.516	↑ 6,9	2.746.149	↑ 5,1	2.885.680
SEGUIMENTO	2013	VARIAÇÃO (%)	2014	VARIAÇÃO (%)	2015	VARIAÇÃO (%)	2016	VARIAÇÃO (%)	2017	VARIAÇÃO (%)	2018
AUTOMÓVEL	42.913.174	↑ 6,4	45.672.929	↑ 5,4	48.132.327	↑ 3,8	49.938.038	↑ 2,9	51.403.096	↑ 3,2	53.044.977
MOTOS	20.059.073	↑ 7,5	21.563.640	↑ 6,4	22.949.512	↑ 5,1	24.126.028	↑ 3,6	24.997.934	↑ 3,3	25.831.732
UTILITÁRIOS	7.998.425	↑ 10,0	8.800.422	↑ 9,1	9.599.720	↑ 5,9	10.167.903	↑ 5,0	10.678.437	↑ 5,2	11.238.377
ÔNIBUS	838.150	↑ 6,5	892.261	↑ 5,2	938.950	↑ 3,1	967.803	↑ 1,9	985.843	↑ 1,9	1.004.160
CAMINHÕES	2.885.680	↑ 5,4	3.040.661	↑ 4,4	3.175.429	↑ 2,2	3.244.316	↑ 1,5	3.293.883	↑ 1,7	3.348.296

Fonte: Adaptado do DENATRAN (2018)

2.2.2.2 Evolução da frota de caminhões

Conforme o DNIT (2006) é extremamente importante saber a evolução da frota nas rodovias, mas, particularmente, dos veículos de carga, pois são eles que são

levados em consideração nos cálculos de capacidade, já que geram os desgastes mais significativos no pavimento.

Segundo o DENATRAN (2018), a frota circulante de caminhões e cavalos mecânicos no Brasil aumentou aproximadamente 55% do ano de 2008 até o ano de 2018, passando a marca de três milhões e trezentos mil veículos, também indicados na tabela 01.

2.2.3 Veículos adotados na classificação do DNIT

Conforme o DNIT (2006), a classificação dos veículos apresenta as configurações básicas de cada carro ou a combinação de dois ou mais carros, bem como o seu número de eixos. O DNIT ainda afirma que a configuração básica é a quantidade de unidades que compõem o veículo, os números de eixos e os grupos de eixos.

De acordo com o DEER/MG (2009), as diversas classes são representadas pelo ANEXO B, mostrando o nome da categoria e um código, no qual o primeiro algarismo indica o número de eixos do veículo simples ou do cavalo mecânico, enquanto o segundo algarismo, se existir, indica o número de eixos das unidades que serão puxadas.

2.3 Características do tráfego

Segundo o DNIT (2006), é necessário analisar os elementos fundamentais dos aspectos dinâmicos do tráfego, que são: o volume, a velocidade e a densidade. Estes elementos permitem a avaliação global da fluidez do movimento geral dos veículos.

2.3.1 Volume de tráfego

De acordo com o DNIT (2006), o volume de tráfego em geral é definido pelo número de veículos que passam numa seção ou numa faixa da mesma, em um determinado período de tempo, sendo expresso normalmente por Veículo Por Dia (VPD) ou Veículo Por Hora (VPH).

2.3.1.1 Volume médio diário

Balbo (2007) salienta que é pelo Volume Médio Diário (VMD), que se define o volume total de veículos que trafegam por um seguimento completo da via, sem descartar os veículos leves (os mesmos são desprezados para dimensionamento de pavimentos). Balbo também indica que o VMD reúne todos os veículos nos dois sentidos da via, que são exigidos para análise do pavimento.

Segundo Balbo (2007), o VMD é obtido com base no cálculo de 365 dias para abranger as condições de sazonalidade semanais ou mensais do tráfego na respectiva seção da via, incluindo os veículos de passeio, os ônibus e os caminhões (leves, médios e pesados). Balbo ainda diz que o VMD é considerado anual, pois o perfil de tráfego ao longo de um ano servirá para a projeção do tráfego de qualquer ano do horizonte de projeto, sendo necessário definir o Volume Médio Diário (VMD) no ano de abertura da via conforme alguns processos de contagem e expansão de dados.

2.3.1.2 Volume Horário

Conforme o DNIT (2006), para verificar as variações do fluxo de tráfego durante o dia, adota-se a hora para unidade de tempo, determinando o Volume Horário (VH), que é o número total de veículos trafegando em uma determinada hora.

2.3.1.3 Variações de volume de tráfego

Segundo o DNIT (2006), a variação generalizada de fluxo de tráfego é uma das características mais importantes, pois, varia dentro da hora, do dia, da semana, do mês, e do ano, também no mesmo local, e variar segundo a faixa de tráfego analisada.

2.3.1.3.1 Variações ao longo do dia

O DNIT (2006) frisa que os volumes horários variam ao longo do dia, e apresenta pontos máximos marcantes, pois são nestes horários que ocorrem os eventos mais relevantes.

2.3.1.3.2 Variação semanal

Conforme o DNIT (2006), as rodovias de acesso para as áreas de recreação apresentam os volumes de pico nos finais de semana de sexta-feira a domingo, as rodovias rurais mais importantes demonstram variação semelhante, porém menos acentuadas, nas rodovias urbanas, a permanência das idas e voltas aos locais de trabalho torna o pico de tráfego concentrado nos dias úteis. O DNIT ainda destaca que os fluxos de tráfego de terça, quarta e quinta-feira são praticamente iguais, o de segunda-feira é levemente inferior à sua média e o de sexta-feira é levemente superior.

2.3.1.3.3 Variação anual

Segundo o DNIT (2006), assim como os reflexos das mudanças na economia do país, o fluxo de tráfego também se altera de ano a ano. Portanto tem que se tomar um cuidado especial ao utilizar dados antigos, pois pode levar a uma avaliação errônea da importância da rodovia.

2.3.1.3.4 Variação sentido de tráfego

De acordo com o DNIT (2006), a divisão do tráfego por sentido é uma característica importante do volume e geralmente, o sentido principal inverte nos picos da manhã e da tarde. O DNIT ainda diz que nas rodovias com uma pista de dois sentidos possui um impacto importante na operação, pois a passagem à frente de um veículo é realizada usando a faixa de sentido oposto, tornando as ultrapassagens limitadas pelo tráfego contrário.

2.3.1.4 Volume horário de projeto

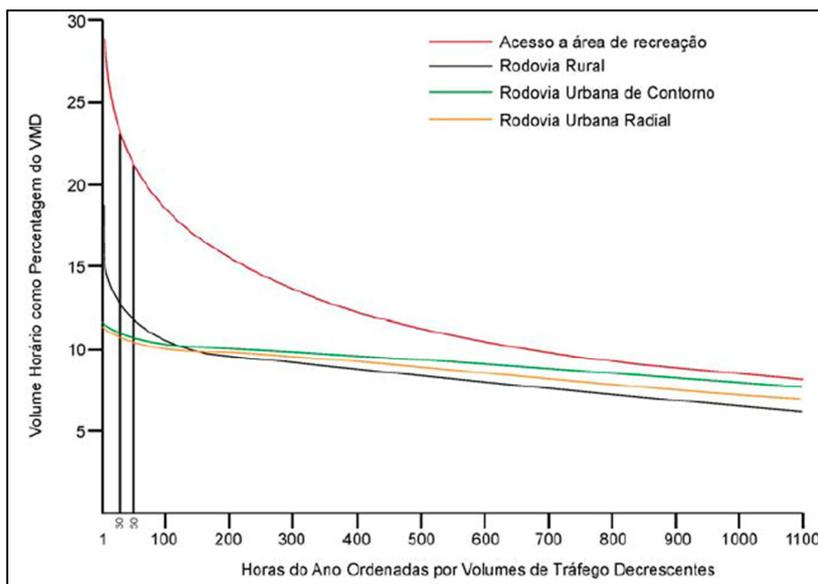
Conforme o DNIT (2006), o projeto de uma rodovia é para atender a maior demanda horária prevista no ano que ela é projetada. O DNIT salienta que levando em consideração o décimo ano após a conclusão das obras, nenhuma hora do ano deveria haver congestionamentos, mas talvez o empreendimento se tornaria inviável, pois a rodovia ficaria superdimensionada nos demais horários. Por tanto, no dimensionamento deve-se prever um número de horas congestionadas e de qual valor é aceitável para a adoção do Volume Horário de Projeto (VHP).

2.3.1.4.1 Fator K

Segundo o DNIT (2006), o Gráfico 2 apresenta a relação entre o volume horário de tráfego médio como percentagem do VMD e o número de horas no ano em que esse volume foi excedido. O DNIT ainda salienta que essa relação foi estipulada para rodovias norte-americanas e, apesar de não corresponder às condições brasileiras, permite avaliar a uniformidade do comportamento do tráfego, apesar de que vem se mantendo poucas variações através dos anos.

O DNIT (2006) indica que o Gráfico 2 permite concluir que a curva de ordenação horária tem uma peculiaridade muito importante, na qual ocorre uma mudança rápida de declividade por volta da trigésima hora. O DNIT ainda diz que o volume correspondente a essa hora será escolhido como volume horário de projeto, pois um aumento substancial no seu valor implicará que poucas horas mais sejam atendidas pelo projeto e uma redução pequena resultará na exclusão de um número significativo de horas.

Gráfico 2 – Relação entre hora e volume horário em rodovias norte-americanas



Fonte: DNIT (2006).

Conforme o DNIT (2006), o critério da “enésima hora” sugere que se usa como valor K no projeto, aquele obtido pelo intervalo onde a curva muda rapidamente de declividade, mas esta mudança não é precisa, permitindo uma variação na escolha da hora de projeto, possibilitando ao técnico adequar melhor seu estudo.

De acordo com o DNIT (2006), os Estados Unidos definem, como base de projeto, um volume entre a 30ª e a 100ª hora. O DNIT ainda diz que para as rodovias rurais utiliza-se o volume da 30ª hora, mas sua utilização deve ser interpretada como uma recomendação para sua adoção rígida, mas antes como um exemplo das correlações típicas da hora de pico e sua evolução.

Segundo o DNIT (2006), o Brasil tem sido mais tolerante na escolha do volume horário de projeto, pois como mostra a Tabela 2, chega a adotar o volume da 50ª hora nos locais onde há contagens mecanizadas permanentes. Ainda segundo o DNIT, o valor de $K = 8,5\%$ do VMD, tem sido usado como representativo da 50ª Hora para rodovias rurais em que não se detém de informações precisas do comportamento do tráfego.

Tabela 2 – Fatores K nas rodovias rurais

REGIÃO	FATOR K		Nº DE POSTOS
	K30	K50	
Norte	8,2%	8,0%	3
Nordeste	9,0%	8,5%	42
Centro	9,0%	8,6%	29
Sudeste	9,3%	8,8%	73
Sul	9,6%	9,1%	55
MÉDIA PONDERADA	9,3%	8,8%	202

Fonte: Adaptado do DNIT (2006).

2.3.1.4.2 Fator Horário Pico

O DNIT (2006) destaca que o número de veículos que passa numa seção da via não é uniforme no tempo, por isso é comparado a contagem de quatro períodos de quinze minutos e a variação estabelece o Fator Horário de Pico (FHP), que mede a flutuação e mostra o grau de uniformidade do fluxo.

Equação 1 – Fator Horário Pico (FHP)

$$FHP = \frac{VHP}{4 \times V15max}$$

Onde:

FHP = fator horário de pico;

VHP = volume da hora de pico;

V15max = volume do período de quinze minutos com maior fluxo de tráfego dentro da hora pico.

Conforme o DNIT (2006), o valor FHP sempre é utilizado nos estudos de capacidade das vias. O DNIT ainda ressalta que se adota intervalos de 15 minutos como mostrado na Figura 1, pois se adotar um tempo menor pode ocorrer superdimensionamento da via e excesso de capacidade em grande parte do período de pico, em contrapartida, se utilizar intervalos maiores podem ocasionar subdimensionamento e períodos substanciais de saturação.

Segundo o DNIT (2006), o FHP varia entre 0,25 e 1,00, onde 0,25 é o fluxo totalmente concentrado num intervalo de 15 minutos, e 1,00 é o fluxo completamente uniforme. O DNIT ainda enfatiza que ambos os casos são incomuns, pois normalmente o FHP varia na faixa de 0,75 a 0,90.

O DNIT (2006) reforça que nas áreas urbanas geralmente se usa um FHP num intervalo de 0,80 a 0,98, já valores acima de 0,95 são indicativos de maiores volumes de tráfego, as vezes com restrições de capacidade durante a hora de pico.

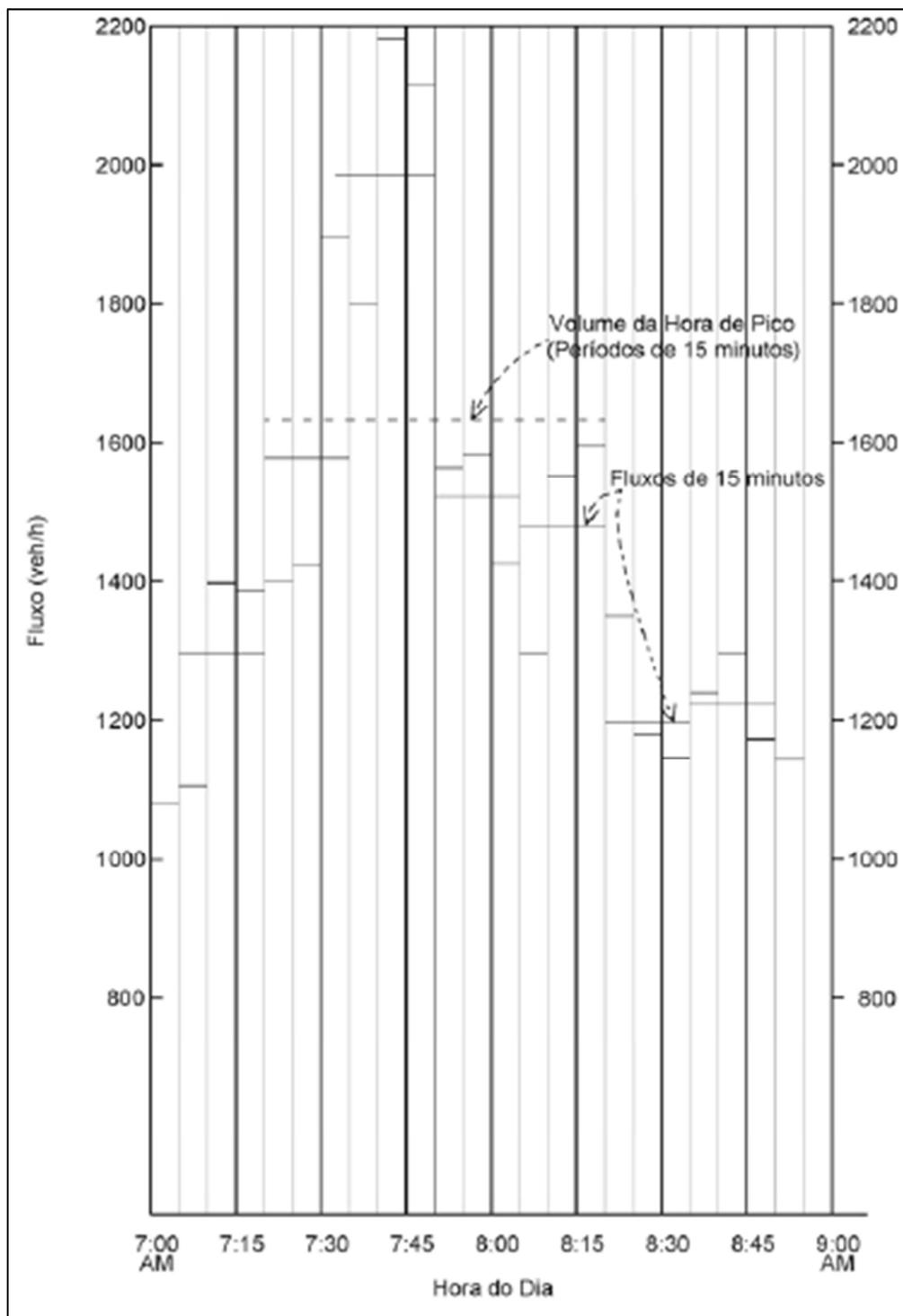


Figura 1 – Flutuação do volume dentro da hora
 Fonte: DNIT (2006).

2.4 Número N

De acordo com DNIT (2006), a correta avaliação da solicitação que o pavimento em análise já sofreu pelo tráfego é imprescindível para um diagnóstico preciso, necessário para o dimensionamento do reforço e também importante para a definição de outras intervenções que necessita da determinação do tráfego futuro.

Para Balbo (2007), o número N é a quantidade de operações dos eixos dos veículos, equivalente às solicitações de um eixo rodoviário padrão de 80 kN durante um período de vida útil do pavimento.

Balbo (2007) ressalta que o número N é estimado a partir da equivalência de operações de toda a frota, em termos do eixo-padrão arbitrado. Balbo ainda fala que o N é determinado em projetos, de acordo com o período de tempo de serviço do pavimento, geralmente estipulado pela operadora da rodovia.

Equação 2 – Número N

$$N = 365 * FV * FP * FR * VMD(Comercial)$$

Onde:

FV – Fator Veicular Individual, respeitando a Lei da Balança

FR – Fator Climático

FP – Fator Pista

VMD – Volume médio diário

2.4.1 Fator Veicular Individual

De acordo com Senço (1997), o Fator Veicular (FV) é um agente que transforma o tráfego real no sentido de estudo, em um tráfego proporcional de eixos padrões, tabelados como no APÊNDICE B.

2.4.2 Fator Climático

Senço (1997) diz que deve se levar em conta as mudanças de umidade dos materiais do pavimento durante o ano, logo, também há variações na capacidade do suporte dos insumos. Senço ainda destaca que o fator climático (FR) varia de 0,2 quando a umidade está baixa até 5,0 quando há uma saturação nos materiais.

O DEER-MG (2009) adota por convenção de série histórica dentro do estado de Minas Gerais, o valor de 1,000 para o FR em projetos para homogeneizar o cálculo.

2.4.3 Fator Pista ou Direcional

O DEER-MG (2009) ressalta que o Fator Pista (FP) corresponde ao número de veículos de carga (comerciais) que trafegam em cada sentido da pista, ou seja, em rodovias de pista simples com movimento homogêneo, o FP deverá ser 50%.

2.4.4 Equivalência entre Cargas

Balbo (2007) diz que para estruturas idênticas de pavimento, os efeitos destrutivos gerados ao longo do tempo, por veículos diferentes, são desiguais, emergindo então um critério comparativo entre veículos.

Conforme DNIT (2006), a conversão do tráfego de veículos diferentes (tráfego misto) em um número equivalente de operações de um eixo considerado padrão é efetuada aplicando os Fatores de Equivalência de Cargas (FEC) para fazer conversões das várias possibilidades de carga por eixo em números de eixo-padrão.

Segundo Balbo (2007), o Fator de Equivalência de Cargas (FEC) é estabelecido em princípios de ruptura funcional, onde o pavimento sofre danos na estrutura por excesso de carga. Balbo ainda diz que o FEC pode ser definido numericamente pela carga sobre um eixo qualquer dividido pelo eixo padrão de 80kN e ambos elevados a uma constante de regressão tabelada em 3,998 para eixos de rodas duplas.

2.4.5 Cálculo do Volume Médio Diário Anual

Balbo (2007) diz que o volume médio diário anual é o volume total de veículos que passam por uma seção completa da via em ambos os sentidos, computando os veículos leves, os quais são desprezados para análise de pavimento.

Conforme Balbo (2007), o VDM anual é calculado, após a determinação do somatório de todos os veículos que trafegam pela via em um ano, dividindo esse valor por 365 dias.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

De acordo com Appolinário (2004) a metodologia pode ser definida como o estudo de vários tipos de métodos científicos existentes. Nesse sentido, o autor ainda diz que se pode compreender a metodologia como o conjunto de recursos existentes para a realização de uma pesquisa específica.

Gil (2006) enfatiza que a opção por um método é multifatorial, variando desde a natureza do objeto a ser estudado, a quantidade ou qualidade dos recursos disponíveis, de sua abrangência na aplicação, bem como de sua inspiração filosófica.

3.1 Tipos de Pesquisa

Segundo Gil (2002), pesquisa é o processo de investigação de um problema do qual se tenha parte, nenhum conhecimento, ou suas informações não estejam acessíveis ou desatualizadas, dificultando sua relação direta com o problema de pesquisa.

O projeto de pesquisa visa esclarecer detalhadamente o problema, sugerir soluções e/ou ensejar novas pesquisas sobre o assunto em questão. Para tal, Gil (2002) enfatiza que não existem regras estáticas para a elaboração do projeto de pesquisa, cabendo ao pesquisador utilizar dos melhores instrumentos para compatibilizar o tema estudado aos recursos disponíveis.

3.2 Pesquisa quanto aos fins

De acordo com Gil (2010), as pesquisas exploratórias têm como propósito familiarizar-se com os problemas, visando construir hipóteses ou torná-los mais explícitos. Dessa forma, pode-se afirmar que a maioria das pesquisas realizadas com propósitos acadêmicos, primeiramente assume o caráter de pesquisa exploratória, pois o pesquisador ainda não tem clara definição do que irá investigar (GIL, 2010).

O objetivo primordial da pesquisa descritiva é expor características de determinada população ou fenômeno. Também pode ser elaborada para estabelecer possíveis relações entre variáveis.

Conforme Gil (2010, p. 27), “são inúmeros os estudos que podem ser classificados sob este título e uma de suas características mais significativas está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados”.

Neste trabalho foi utilizada a pesquisa exploratória, pois ela foi realizada na rodovia MG-424, entre as cidades de Matozinhos e Prudente de Moraes, onde os dados eram em parte, desconhecidos, afinal, o projeto de 2008 se encontrava desatualizado.

3.3 Pesquisa quanto aos meios

Os meios utilizados para chegar aos resultados são trabalhados em Gil (2006), sendo possível classificar uma pesquisa em:

Pesquisa bibliográfica – em que os pesquisadores fazem consultas a materiais existentes sobre o assunto como livros, artigos científicos, jornais, revistas, *sites* na internet, e que sejam disponibilizados ao público geral;

Pesquisa documental – se parece com a bibliográfica, porém os materiais costumam ser documentos de órgãos públicos ou privados, ou com pessoas que detenham a guarda destes documentos;

Pesquisa experimental – investigação empírica na qual o pesquisador manipula e controla variáveis independentes e observa os resultados destas manipulações, são as pesquisas feitas através de observação e controle dos efeitos sobre o objeto de estudo.

Estudo de campo – são análises realizadas por observação do objeto estudado e entrevistas a pessoas que convivem com o objeto e problema, para tentar captar a realidade do estudo, baseia-se pela experiência que se está sendo aplicada na

investigação e é realizada exatamente no local onde são observados os fenômenos estudados;

Pesquisa-ação – é a resolução de um problema coletivo em que todos os pesquisadores estão envolvidos;

Estudo de caso – são estudos mais aprofundados a alguns objetos, para tentar conseguir maior conhecimento específico sobre o assunto, ou seja, estudo de caso é uma investigação de um fenômeno contemporâneo, dentro do seu contexto na vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e contexto não estão claramente definidos.

Quanto aos meios, esta pesquisa se define como um estudo de caso, pois foi realizada dentro de um contexto real, na rodovia MG-424, entre as cidades de Matozinhos e Prudente de Moraes, buscando estudar os dados detalhadamente para saber o tráfego atual e comparar com o projeto realizado em 2008.

3.4 Universo e amostra

De acordo com Appolinário (2006) na maioria das pesquisas é muito difícil estudar todos os sujeitos da população, por isso, o pesquisador estuda somente uma amostra de toda população.

Segundo Gil (2006) o universo é um conjunto de elementos que tem características específicas e a amostra é o subconjunto do universo, nas quais se estabelece as características.

O estudo em questão trabalhou com um universo definido, sendo esse, toda a rodovia MG-424, que se inicia no Km 13 da MG-010 e termina no trevo da BR-040 na cidade de Sete Lagoas/MG. A amostra foi o trecho estudado, entre as cidades de Matozinhos e Prudente de Moraes.

3.5 Coleta e análise dos dados

Para obter os dados necessários para este estudo de caso, foi fundamental uma pesquisa de campo no Km 42 da rodovia MG-424, entre os municípios de Matozinhos e Prudente de Moraes, no estado de Minas Gerais. Foram realizadas contagens classificadas através de contadores mecânicos para determinar a quantidade de veículos que trafegam pelo trecho durante sete dias corridos, sendo que um dos dias, a contabilidade foi feita por 24 horas para determinar o VMD e os demais dias foram medidos apenas os picos para analisar eventuais variações.

Os dados coletados em campo foram tabulados e transferidos para uma planilha criada no *Microsoft Office Excel* onde foi corrigido possíveis erros de tabulação. As análises se deram por meio de gráficos comparativos entre os dados fornecidos pela última coleta do DEER/MG e os adquiridos neste estudo.

3.6 Limitações da pesquisa

Para Marconi; Lakatos (2006), a limitação apresenta fatores que podem ser superados ou minimizados pelo pesquisador, que já determina as fronteiras de vantagens e desvantagens de uma investigação científica.

Uma importante limitação que afetou o estudo realizado foi a impossibilidade de acesso ao projeto de redimensionamento da rodovia MG-424, realizado no ano de 2013, que atualizou a versão de 2008.

Outra limitação importante é o fato de ter sido feito a pesquisa de campo em apenas um dia de 24 horas, pois, se fosse feita mais contagens e em meses diferentes, se conseguiria corrigir sazonalidades, refletindo num VMDAT mais preciso.

Tendo como limitação de ordem climática ocorrida durante a pesquisa, foi a forte chuva que ocorreu no primeiro dia de pesquisa, dificultando a visibilidade no processo da contagem volumétrica classificada.

Outra limitação de visibilidade aconteceu no dia da pesquisa de 24hs, no período noturno, já que a iluminação do posto fiscal estava desativada, nesse sentido, houve auxílio de moradores no fornecimento de energia elétrica.

Houve também, limitações pela quantidade de pesquisadores, pois o manuseio de vários contadores mecânicos simultaneamente deixa a pesquisa mais exposta a erros de contabilidade.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

“Os resultados se referem à descrição dos fatos verificados no *corpus* estudado, então a discussão gira em torno de pontos a serem interpretados sobre esses fatos.” (SWALES E FEAKE, 2004).

4.1 Contagem Volumétrica Classificada

Foi montada uma tenda para abrigar os pesquisadores e o apoio das variações do clima (FIGURA 2). Todos os dias, o grupo de pesquisa teve apoio da equipe de fiscalização do DER/MG e durante as 24 horas do dia, a polícia militar local também prestou assistência, principalmente na madrugada, turno em que os pesquisadores estavam mais expostos.



Figura 2 – Estrutura para pesquisa de contagem volumétrica classificada.
Fonte: Autores (2018)

Foram utilizadas seis pranchetas com quatro contadores mecânicos (FIGURA 3) e dois operadores (um para cada sentido) para determinar a quantidade de veículos que trafegam pelo trecho. Os dados eram anotados na planilha de tabulação oficial do DEER-MG, conforme APÊNDICE A, a cada intervalo de quinze minutos e

posteriormente a pesquisa, foram tabulados numa planilha desenvolvida no *Microsoft Office Excel* conforme APÊNDICE B, para determinar o VHP e FHP.

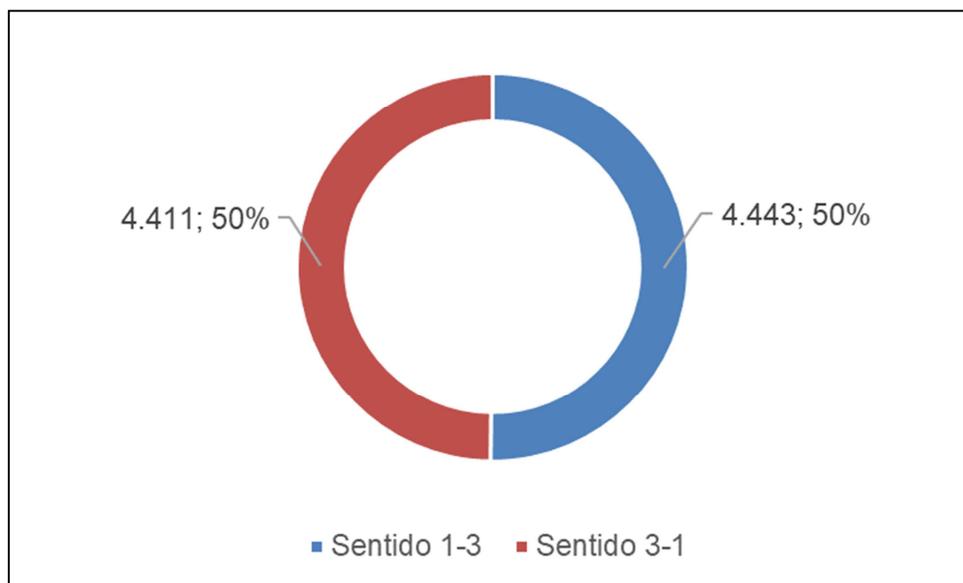


Figura 3 – Utilização dos contadores mecânicos
Fonte: Autores (2018)

A pesquisa ocorreu em uma semana normal, sem interferência de feriados, eventos ou festas típicas regionais, que poderiam ter causado consideráveis variações nos dados obtidos.

Na contagem volumétrica do dia de 24 horas, foi observado um segmento bastante homogêneo como demonstrado no Gráfico 3, constatando que neste período, os veículos que vão em um sentido no início do dia, normalmente voltam em sentido contrário no final do dia. A tabulação completa que mostra as variações durante os picos pode ser conferida no APÊNDICE A.

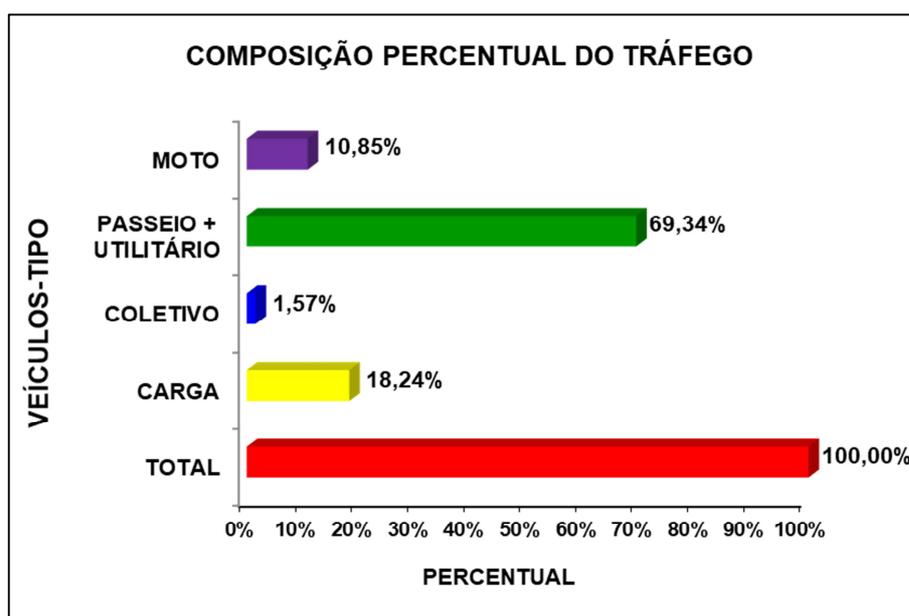
Gráfico 3 – Representação do volume de veículos por sentido



Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Após a tabulação dos dados na planilha oficial do DEER-MG, foi realizada uma análise dos dados, verificando a composição percentual de cada tipo de veículo que trafega no trecho. Nesta composição classificada, demonstrada no Gráfico 4, percebe-se que os veículos de passeio, de carga e utilitários representam quase a totalidade do fluxo da rodovia, o que faz sentido diante da economia da região.

Gráfico 4 – Representação do volume de veículos por classificação



Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

4.2 Determinação do número N

4.2.1 Cálculo do Volume Horário Pico (VHP) e Fator Horário Pico (FHP)

Na análise do volume, foi contabilizado um total de 8.854 veículos que trafegaram na rodovia no dia da contagem volumétrica de vinte quatro horas, verificou-se que o volume horário pico foi do intervalo entre as 17hs até às 18hs, contabilizando um total de 731 veículos nessa hora.

O Fator Horário Pico é o volume da hora de pico do período de tempo considerado, dividido pelo quádruplo do volume do período de quinze minutos da hora de pico com maior fluxo de tráfego, portanto o FHP encontrado durante a nossa pesquisa foi de 0,854, conforme apresentado na Tabela 3.

Os resultados demonstram uma homogeneização do tráfego pesado da rodovia. O FP de ida (Matozinhos para Prudente de Moraes) corresponde a 0,501 e o FP volta (Prudente de Moraes para Matozinhos) igual a 0,499. O FP adotado para o cálculo foi 0,500, usualmente adotado para rodovias de pista simples.

Tabela 3 – Fator Horário Pico

HORA		CARROS DE PASSEIO E UTILITÁRIOS		ÔNIBUS	CAMINHÕES			SEMIRREBOQUES					REBOQUES				MOTOS	TOTAL	VHP	FHP
P	U	Onibus	2C	3C	4C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	M	TOTAL				
17:00	17:15	3089	1236	105	142	454	89	13	45	369	53	87	13	7	7	2	686	6397	647	0.809
17:15	17:30	3186	1275	106	150	470	91	13	46	374	53	87	13	7	7	2	707	6587	652	0.815
17:30	17:45	3275	1303	108	156	480	91	13	47	380	53	88	13	7	7	2	735	6758	717	0.896
17:45	18:00	3399	1337	110	160	491	91	13	48	386	54	91	13	7	7	2	763	6972	731	0.854

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

4.2.1 Fator Veicular Individual

Usando as tabelas de peso bruto total adotadas pelo DEER-MG (APÊNDICE B), os pesquisadores chegaram aos valores de Fator Veicular Individual (FVI) demonstrados na Tabela 4.

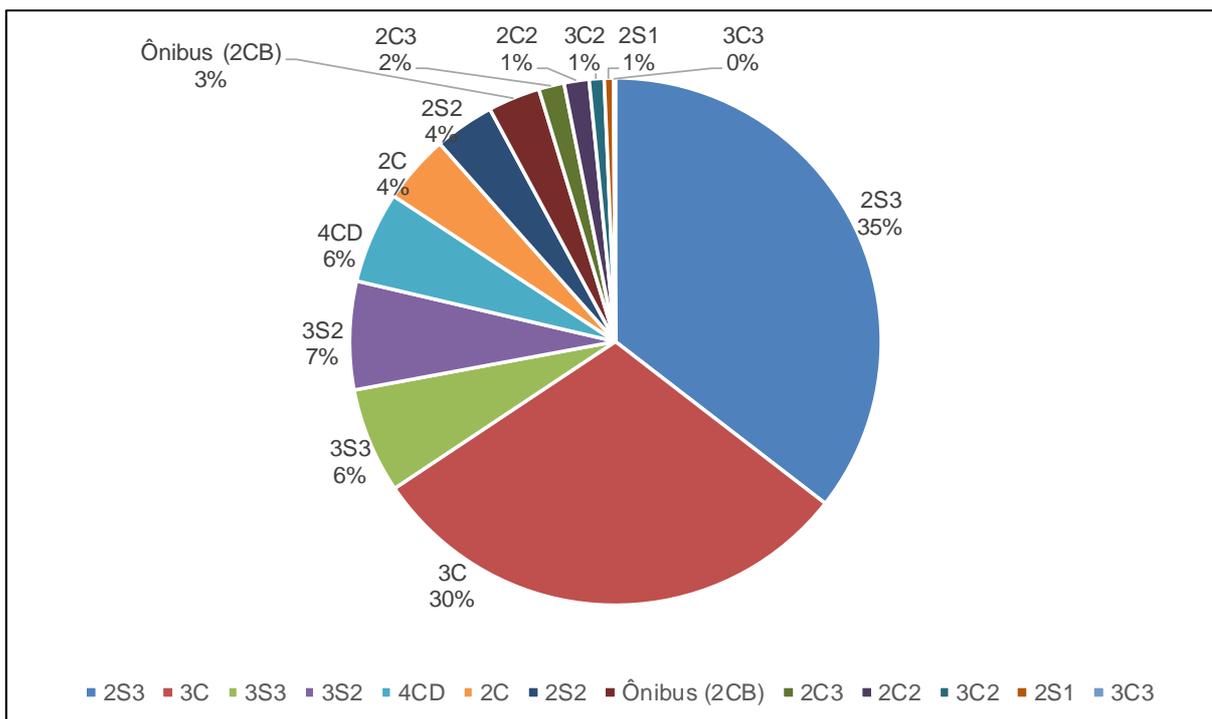
Tabela 4 – Fator veicular pelos métodos USACE e AASHTO

Veículos-tipo	VMDAT _{comercial}		FATOR DE VEÍCULO "USACE"		FATOR DE VEÍCULO "AASHTO"	
	Vol.	(%)	FV _i	$VMDAT_{ci} \times FV_i / \sum VMDAT_{ci}$	FV _i	$VMDAT_{ci} \times FV_i / \sum VMDAT_{ci}$
Ônibus (2CB)	139	7,92	5,458	0,433	3,612	0,286
Tribus (3CB)	0	0,00	3,818	0,000	1,171	0,000
Ônibus (4DB)	0	0,00	13,948	0,000	2,960	0,000
2C	184	10,49	5,458	0,573	3,612	0,379
3C	574	32,73	12,519	4,097	2,481	0,812
4CD	96	5,47	13,948	0,763	2,960	0,162
2S1	13	0,74	10,047	0,074	6,617	0,049
2S2	51	2,91	17,129	0,498	5,350	0,156
2S3	476	27,14	17,820	4,836	5,011	1,360
3S1	0	0,00	17,129	0,000	5,350	0,000
3S2	67	3,82	23,737	0,907	4,495	0,172
3S3	100	5,70	15,399	0,878	3,154	0,180
2C2	25	1,43	14,577	0,208	9,593	0,137
2C3	17	0,97	21,714	0,210	8,342	0,081
3C2	10	0,57	21,714	0,124	8,342	0,048
3C3	2	0,11	14,560	0,017	4,593	0,005
2I2	0	0,00	14,577	0,000	9,593	0,000
2I3	0	0,00	16,228	0,000	11,267	0,000
3I2	0	0,00	21,714	0,000	8,342	0,000
3I3	0	0,00	9,473	0,000	5,084	0,000
2J3	0	0,00	21,714	0,000	8,342	0,000
3J3	0	0,00	14,560	0,000	4,593	0,000
3S2S2	0	0,00	35,108	0,000	6,524	0,000
3S2C4	0	0,00	46,488	0,000	8,555	0,000
3S2S2S2	0	0,00	46,488	0,000	8,555	0,000
Total	1.754	100,00	*****	FV_{USACE} = 13,617	*****	FV_{AASHTO} = 3,825

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

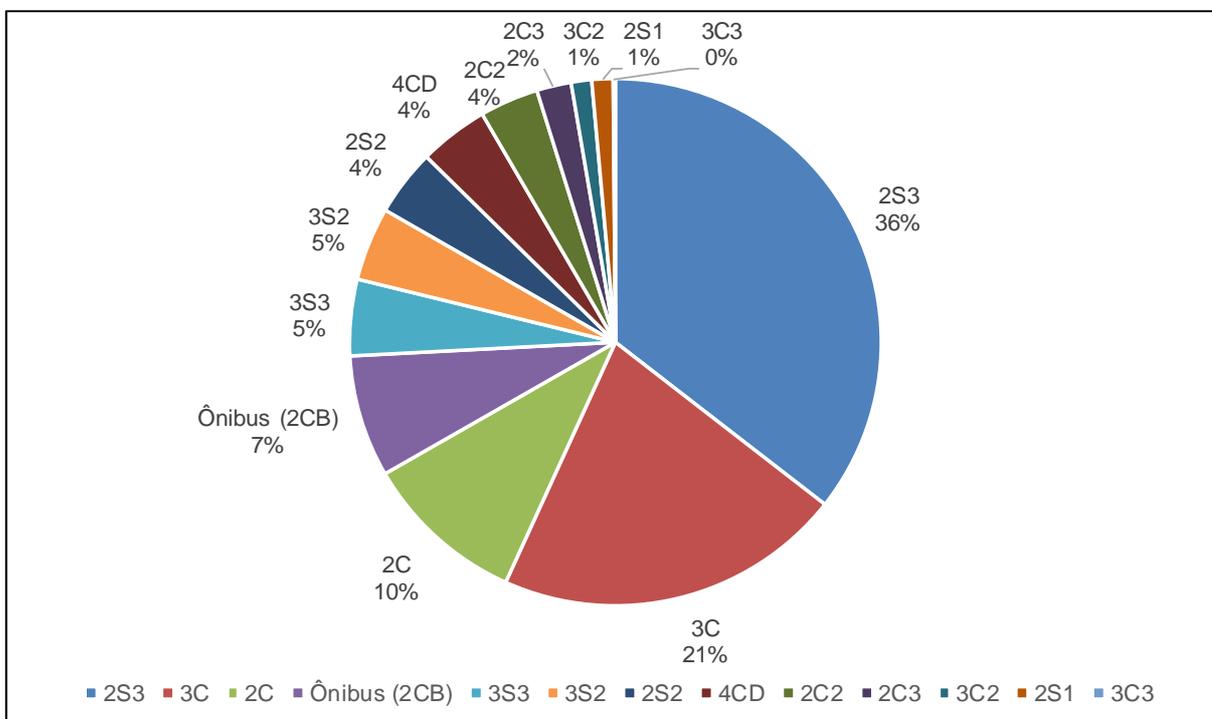
Cabe ressaltar que o FVI leva em conta a configuração dos eixos dos caminhões e a carga suportada sobre cada um dos eixos. Os Gráficos 5 e 6 representam os pesos dos FVI em cada um dos métodos.

Gráfico 5 – Fator veicular individual (Método USACE)



Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Gráfico 6 – Fator veicular individual (Método AASHTO)



Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Verifica-se que, para cada um dos métodos numa mesma amostra volumétrica, apresentam-se diferentes resultados quanto ao peso que cada tipo de veículo contribui. No Gráfico 5, através do método USACE, verifica-se que quase 75% dos

FVI estão sobre os veículos 2S3, 3C, 2C e Ônibus 2CB. Para o método AASHTO, nos mesmos 75% dos FVI, tem-se apenas os veículos 2S3, 3C e 3S3.

4.2.2 Volume Médio Diário (VMD)

O volume médio diário a ser considerado para efeitos de cálculo do número N é o volume representado pelos veículos comerciais, ou seja, transporte de carga ou de passageiros. A pesquisa apurou um volume médio de 1.754 veículos comerciais, sendo 7,92% de transporte de passageiros e 92,08% transportes de cargas.

O volume maior, ou seja, o de transportes de cargas pode ser justificado devido ao fato de a rodovia servir de escoamento para diversos produtos das indústrias adjacentes e da proximidade do Aeroporto Internacional Tancredo Neves.

4.2.3 Cálculo do Número N

4.2.3.1 Métodos USACE e AASHTO

Para calcular o número N foram utilizadas as formulações clássicas usadas pelo DNIT, sendo esses, os métodos USACE e AASHTO:

USACE

$$N = 365 * FV_{USACE} * FP * FR * VMD(Comercial)$$

$$N = 365 * 13,617 * 0,500 * 1,000 * 1754$$

$$N = 4,36 \times 10^6$$

AASHTO

$$N = 365 * FV_{AASHTO} * FP * FR * VMD(Comercial)$$

$$N = 365 * 3,825 * 0,500 * 1,000 * 1754$$

$$N = 1,22 \times 10^6$$

Realizou-se uma expansão dos dados, também pelos métodos USACE e AASHTO, em um horizonte de 10 anos com projeção de crescimento de tráfego de 3% ao ano. Os dados foram apresentados na Tabela 5.

A aplicação da expansão em projeção geométrica ao longo de um horizonte de 10 anos é necessária, pois, é a partir dele que o pavimento é dimensionado, ou seja, o número N, associado ao dimensionamento do pavimento que será aplicado no segmento estudado é de 5,00E+07 no método USACE e 1,40E+07 para o método AASHTO.

Tabela 5 – Projeção do número N para horizonte de 10 anos

Ano		Valores do Número N			
		USACE		AASHTO	
		Ano a ano	Acumulado	Ano a ano	Acumulado
2018	1º	4,36E+06	4,36E+06	1,22E+06	1,22E+06
2019	2º	4,49E+06	8,85E+06	1,26E+06	2,49E+06
2020	3º	4,62E+06	1,35E+07	1,30E+06	3,78E+06
2021	4º	4,76E+06	1,82E+07	1,34E+06	5,12E+06
2022	5º	4,91E+06	2,31E+07	1,38E+06	6,50E+06
2023	6º	5,05E+06	2,82E+07	1,42E+06	7,92E+06
2024	7º	5,20E+06	3,34E+07	1,46E+06	9,38E+06
2025	8º	5,36E+06	3,88E+07	1,51E+06	1,09E+07
2026	9º	5,52E+06	4,43E+07	1,55E+06	1,24E+07
2027	10º	5,69E+06	5,00E+07	1,60E+06	1,40E+07

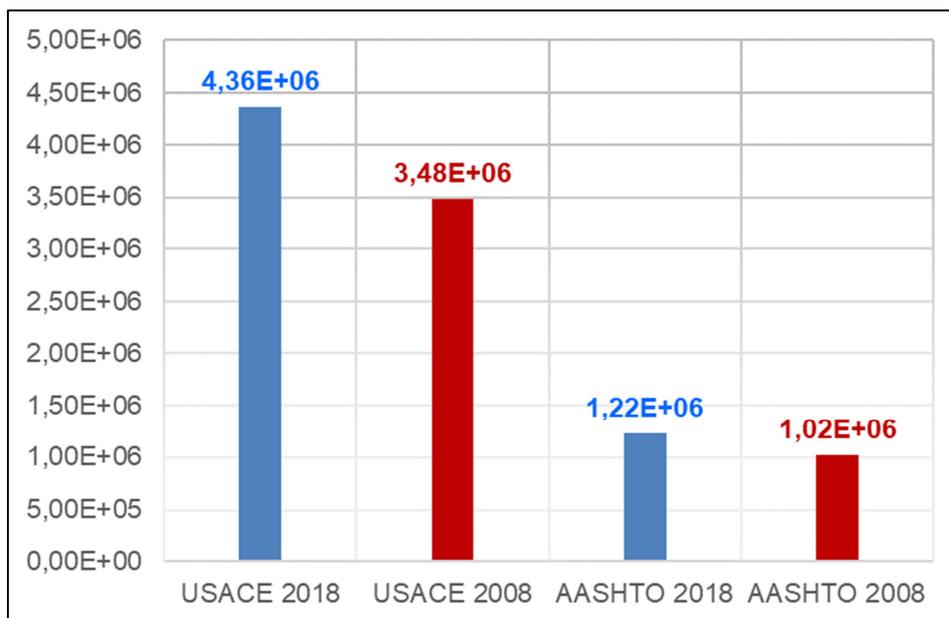
Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

4.3 Comparação com projeção do DEER/MG

No ano de 2008 o DEER-MG realizou uma contagem volumétrica classificada no mesmo trecho de estudo da presente pesquisa, para determinar o número N em um horizonte de projeto para 15 anos.

Esse projeto foi disponibilizado pelo núcleo de engenharia de rodoviárias do DEER-MG para que fosse feita uma comparação com os dados atualizados por este estudo. Comparando o estudo do DEER/MG com o desta pesquisa, pode-se certificar que o incremento econômico ocorrido nos últimos anos, refletiu no aumento da frota, e conseqüentemente, aumentou o tráfego e o número N no trecho do estudo, como representado no Gráfico 7.

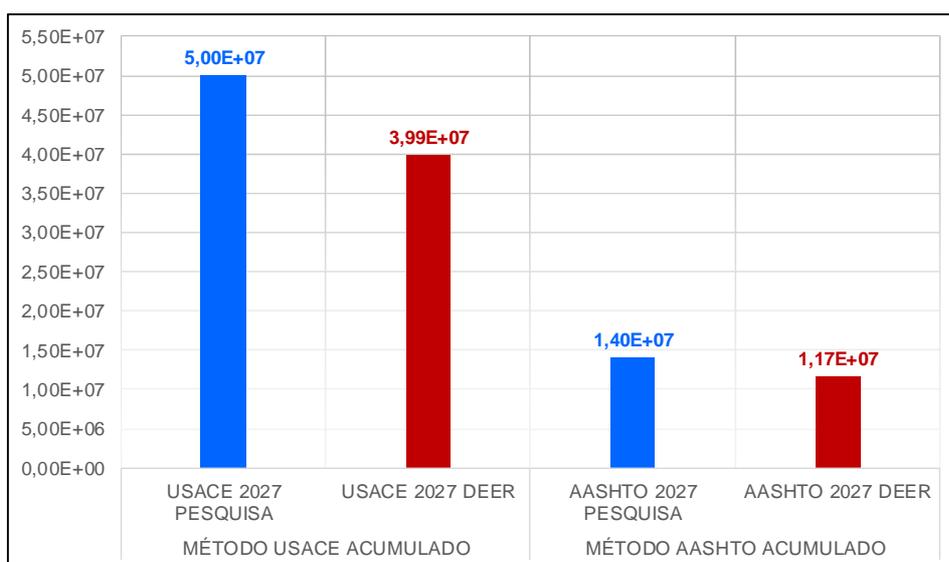
Gráfico 7 – Comparação entre o estudo antigo realizado pelo DEER-MG e o atual



Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Apesar dos valores representarem um aumento de 25,25% no método USACE e 20,04% no método AASHTO entre os projetos de 2008 e a pesquisa atual, deve-se ao dimensionamento do pavimento, objetivo final do cálculo do número N, o fato da projeção de horizonte de projeto para 10 anos, como demonstrado no Gráfico 8.

Gráfico 8 – Número “N” acumulado com fim de dimensionamento



Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Tabela 6 – Relação de número N com espessuras de revestimento betuminoso

ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO (DNIT)

Valor de "N"	Tipo de Revestimento Indicado
$N \leq 1E + 06$	Trat. Superficial Betuminosos
$1E+6 < N \leq 5E+6$	CBUQ. Espessura = 5,00 cm
$5E+6 < N \leq 1E+7$	CBUQ. Espessura = 7,50 cm
$1E+7 < N \leq 5E+7$	CBUQ. Espessura = 10,00 cm
$N > 5E+7$	CBUQ. Espessura = 12,50 cm

Fonte: Adaptado do DEER-MG (2013)

Através da Tabela 6, analisa-se que o revestimento betuminoso, no horizonte de 10 anos ainda se encontra na faixa de CBUQ de 10,00 cm, porém, já no final da vida, ou seja, o crescimento de tráfego projetado, calculado N acumulado para o ano de 2027 tem-se o teto limiar do CBUQ 10,00 cm.

Nesse sentido recomenda-se o uso de CBUQ 12,50 cm, concorrendo um número N acima de $5E+07$ ou uma ostensiva manutenção rodoviária a partir do quinto ano de após a abertura da execução de projeto, necessária para que haja prolongamento da vida útil do pavimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada confirmou que a evolução da frota comercial no Brasil resultou no incremento do tráfego da região compreendida entre Matozinhos e Prudente de Moraes.

A atualização da frota, sua composição e a obtenção dos volumes médios diários para veículos comerciais configura objeto importante para os órgãos rodoviários, sejam de ordem privada ou pública.

O aumento da capacidade rodoviária, seja ele realizado por adição de terceira faixa em rodovias de pista simples ou duplicação de rodovias, enseja o correto levantamento de tráfego, pois o tratamento de dados usados pelo DEER MG na projeção de 15 anos para o levantamento realizado no ano de 2008, apesar de estar dentro da faixa de CBUQ (revestimento asfáltico) de espessura de 10 cm, sua atualização mostrou que pavimento já estaria em final de vida.

Como a realização da obra encontra-se num ponto futuro não determinado faz-se necessário a atualização de tráfego desta pesquisa quando definido seu início.

5.1 Proposição de trabalhos futuros

O desenvolvimento deste trabalho se baseou inicialmente em uma pesquisa de contagem volumétrica classificada dos veículos que trafegam na rodovia MG-424, entre as cidades de Matozinhos e Prudente de Moraes. Através do estudo dos dados desta pesquisa, foi obtido o número N, usado como parâmetro no dimensionamento de pavimentos.

Considerando que existem outros parâmetros para melhorar a precisão de um projeto rodoviário e que há limitações nesta pesquisa, os autores elencam algumas sugestões para futuros trabalhos:

- a) Contagem volumétrica classificada em outras épocas do ano, para corrigir sazonalidades de aspecto da agricultura e eventos recreacionais;

- b) Realização de estudo de impacto de circulação de tráfego nos principais pontos da duplicação da rodovia (segmentos adjacentes às cidades);
- c) Realização de pesquisa de Origem e Destino do tráfego, com intuito de conhecer o tráfego de fuga devido ao pedágio;
- d) Estudo de outros componentes geométricos estruturais do projeto, tais como: base, sub-base, leito e subleito, bem como, os materiais que serão utilizados na execução da obra.

REFERÊNCIAS

APPOLINÁRIO, F. **Dicionário de metodologia científica: um guia para a produção do conhecimento científico.** São Paulo: Atlas, 2004.

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa.** São Paulo: Editora Pioneira Thomson Learning, 2006.

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

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO – CONTRAN. **Resolução Nº 210** – Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres e dá outras providências. Brasília: CONTRAN, 2006.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO – CONTRAN. **Resolução Nº 489** – Altera os artigos 5º e 9º da Resolução nº 258, de 30 de novembro de 2007, do Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN, que regulamenta os artigos 231 e 323 do Código de Trânsito Brasileiro, fixa metodologia de aferição de peso de veículos, estabelece percentuais de tolerância e dá outras providências. Brasília: CONTRAN, 2014.

DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGENS DO ESTADO DE MINAS GERAIS – DEER/MG. **Manual de Procedimentos para Elaboração de Estudos e Projetos de Engenharia Rodoviária.** Minas Gerais: DEER, 2013.

DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGENS DO ESTADO DE MINAS GERAIS – DEER/MG. **Manual de Procedimentos Técnicos das Atividades Desenvolvidas pelo Núcleo de Engenharia de Tráfego (NET).** Minas Gerais: DEER, 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Manual de Estudos de Tráfego 723.** Brasília: DNIT, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO – DENATRAN. **Frota de Veículos – Fevereiro/2018.** Brasília. Disponível em <<https://www.denatran.gov.br/estatistica/635-frota-2018>>. Acesso em: 4 mai. 2018.

GIL, Antonio. Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, Antonio. Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2006.

GIL, Antonio. Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2010.

INSTITUTO HORIZONTES. **Vetor Norte da RMBH, Programa de Ações Imediatas.** Minas Gerais: 2005.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

LANCASTER, H. **An introduction to medical statistics**. New York: John Wiley & Sons, 1974.

MACEDO, J. S. et al. **Nova Lei da Balança – Guia Prático**. São Paulo: Sagra Luzzato, 2001.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliografia, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. São Paulo: Atlas, 2006.

MINAS GERAIS. SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Aeroporto Industrial**. Minas Gerais: 2011.

SENÇO, WLASTERMILER DE. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: Pini, 1997.

SWALES, J. M.; FEAK, C. B. **Academic writing for graduate students**. Michigan: The University of Michigan Press, 2004.

ANEXOS

ANEXO A – RESOLUÇÃO 210 DO CONTRAN



MINISTÉRIO DAS CIDADES
CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO
RESOLUÇÃO Nº 210 DE 13 DE NOVEMBRO DE 2006

Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres e dá outras providências.

O CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO – CONTRAN, no uso da competência que lhe confere o artigo 12, inciso I, da lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que instituiu o Código de Trânsito Brasileiro e nos termos do disposto no Decreto nº 4.711, de 29 de maio de 2003, que trata da Coordenação do Sistema Nacional de Trânsito.

Considerando o que consta do Processo nº 80001.003544/2006-56;

Considerando o disposto no art. 99, do Código de Trânsito Brasileiro, que dispõe sobre peso e dimensões; e

Considerando a necessidade de estabelecer os limites de pesos e dimensões para a circulação de veículos, resolve:

Art. 1º As dimensões autorizadas para veículos, com ou sem carga, são as seguintes:

I – largura máxima: 2,60m;

II – altura máxima: 4,40m;

III – comprimento total:

a) veículos não-articulados: máximo de 14,00 metros;

b) veículos não-articulados de transporte coletivo urbano de passageiros que possuam 3º eixo de apoio direcional: máximo de 15 metros;

c) veículos articulados de transporte coletivo de passageiros: máximo 18,60 metros;

d) veículos articulados com duas unidades, do tipo caminhão-trator e semi-reboque: máximo de 18,60 metros;

e) veículos articulados com duas unidades do tipo caminhão ou ônibus e reboque: máximo de 19,80;

f) veículos articulados com mais de duas unidades: máximo de 19,80 metros.

§ 1º Os limites para o comprimento do balanço traseiro de veículos de transporte de passageiros e de cargas são os seguintes:

I – nos veículos não-articulados de transporte de carga, até 60 % (sessenta por cento) da distância entre os dois eixos, não podendo exceder a 3,50m (três metros e cinquenta centímetros);

II – nos veículos não-articulados de transporte de passageiros:

a) com motor traseiro: até 62% (sessenta e dois por cento) da distância entre eixos;

b) com motor central: até 66% (sessenta e seis por cento) da distância entre eixos;

c) com motor dianteiro: até 71% (setenta e um por cento) da distância entre eixos.

§ 2º À distância entre eixos, prevista no parágrafo anterior, será medida de centro a centro das rodas dos eixos dos extremos do veículo.

§ 3º O balanço dianteiro dos semi-reboques deve obedecer a NBR NM ISO 1726.

§ 4º Não é permitido o registro e licenciamento de veículos, cujas dimensões excedam às fixadas neste artigo, salvo nova configuração regulamentada pelo CONTRAN.

Art. 2º Os limites máximos de peso bruto total e peso bruto transmitido por eixo de veículo, nas superfícies das vias públicas, são os seguintes:

§1º – peso bruto total ou peso bruto total combinado, respeitando os limites da capacidade máxima de tração - CMT da unidade tratora determinada pelo fabricante:

a) peso bruto total para veículo não articulado: 29 t

b) veículos com reboque ou semi-reboque, exceto caminhões: 39,5 t;

c) peso bruto total combinado para combinações de veículos articulados com duas unidades, do tipo caminhão-trator e semi-reboque, e comprimento total inferior a 16 m: 45 t;

d) peso bruto total combinado para combinações de veículos articulados com duas unidades, do tipo caminhão-trator e semi-reboque com eixos em tandem triplo e comprimento total superior a 16 m: 48,5 t;

- e) peso bruto total combinado para combinações de veículos articulados com duas unidades, do tipo caminhão-trator e semi-reboque com eixos distanciados, e comprimento total igual ou superior a 16 m: 53 t;
- f) peso bruto total combinado para combinações de veículos com duas unidades, do tipo caminhão e reboque, e comprimento inferior a 17,50 m: 45 t;
- g) peso bruto total combinado para combinações de veículos articulados com duas unidades, do tipo caminhão e reboque, e comprimento igual ou superior a 17,50 m: 57 t;
- h) peso bruto total combinado para combinações de veículos articulados com mais de duas unidades e comprimento inferior a 17,50 m: 45 t;
- i) para a combinação de veículos de carga – CVC, com mais de duas unidades, incluída a unidade tratora, o peso bruto total poderá ser de até 57 toneladas, desde que cumpridos os seguintes requisitos:
- 1 – máximo de 7 (sete) eixos;
 - 2 – comprimento máximo de 19,80 metros e mínimo de 17,50 metros;
 - 3 – unidade tratora do tipo caminhão trator;
 - 4 – estar equipadas com sistema de freios conjugados entre si e com a unidade tratora atendendo ao estabelecido pelo CONTRAN;
 - 5 – o acoplamento dos veículos rebocados deverá ser do tipo automático conforme NBR 11410/11411 e estarem reforçados com correntes ou cabos de aço de segurança;
 - 6 – o acoplamento dos veículos articulados com pino-rei e quinta roda deverão obedecer ao disposto na NBR NM ISO337.
- §2º – peso bruto por eixo isolado de dois pneumáticos: 6 t;
- §3º – peso bruto por eixo isolado de quatro pneumáticos: 10 t;
- §4º – peso bruto por conjunto de dois eixos direcionais, com distância entre eixos de no mínimo 1,20 metros, dotados de dois pneumáticos cada: 12 t;
- §5º – peso bruto por conjunto de dois eixos em tandem, quando à distância entre os dois planos verticais, que contenham os centros das rodas, for superior a 1,20m e inferior ou igual a 2,40m: 17 t;
- §6º – peso bruto por conjunto de dois eixos não em tandem, quando à distância entre os dois planos verticais, que contenham os centros das rodas, for superior a 1,20m e inferior ou igual a 2,40m: 15 t;
- §7º – peso bruto por conjunto de três eixos em tandem, aplicável somente a

semi-reboque, quando à distância entre os três planos verticais, que contenham os centros das rodas, for superior a 1,20m e inferior ou igual a 2,40m: 25,5t;

§8º – peso bruto por conjunto de dois eixos, sendo um dotado de quatro pneumáticos e outro de dois pneumáticos interligados por suspensão especial, quando à distância entre os dois planos verticais que contenham os centros das rodas for:

a) inferior ou igual a 1,20m; 9 t;

b) superior a 1,20m e inferior ou igual a 2,40m: 13,5 t.

Art. 3º Os limites de peso bruto por eixo e por conjunto de eixos, estabelecidos no artigo anterior, só prevalecem se todos os pneumáticos, de um mesmo conjunto de eixos, forem da mesma rodagem e calçarem rodas no mesmo diâmetro.

Art. 4º Considerar-se-ão eixos em tandem dois ou mais eixos que constituam um conjunto integral de suspensão, podendo qualquer deles ser ou não motriz.

§1º Quando, em um conjunto de dois ou mais eixos, a distância entre os dois planos verticais paralelos, que contenham os centros das rodas for superior a 2,40m, cada eixo será considerado como se fosse distanciado.

§2º Em qualquer par de eixos ou conjunto de três eixos em tandem, com quatro pneumáticos em cada, com os respectivos limites legais de 17 t e 25,5t, a diferença de peso bruto total entre os eixos mais próximos não deverá exceder a 1.700kg.

Art. 5º Não será permitido registro e o licenciamento de veículos com peso excedente aos limites fixado nesta Resolução.

Art. 6º Os veículos de transporte coletivo com peso por eixo superior ao fixado nesta Resolução e licenciados antes de 13 de novembro de 1996, poderão circular até o término de sua vida útil, desde que respeitado o disposto no art. 100, do Código de Trânsito Brasileiro e observadas as condições do pavimento e das obras de arte.

Art. 7º Os veículos em circulação, com dimensões excedentes aos limites fixados no Art 1º, registrados e licenciados até 13 de novembro de 1996, poderão circular até seu sucateamento, mediante Autorização Específica e segundo os critérios abaixo:

I – para veículos que tenham como dimensões máximas, até 20,00 metros de comprimento; até 2,86 metros de largura, e até 4,40 metros de altura, será concedida Autorização Específica Definitiva, fornecida pela autoridade com circunscrição sobre a via, devidamente visada pelo proprietário do veículo ou seu representante credenciado, podendo circular durante as vinte e quatro horas do dia, com validade até o seu sucateamento, e que conterà os seguintes dados:

- a) nome e endereço do proprietário do veículo;
- b) cópia do Certificado de Registro e Licenciamento do Veículo – CRLV;
- c) desenho do veículo, suas dimensões e excessos.

II – para os veículos cujas dimensões excedam os limites previstos no inciso I poderá ser concedida Autorização Específica, fornecida pela autoridade com circunscrição sobre a via e considerando os limites dessa via, com validade máxima de um ano e de acordo com o licenciamento, renovada até o sucateamento do veículo e obedecendo aos seguintes parâmetros:

- a) volume de tráfego;
- b) traçado da via;
- c) projeto do conjunto veicular, indicando dimensão de largura, comprimento e altura, número de eixos, distância entre eles e pesos.

Art. 8º Para os veículos não-articulados registrados e licenciados até 13 de novembro de 1996, com balanço traseiro superior a 3,50 metros e limitado a 4,20 metros, respeitados os 60% da distância entre os eixos, será concedida Autorização Específica fornecida pela autoridade com circunscrição sobre a via, com validade máxima de um ano e de acordo com o licenciamento e renovada até o sucateamento do veículo.

Parágrafo único §1º A Autorização Específica de que trata este artigo, destinada aos veículos combinados, poderá ser concedida mesmo quando o caminhão trator tiver sido registrado e licenciado após 13 de novembro de 1996.

Art. 9º A partir de 180 dias da data de publicação desta resolução, os semi-reboques das combinações com um ou mais eixos distanciados contemplados na alínea “e” do parágrafo 1º do Art. 2º, somente poderão ser homologados e/ ou registrados se equipados com suspensão pneumática e eixo auto-direcional em pelo menos um dos eixos.

§ 1º - A existência da suspensão pneumática e do eixo auto-direcional deverá constar no campo das observações do Certificado de Registro (CRV) e do Certificado de Registro e Licenciamento (CRLV) do semi-reboque.

§ 2º Fica assegurado o direito de circulação até o sucateamento dos semi-reboques, desde que homologados e/ ou registrados até 180 dias da data de publicação desta Resolução, mesmo que não atendam as especificações do caput deste artigo.

Art.10 O disposto nesta Resolução não se aplica aos veículos especialmente projetados para o transporte de carga indivisível, conforme disposto no Art. 101 do Código de Trânsito Brasileiro – CTB.

Art.11 As Combinações de Veículos de Carga-CVC de 57t serão dotadas obrigatoriamente de tração dupla do tipo 6X4 (seis por quatro), a partir de 21 de outubro de 2010.

Parágrafo único: Fica assegurado o direito de circulação das Combinações de Veículos de Carga – CVC com mais de duas unidades, sete eixos e Peso Bruto Total Combinado – PBTC de no máximo 57 toneladas, equipadas com unidade tratora de tração simples, dotado de 3º eixo, desde que respeitados os limites regulamentares e registradas e licenciadas até 5 (cinco) anos contados a partir de 21/10/2005.

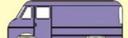
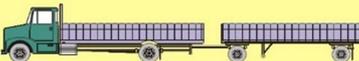
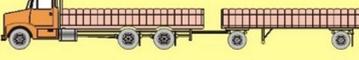
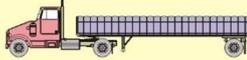
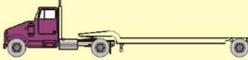
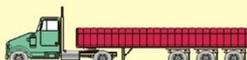
Art.12 O não cumprimento do disposto nesta Resolução implicará nas sanções previstas no art. 231 do Código de Trânsito Brasileiro, no que couber.

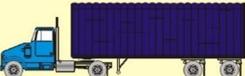
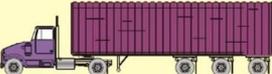
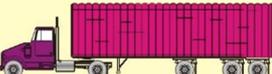
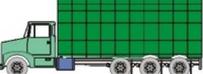
Art. 13 Esta Resolução entrará em vigor na data de sua publicação, produzindo efeito a partir de 01/01/2007.

Art. 14 Ficam revogadas, a partir de 01/01/2007, as Resoluções CONTRAN 12/98 e 163/04.

Alfredo Peres da Silva
Presidente

ANEXO B – VEÍCULOS ADOTADOS NA CLASSIFICAÇÃO DO DNIT

MODELO "I" - CLASSIFICAÇÃO DE VEÍCULOS PELA CONFIGURAÇÃO DOS EIXOS		
PASSEIO		UTILITÁRIOS    
ÔNIBUS	2C	
	COLETIVO URBANO 	COLETIVO INTERMUNICIPAL 
	3C - TRIBUS 	4CB 
CAMINHÃO	2C   	
	3C   	
REBOQUES	2C2 	
	2C3 	
	3C2 	
	3C3 	
SEMI-REBOQUES	2S1   	
	2S2   	
	2S3   	
	3S2   	
	3S3   	

MODELO " I (CONTINUAÇÃO) "			
CLASSIFICAÇÃO DE VEÍCULOS PELA CONFIGURAÇÃO DOS EIXOS			
SEMI-REBOQUES	BITREM 3S2S2		
	RODOTREM 3S2C4		
	TRITREM 3S2S2S2		
	2I2		EIXOS TRASEIROS DO SEMI-REBOQUE ISOLADOS
	2I3		EIXOS TRASEIROS DO SEMI-REBOQUE ISOLADOS
	2J3		EIXOS TRASEIROS DO SEMI-REBOQUE 1º ISOLADO/ 2º TANDEM DUPLO
	3I2		EIXOS TRASEIROS DO SEMI-REBOQUE ISOLADOS
	3I3		EIXOS TRASEIROS DO SEMI-REBOQUE ISOLADOS
	3J3		EIXOS TRASEIROS DO SEMI-REBOQUE 1º ISOLADO/ 2º TANDEM DUPLO
	3S1		EIXO TRASEIRO DO SEMI-REBOQUE ISOLADO
CAMINHÃO	4C		
	4CD		

APURAÇÃO DAS CONTAGENS VOLUMÉTRICAS E CLASSIFICATÓRIAS										CONSULTORA: ALUNOS FEAMIG																						
P- 1						Movimentos: 1 Matozinhos 3 Prudente de Morais 5 7										Folha: 4 / 4 24:00 horas																
Rodovia: MG-424					Trecho: MG-010/ENTRONCAMENTO BR-040 EM SETE LAGOAS																											
Subtrecho: PRUDENTE DE MORAIS / MATOZINHOS										Segmento:																						
Identificação da Interseção: Antigo Posto Fiscal da Receita Estadual																																
Localização: KM 42					Data: 17 / 1 / 2018					Cidade: PRUDENTE DE MORAIS																						
Movimento: DE			3			PRUDENTE DE MORAIS										PARA: 1			MATOZINHOS													
HORÁRIO		Met	Pass.	Unil.	Ônibus										CONFIGURAÇÃO DE BIXOS DOS VEÍCULOS DE CARGA										Total							
					Urb.	Inter.	Trib.	4DB	2C	3C	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	Bit.	Rod.	Trit.	2I2	2I3	3I2	3I3	2J3	3J3	4CD		
18:00	18:15	7	39	13	1				1	6				3		1	1															72
18:15	18:30	15	54	9	2				1	4				2				1													88	
18:30	18:45	8	34	5	1				2	7				3			2		1												63	
18:45	19:00	5	54	11						1				3		1															75	
19:00	19:15	10	50	10	1					2		1	4					1													79	
19:15	19:30	5	37	8	2					2			2					1													57	
19:30	19:45	4	35	11						1		1	3		1	1				1											58	
19:45	20:00	8	30	8						2			3			1															52	
20:00	20:15	3	18	8						2			3																	1	35	
20:15	20:30	4	26	8	3					1		1	8			1															52	
20:30	20:45	4	18	5						2																					29	
20:45	21:00	3	15	6	1								4			1		1													31	
21:00	21:15	4	20	1									2																		27	
21:15	21:30	2	34	7						1			3					1	1												49	
21:30	21:45	4	13	4						1			2																		24	
21:45	22:00	1	15	6						1	3		1																		27	
22:00	22:15	1	13	4									1																		19	
22:15	22:30	6	10	1						2			1																		20	
22:30	22:45	1	10	4	1																										16	
22:45	23:00	3	19	1	1					1			2																		27	
23:00	23:15	2	1							2	1																				6	
23:15	23:30		3	5									1																		9	
23:30	23:45	1	4	1									2					1													9	
23:45	24:00		6																												6	
Total:		501	2.243	791	66				101	262	6	23	270		20	53	8	11	8	1										47	4.411	

APÊNDICE B – TABULAÇÃO DA CONTAGEM 24 HORAS COM VHP E FHP

		CARROS DE PASSEIO E UTILITÁRIOS		ÔNIBUS	CAMINHÕES			SEMIRREBOQUE S					REBOQUE S				MOTOS	TOTAL	VHP	FHP	
HORA		P	U	Onibus	2C	3C	4C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	M	TOTAL			
0:00	0:15	8		1						1							2	12		76	
0:15	0:30	19		3		2				1							3	28		69	
0:30	0:45	26	3	3		2				1							8	45		56	
0:45	1:00	37	5	4		4				3	3						9	65		65	0,813
1:00	1:15	49	7	4		4				3	3						10	80		68	0,850
1:15	1:30	56	12	4		6				3	4						11	96		68	0,850
1:30	1:45	59	13	5		6				3	5						11	102		57	0,713
1:45	2:00	61	14	5		6				3	5						11	105		40	0,625
2:00	2:15	63	15	5		7				3	5						12	110		30	0,469
2:15	2:30	66	16	6		7				3	5						12	115		19	0,792
2:30	2:45	69	16	6		7				3	5						13	119		17	0,850
2:45	3:00	71	16	6		8				3	7						14	125		20	0,833
3:00	3:15	73	16	6		9				4	9						16	133		23	0,719
3:15	3:30	75	16	7		9				4	11		1				16	139		24	0,750
3:30	3:45	77	18	7		12				4	12		1				17	148		29	0,806
3:45	4:00	80	20	7	1	14				5	16		2				17	162		37	0,661
4:00	4:15	86	22	7	1	18				5	18		2				17	176		43	0,768
4:15	4:30	90	26	8	2	21				5	19		2				17	190		51	0,911
4:30	4:45	96	29	10	2	23				5	20		2	1			20	208		60	0,833
4:45	5:00	109	35	11	3	26				5	20		3	1			21	234		72	0,692
5:00	5:15	117	39	12	3	27	1			6	26		4	1			22	258		82	0,788
5:15	5:30	133	43	13	3	30	1			6	29		4	1			28	291		101	0,765
5:30	5:45	157	50	15	5	36	2	1	7	33	1	5	2				36	350		142	0,602
5:45	6:00	188	54	17	6	40	2	1	8	36	1	6	3	1			52	415		181	0,696
6:00	6:15	227	62	20	7	43	2	2	10	41	1	7	3	1			57	483		225	0,827
6:15	6:30	281	78	23	12	52	2	3	12	46	1	8	3	1			70	592		301	0,690
6:30	6:45	347	98	28	15	66	5	3	14	51	3	11	3	1			99	744		394	0,648
6:45	7:00	388	109	28	15	68	6	3	16	53	3	12	3	1			106	811		396	0,651
7:00	7:15	439	117	32	17	73	6	3	17	56	3	13	3	1			121	901		413	0,688
7:15	7:30	504	140	33	19	79	6	3	18	60	4	15	3	1			144	1029		437	0,719
7:30	7:45	589	168	37	21	84	6	4	21	65	6	16	3	1			156	1177		433	0,731
7:45	8:00	696	205	38	25	99	11	4	22	72	7	19	3	1			183	1385		574	0,690
8:00	8:15	790	244	41	32	112	15	4	24	76	9	21	4	1			197	1570		669	0,804
8:15	8:30	829	267	45	34	119	15	5	26	83	10	23	4	1			203	1664		635	0,763
8:30	8:45	884	288	45	38	133	19	5	28	91	11	26	4	1			217	1790		613	0,737
8:45	9:00	948	313	48	39	139	22	6	29	96	12	28	4	1			230	1915		530	0,716
9:00	9:15	1005	349	50	41	146	23	7	29	108	13	31	5	1			238	2046		476	0,908
9:15	9:30	1080	376	52	44	152	25	7	31	118	15	33	5	1			249	2188		524	0,923
9:30	9:45	1138	392	53	47	160	28	7	31	126	16	34	5	1			262	2300		510	0,898
9:45	10:00	1201	418	55	51	175	34	7	32	135	17	35	7	2	2		271	2442		527	0,928
10:00	10:15	1256	441	56	52	180	35	7	34	146	18	37	8	2	3		287	2562		516	0,908
10:15	10:30	1300	471	56	55	191	39	7	34	152	18	37	8	3	3		299	2673		485	0,854
10:30	10:45	1389	508	57	56	200	43	7	35	170	20	41	8	4	4		320	2862		562	0,743
10:45	11:00	1456	533	60	59	210	46	8	35	177	21	43	8	4	4		334	2998		556	0,735
11:00	11:15	1514	568	64	62	222	50	8	35	184	21	43	9	4	4		344	3132		570	0,754
11:15	11:30	1572	590	66	65	232	55	8	35	195	24	45	9	5	4		367	3262		589	0,779
11:30	11:45	1627	625	66	70	241	55	8	37	204	25	46	9	5	4		366	3388		526	0,967
11:45	12:00	1689	652	67	73	250	55	9	37	214	27	50	10	5	4		379	3521		523	0,976
12:00	12:15	1743	668	70	76	258	55	9	37	220	27	51	10	5	5	1	389	3624		492	0,925
12:15	12:30	1809	699	70	78	266	58	9	37	225	27	52	10	5	5	1	411	3762		500	0,906
12:30	12:45	1876	723	72	80	274	61	9	37	231	27	54	11	6	5	1	425	3892		504	0,913
12:45	13:00	1937	754	72	82	280	61	9	37	235	29	54	11	6	7	1	442	4017		496	0,899
13:00	13:15	2002	780	73	85	290	65	9	37	240	30	54	11	6	7	1	452	4142		518	0,938
13:15	13:30	2067	805	74	88	299	67	10	37	249	31	57	11	7	7	1	466	4276		514	0,959
13:30	13:45	2124	829	76	91	308	69	11	37	255	34	57	11	7	7	2	479	4397		505	0,942
13:45	14:00	2177	860	78	97	323	73	11	38	259	36	57	11	7	7	2	500	4536		519	0,933
14:00	14:15	2226	883	80	101	334	74	11	38	264	37	57	11	7	7	2	507	4639		497	0,894
14:15	14:30	2281	917	81	104	346	74	11	39	272	40	62	11	7	7	2	519	4773		497	0,894
14:30	14:45	2338	937	84	108	357	74	11	39	280	41	64	11	7	7	2	535	4895		498	0,896
14:45	15:00	2406	963	85	114	369	76	11	39	290	42	67	12	7	7	2	556	5046		510	0,844
15:00	15:15	2470	999	88	119	377	77	12	40	299	44	69	12	7	7	2	570	5192		553	0,916
15:15	15:30	2537	1017	89	123	391	81	12	42	309	46	72	12	7	7	2	585	5332		559	0,925
15:30	15:45	2602	1043	91	124	396	81	12	42	317	46	73	12	7	7	2	600	5455		560	0,927
15:45	16:00	2675	1078	92	129	410	81	12	43	326	47	76	12	7	7	2	608	5605		559	0,932
16:00	16:15	2749	1108	94	130	418	82	12	44	333	48	78	12	7	7	2	626	5750		558	0,930
16:15	16:30	2850	1147	94	132	427	86	13	44	345	49	82	12	7	7	2	638	5935		603	0,815
16:30	16:45	2897	1167	98	135	437	88	13	44	352	49	84	12	7	7	2	649	6041		586	0,792
16:45	17:00	3003	1208	101	137	445	89	13	44	362	51	87	13	7	7	2	672	6241		636	0,795
17:00	17:15	3089	1236	105	142	454	89	13	45	369	53	87	13	7	7	2	686	6397		647	0,809
17:15	17:30	3186	1275	106	150	470	91	13	46	374	53	87	13	7	7	2	707	6587		652	0,815
17:30	17:45	3275	1303	108	156	480	91	13	47	380	53	88	13	7	7	2	735	6758		717	0,896
17:45	18:00	3399	1337	110	160	491	91	13	48	386	54	91	13	7	7	2	763	6972		731	0,854
18:00	18:15	3468	1364	113	162	501	91	13	48	392	55	92	15	8	7	2	786	7117		720	0,841
18:15	18:30	3591	1384	117	163	505	92	13	48	398	56	92	15	9	7	2	811	7303		716	0,836
18:30	18:45	3671	1396	119	166	516	92	13	48	402	56	94	16	10	7	2	828	7436		678	0,792
18:45	19:00	3765	1416	120	167	523	94	13	48	407	57	94	17	11	7	2	842	7583		611	0,821
19:00	19:																				

APÊNDICE C – LEI DA BALANÇA (CARREGAMENTO POR EIXO DE VEÍCULO)

Veículo Tipo	ESTADO DE MINAS GERAIS - DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGEM - DER/IMG																									
	DIRETORIA DE PROJETOS / DP - GERÊNCIA DE PROJETOS / GPR - COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO / CET																									
	ET-FVLB-01 - CARREGAMENTO DE EIXO ADOPTADO PARA O CÁLCULO DOS FATORES DE VEÍCULOS INDIVIDUAIS - F.VI (CARREGAMENTO MÁXIMO PERMITIDO PELA LEI DA BALANÇA)																									
1º Eixo	Máx.	5% PBT	7,5% PBT	Vazio	Máx.	5% PBT	7,5% PBT	Vazio	2º Eixo			Vazio	Máx.	5% PBT	7,5% PBT	Vazio	Máx.	5% PBT	7,5% PBT	Vazio	Máx.	5% PBT	7,5% PBT	Vazio		
									Máx.	5% PBT	7,5% PBT														Máx.	5% PBT
Ônibus (2C)	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	2.100	10.000	10.000	10.750	3.200	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.450	8.200				17.000	17.000	18.450	8.200			
	Eixo Duplo Rodagem Simples/Dupla Especial	6.000	6.000	6.000	2.100	10.000	10.000	10.750	3.200	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.450	8.200	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	18.450	8.200	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
Tribus (3C)	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	2.100	13.500	13.500	14.475	3.200	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.450	8.200				17.000	17.000	18.450	8.200			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	1.750	6.000	6.000	6.000	1.750	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.450	8.200	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	18.450	8.200	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
2C	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.300	10.000	10.000	10.750	6.900	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.450	8.200				17.000	17.000	18.450	8.200			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.100	17.000	17.000	18.150	8.200	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.450	8.200	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	18.450	8.200	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
3C	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	1.750	6.000	6.000	6.000	1.750	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.450	8.200				17.000	17.000	18.450	8.200			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.300	10.000	10.000	10.750	4.700	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.450	8.200	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	18.450	8.200	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
2S2	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	4.400	10.000	10.000	10.375	5.200	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300				17.000	17.000	18.275	5.300			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	4.400	10.000	10.000	10.162	4.800	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
2S3	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	4.400	10.000	10.000	10.162	4.800	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300				17.000	17.000	18.275	5.300			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	4.600	17.000	17.000	18.275	7.200	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
3S1	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	4.600	17.000	17.000	18.275	7.200	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300				17.000	17.000	18.275	5.300			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	4.800	17.000	17.000	18.275	7.200	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
3S2	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	4.800	17.000	17.000	18.275	7.200	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300				17.000	17.000	18.275	5.300			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	4.900	17.000	17.000	18.275	7.200	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
3S3 (*)	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	4.900	17.000	17.000	18.275	7.200	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300				17.000	17.000	18.275	5.300			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.000	10.000	10.000	10.750	2.000	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
2C2	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.000	10.000	10.000	10.750	2.000	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300				17.000	17.000	18.275	5.300			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.000	10.000	10.000	10.125	4.500	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
2C3	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.000	10.000	10.000	10.125	4.500	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300				17.000	17.000	18.275	5.300			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	2.600	17.000	17.000	18.275	5.700	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
3C2	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	2.600	17.000	17.000	18.275	5.700	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300				17.000	17.000	18.275	5.300			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	2.600	17.000	17.000	16.000	5.700	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	16.000	5.700	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	16.000	5.700	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
3C3 (*)	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	2.600	17.000	17.000	16.000	5.700	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	16.000	5.700				17.000	17.000	16.000	5.700			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.300	10.000	10.000	10.750	6.900	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
2I2	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.300	10.000	10.000	10.750	6.900	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300				17.000	17.000	18.275	5.300			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.300	10.000	10.000	10.125	4.500	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
2I3 (*)	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.300	10.000	10.000	10.125	4.500	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300				17.000	17.000	18.275	5.300			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.100	17.000	17.000	18.150	8.200	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.450	8.200	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	18.450	8.200	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
3I2	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.100	17.000	17.000	18.275	8.200	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300				17.000	17.000	18.275	5.300			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.100	17.000	17.000	15.750	8.200	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	15.750	8.200	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	15.750	8.200	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
3I3 (*)	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.100	17.000	17.000	15.750	8.200	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	15.750	8.200				17.000	17.000	15.750	8.200			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.300	10.000	10.000	10.125	6.900	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
3I3 (*)	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.100	17.000	17.000	16.000	5.700	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	16.000	5.700				17.000	17.000	16.000	5.700			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.100	17.000	17.000	16.000	5.700	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	16.000	5.700	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	16.000	5.700	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
3S2S2	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.100	17.000	17.000	16.000	5.700	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	16.000	5.700				17.000	17.000	16.000	5.700			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.100	17.000	17.000	16.000	5.700	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	16.000	5.700	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	16.000	5.700	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
3S2S2 3S2	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	3.100	17.000	17.000	16.000	5.700	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	16.000	5.700				17.000	17.000	16.000	5.700			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	4.800	17.000	17.000	17.300	7.400	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
3S2C4	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	4.800	17.000	17.000	18.275	7.600	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300				17.000	17.000	18.275	5.300			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	4.800	17.000	17.000	18.275	7.600	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	18.275	5.300	Eixo Simples de Rodagem Dupla		
Tritrem	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	4.800	17.000	17.000	18.275	7.000	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	4.800				17.000	17.000	18.275	4.800			
	Eixo Simples de Rodagem Simples	6.000	6.000	6.000	4.800	17.000	17.000	18.275	7.000	Eixo Tandem Duplo			17.000	17.000	18.275	4.800	Eixo Simples de Rodagem Dupla			17.000	17.000	18.275	4.800	Eixo Simples de Rodagem Dupla		

Observações
 (*) Os veículos assim identificados excedem o limite máximo de 4,8t permitido para o PBTC e sofreram uma redistribuição das suas cargas por eixo visando a adequação ao limite permitido.
 5% PBT = Carregamento Máximo permitido pela Lei da Balança, aplicando-se a bifurcação de 5,00% do "PBT" apenas para os veículos "3S3", "3C3", "2I3", "3I3" e "3J3" que excedem o limite legal de 4,8t e, 7,5% Eixo = Carregamento Máximo permitido pela Lei da Balança, aplicando-se a tolerância de 7,50% por eixo, obedecendo-se ao limite de 5,00% do "PBT".

APÊNDICE D – BASE DE CÁLCULO DE FATOR DE VEÍCULOS INDIVIDUAL (FVI)

VEICULO TIPO		CONDICÃO: VEÍCULOS CARRREGADOS					CONDICÃO: VEÍCULOS CARRREGADOS					CONDICÃO: VEÍCULOS CARRREGADOS				
		1º Exo	2º Exo	3º Exo	4º Exo	5º Exo	1º Exo	2º Exo	3º Exo	4º Exo	5º Exo	1º Exo	2º Exo	3º Exo	4º Exo	5º Exo
Ônibus (PC)	SRS	6.000	SRD	10.000			0,278	3,289				0,327	2,394			2,722
Ônibus (PC)	SRS	6.000	ESE	13.500			0,278	2,415				0,327	0,632			0,960
Ônibus (HDB)	SRS	6.000	SRD	6.000	TD	17.000	0,278	0,278	8,549			0,327	0,327	1,642		2,297
2C	SRS	6.000	SRD	10.000			0,278	3,289				0,327	2,394			2,722
3C	SRS	6.000	TD	17.000			0,278	8,549				0,327	1,642			1,970
4CD	SRS	6.000	SRS	6.000	TD	17.000	0,278	0,278	8,549			0,327	0,327	1,642		2,297
2S1	SRS	6.000	SRD	10.000			0,278	3,289	3,289			0,327	2,394	2,394		5,116
2S2	SRS	6.000	SRD	10.000	TD	17.000	0,278	3,289	8,549			0,327	2,394	1,642		4,964
2S3	SRS	6.000	SRD	10.000	TT	25.500	0,278	3,289	9,288			0,327	2,394	1,642		4,282
3S1	SRS	6.000	TD	17.000	SRD	10.000	0,278	8,549	3,289			0,327	1,642	2,394		4,964
3S2	SRS	6.000	TD	17.000	TD	17.000	0,278	8,549	8,549			0,327	1,642	1,642		3,612
3S3	SRS	6.000	TD	16.800	TT	24.750	0,278	7,258	7,883			0,327	1,451	1,375		3,154
2C2	SRS	6.000	SRD	10.000	SRD	10.000	0,278	3,289	3,289	3,289		0,327	2,394	2,394	2,394	7,511
2C3	SRS	6.000	SRD	10.000	SRD	10.000	0,278	3,289	3,289	8,549		0,327	2,394	2,394	1,642	6,759
3C2	SRS	6.000	TD	17.000	SRD	10.000	0,278	8,549	3,289	3,289		0,327	1,642	2,394	2,394	6,759
3C3	SRS	6.000	TD	16.000	TD	16.000	0,278	6,131	2,020	6,131		0,327	1,278	1,710	1,278	4,593
2I2	SRS	6.000	SRD	10.000	SRD	10.000	0,278	3,289	3,289	3,289		0,327	2,394	2,394	2,394	7,511
2I3	SRS	6.000	SRD	10.312	SRD	10.312	0,278	3,986	3,986	3,986		0,327	2,734	2,734	2,734	11,267
3I2	SRS	6.000	TD	17.000	SRD	10.000	0,278	8,549	3,289	3,289		0,327	1,642	2,394	2,394	6,759
3I3	SRS	6.000	TD	15,750	SRD	8,500	0,278	5,624	1,190	1,190	1,190	0,327	1,197	1,197	1,197	5,084
2I3	SRS	6.000	SRD	10.000	SRD	10.000	0,278	3,289	3,289	8,549		0,327	2,394	2,394	1,642	6,759
3I3	SRS	6.000	TD	16.000	TD	16.000	0,278	6,131	2,020	6,131		0,327	1,278	1,710	1,278	4,593
3S2S2	SRS	6.000	TD	17.000	TD	17.000	0,278	8,549	8,549	8,549		0,327	1,642	1,642	1,642	5,255
3S2C4	SRS	6.000	TD	17.000	TD	17.000	0,278	8,549	8,549	8,549		0,327	1,642	1,642	1,642	6,897
3S2S2S2	SRS	6.000	TD	17.000	TD	17.000	0,278	8,549	8,549	8,549		0,327	1,642	1,642	1,642	6,897



ESTADO DE MINAS GERAIS - DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGEM - DER/MG
 DIRETORIA DE PROJETOS / DP - GERÊNCIA DE PROJETOS / GPR - COORDENAÇÃO DE DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO / CET
 ET-FVLB-02 - CÁLCULO DOS FATORES DE VEÍCULOS INDIVIDUAIS - METODOLOGIAS DA "USACE" E "AA SHTO"

CARRÉGAMENTO MÁXIMO PERMITIDO PELA LEI DA BALANÇA C/ TOLERÂNCIA DE 5,00% "PBT"
 "33" E "3J3" QUE EXCEDEM O LIMITE LEGAL DE 45t

CARRÉGAMENTO MÁXIMO PERMITIDO PELA LEI DA BALANÇA C/ TOLERÂNCIA DE 5,00% "PBT"
 "33" E "3J3" QUE EXCEDEM O LIMITE LEGAL DE 45t

APÊNDICE E – CÁLCULO DE FATORES DE VEÍCULOS (FVI)

	ESTADO DE MINAS GERAIS - DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGEM - DER/MG					
	DIRETORIA DE PROJETOS / DP - GERÊNCIA DE PROJETOS / GPR - COORDENAÇÃO DE DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO / CET					
QUADRO Nº	2	- CÁLCULO DOS FATORES DE VEÍCULO - FV			CÓDIGO DO CRITÉRIO AD	5
RODOVIA: MG 424		TRECHO: MG-010/ENTRONCAMENTO BR-040 EM SETE LAGOAS				
SUBTRECHO: MATOZINHOS/PRUDENTE DE MORAIS						
SEGMENTO:			COORDENADORIA REGIONAL: 1º CRG BELO HORIZONTE			
CARREGAMENTO: 100% DOS LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PELA LEI DA BALANÇA, APLICANDO-SE A TOLERÂNCIA DE 5,00% DO "PBT" APENAS PARA OS VEÍCULOS "3S3", "3C3", "2I3", "3I3" E "3J3" QUE EXCEDEM O LIMITE LEGAL DE 45t						
Veículos-tipo	VMDAT _{comercial}		FATOR DE VEÍCULO "USACE"		FATOR DE VEÍCULO "AASHTO"	
	Vol.	(%)	FV _i	$VMDAT_{ci} \times FV_i / \sum VMDAT_{ci}$	FV _i	$VMDAT_{ci} \times FV_i / \sum VMDAT_{ci}$
Ônibus (2CB)	139	7,92	3,567	0,283	2,722	0,216
Tribus (3CB)			2,693		0,960	
Ônibus (4DB)			9,105		2,297	
2C	184	10,49	3,567	0,374	2,722	0,286
3C	574	32,73	8,827	2,889	1,970	0,645
4CD	96	5,47	9,105	0,498	2,297	0,126
2S1	13	0,74	6,857	0,051	5,116	0,038
2S2	51	2,91	12,116	0,352	4,364	0,127
2S3	476	27,14	12,855	3,489	4,282	1,162
3S1			12,116		4,364	
3S2	67	3,82	17,376	0,664	3,612	0,138
3S3	100	5,70	15,399	0,878	3,154	0,180
2C2	25	1,43	10,146	0,145	7,511	0,107
2C3	17	0,97	15,406	0,149	6,759	0,066
3C2	10	0,57	15,406	0,088	6,759	0,039
3C3	2	0,11	14,560	0,017	4,593	0,005
2I2			10,146		7,511	
2I3			16,228		11,267	
3I2			15,406		6,759	
3I3			9,473		5,084	
2J3			15,406		6,759	
3J3			14,560		4,593	
3S2S2			25,924		5,255	
3S2C4			34,473		6,897	
3S2S2S2			34,473		6,897	
Total	1.754	100,00	*****	FV_{USACE} = 9,876	*****	FV_{AASHTO} = 3,133

APÊNDICE F – DETERMINAÇÃO DO NÚMERO N (HORIZONTE PARA 10 ANOS)

		ESTADO DE MINAS GERAIS - DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGEM - DER/MG									
		DIRETORIA DE PROJETOS / DP - GERÊNCIA DE PROJETOS / GPR - COORDENAÇÃO DE DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO / CET									
		QUADRO Nº 3 - PROJEÇÃO DO VMDAT E DO NÚMERO N									
RODOVIA: MG 424		TRECHO: MG-010/ENTRONCAMENTO BR-040 EM SETE LAGOAS									
		SUBTRECHO: MATOZINHOS/PRUDENTE DE MORAIS									
SEGMENTO:		COORDENADORIA REGIONAL: 1º CRG BELO HORIZONTE									
		CARREGAMENTO: 100% DOS LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PELA LEI DA BALANÇA, APLICANDO-SE A TOLERÂNCIA DE 5,00% DO "PBT" APENAS PARA OS VEÍCULOS "3S3", "3C3", "2I3", "3I3" E "3J3" QUE EXCEDEM O LIMITE LEGAL DE 45t									
Ano		Volumes de Tráfego (VMDAT)					Valores do Número N				Observações
		Veículos-tipo				Total	USACE		AASHTO		
		Moto	Passeio	Coletivo	Carga			Ano a ano	Acumulado	Ano a ano	Acumulado
2018	1º	961	6.139	139	1.615	8.854	3,16E+06	3,16E+06	1,00E+06	1,00E+06	Abertura
2019	2º	990	6.323	143	1.663	9.120	3,26E+06	6,42E+06	1,03E+06	2,04E+06	-
2020	3º	1.020	6.513	147	1.713	9.393	3,35E+06	9,77E+06	1,06E+06	3,10E+06	-
2021	4º	1.050	6.708	152	1.765	9.675	3,45E+06	1,32E+07	1,10E+06	4,20E+06	-
2022	5º	1.082	6.909	156	1.818	9.965	3,56E+06	1,68E+07	1,13E+06	5,32E+06	-
2023	6º	1.114	7.117	161	1.872	10.264	3,66E+06	2,04E+07	1,16E+06	6,49E+06	-
2024	7º	1.147	7.330	166	1.928	10.572	3,77E+06	2,42E+07	1,20E+06	7,68E+06	-
2025	8º	1.182	7.550	171	1.986	10.889	3,89E+06	2,81E+07	1,23E+06	8,92E+06	-
2026	9º	1.217	7.777	176	2.046	11.216	4,00E+06	3,21E+07	1,27E+06	1,02E+07	-
2027	10º	1.254	8.010	181	2.107	11.552	4,12E+06	3,62E+07	1,31E+06	1,15E+07	10º Ano
Composição Percentual do Tráfego: 2018				Parâmetros Adotados no Cálculo do Número de Operações do Eixo-padrão de 8,2 t - Número N							
Moto	Passeio	Coletivo	Carga	Fatores de Veículo - FV				Fator Climático		Fator de Pista	
10,85	69,34	1,57	18,24	FV _{USACE}		FV _{AASHTO}		FR		FP	
Taxas de Crescimento do Tráfego (%)				9,876		3,133		1,000		0,500	
Moto	Passeio	Coletivo	Carga	Ano Inicial para o Cálculo do Número N						2018	
3,00	3,00	3,00	3,00	Período de Projeto para o Cálculo do Número N - P (anos)						10	

APENDICE G – ARTIGO



ISSN: 2238-3220

ANÁLISE DO VOLUME MÉDIO DIÁRIO ANUAL DO TRÁFEGO (VMDAT) COMO PARÂMETRO NO DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO DA RODOVIA MG-424

ANALYSIS OF THE AVERAGE DAILY TRAFFIC VOLUME (VMDAT) AS A PARAMETER IN THE DIMENSIONING OF THE MG-424 ROAD PAVEMENT

RESUMO

O Brasil passou por um grande crescimento econômico entre 2008 e 2013, o que refletiu no desenvolvimento do vetor norte de Belo Horizonte/MG. Esse avanço proporcionou um considerável aumento no tráfego de carga da rodovia MG-424. Como o projeto de aumento de capacidade do trecho entre Matozinhos e Prudente de Moraes é de 2008 e há uma iminência do início das obras, este trabalho tem por objetivo realizar uma análise do tráfego e comparar com o projeto já existente. Para isso, foi necessária uma pesquisa de campo no trecho do estudo para coletar os dados necessários. Dessa forma, conclui-se que o aumento da frota e o crescimento econômico no Brasil influenciou diretamente no aumento do tráfego no trecho do estudo e por isso, o projeto deverá ser atualizado ou deverá passar por constantes manutenções.

Palavras-chave: desenvolvimento; tráfego; capacidade; análise do tráfego; pesquisa de campo.

ABSTRACT

Brazil underwent a great economic growth between 2008 and 2013, which reflected in the development of the north vector of Belo Horizonte / MG. This advance provided a considerable increase in freight traffic on the MG-424 highway. As the project to increase capacity of the stretch between Matozinhos and Prudente de Moraes is 2008 and there is an imminence of the beginning of the works, this work aims to perform a traffic analysis and compare with the existing project. For this, a field survey was necessary in the study section to collect the necessary data. Thus, it is concluded that the increase of the fleet and economic growth in Brazil directly influenced the increase of traffic in the study stretch and therefore, the project must be updated or it must undergo constant maintenance.

Keywords: development; traffic; capacity; traffic analysis; field research.

Correspondência/Contato

Faculdade de Engenharia de Minas Gerais
FEAMIG

Rua Gastão Braulio dos Santos, 837
CEP 30510-120
Fone (31) 3372-3703
parametrica@feamig.br
<http://www.feamig.br/revista>

Editores responsáveis

Wilson José Vieira da Costa
wilsoncosta@feamig.br

Raquel Ferreira de Souza
raquel.ferreira@feamig.br

1 INTRODUÇÃO

Dimensionar um pavimento ou dar manutenção a este não tem sido uma tarefa fácil, pois o tráfego nas rodovias brasileiras aumentou significativamente nos últimos anos e as projeções ainda indicam crescimento. Consequentemente, são necessários estudos prévios de volume de tráfego e composição de frota.

Para projetar o dimensionamento de um pavimento, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) preconiza o estudo classificatório do tráfego que atua sobre ele, considerando pesquisas e contagem do volume médio de tráfego diário. Nesse sentido, de posse das informações, pode-se calcular o número "N", parâmetro de dimensionamento do pavimento, aplicando-se os métodos do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE) e da Associação Norte-Americana de Especialistas Rodoviários e de Transporte (AASHTO).

O número N é definido pelo número de repetições de um eixo-padrão, durante o período de vida útil do projeto, que teria o mesmo efeito que o tráfego previsto sobre a estrutura do pavimento. Além do fator crescimento de tráfego, especificamente, também pode-se atribuir peso no estudo futuro, os dados socioeconômicos das cidades próximas às áreas de estudo, evolução demográfica, renda per capita e atividades industriais e comerciais da região, dentre outros (DNIT, 2006).

Com o aquecimento econômico que ocorreu entre 2008 e 2013, o Governo do Estado de Minas Gerais investiu no aumento da capacidade das vias da cidade de Belo Horizonte, visto que é uma posição estratégica para atração de investimentos. Um exemplo dessas melhorias foi a duplicação da Avenida Presidente Antônio Carlos e a Linha Verde (Avenida Cristiano Machado, MG-010 e LMG-800). Esses investimentos fazem parte do plano de desenvolvimento do Vetor Norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

A continuação desta reestruturação viária se faz necessária, pois o objetivo é fomentar a criação de um parque industrial de alta tecnologia no entorno do Aeroporto Internacional Tancredo Neves em Confins, com captação de investimentos de empresas nacionais e internacionais (Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico de MG, 2011). Para tal, o governo visa reestruturar a MG-424 que serve de escoamento de produtos e atração de serviços para a região.

O primeiro projeto executivo de reestruturação da rodovia MG-424 foi realizado em 2008, mas problemas com definição de como as obras seriam executadas, inviabilizou seu início. Este fato prolongou-se até o ano de 2013, quando foi feita uma atualização do projeto original, pois seu dimensionamento tornou-se defasado.

Passados cinco anos desde a última revisão do projeto, faz-se necessário a análise do atual volume de tráfego da rodovia, classificando cada tipo de veículo a fim de determinar o volume médio diário anual de tráfego (VMDAT) e, conseqüentemente, poder confirmar se o projeto de 2013 ainda pode ser executado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1.1. Contagem Volumétrica

Segundo Balbo (2007), a melhor maneira de quantificar os volumes que circulam nas vias são as contagens em campo. Balbo ainda ressalta que, as contagens são muito empregadas quando se projetam duplicações, melhoramentos, restauração de pavimentos.

Conforme o DNIT (2006), uma contagem global não leva em conta o sentido de circulação de uma via e sim o registro do número de veículos que por ali circulam. O DNIT ainda salienta que esse tipo de contagem serve para o emprego de cálculo de volume diário, preparação de mapas de fluxo e tendências de tráfego.

Na contagem volumétrica direcional, o DNIT (2006) evoca a necessidade de separar o registro da contagem pelo sentido do fluxo. O objetivo nesse tipo de contagem é a determinação de intervalo de sinais, justificação de controle de trânsito, previsão de faixas adicionais em rampas ascendentes.

Segundo o DNIT (2006), as contagens volumétricas classificatórias são as empregadas para fins de dimensionamento estrutural e o projeto geométrico de rodovias serve de determinantes de fatores para correções de contagens mecânicas.

De acordo com o DEER/MG (2013), a contagem de veículos pela configuração por eixos não poderá ser feita em semanas com feriados, dias santos ou datas específicas que alterem substancialmente o volume de tráfego normal da rodovia. O DEER/MG também

indica que para o estudo de campo deverão ser usadas planilhas padronizadas pelos órgãos rodoviários.

2.2. Veículos Representativos em Pesquisas de Tráfego

Macedo et al. (2001) indica que os pavimentos possuem limitações de suporte aos esforços que os veículos lhe transferem e esses limites, quando vencidos a resistência do pavimento, fadgam a rolagem, causando rugas, fissuras ou rupturas. Macedo et al. (2001) ainda salienta que os veículos com excesso de peso ficam excessivamente lentos, atrapalhando o fluxo dos demais automotores, resultando em acidentes de consequências mais graves.

O CONTRAN (2006) em sua resolução nº 210, estabelece os limites de dimensão para cada veículo que transita pelas rodovias, sendo largura máxima de 2,60 metros, altura máxima de 4,40 metros, comprimento total máximo de 14 metros para veículos não articulados e 19,80 metros para articulados. A resolução nº 210 ainda estabelece os limites de peso, na qual o peso bruto total máximo é de 29 toneladas para veículos não articulados e até 57 toneladas para veículos articulados combinados.

O CONTRAN (2014) em sua resolução nº 489, estabelece as tolerâncias quanto aos limites de carga, sendo 5% sobre o peso bruto total (PBT), peso bruto total combinado (PBTC) e a capacidade máxima de tração (CMT). O CONTRAN ainda tolera 7,5% sobre os limites de peso regulamentar por eixo para os veículos que excederam os primeiros 5% e 10% sobre os limites de peso regulamentar para os veículos que não excederam os primeiros 5%.

De acordo com o DNIT (2006), é fundamental conhecer a quantidade e as características dos veículos circulantes para realizar estudos econômicos, determinar características geométricas da rodovia, dimensionar os pavimentos e os níveis de serviços, além de ajudar fixar valores de pedágio em trechos sob concessão à iniciativa privada.

De acordo com o DENATRAN (2018), a frota de veículos automotores cresceu 93,52% entre janeiro de 2008 e janeiro de 2018, dados estes, apresentados na tabela 01. Foram contabilizadas aproximadamente 94,4 milhões de unidades circulantes, entre automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus. Quando falamos em motocicletas, registrou-se também, mais de 25,8 milhões de unidades em 2018, e essa quantidade representou um acréscimo de 130% em dez anos. Quando se avalia os dados anexando os automóveis e as

motocicletas, percebe-se que juntos, são mais de 78 milhões de unidades, representando, praticamente, 91% de toda a frota circulante no país.

O DNIT (2006) salienta que o principal objetivo de uma contagem volumétrica é a determinação da quantidade, sentido e composição do fluxo que passam por um ponto de um sistema viário, numa determinada unidade de tempo. O DNIT ainda indica que há dois tipos de locais para realização de contagens: entre interseções e nas interseções. Entre as interseções, o objetivo é identificar o fluxo de uma via; e nas interseções é levantar o fluxo das vias que se interceptam e de seus ramos de ligação.

2.3. Características do tráfego

Conforme o DNIT (2006), é necessário analisar os elementos fundamentais dos aspectos dinâmicos do tráfego, que são: o volume, a velocidade e a densidade. Estes elementos permitem a avaliação global da fluidez do movimento geral dos veículos.2.3.1.

De acordo com o DNIT (2006), o volume de tráfego em geral é definido pelo número de veículos que passam numa seção ou numa faixa da mesma, em um determinado período de tempo, sendo expresso normalmente por veículo por dia (VPD) ou veículo por hora (VPH).

Balbo (2007) salienta que é pelo volume médio diário, que se define o volume total de veículos que trafegam por um seguimento completo da via, sem descartar os veículos leves (os mesmos são desprezados para dimensionamento de pavimentos). Balbo também indica que o VMD reúne todos os veículos nos dois sentidos da via, que são exigidos para análise do pavimento.

Segundo Balbo (2007), o VMD é obtido com base no cálculo de 365 dias para abranger as condições de sazonalidade semanais ou mensais do tráfego na respectiva seção da via, incluindo os veículos de passeio, os ônibus e os caminhões (leves, médios e pesados). Balbo ainda diz que o VMD é considerado anual, pois o perfil de tráfego ao longo de um ano servirá para a projeção do tráfego de qualquer ano do horizonte de projeto, sendo necessário definir o volume médio diário no ano de abertura da via conforme alguns processos de contagem e expansão de dados.

2.4. Determinação do Número N

De acordo com DNIT (2006), a correta avaliação da solicitação que o pavimento em análise já sofreu pelo tráfego é imprescindível para um diagnóstico preciso, necessário para o dimensionamento do reforço e também importante para a definição de outras intervenções que necessita da determinação do tráfego futuro.

Para Balbo (2007), o número N é a quantidade de operações dos eixos dos veículos, equivalente às solicitações de um eixo rodoviário padrão de 80 kN durante um período de vida útil do pavimento.

Equação 1: Fórmula para determinação do número "N"

$$N = 365 * FV * FP * FR * VMD(Comercial)$$

Onde:

FV – Fator Veicular Individual, respeitando a Lei da Balança

FR – Fator Climático

FP – Fator Pista

VMD (Comercial) – Volume médio diário dos veículos de carga

De acordo com Senço (1997), o Fator Veicular (FV) é um agente que transforma o tráfego real no sentido de estudo, em um tráfego proporcional de eixos. Balbo (2007) indica que o FV é o somatório da multiplicação do volume de cada tipo de veículo comercial pelos valores tabelados pelo método USACE e AASHTO, dividido pelo volume comercial total, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Cálculo do Fator Veicular (FV)

Veiculos-tipo	VMDAT _{comercid}		FATOR DE VEICULO "USACE"		FATOR DE VEICULO "AASHTO"	
	Vol.	(%)	FV _i	$VMDAT_{id} \times FV_i / \sum VMDAT_{id}$	FV _i	$VMDAT_{id} \times FV_i / \sum VMDAT_{id}$
Ônibus (2CB)	139	7,92	5,458	0,433	3,612	0,286
Tribus (3CB)			3,816		1,171	
Ônibus (4DB)			13,948		2,960	
2C	184	10,49	5,458	0,573	3,612	0,379
3C	574	32,73	12,519	4,097	2,481	0,812
4CD	96	5,47	13,948	0,763	2,960	0,162
2S1	13	0,74	10,047	0,074	6,617	0,049
2S2	51	2,91	17,129	0,498	5,350	0,156
2S3	476	27,14	17,820	4,836	5,011	1,360
3S1			17,129		5,350	
3S2	67	3,82	23,737	0,907	4,496	0,172
3S3	100	5,70	15,399	0,878	3,154	0,180
2C2	25	1,43	14,577	0,208	9,593	0,137
2C3	17	0,97	21,714	0,210	8,342	0,081
3C2	10	0,57	21,714	0,124	8,342	0,048
3C3	2	0,11	14,560	0,017	4,593	0,005
2I2			14,577		9,593	
2I3			16,228		11,267	
3I2			21,714		8,342	
3I3			9,473		5,084	
2J3			21,714		8,342	
3J3			14,560		4,593	
3S2S2			35,108		6,524	
3S2C4			46,488		8,555	
3S2S2			46,488		8,555	
Total	1.754	100,00	*****	FV_{USACE} = 13,617	*****	FV_{AASHTO} = 3,825

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Senço (1997) diz que deve se levar em conta as mudanças de umidade dos materiais do pavimento durante o ano. Logo, também há variações na capacidade do suporte dos insumos. Senço ainda destaca que o Fator Climático (FR) varia de 0,2 quando a umidade está baixa até 5,0 quando há uma saturação nos materiais.

O DEER-MG (2013) adota por convenção de série histórica para homogeneizar o cálculo, o valor de 1,000 para o FR.

O Fator Pista (FP), corresponde ao número de veículos de carga (comerciais) que trafegam em cada sentido da pista, ou seja, em rodovias de pista simples com movimento homogêneo, o FP deverá ser 50%.

3 METODOLOGIA

Neste trabalho foi utilizada a pesquisa exploratória, pois ela foi realizada na rodovia MG-424 entre as cidades de Matozinhos e Prudente de Moraes, onde os dados eram em parte, desconhecidos, afinal, o projeto de 2008 se encontrava desatualizado.

Quanto aos meios, esta pesquisa se define como um estudo de caso, pois foi realizada dentro de um contexto real, na rodovia MG-424 entre as cidades de Matozinhos e Prudente

de Morais, buscando estudar os dados detalhadamente para saber o tráfego atual e comparar com o projeto realizado em 2008.

O estudo em questão trabalhou com um universo definido, sendo esse, toda a rodovia MG-424, que se inicia no Km 13 da MG-010 e termina no trevo da BR-040 na cidade de Sete Lagoas/MG. A amostra foi o trecho estudado, entre as cidades de Matozinhos e Prudente de Morais.

Para obter os dados necessários para este estudo de caso, foi fundamental uma pesquisa de campo no Km 42 da Rodovia MG-424, entre os municípios de Matozinhos e Prudente de Morais no estado de Minas Gerais. Foram realizadas contagens classificadas através de contadores mecânicos para determinar a quantidade de veículos que trafegam pelo trecho durante sete dias corridos, sendo que um dos dias, a contabilidade foi feita por 24 horas para determinar o VMD e os demais dias foram medidos apenas os picos para analisar eventuais variações. Os dados coletados em campo foram tabulados e transferidos para a planilha criada no Microsoft Office Excel e nesta etapa serão corrigidos possíveis erros de tabulação. As análises se deram por meio de gráficos comparativos entre os dados fornecidos pela última coleta do DEER/MG e os adquiridos neste estudo.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Contagem volumétrica classificada

As contagens volumétricas classificadas foram feitas durante sete dias consecutivos, sendo um dia com leituras 24 horas direto e seis dias com leituras por apenas 6 horas nos picos.

Foi montado uma tenda para abrigar os pesquisadores e o apoio das variações do clima. Todos os dias a pesquisa teve apoio da equipe de fiscalização do DER/MG e durante o estudo de 24 horas a polícia militar local também prestou assistência, principalmente na madrugada, turno que os pesquisadores estavam mais expostos.

Foram utilizadas seis pranchetas com quatro contadores mecânicos e dois operadores (um para cada sentido) para determinar a quantidade de veículos que trafegam pelo trecho. Os dados eram anotados em uma planilha provisória a cada intervalo de quinze minutos e posteriormente a pesquisa, foram tabulados na planilha oficial do DEER/MG.

A pesquisa ocorreu numa semana normal, sem interferência de feriados, eventos ou festas típicas regionais, que poderia ter causado consideráveis variações nos dados obtidos.

Na contagem volumétrica do dia de 24 horas, foi observado um segmento bastante homogêneo como demonstrado no Gráfico 1, constatando que neste período, os veículos que vão em um sentido no início do dia, normalmente voltam em sentido contrário no final do dia.

Gráfico 1: Representação do volume de veículos por sentido



Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Após a tabulação dos dados na planilha oficial do DEER-MG, analisando os dados, verificando-se a composição percentual de cada tipo de veículo que trafega no trecho. Nesta composição classificada, demonstrada no Gráfico 2, percebe-se que os veículos de passeio, de carga e utilitários representam quase 90% do fluxo da rodovia, fazendo sentido diante da economia da região.

Gráfico 2: Representação do volume de veículos por classificação



Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

4.2 Determinação do número N

Na análise do volume, foi contabilizado um volume total de 8.854 veículos que trafegaram na rodovia. No dia da contagem volumétrica de vinte quatro horas, verificou-se que o volume horário pico foi do intervalo entre as 17hs até as 18hs, contabilizando um total de 731 veículos nessa hora. Os resultados demonstram uma homogeneização do tráfego comercial da rodovia.

O FP de ida (Matozinhos para Prudente de Moraes) corresponde a 0,501 e o FP volta (Prudente de Moraes para Matozinhos) igual a 0,499. O FP adotado para o cálculo foi 0,500, usualmente adotado para rodovias de pista simples. Para calcular o número N foram utilizadas as formulações clássicas usadas pelo DNIT, sendo esses, os métodos USACE e AASHTO:

USACE

$$N = 365 * FV_{USACE} * FP * FR * VMD(Comercial)$$

$$N = 365 * 13,617 * 0,500 * 1,000 * 1754$$

$$N = 4,36 \times 10^6$$

AASHTO

$$N = 365 * FV_{AASHTO} * FP * FR * VMD(Comercial)$$

$$N = 365 * 3,825 * 0,500 * 1,000 * 1754$$

$$N = 1,22 \times 10^6$$

Foi realizado uma expansão dos dados, também pelos métodos USACE e AASHTO, num horizonte de 10 anos com projeção de crescimento de tráfego de 3% ao ano e os dados foram representados na Tabela 02.

Tabela 2: Projeção do número N para um horizonte de 10 anos

Ano		Valores do Número N			
		USACE		AASHTO	
		Ano a ano	Acumulado	Ano a ano	Acumulado
2018	1º	4,36E+06	4,36E+06	1,22E+06	1,22E+06
2019	2º	4,49E+06	8,85E+06	1,26E+06	2,49E+06
2020	3º	4,62E+06	1,35E+07	1,30E+06	3,78E+06
2021	4º	4,76E+06	1,82E+07	1,34E+06	5,12E+06
2022	5º	4,91E+06	2,31E+07	1,38E+06	6,50E+06
2023	6º	5,05E+06	2,82E+07	1,42E+06	7,92E+06
2024	7º	5,20E+06	3,34E+07	1,46E+06	9,38E+06
2025	8º	5,36E+06	3,88E+07	1,51E+06	1,09E+07
2026	9º	5,52E+06	4,43E+07	1,55E+06	1,24E+07
2027	10º	5,69E+06	5,00E+07	1,60E+06	1,40E+07

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

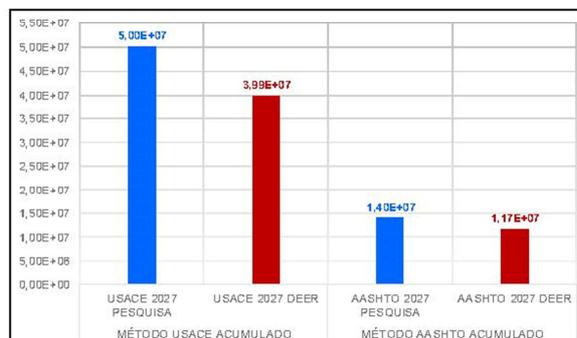
A aplicação da expansão em projeção geométrica ao longo de um horizonte de 10 anos é necessária pois é a partir dele que o pavimento é dimensionado, ou seja o número “N”, associado ao dimensionamento do pavimento que será aplicado no segmento estudado é de 5,00E+07 no método USACE e 1,40E+07 para o método AASHTO.

4.3 Comparação com projeção do DEER/MG

No ano de 2008 o DEER-MG realizou uma contagem volumétrica classificada no mesmo trecho do estudo para determinar o número N num horizonte de projeto para 15 anos. Esse projeto foi disponibilizado pelo núcleo de engenharia de rodoviárias do DEER-MG para que fosse feita uma comparação com os dados atualizados por este estudo.

Partindo do princípio que as obras rodoviárias são projetadas para funcionar sem intervenções por pelo menos 10 anos, o Gráfico 3 mostra o aumento do número N em ambos os métodos (USACE e AASHTO) num comparativo deste estudo com o projeto de 2008 num horizonte até o ano de 2027.

Gráfico 3: Número "N" acumulado com fim de dimensionamento



Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Tabela 3: Relação de número "N" com espessuras de revestimento betuminoso

ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO (DNIT)	
Valor de "N"	Tipo de Revestimento Indicado
$N \leq 1E + 06$	Trat. Superficial Betuminosos
$1E+6 < N \leq 5E+6$	CBUQ. Espessura = 5,00 cm
$5E+6 < N \leq 1E+7$	CBUQ. Espessura = 7,50 cm
$1E+7 < N \leq 5E+7$	CBUQ. Espessura = 10,00 cm
$N > 5E+7$	CBUQ. Espessura = 12,50 cm

Fonte: Adaptado do DEER-MG (2013)

Através da Tabela 3, analisa-se que o revestimento betuminoso, no horizonte de 10 anos ainda se encontra na faixa de CBUQ de 10,00 cm, porém já no final da vida, ou seja, o crescimento de tráfego projetado, calculado "N" acumulado para o ano de 2027 temos o teto limiar do CBUQ 10,00 cm. Nesse sentido recomenda-se o uso de CBUQ 12,50 cm, concorrendo um número "N" acima de 5E+07 ou uma ostensiva manutenção rodoviária a partir do quinto ano de após a abertura da execução de projeto, necessária para que haja prolongamento da vida útil do pavimento.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada em campo confirmou que a evolução da frota comercial no Brasil resultou no incremento do tráfego da região compreendida entre Matozinhos e Prudente de Moraes, indicando também que com a atualização da frota, a determinação de sua composição e obtenção dos volumes médios diários para veículos comerciais configuram objeto importante para os órgãos rodoviários.

Especificamente para a rodovia MG-424, objeto do estudo, o tratamento de dados usados pelo DEER MG na projeção de 15 anos para o levantamento realizado no ano de 2008, apesar de estar dentro da faixa de CBUQ (revestimento asfáltico) de espessura de 10 cm, sua atualização mostrou que pavimento já estaria em final de vida e como a realização da obra encontra-se num ponto futuro não determinado é necessário a atualização de tráfego desta pesquisa quando for definido sua realização.

REFERÊNCIAS

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica, materiais, projeto e restauração**. Oficina de Textos, 2007.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO – CONTRAN. **Resolução Nº 210**. 2006.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN. **Resolução Nº 489**. 2014.

DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGENS DO ESTADO DE MINAS GERAIS – DEER/MG. **Manual de Procedimentos para Elaboração de Estudos e Projetos de Engenharia Rodoviária**. 2013.

DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGENS DO ESTADO DE MINAS GERAIS - DEER/MG. **Manual de Procedimentos Técnicos das Atividades Desenvolvidas pelo Núcleo de Engenharia de Tráfego (NET)**. Minas Gerais: 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Manual de Estudos de Tráfego 723**. 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO - DENATRAN. **Frota de Veículos – Fevereiro/2018**. Disponível em <<https://www.denatran.gov.br/estatistica/635-frota-2018>>. Acesso em 04 de maio de 2018.

INSTITUTO HORIZONTES. **Vetor Norte da RMBH, Programa de Ações Imediatas**. Minas Gerais: 2005.

MACEDO, J. S. et al. **Nova Lei da Balança – Guia Prático**. Sagra Luzzato, 2001.

14 Análise do Volume Médio Diário Anual do Tráfego (VMDAT) como Parâmetro no Dimensionamento do Pavimento da Rodovia MG-424

MINAS GERAIS, SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO.
Aeroporto Industrial. Minas Gerais: 2011.

SENÇO, WLASTERMILER DE. **Manual de técnicas de pavimentação.** Pini, 1997.