

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

PAULO SERGIO PETERLINI

**CARGAS POR EIXO E FATORES DE VEÍCULOS OBTIDOS EM
RODOVIAS FEDERAIS CONCESSIONADAS DO ESTADO DO
PARANÁ**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Florianópolis, Outubro de 2006

PAULO SERGIO PETERLINI

**CARGAS POR EIXO E FATORES DE VEÍCULOS OBTIDOS EM
RODOVIAS FEDERAIS CONCESSIONADAS DO ESTADO DO
PARANÁ**

**Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Civil
da Universidade Federal de Santa
Catarina, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em
Engenharia Civil**

Florianópolis, outubro de 2006

P479p PETERLINI, Paulo Sergio.
Cargas por Eixo e Fatores de Veículos obtidos em Rodovias Federais Concessionadas do Estado do Paraná./Paulo Sergio Peterlini / Florianópolis, SC, 2006.
xxi,192 p. ilustr.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina.
Orientador: Antonio Fortunato Marcon.

1..Postos de Pesagens de Veículos. 2. Fator de Veículo.
3. Dimensionamento de Pavimentos. 4. Cargas por Eixo. I. Título.

CDD 629.046

CDU 629.013

CARGAS POR EIXO E FATORES DE VEÍCULOS OBTIDOS EM RODOVIAS FEDERAIS CONCESSIONADAS DO ESTADO DO PARANÁ

Esta dissertação de autoria de **Paulo Sergio Peterlini**, foi julgada para obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA, especialidade ENGENHARIA CIVIL, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof. Dr. Antonio Fortunato Marcon (Orientador)

Prof. Dr. Glicério Trichês (Coordenador do Curso)

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Glicério Trichês (UFSC)

Prof. Dr. Leto Momm (UFSC)

Prof. Dr. João Fortini Albano (UFRGS)

Florianópolis, 25 de outubro de 2006.

AGRADECIMENTOS

A minha família por compreenderem e entenderem as ausências, muitas vezes sentidas, quando das viagens para estudar fora da cidade ou mesmo até das ausências dentro de casa para dedicar-se aos livros.

Aos professores da UFSC, em especial, ao meu orientador, a paciência e sapiência em transmitir conhecimentos com tanto profissionalismo além da dignidade, lealdade e honestidade que muito honram a engenharia civil deste país.

Também aos funcionários da UFSC que sempre atenderam de forma correta e cordial.

Aos colegas de turma, uns mais velhos outros mais moços e que apesar do tempo das aulas ter passado continuam amigos e que serão eternamente lembrados.

Aos funcionários das empresas concessionárias que muito gentilmente passaram os dados de pesagens que propiciaram a elaboração da presente dissertação.

Aos colegas e amigos do DNIT de Santa Catarina que me propiciaram apoio necessário quando dos deslocamentos de Curitiba até Florianópolis, no pernoite das quintas-feiras.

A Deus que amparou, me guiou e me deu coragem e motivação de toda a semana enfrentar a estrada na busca de novos horizontes em minha vida.

*A todos, de coração, meu muitíssimo MUITO OBRIGADO e que **Deus** os proteja para o resto de suas vidas.*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE QUADROS	xvii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xviii
RESUMO	xx
ABSTRACT	xxi
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	1
1.2 ENCAMINHAMENTO DE SOLUÇÕES	5
1.3 OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO	6
1.3.1 Objetivo Geral.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos	7
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	7
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	7
CAPÍTULO 2 – REVISÃO.....	9
2.1 FATORES DE TRÁFEGO	9
2.1.1 Introdução.....	9
2.1.2 Cargas sobre os Pavimentos.....	10
2.1.3 Ação do Tráfego	10
2.1.4 Peso Bruto Total Combinado.....	11
2.1.5 Tipos de Eixo	12
2.1.6 Cargas por Eixo.....	12

2.1.7	Distribuição de Carga por Eixo de um Mesmo Grupo.....	16
2.1.8	Tipos de Pneus.....	16
2.1.9	Pressão de Enchimento dos Pneus.....	20
2.2	EQUIVALÊNCIA ENTRE CARGAS	23
2.3	FATOR DE EQUIVALÊNCIA DE CARGAS	24
2.4	FATOR DE VEÍCULOS (FV)	26
2.5	FATOR DE EQUIVALÊNCIA DA USACE.....	27
2.5.1	Equação Básica de Dimensionamento	28
2.5.2	Conceito de Roda Simples Equivalente e sua Aplicação à Equação Geral da Metodologia da USACE	29
2.5.3	Comentários a cerca do FEC/USACE	30
2.6	FATOR DE EQUIVALÊNCIA DE CARGA DA AASHTO.....	32
2.6.1	Conceito de Comportamento e Serventia.....	32
2.6.2	Comentários sobre os FEC	35
2.6.3	Critérios de desempenho.....	36
2.7	GUIA DE DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE PAVIMENTO DA AASHTO/2002.....	36
2.7.1	Vantagens de um Dimensionamento Mecanístico-Empírico	36
2.7.2	Escopo do Guia AASHTO/2002	37
2.7.3	Necessidades do Guia da AASHTO/2002.....	38
2.7.4	O Programa Computacional do Guia da AASHTO/2002	40
2.7.4.1	Aplicação em pavimentos flexíveis	42
2.7.4.2	Dados de entrada	43
2.7.4.3	Modelo de resposta e acumulação de danos	44
2.7.4.4	Conclusões desse item.....	45
2.7.5	Caracterização do Tráfego	46
2.7.5.1	Introdução.....	46

2.7.5.2	Descrição do acesso hierárquico da caracterização do tráfego	48
2.7.5.3	Processamento dos dados	49
2.8	CARGAS MÁXIMAS LEGAIS	50
2.8.1	Histórico.....	50
2.8.2	Novo Código de Trânsito Brasileiro	53
2.8.3	Configuração de Veículos.....	54
	 CAPÍTULO 3 – MÉTODO DA PESQUISA	60
3.1	INFORMAÇÕES DOS FV DOS PPV EXISTENTES ANTES DAS CONCESSÕES	60
3.2	COLETA DE DADOS DE PESAGENS EM RODOVIAS CONCESSIONADAS.....	64
3.3	MÉTODO	66
3.3.1	Processamento de Dados para Cálculo dos FV	75
	 CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DOS RESULTADOS	79
4.1	RESULTADOS DOS FATORES DE VEÍCULOS DOS PPV PESQUISADOS.....	79
4.1.1	Comentários	84
4.2	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	86
4.2.1	Análise das Cargas dos Caminhões no PPV 9/1.....	86
4.2.2	Análise das Cargas dos Caminhões no PPV 9/9.....	112
4.2.3	Análise das Cargas do Caminhões no PPV 9/2	114
4.2.4	Análise dos FV Médios Anuais	117
4.3	COMPARAÇÃO DE DADOS	122
4.3.1	Comparação de FV (AASHTO) anos de 1986 e 2002.....	122
4.3.2	Comparação de FV (USACE) anos de 1986 e 2002	124
4.3.3	Comparação de FV dos PPV 6/3 e 9/7 – Ano 2002.....	126

CAPÍTULO 5 – ANÁLISES PARAMÉTRICAS	129
5.1 OBJETIVOS	129
5.2 ESTUDO DE TRÁFEGO DO PROJETO DE RESTAURAÇÃO DE UM TRECHO DA BR-277/PR	129
5.3 ANÁLISE DE TRÁFEGO DE UM PROJETO DE DIMENSIONAMENTO PAVIMENTO	131
5.3.1 Cálculo do Número N Considerando FV Atualizados	132
5.3.2 Contagem Volumétrica-Classificatória.....	132
5.3.3 Definição do Tráfego Médio Diário Anual (TMDA).....	134
5.3.4 Comparação dos FV.....	137
5.3.5 Cálculo do Número N	138
5.3.6 Comparação dos números N.....	139
5.3.7 Conclusões desse Item	140
5.3.8 Dimensionamento da Estrutura do Pavimento	141
5.3.9 Análise Mecânica do Dimensionamento com Aplicação do Programa ELSYM5	142
5.3.9.1 Verificações de atendimento às premissas do projeto.....	143
5.3.9.2 Conclusões desse item.....	144
5.4 APLICAÇÃO DO PROGRAMA MEPDG DO GUIA AASHTO/2002	145
5.4.1 Dados de Entrada.....	145
5.4.1.1 Tráfego	145
5.4.1.2 Clima	146
5.4.1.3 Estrutura	146
5.4.2 Critérios de Desempenho	148
5.4.3 Análises dos Gráficos.....	149
5.4.3.1 Conclusões desse item.....	152

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	154
6.1 CONCLUSÕES.....	154
6.2 RECOMENDAÇÕES PARA NOVAS PESQUISAS E ESTUDOS.....	157
REFERÊNCIAS	159
ANEXO A – PROGRAMA MEPDG DO GUIA AASHTO/2002	163

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1	Mapa do Estado do Paraná com todos os 10 PPV	4
FIGURA 2.1	Corte transversal de um pneu diagonal	18
FIGURA 2.2	Corte transversal de um pneu radial	19
FIGURA 2.3	Configurações de veículos < 57 t (não necessitam de AET)	55
FIGURA 2.4	Configurações de veículos > 57 t (necessitam de AET)	58
FIGURA 2.5	Configurações de ônibus	59
FIGURA 3.1	Mapa do Estado do Paraná com os 7 PPV pesquisados.....	65
FIGURA 4.1	Freqüência relativa do ESRS (direcional) - caminhão 3C.....	89
FIGURA 4.2	Freqüência relativa do ETD (tração) - caminhão 3C.....	91
FIGURA 4.3	Freqüência relativa do ESRS (direcional)- caminhão 2S3	93
FIGURA 4.4	Freqüência relativa do ESRD (tração) – caminhão 2S3.....	95
FIGURA 4.5	Freqüência relativa do ETT (semi-reboque)-caminhão 2S3.....	97
FIGURA 4.6	Freqüência relativa do ESRS (direcional) – caminhão 3S3	99
FIGURA 4.7	Freqüência relativa do ETD (tração)- caminhão 3S3.....	101
FIGURA 4.8	Freqüência relativa do ETT (semi-reboque)-caminhão 3S3.....	103
FIGURA 4.9	Freqüência relativa do ESRS (direcional) – caminhão 3D4	105
FIGURA 4.10	Freqüência relativa do ETD1 (semi-reboque)-caminhão 3D4	107
FIGURA 4.11	Freqüência relativa do ETD2 (semi-reboque) – caminhão 3D4 ..	109
FIGURA 4.12	Freqüência relativa do ETD3 (semi-reboque) – caminhão 3D4 ..	111
FIGURA 4.13	Histograma para caminhão 3C (AASHTO)	118
FIGURA 4.14	Histograma para caminhão 2S3 (AASHTO).....	119
FIGURA 4.15	Histograma para caminhão 3S3 (AASHTO).....	119
FIGURA 4.16	Histograma para caminhão 3D4 (AASHTO)	120
FIGURA 4.17	Histograma para caminhão 3C (USACE).....	120
FIGURA 4.18	Histograma para caminhão 2S3 (USACE).....	121
FIGURA 4.19	Histograma para caminhão 3S3 (USACE).....	121
FIGURA 4.20	Histograma para caminhão 3D4 (USACE).....	122

FIGURA 4.21	FV (AASHTO) – FV característicos – 1986 e 2002.....	124
FIGURA 4.22	FV (USACE) – FV característicos – 1986 e 2002	126
FIGURA 4.23	FV (AASHTO) – PPV 9/7 (Paranaguá-Curitiba) e PPV 6/3 (Curitiba-Paranaguá) – ano de 2002.....	127
FIGURA 4.24	FV (USACE) – PPV 9/7 (Paranaguá-Curitiba) e PPV 6/3 (Curitiba-Paranaguá) – ano de 2002.....	128
FIGURA 5.1	Evolução da Irregularidade (IRI)	150
FIGURA 5.2	Evolução das trincas longitudinais de cima para baixo	150
FIGURA 5.3	Evolução das trincas crocodilo de baixo para cima	151
FIGURA 5.4	Evolução das trincas térmicas	151
FIGURA 5.5	Evolução do afundamento de trilha de roda no concreto asfáltico e no pavimento total.....	152

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1	Limites de cargas em alguns países da Europa	13
TABELA 2.2	Limites de cargas em rodovias federais norte-americanas	13
TABELA 2.3	Limites de cargas em alguns estados norte-americanos	14
TABELA 2.4	Limites de cargas na Argentina.....	14
TABELA 2.5	Limites de cargas na Austrália e Nova Zelândia	15
TABELA 2.6	Limites de cargas no Canadá	15
TABELA 2.7	Comparação dos limites de cargas do Brasil com Europa, EUA, Argentina, Austrália e Canadá	16
TABELA 2.8	Deflexões médias medidas no pavimento delgado (0,01 mm)....	23
TABELA 2.9	Deflexões médias medidas no pavimento espesso (0,01 mm)..	23
TABELA 2.10	FEC/USACE – Eixos: simples, tandem-duplos e tandem-triplos	31
TABELA 2.11	Equações dos FEC/USACE.....	32
TABELA 2.12	Valor da Serventia Atual (VSA).....	33
TABELA 2.13	Equações dos FEC/AASHTO	34
TABELA 2.14	Exemplo de um espectro de carga para utilização do Guia AASHTO/2002	48
TABELA 2.15	Limite de cargas no Brasil.....	54
TABELA 3.1	PPV 9/9 – resumo dos FV (AASHTO) – 1986.....	61
TABELA 3.2	PPV 9/9 – resumo dos FV (USACE) – 1986	62
TABELA 3.3	PPV 9/1 – resumo dos FV (AASHTO) – 1986.....	62
TABELA 3.4	PPV 9/1 – resumo dos FV (USACE) – 1986	62
TABELA 3.5	PPV 9/7 – resumo dos FV (AASHTO) – 1986.....	63
TABELA 3.6	PPV 9/7 – resumo dos FV (USACE) – 1986	63
TABELA 3.7	PPV 9/2 – resumo dos FV (AASHTO) – 1986.....	63
TABELA 3.8	PPV 9/2 – resumo dos FV (USACE) – 1986	64

TABELA 4.1	PPV 9/9 – resumo dos FV (AASHTO) – 2002.....	80
TABELA 4.2	PPV 9/9 – resumo dos FV (USACE) – 2002.....	80
TABELA 4.3	PPV 9/1 – resumo dos FV (AASHTO) – 2002.....	80
TABELA 4.4	PPV 9/1 – resumo dos FV (USACE) – 2002.....	81
TABELA 4.5	PPV 9/7 – resumo dos FV (AASHTO) – 2002.....	81
TABELA 4.6	PPV 9/7 – resumo dos FV (USACE) – 2002.....	81
TABELA 4.7	PPV 9/2 – resumo dos FV (AASHTO) – 2002.....	82
TABELA 4.8	PPV 9/2 – resumo dos FV (USACE) – 2002.....	82
TABELA 4.9	PPV 6/3 – resumo dos FV (AASHTO) – 2002.....	82
TABELA 4.10	PPV 6/3 – resumo dos FV (USACE) – 2002.....	83
TABELA 4.11	PPV 5/2 – resumo dos FV (AASHTO) – 2002.....	83
TABELA 4.12	PPV 5/2 – resumo dos FV (USACE) – 2002.....	83
TABELA 4.13	PPV 5/3 – resumo dos FV (AASHTO) – 2002.....	84
TABELA 4.14	PPV 5/3 – resumo dos FV (USACE).....	84
TABELA 4.15	Média das médias dos FV dos 7 PPV (AASHTO).....	85
TABELA 4.16	Média das médias dos FV dos 7 PPV (USACE).....	85
TABELA 4.17	Resumo estatístico do ESRS (direcional) – caminhão 3C.....	87
TABELA 4.18	Freqüência de tabulação do ESRS (direcional) – caminhão 3C..	88
TABELA 4.19	Resumo estatístico do ETD (tração) – caminhão 3C.....	89
TABELA 4.20	Freqüência de tabulação do ETD (tração) – caminhão 3C.....	90
TABELA 4.21	Resumo estatístico do ESRS (direcional) – caminhão 2S3.....	91
TABELA 4.22	Freqüência de tabulação do ESRS (direcional) – caminhão 2S3	92
TABELA 4.23	Resumo estatístico do ESRD (tração) – caminhão 2S3.....	93
TABELA 4.24	Freqüência de tabulação do ESRD (tração) – caminhão 2S3.....	94
TABELA 4.25	Resumo estatístico do ETT (semi-reboque) – caminhão 2S3.....	95
TABELA 4.26	Freqüência de tabulação ETT (semi-reboque)– caminhão 2S3..	96
TABELA 4.27	Resumo estatístico do ESRS (direcional) – caminhão 3S3.....	97

TABELA 4.28	Freqüência de tabulação ESRS (direcional)– caminhão 3S3	98
TABELA 4.29	Resumo estatístico do ETD (tração) – caminhão 3S3	99
TABELA 4.30	Freqüência de tabulação ETD (tração)– caminhão 3S3	100
TABELA 4.31	Resumo estatístico do ETT (semi-reboque) – caminhão 3S3.....	101
TABELA 4.32	Freqüência de tabulação ETT (semi-reboque)– caminhão 3S3..	102
TABELA 4.33	Resumo estatístico do ESRS (direcional) – caminhão 3D4	103
TABELA 4.34	Freqüência de tabulação ESRS (direcional)– caminhão 3D4	104
TABELA 4.35	Resumo estatístico do ETD1 (tração) – caminhão 3D4	105
TABELA 4.36	Freqüência de tabulação ETD1 (tração)– caminhão 3D4	106
TABELA 4.37	Resumo estatístico do ETD2 (semi-reboque) – caminhão 3D4 ..	107
TABELA 4.38	Freqüência de tabulação ETD2 (semi-reboque) – caminhão 3D4	108
TABELA 4.39	Resumo estatístico do ETD3 (semi-reboque) – caminhão 3D4 ..	109
TABELA 4.40	Freqüência de tabulação ETD3 (semi-reboque) – caminhão 3D4	110
TABELA 4.41	Resumo do espectro de cargas do PPV 9/1	112
TABELA 4.42	Resumo do espectro de cargas do PPV 9/9	113
TABELA 4.43	Resumo do espectro de cargas do PPV 9/2	115
TABELA 4.44	Comparação de percentuais de eixos com excesso de carga	116
TABELA 4.45	Resumo estatístico – caminhão 3C – FV (AASHTO) – 2002	118
TABELA 4.46	Resumo estatístico – caminhão 2S3 – FV (AASHTO) – 2002	119
TABELA 4.47	Resumo estatístico – caminhão 3S3 – FV (AASHTO) – 2002	119
TABELA 4.48	Resumo estatístico – caminhão 3D4 – FV (AASHTO) – 2002	120
TABELA 4.49	Resumo estatístico – caminhão 3C – FV (USACE) – 2002	120
TABELA 4.50	Resumo estatístico – caminhão 2S3 – FV (USACE) – 2002.....	121
TABELA 4.51	Resumo estatístico – caminhão 3S3 – FV (USACE) – 2002.....	121
TABELA 4.52	Resumo estatístico – caminhão 3D4 – FV (AASHTO) – 2002	122
TABELA 4.53	FV médio dos 7 PPV pesquisados.....	122

TABELA 4.54	FV característico (AASHTO) PPV 9/9, 9/1, 9/7 e 9/2 – 1986	123
TABELA 4.55	FV característico (AASHTO) - PPV 9/9, 9/1, 9/7, 9/2, 5/2, 5/3 e 6/3 – 2002	123
TABELA 4.56	Variação dos FV característicos – anos de 1986 e 2002	123
TABELA 4.57	FV característico (USACE) – PPV 9/9, 9/1, 9/7 e 9/2 – 1986.....	123
TABELA 4.58	FV característico (USACE) - PPV 9/9, 9/1, 9/7 e 9/2 – 2002	124
TABELA 4.59	Variações dos FV característicos – 1986 e 2002	125
TABELA 4.60	FV (AASHTO) – 2002 – PPV 9/7 (Paranaguá - Curitiba).....	126
TABELA 4.61	FV (AASHTO) – 2002 – PPV 6/3 (Curitiba – Paranaguá).....	126
TABELA 4.62	FV (USACE) – 2002 – PPV 6/3 (Paranaguá – Curitiba).....	126
TABELA 4.63	FV (USACE) – 2002 – PPV 6/3 (Curitiba – Paranaguá).....	127
TABELA 5.1	Contagem Volumétrica/Classificatória BR-277/PR, km 105,0.....	129
TABELA 5.2	Contagem das Pesagens nos PPV 9/1 e 5/2 – 2002	130
TABELA 5.3	Volumes de Tráfego e Composição da Frota – 1995.....	131
TABELA 5.4	TMDA (1998 a 2017).....	131
TABELA 5.5	FV do PPV 9/2 – dezembro/1986	131
TABELA 5.6	Números N Considerados no Projeto de Dimensionamento.....	132
TABELA 5.7	Fator de Correção Global.....	134
TABELA 5.8	FV do PPV 9/2 – dezembro/2002	137
TABELA 5.9	FV do PPV 9/2 – dezembro/2002 – caminhões 3D4 e 3T6.....	137
TABELA 5.10	FV do PPV 9/2 – de 1986 e 2002	138
TABELA 5.11	Comparativo dos números N	140
TABELA 5.12	Dados de entrada do programa ELSYM5	141
TABELA 5.13	Estrutura projetada	141
TABELA 5.14	Resultados finais de desempenho da estrutura projetada	142
TABELA 5.15	Características principais do concreto asfáltico	146
TABELA 5.16	Características principais da brita graduada simples	147
TABELA 5.17	Características da camada cimentada	147

TABELA 5.18	Características principais da Camada de Macadame Seco.....	147
TABELA 5.19	Características principais do Subleito	148

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1.1	Postos de Pesagens de Veículos no Estado do Paraná.....	2
QUADRO 1.2	Postos de Pesagens de Veículos delegados ao Estado do Paraná	6
QUADRO 2.1	Resumo da evolução das cargas máximas admissíveis no Brasil.....	53
QUADRO 3.1	Dias de coletas dos dados de pesagens dos PPV – ano 2002...	66
QUADRO 3.2	Dados de pesagens fornecidos pela Rodonorte – PPV 9/1-2002	69
QUADRO 3.3	PPV 9/9 – total de pesagens- ano de 2002.....	71
QUADRO 3.4	PPV 9/1 – total de pesagens – ano de 2002.....	71
QUADRO 3.5	PPV 9/7 – total de pesagens – ano de 2002.....	72
QUADRO 3.6	PPV 9/2 – total de pesagens – ano de 2002.....	72
QUADRO 3.7	PPV 6/3 – total de pesagens – ano de 2002.....	73
QUADRO 3.8	PPV 5/2 – total de pesagens – ano de 2002.....	73
QUADRO 3.9	PPV 5/3 – total de pesagens – ano de 2002.....	74
QUADRO 3.10	Número total de veículos nos 7 PPV pesquisados	74
QUADRO 3.11	Exemplo do cálculo dos FV - FEC (AASHTO e USACE).....	77
QUADRO 5.1	Contagem volumétrica-classificatória do pavimento construído .	133
QUADRO 5.2	Fator Correção Horária (Fch).....	135
QUADRO 5.3	Fator Correção Diária (FCd) e Fator Correção Mensal (FCm)...	136
QUADRO 5.4	Cálculo do número N	139

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHO	American Association of State Highway Officials
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
AET	Autorização Especial de Trânsito
ANFIR	Associação Nacional dos Fabricantes de Implementos Rodoviários
CDC	Coeficiente de Distribuição de Carga
CMT	Capacidade Máxima de Tração
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
COPPE	Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia
CVC	Combinação de Veículo de Carga
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DAER/RS	Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul
DER/PR	Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes
ECEX	Empresa de Engenharia e Construção de Obras Especiais S/A
ESRD	Eixo Simples de Roda Dupla
ESRS	Eixo Simples de Roda Simples
ETD	Eixo Tandem-Duplo
ETT	Eixo Tandem-Triplo
FEC	Fator de Equivalência de Cargas
FHWA	Federal Highway Administration
FV	Fator de Veículos
IPR	Instituto de Pesquisas Rodoviárias
IRI	Índice de Rugosidade Internacional
ISA	Índice de Serventia Atual
ISC/CBR	Índice de Suporte Califórnia
MEPDG	Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide
MT	Ministério dos Transportes
NCHRP	National Cooperative Highway Research Program
NTC	Associação Nacional de Transporte de Carga
PBT	Peso Bruto Total
PBTC	Peso Bruto Total Combinado

PNDP	Plano Nacional Diretor de Pesagem
PPV	Posto de Pesagem de Veículos
SN	Structural Number
SPV	Sistema de Pesagem de Veículos
TMDA	Tráfego Médio Diário Anual
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
USACE	United State Army Corp of Engineers
VCLs	Veículos Combinados Longos

RESUMO

Na presente dissertação desenvolve-se uma avaliação dos Fatores de Veículos em Rodovias Federais no Estado do Paraná, baseado em pesquisas realizadas através de pesagens em 7 Postos de Pesagens de Veículos, em rodovias federais concessionadas, durante o ano de 2002. O objetivo principal da pesquisa é a criação de um banco de dados, suficiente para permitir avaliações mais atualizadas das cargas por eixo nas rodovias, e, principalmente, propiciar uma atualização dos valores dos Fatores de Veículos. Os atuais valores de FV calculados pelo DNER (atual DNIT), baseados em pesagens de 1986, estão desatualizados, face à introdução de novos tipos de veículos transportadores de cargas que adentraram no mercado nos últimos tempos, além de modificações ocorridas na legislação de trânsito no Brasil. Para calcular os valores atualizados dos Fatores de Veículos buscaram-se equações originais dos Fatores de Equivalência de Cargas das metodologias norte-americanas da *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)* e da *United State Army Corp of Engineers (USACE)*. Ao todo foram coletadas aproximadamente 150.000 pesagens de veículos da frota circulante nas rodovias federais BR-277 (Guarapuava – Paranaguá) e da BR-376 (Norte do Paraná – Curitiba), que constituem dois dos mais importantes corredores rodoviários do Estado do Paraná. Os dados tabulados fornecerão aos projetistas de pavimentos, valores mais atualizados dos Fatores de Veículos, melhorando a adequação nos projetos de estruturas de pavimentos, principalmente no que se refere ao cálculo do número N. Ainda dentro do trabalho estão contidas duas análises paramétricas mostrando e analisando a modificação do carregamento ocorrido no trecho da BR-277 (Curitiba-Campo Largo) em 1986 e 2002, e avaliação de um dimensionamento do pavimento, reavaliando o tráfego e introduzindo novos valores de Fatores de Veículos, de um trecho construído e entregue ao tráfego no final de 2002. Por último a apresentação do programa computacional MEPDG, conhecido como DG/2002, inserido no Guia da AASHTO/2002, como uma ferramenta mais poderosa e atual no dimensionamento estrutural de pavimentos em geral, baseados em critérios mecanísticos-empíricos.

Palavras chaves: Postos de Pesagens de Veículos, Fator de Veículo, Dimensionamento de Pavimentos, Cargas por Eixo.

ABSTRACT

Vehicle Factors in Federal Highways in the State of Paraná was studied in this dissertation. It was based on researches undertaken in 7 Weighing Vehicle Stations, in concessioned highways, in the year 2002. The values of Vehicle Factors based on weighing data, collected in 1986, and calculated by DNER (current DNIT), are out of date, a natural consequence of new technologies, new vehicle loading compositions and change of traffic regulation in Brazil. The main goal of the research was to develop a data bank large enough to allow updated evaluations of Highway Loadings and Vehicle Factors. In order to determine the updated values of these Vehicle Factors, AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) and USACE's (United State Army Corp of Engineers) original expressions of Equivalence Loading Factors were used. Approximately 150.000 vehicle weighing data were collected in BR-277 (Guarapuava – Paranaguá) and BR-376 (North of Paraná – Curitiba) Highways. The data table will provide for engineers more confidence in the design of pavement structure, mainly when number N is concerned. Case studies on the changing of loadings, in a short distance of BR – 277 Highway, from Curitiba to Campo Largo, in the period from 1986 to 2002, are also presented. It's analyzed a simulation of Vehicle Factors application in the pavement design and built, which was opened to traffic in the late 2002. Finally, software MEPDG or simply DG/2002, inserted in AASHTO/2002 Guideline, well known as a powerful updated and efficient tool for pavement design, developed on mechanicist empirical criteria, were also depicted.

Key words: Weighing-in-places, Vehicle Factor, Pavement Design, Axle Load

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

No dimensionamento de pavimentos flexíveis (novos ou reforços), seja qual for o método adotado, a espessura das camadas a construir depende de forma preponderante da ação do tráfego que atuará durante todo o período de projeto. Em todos os métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis a ação do tráfego misto é convertido em um número equivalente de repetições de carga de um eixo-padrão do tipo Eixo Simples de Rodas Duplas (ESRD) com carga nominal de 18.000 lb (8,2 tf), conhecido como número N.

Para o cálculo do número N outros fatores intervêm, de um ou de outro modo, tais como: Tráfego Médio Diário Anual (TMDA), Taxa de Crescimento, Percentual dos Diferentes Tipos de Veículos, Fator de Equivalência de Carga (FEC) e o Fator de Veículo (FV) que é geralmente utilizado para caracterizar cada tipo de veículo no cálculo do número N.

No ano de 1988 foi publicado trabalho no âmbito de rodovias federais no Brasil denominado Tabela de Fatores de Veículos (DNER, 1988). Os valores foram calculados através dos dados de pesagens em balanças dinâmicas, denominados Postos de Pesagens de Veículos (PPVs) pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), em alguns estados brasileiros, realizadas durante todo o ano de 1986 (DNER, 1988). Os FV foram calculados através das equações originais dos FEC das metodologias da *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) e da *United State Army Corp of Engineers* (USACE), ambas americanas, e vigoraram por muito tempo nos dimensionamentos de estruturas de pavimentos em rodovias federais, estando hoje em desuso, face mudanças ocorridas, com a entrada de novas composições de veículos de carga, mais longas e dotadas de maior número de eixos, principalmente a partir do final da década de 90 e também de modificações na legislação de trânsito no Brasil.

O Sistema de Pesagem de Veículos (SPV) implantado naquela época pelo DNER, de acordo com o Informativo do Sistema de Pesagens de Veículos (DNER/ECEX, 1982) visava, em particular, de forma indireta, a médio e longo prazo, a preservação dos pavimentos, das obras-de-arte especiais das rodovias federais e, imediatamente, a segurança do trânsito, a redução do custo operacional e do consumo de combustível dos veículos de carga, bem como uma maior vida útil da frota nacional em uso. Objetivava também a formação de um banco de dados estatísticos a serem aplicados no planejamento e na pesquisa rodoviária, particularmente na busca de novas tecnologias para dimensionamento estruturais de pavimentos.

De acordo com o Informativo os PPV no Estado do Paraná foram instalados nos seguintes locais, conforme Quadro 1.1.

Quadro 1.1 – Postos de Pesagens de Veículos no Estado do Paraná

PPV n°	Rodovia	Subtrecho/km	Início de Operação	Início de Autuação
01	BR-277/376	Curitiba - São Luiz do Purunã – km 137,0 (LE)	28/04/1983	16/09/1983
02	BR-277/373	Relógio - Guarapuava – km 329,0 (LE)	07/03/1983	07/05/1983
03	BR-277	Laranjeiras do Sul – Cascavel - km 564,0 (LE)	06/10/1980	11/03/1982
04	BR-277	Medianeira – Foz do Iguaçu – km 718,0 (LE)	03/11/1980	25/11/1981
06	BR-116	Curitiba – Quitandinha – km 124,0 (LD)	12/11/1981	04/10/1982
07	BR-277	Paranaguá – Curitiba - km 32,0 (LD)	11/05/1983	05/07/1983
08	BR-116	Quitandinha – Rio Negro – km 187,0 (LE)	12/11/1981	05/10/1982
09	BR-376	Mauá da Serra – Ortigueira – km 297,0 (LD)	09/08/1984	08/10/1984
11	BR-153	Ourinhos(SP) – Jacarézinho – km 3,5 (LD)	16/07/1984	05/12/1984
12	BR-369	Ourinhos (SP) – Cambará – km 9,5 (LD)	20/07/1984	05/12/1984

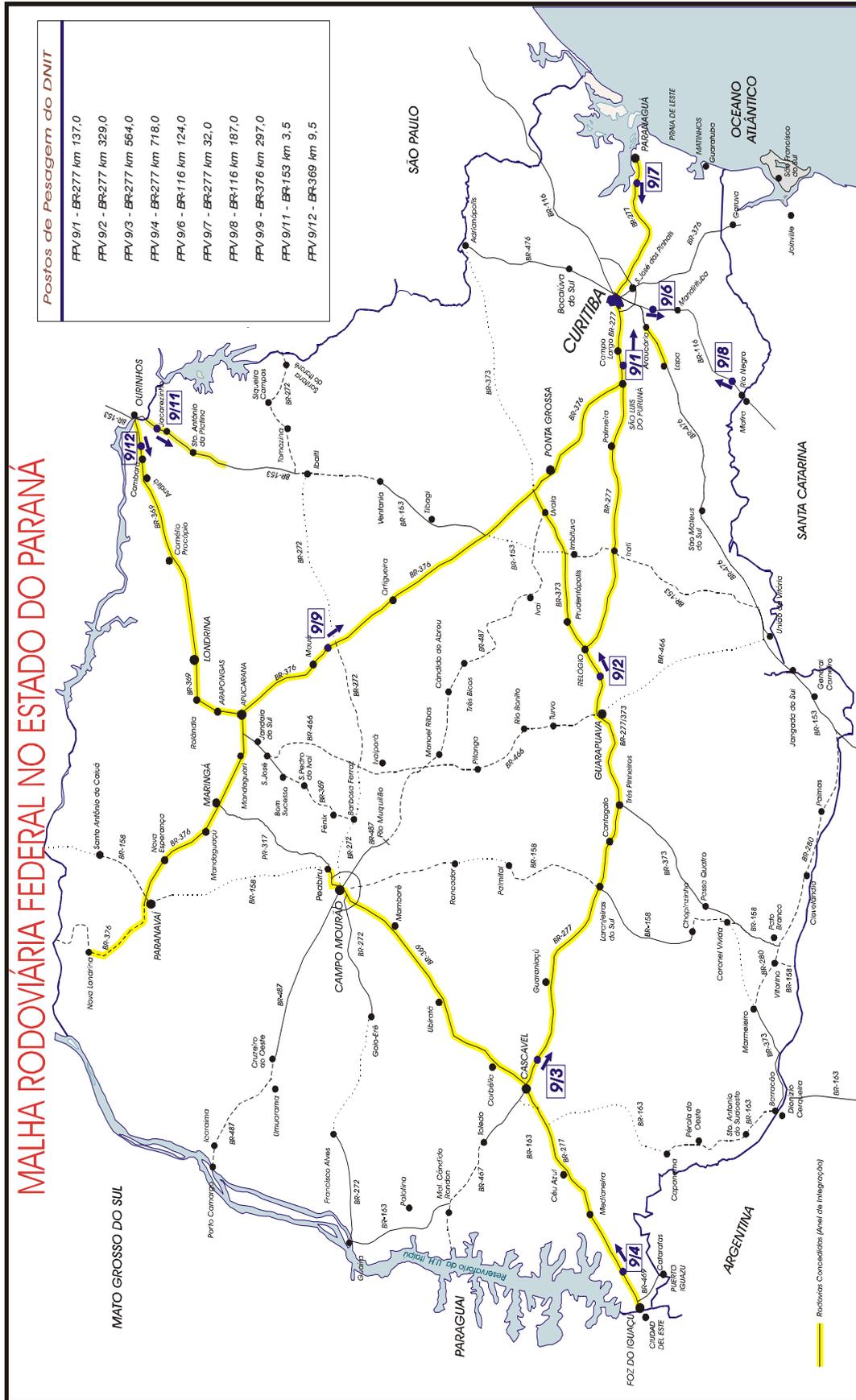
Fonte: DNER/ECEX (1982)

De acordo com o Relatório de Atividades do DNER (DNER,1995), as pesagens de veículos tornaram-se cada vez mais reduzidas com as paralisações das balanças, que ocorreram principalmente no início dos anos 90, e que coincidiu exatamente com a crescente redução dos investimentos públicos na malha rodoviária do país, culminando com a difícil situação atual com que se encontra a infra-estrutura de transportes do país. A maioria dos PPV foi totalmente abandonada e depredada por atos de vandalismo, acarretando sério prejuízos aos cofres públicos do país.

No caso do Estado do Paraná, alvo específico da presente dissertação, o Sistema de Pesagem de Veículos foi implantado a partir do Plano Nacional Diretor de Pesagem (PNDP) idealizado inicialmente no ano de 1972, mas somente operacionalizado no ano de 1980 com a implantação do primeiro PPV no Brasil, localizado na rodovia federal BR-277/PR, sub-trecho Laranjeiras do Sul – Cascavel, km 564, localizada na região Oeste do Estado do Paraná. O pioneirismo do Estado do Paraná no contexto do Plano Nacional Diretor de Pesagem, foi de que naquela época, já era considerado como um dos maiores produtores agrícolas do país, merecendo assim uma atenção especial do Governo Federal, além da interligação com os demais estados do sul, sudeste e centro-oeste do país e também países como Argentina e Paraguai importantes parceiros comerciais do Brasil desde então.

A Figura 1.1 mostra o mapa rodoviário do Estado do Paraná, com a localização dos dez Postos de Pesagens de Veículos implantados e construídos pelo DNER ao longo de alguns sub-trechos de rodovias federais, conforme mostrado no Quadro 1.1.

Figura 1.1 – Mapa Rodoviário do Estado do Paraná com os 10 Postos de Postos de Passagens de Veículos



1.2 ENCAMINHAMENTO DE SOLUÇÕES

Os problemas começaram ser solucionados quando se iniciaram as concessões rodoviárias propiciadas pela criação da Lei nº. 8987/85, conhecida como a Lei das Concessões de Serviços Públicos (BRASIL, 1995) que com base no artigo 175 da Constituição Federal criava, pela primeira vez, um conjunto de regras uniformes e organizadas para a concessão ou permissão para prestação de serviços públicos.

Posteriormente, a Lei nº. 9277/96 (BRASIL, 1996a) autorizou a União a delegar aos Municípios, Estados da Federação e ao Distrito Federal a exploração de rodovias federais, sendo que a Portaria nº. 368/96 do Ministério dos Transportes (BRASIL, 1996b) regulamentou a delegação de rodovias federais aos estados objetivando concessões, dentro de um programa nacional. A finalidade principal era a transferência para a iniciativa privada de funções antes desenvolvidas pelo poder público, quanto ao aporte dos investimentos necessários para conservação, restauração ampliação da capacidade e operação das rodovias federais concedidas. Os recursos necessários para execução dos serviços seriam obtidos através da cobrança de pedágio. A empresa concessionária assumia o compromisso de realizar serviços dentro do que preconizava o chamado Programa de Exploração Rodoviária (PER) inserido no edital de licitação.

No caso específico do Estado do Paraná, em 25/10/1996, com a assinatura dos Convênios nº.s 002 a 007, entre o Ministério dos Transportes e o Governo do Estado, foram delegados um total de 1800 quilômetros de rodovias federais, divididos em seis lotes, num prazo de vinte e cinco anos, prorrogáveis por mais vinte e cinco, que junto com cerca de 300 quilômetros de rodovias estaduais, propiciaram a criação do chamado Anel de Integração. Após a licitação, em 14/11/1997 foram assinados os contratos do Governo do Paraná com as seis Empresas Concessionárias, por um período de 24 anos.

Com a delegação de rodovias, foram transferidos 7 PPV. A maioria deles se encontrava em total estado de abandono com os equipamentos danificados ou

mesmo furtados, os prédios depredados, enfim uma situação caótica que não atendia nenhum interesse.

As empresas concessionárias vencedoras da licitação, tão logo que assumiram as rodovias, trataram de recuperá-las, dentro do período inicial de seis meses, cláusula obrigatória dos contratos. A partir daí, as operações de pesagens foram retomadas, atividades que perdura até os dias de hoje.

As operações permitiram que se voltasse à fiscalização das cargas por eixo dos caminhões nas principais rodovias federais paranaenses o que de certa forma motivou e possibilitou a elaboração do presente trabalho. O Quadro 1.2 indica os sete Postos de Pesagens de Veículos federais transferidos ao Estado do Paraná, através dos convênios de delegação citados anteriormente.

Quadro 1.2 – Postos de Pesagens de Veículos delegados ao Estado do Paraná

PPV n. °.	Rodovia	Subtrecho/km	Data da Transferência
01	BR-277/376	São Luiz do Purunã - Curitiba - km 137,0	25/10/1996
02	BR-277/373	Guarapuava – Relógio – km 329,0	25/10/1996
03	BR-277	Cascavel – Laranjeiras do Sul – km 564,0	25/10/1996
04	BR-277	Foz do Iguaçu – Medianeira – km 718,0	25/10/1996
07	BR-277	Paranaguá – Curitiba - km 32,0	25/10/1996
09	BR-376	Mauá da Serra – Ortigueira – km 297,0	25/10/1996
11	BR-153	Ourinhos(SP) – Jacarézinho – km 3,5	14/11/2001
12	BR-369	Ourinhos (SP) – Cambará – km 9,5	25/10/1996

Fonte: Ministério dos Transportes/Governo do Estado do Paraná

1.3 OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

1.3.1 Objetivo Geral

De uma maneira geral, os objetivos pretendidos com o desenvolvimento da dissertação são colher dados e informações a respeito de pesagens de veículos em rodovias federais concessionadas no Estado do Paraná, visando à criação de um banco de dados, suficiente para permitir uma avaliação das intensidades dos atuais carregamentos, e propiciar uma atualização nos valores dos Fatores de Veículos. Os

atuais valores de FV calculados pelo DNER, com base em pesagens efetuadas em 1986, estão desatualizados, devido à evolução tecnológica ocorrida nos últimos tempos com a introdução de novas configurações de veículos que adentraram no mercado, aumento do tráfego em si, além de modificações ocorridas na legislação de trânsito no Brasil.

1.3.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos foram considerados os seguintes eventos:

- a) Traçar os perfis de carga para cada tipo de caminhão e para os eixos;
- b) Calcular valores atualizados dos FV considerando as equações originais dos FEC das metodologias AASHTO e USACE; e.
- c) Analisar os dados através de técnicas da estatística com o objetivo de caracterizar os valores representativos de Fatores de Veículos, permitindo uma maior confiabilidade nos projetos estruturais de pavimentos.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

As pesquisas foram delimitadas em pesagens de 7 Postos de Pesagens de Veículos operados por Empresas Concessionárias no Estado do Paraná e localizados em subtrechos de Rodovias Federais delegadas ao Governo do Estado do Paraná, através de convênios assinados no ano de 1996. Os dados das pesagens foram fornecidos pelas próprias concessionárias em 2 dias de cada mês, pesagens ininterruptas de 24 horas, referentes ao ano de 2002.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Capítulo 1 – Introdução: problema do abandono dos Postos de Pesagens de Veículos no Estado do Paraná no início dos anos 90, a entrada de novas composições de veículos de cargas com maior capacidade no transporte de cargas, mais longos e dotados de um número maior de eixos, mudanças na legislação de trânsito com a entrada em vigor de novas Resoluções do Conselho Nacional de Trânsito e as soluções quando da concessão de rodovias federais no Estado do

Paraná, o que propiciou a retomada das pesagens, motivando a realização do presente trabalho, possibilitando atualizar os Fatores de Veículos utilizados no dimensionamento de estruturas de pavimentos.

Capítulo 2 – Revisão: contém aspectos relacionados ao tema específico da avaliação e estudos de fatores de tráfego, além de abordagens mais atuais quanto ao dimensionamento de pavimentos, levando-se em consideração principalmente a avaliação do tráfego.

Capítulo 3 – Método da Pesquisa: mostra a metodologia aplicada no cálculo para atualização do FV, mediante dados coletados das pesagens de 7 balanças operadas por Empresas Concessionárias de Rodovias no Estado do Paraná.

Capítulo 4 – Análise dos Dados: aplicação de técnicas estatísticas, obtendo-se resumos estatísticos, histogramas, distribuição de freqüências e outros, que permitiram análises mais apuradas dos dados coletados.

Capítulo 5 – Análises Paramétricas: elaboração de duas análises de caso, sendo a primeira análise, Estudo do Tráfego do Projeto de Restauração de um Trecho da BR-277/PR, Curitiba - Campo Largo comparando-se o carregamento em 1986 com 2002 e mostrando as modificações ocorridas e a segunda, Análise do Tráfego de um Projeto de Dimensionamento do Pavimento com dados de tráfego de 1995 e com a entrega da obra em 2002, reavaliação do tráfego e Fator de Veículo em 2003, sendo possível recalcular o número N e avaliação do pavimento dimensionado e executado aplicando-se dois programas computacionais: ELSYM5 e DG/2002 do Guia da AASHTO/2002.

Capítulo 6 – Conclusões e Recomendações: apresenta conclusões que ajudam na compreensão da importância de abordagens mais cuidadosas na avaliação do tráfego no dimensionamento de pavimentos com recomendações para que se tomem medidas no sentido de um monitoramento mais intenso e constante do aspecto do tráfego nas rodovias.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO

O presente capítulo procura apresentar os antecedentes e descrever o estado-da-arte do tema central da dissertação. Por questão meramente organizacional, fatores de tráfego, equivalência entre cargas, fator de equivalência de cargas, guia AASHTO/2002, cargas máximas legais e configurações de veículos são enfocados isoladamente, sendo que a ação desses tópicos dá-se de forma conjunta.

2.1 FATORES DE TRÁFEGO

2.1.1 Introdução

Segundo Fernandes Jr. (1994), as cargas repetidas aplicadas pelos veículos rodoviários são a principal causa da deterioração dos pavimentos, que devem periodicamente receber serviços de conservação, restauração ou mesmo reconstrução. Uma análise da interação veículo-pavimento é dificultada porque os caminhões de uma maneira geral acarretam danos desiguais em cada passagem, em virtude da heterogeneidade de tipo de veículo, carga por eixo, frequência e número de solicitações, número, tipo e localização dos eixos, tipo de suspensão, tipo de rodagem, tipo e pressão de inflação dos pneus, velocidade (tempo de aplicação da carga), ponto de aplicação de carga (variação lateral da trajetória dos veículos) etc. Além disto, outras causas também contribuem para a deterioração dos pavimentos tais como: comportamento dos materiais constituintes das camadas, condições operacionais do tráfego, fatores ambientais, etc.

Ainda segundo Fernandes Jr. (1994), com a evolução tecnológica da modalidade rodoviária mudanças têm ocorrido ao longo dos últimos anos, cujos efeitos não podem ser mais avaliados por metodologias empíricas, desenvolvidas há mais de trinta anos atrás, tendo em vista a entrada no mercado de novas configurações de veículos de carga como, por exemplo, os Veículos Combinados Longos (VCLs), com duas ou mais articulações, novos tipos de suspensão e pneus, maiores pressões de enchimento dos pneus e cargas mais elevadas, sem contar ainda que os carregamentos atuais são muito superiores aos que eram medidos naquela época.

2.1.2 Cargas sobre os Pavimentos

Pinto e Preussler (2002) descrevem as cargas que solicitam os pavimentos da seguinte maneira:

- Automóveis (P): veículos de dois eixos e quatro rodas destinadas ao transporte de pessoas.
- Ônibus (O): veículos com dois ou três eixos, sendo o eixo dianteiro simples com duas rodas e o traseiro com eixo simples com rodas duplas, podendo ter um terceiro eixo não em tandem, dotado de rodas simples.
- Caminhões Leves (CL): veículos com dois eixos e quatro rodas destinados ao transporte de cargas leves.
- Caminhões Médios (CM): veículos destinados ao transporte de carga, com dois eixos, sendo o traseiro possuindo rodas duplas.
- Caminhões Pesados (CP): veículos destinados ao transporte de carga, possuindo dois eixos traseiros com quatro rodas e o dianteiro com duas rodas.
- Reboques (R) e Semi-Reboques (SR): veículos constituídos por mais de uma unidade. O eixo dianteiro do veículo trator é simples com duas rodas. Os demais possuem quatro rodas, podendo ser eixo simples, eixo tandem-duplo eixo tandem-triplo.

2.1.3 Ação do Tráfego

Nas rodovias circulam automóveis, ônibus e caminhões sendo que os dois últimos provocam maiores efeitos sobre os pavimentos devido a maior carga aplicada. As cargas são transmitidas aos pavimentos por rodas pneumáticas simples ou duplas arranjadas em eixos simples, eixos tandem-duplos e eixos tandem-triplos.

Segundo Ceratti (1997), a ação do tráfego com o passar do tempo provoca danos que podem ser listados da seguinte maneira:

- Desgaste da superfície de rolamento, com a exposição dos agregados e perda da textura superficial decorrente da abrasão provocada pelos veículos.
- Envelhecimento do ligante betuminoso por oxidação, fragilizando a mistura asfáltica, possibilitando o trincamento e o arrancamento dos agregados.
- Fissuras que se formam e evoluem nas camadas de concreto betuminoso devido à fadiga na fibra inferior pela repetição das cargas.
- Afundamento de trilha de roda ou ondulações na superfície ocasionadas pelo acúmulo de deformações plásticas em todas as camadas ou somente no revestimento, sob a ação das cargas do tráfego.

Os defeitos do tipo desgaste de superfície e envelhecimento do ligante embora ocasionem desconforto ao usuário estão localizados superficialmente, podendo ser facilmente diagnosticados e recuperados com custos relativamente baixos. Os danos provocados pela ação do tráfego, os mais importantes são os defeitos internos, muito mais difíceis de detectar e mais abrangentes em termos de efeito, pois afetam a estrutura do pavimento.

2.1.4 Peso Bruto Total Combinado

Segundo Fernandes Jr. (1994) a causa da deterioração dos pavimentos é a carga por eixo, não havendo relação direta entre o Peso Bruto Total Combinado (PBTC) e o desempenho dos pavimentos. Veículos pesados podem ser pouco danosos aos pavimentos, desde que a carga total seja distribuída por um número suficiente de eixos. A utilização de veículos com elevado PBTC e baixa carga por eixo considera simultaneamente dois conceitos, sendo o primeiro o de menor deterioração dos pavimentos, quanto maior o número de eixos e o segundo a maior eficiência, quanto maior a composição rodoviária de carga. Os Veículos Combinados Longos (VCLs) não necessariamente acarretam maior deterioração aos pavimentos, comparando-se aos veículos rodoviários convencionais, mediante a determinação dos efeitos destrutivos aos pavimentos causados por diferentes composições quando do transporte de unidades de carga útil.

2.1.5 Tipos de Eixo

Fernandes Jr. (1994) em seu trabalho cita que a carga por eixo, independente dos fatores ambientais, dos comportamentos dos materiais constituintes das estruturas dos pavimentos e das ações combinadas de outros fatores de tráfego, é a que mais afeta a deterioração dos pavimentos.

Pode, muitas vezes, não ser o único fator significativo, mas tem que ser considerada, sempre, quando se tratar dos efeitos das solicitações do tráfego sobre o desempenho dos pavimentos.

Existe uma relação exponencial entre as cargas por eixo e a deterioração dos pavimentos. Como os resultados da pista experimental da AASHO (atual AASHTO), no final da década de 50, indicaram um valor próximo a 4 para esse expoente, passou-se a utilizar a expressão “lei da quarta potência” para representar os efeitos relativos de diferentes cargas por eixos sobre o desempenho dos pavimentos. Independente do valor exponencial pode-se afirmar que existe um relevante aumento na deterioração dos pavimentos quando ocorrem acréscimos nas cargas por eixo.

2.1.6 Cargas por Eixo

Segundo Fernandes Jr. (1994) existem quatro tipos de eixo utilizados pelos veículos de carga que trafegam nas rodovias brasileiras que são:

- Eixos Simples de Roda Simples (ESRS), com carga legal máxima de 6,0 tf.
- Eixos Simples de Roda Dupla (ESRD), com carga legal máxima de 10,0 tf.
- Eixos Tandem-Duplo (ETD), com carga legal máxima de 17,0 tf.
- Eixos Tandem-Triplo (ETT), com carga legal máxima de 25,5 tf.

Quando dos testes realizados na pista experimental da AASHO, não se utilizava o ETT, que até hoje tem sua utilização, em muitos países, limitada à mesma carga por eixo do ETD.

Segundo Albano (2005), os limites de cargas em alguns países da Europa são conforme as da Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Limites de cargas em alguns países da Europa

Países	Carga por eixo (t)			PBT ou PBTC (t)			
	Eixo dianteiro	Eixo simples	Eixo tandem duplo	2 eixos	3 eixos	Semi-reboque	Trator e Reboque
Alemanha	10,0	10,0	11,0-20,0	17,0	24,0	40,0-44,0	40,0
Áustria	10,0	10,0	16,0	16,0	22,0	38,0	38,0
Bélgica	10,0	10,0	19,0-20,0	19,0	26,0	44,0	44,0
Bulgária	6,0	10,0	13,0-20,0	16,0	26,0	38,0	42,0
Dinamarca	10,0	10,0	16,0-20,0	18,0	24,0	48,0	48,0
Finlândia	8,0	10,0	18,0	17,0	25,0	44,0	56,0
França	13,0	13,0	21,0	19,0	26,0	40,0-44,0	40,0
Grécia	7,0	10,0-13,0	20,0	19,0	26,0	38,0	38,0
Holanda	10,0	11,0	11,5-19,0	20,0	30,0	50,0	50,0
Hungria	10,0	10,0	16,0	20,0	24,0	40,0	40,0
Inglaterra	9,2	10,5	10,5-20,3	17,0	24,4	38,0	35,2
Itália	12,0	12,0	20,0	18,0	24,0	40,0-44,0	40,0-44,0
Iugoslávia	10,0	10,0	16,0	18,0	24,0	40,0	40,0
Suécia	10,0	10,0	16,0	17,0	29,0	37,5-51,4	37,5-51,4
Suíça	10,0	10,0	18,0	16,0	19,0	28,0	28,0

Fonte: Albano (2005).

Segundo a FHWA (2006), nos Estados Unidos existe uma padronização nacional de cargas por eixo e Peso Bruto Total (PBT) aplicados em veículos comerciais que operam no Sistema Interestadual de Rodovias, aproximadamente 65000 km de rodovias federais de acessos controlados que cortam todo o país cruzando vários estados. Fora desse sistema os estados podem ter seus próprios padrões, mas somente em rodovias estaduais. No Sistema Interestadual de Rodovias dos Estados Unidos da América os valores limites são os da Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Limites de cargas em rodovias federais norte-americanas

Tipos de eixos	Carga máxima permitida (t)
Eixos simples	8,9
Eixos em tandem	15,2
PBT máximo permitido (t)	35,6

Fonte: FHWA (2006)

Eixos em tandem são definidos como sendo dois ou mais eixos consecutivos cuja distância entre eles esteja entre 1,02 m e 2,44 m.

Segundo Albano (2005), nos Estados Unidos controla-se os limites de carga de eixos tandem, duplos ou triplos desde a publicação, em 1964, através da *Secretary of Commerce*, da tabela de cargas brutas permissíveis para proteger as estruturas de pontes. A referida tabela foi confeccionada com base na chamada Fórmula B (*Federal Bridge Formula*) que considera o limite de peso em função das tolerâncias admissíveis, da distância entre grupos de eixos consecutivos e ainda do número de eixos. A limitação para eixos simples é definida pelo efeito provocado pelas cargas sobre a estrutura dos pavimentos. A Tabela 2.3 mostra os limites de pesos em alguns estados norte-americanos desde janeiro de 1988.

Tabela 2.3 – Limites estaduais de cargas em alguns estados norte-americanos

Estados	Simplex (carga máxima por eixo) (t)	Tandem-duplo (carga máxima por eixo) (t)	Tandem-triplo (carga máxima por eixo) (t)	PBT (t)
Califórnia	8,9	15,2	15,2	35,6
Flórida	9,8	19,6	29,4	35,6
Geórgia	9,9	15,2	18,9	35,6
New York	8,9	15,2	18,9	35,6
Oregon	8,9	15,2	18,7	35,6
Texas	8,9	15,2	18,7	35,6
Wisconsin	8,9	15,2	18,7	35,6

Fonte: Albano (2005).

Ainda segundo Albano (2005), os limites máximos de cargas por eixo e as tolerâncias vigentes na Argentina, maior parceiro do Brasil no Mercosul, são conforme a Tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Limites de cargas na Argentina

Tipo de Eixo	Limite (t)	Tolerância (t)	Tolerância (%)
Eixo isolado	10,5	1,0	9,5
Tandem - duplo	18,0	1,5	7,8
Tandem - triplo	25,5	2,0	7,8
PBTC	45,0	0,5	1,1
Com suspensão pneumática			+ 5,0 %

Fonte: Albano (2005).

Segundo Michael Paine e Paul Wild (2006) num trabalho intitulado Pesos de Veículos – Pontos Cruciais nas Tolerâncias, elaborado para a Austroads

(Associação de Autoridades no Transporte Rodoviário da Austrália e Nova Zelândia) os limites de cargas por eixo nos dois países são conforme a Tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Limites de cargas na Austrália e Nova Zelândia

Tipos de eixos	Carga máxima permitida (t)	Tolerância da NAASRA (antiga Austroads)
Simple direcional	6,0	6,3
Duplo direcional	11,0	11,55
Simple de roda dupla	9,0	9,45
Tandem-duplo	16,5	17,33
Tandem-triplo	20,0	21,00

Fonte : Michael Paine e Paul Wild (2006)

Segundo o Regulamento de Pesos e Dimensões de Veículos do Canadá (2006) determinado pela seção 191 do Ato de Veículos Motores em 1989 e modificado em dezembro de 2005 os limites de cargas nos eixos e PBT dos caminhões são os da Tabela 2.6.

Tabela 2.6 - Limites de cargas no Canadá

Tipos de eixos	Cargas máximas permitidas (t)
Simple direcional	5,5
Simple de roda simples	6,0
Simple de rodas duplas	9,1
Tandem-duplo	18,0
Tandem-triplo	26,0
PBT máximo permitido (t)	49,5

Fonte: Regulamento de Pesos e Dimensões de Veículos no Canadá (2006)

Na Tabela 2.7, montada a partir das tabelas anteriores, apresenta-se uma comparação entre os limites de carga máximas autorizadas na Europa, Estados Unidos da América, Argentina, Austrália e Canadá, sem considerar tolerâncias, com as do Brasil.

Tabela 2.7 – Comparação dos limites de cargas do Brasil, com Europa, EUA, Argentina, Austrália e Canadá

Situação	Brasil (t)	EUA ¹ (t)	Europa ² (t)	Argentina (t)	Austrália (t)	Canadá (t)
Eixo simples dianteiro	6,0	-	10,0	10,5	6,0	5,5
Eixo simples rodado duplo	10,0	8,9	10,0	10,5	9,0	9,1
Tandem-duplo	17,0	15,2	16,0	18,0	16,5	18,0
Tandem-triplo	25,5	-	-	25,5	20,0	26,0
PBT	57,0	35,6	44,0	45,0	-	49,5

¹ Na maioria dos Estados.

² Na maioria dos Países.

Nota-se a grande diferença do Brasil em relação aos outros países no que se refere ao limite do Peso Bruto Total, é o maior de todos.

2.1.7 Distribuição de Carga por Eixo de um mesmo Grupo

Fernandes Jr. (1994) cita que as suspensões dos ETD e dos ETT são projetadas para distribuir a carga estática total equivalente entre os eixos do grupo. Na prática, porém, dificilmente os eixos de um tandem recebem parcelas iguais de carregamento. Normalmente o problema é mais sério para os ETT do que para os ETD; enquanto o ETD é uma configuração fixa o ETT tem dois eixos fixos e um passível de ser levantado, ou seja, em sua grande maioria, os ETT são na verdade ETD modificados, com um eixo retrátil à frente ou atrás. Pesquisas no Reino Unido, observaram que os ETT não apresentam cargas iguais nos três eixos. De uma maneira geral, o eixo menos carregado suporta 60 a 70% da carga suportada pelo eixo mais carregado, sendo que em alguns casos esse valor pode atingir de 30 a 40%.

2.1.8 Tipos de Pneus

Albano (1998) definiu pneus como estruturas com borracha natural ou sintética, cuja finalidade é suportar e distribuir o Peso Bruto Total (PBT) e viabilizar a tração e a

frenagem de veículos rodoviários através de forças que se desenvolvem na interface de contato com a superfície de rolamento. Os pneus, também designados como pneumáticos, são montados em aros metálicos formando a roda. Os pneus desmontáveis foram produzidos a partir de 1895 pelos irmãos Michelin, na França. Já Fernandes Jr. (1994) cita que os pneus suportam, impulsionam e controlam os veículos rodoviários por intermédio das forças que se desenvolvem na interface pneu-pavimento, cumprindo as seguintes funções:

- Suportar as cargas que atuam nos eixos;
- Distribuir as cargas verticais dos veículos sobre uma superfície de contato relativamente pequena, diminuindo o atrito e minimizando a resistência de rolamento;
- Fazer parte do sistema de suspensão dos veículos, ajudando a aumentar o conforto das viagens e a reduzir a deterioração dos pavimentos; e
- Transmitir aos pavimentos as forças horizontais que se desenvolvem quando da tração, frenagem e mudança de trajetória dos veículos.

Segundo Albano (1998), outros dois tipos de pneus são utilizados: diagonal e radial. Os pneus diagonais têm sido utilizados desde o início da indústria automotiva, mas a evolução tecnológica com utilização de materiais mais resistentes e otimização de projetos estruturais vêm sendo substituídos, desde a década de 70, pelos radiais, capazes de suportar maiores cargas e também maiores pressões de enchimento.

Segundo o fabricante Michelin (MICHELIN, 2004), o pneu é chamado diagonal ou convencional quando a carcaça é composta de lonas sobrepostas e cruzadas umas em relação às outras. Os cordonéis que compõem essas lonas são fibras têxteis. Neste tipo de construção, os flancos são solidários à banda de rodagem. Quando o pneu roda, cada flexão dos flancos é transmitida à banda de rodagem, conformando-a ao solo.

De acordo com o fabricante as principais características dos pneus diagonais são:

- Desgaste mais rápido com menor quilometragem.
- Consumo de combustível mais elevado.

- Aquecimento muito grande, lixamento com o solo, fricção entre lonas e a má condução de calor do material têxtil.
- Aderência não muito boa, menor área de contato pneu/pavimento, deformações da banda de rodagem.
- Estabilidade prejudicada, perda da trajetória causada pelas deformações da banda de rodagem.
- Maior possibilidade de cortes/furos, carcaça rígida e material têxtil.

A Figura 2.1 mostra um desenho esquemático de uma seção transversal de um pneu do tipo diagonal ou convencional.

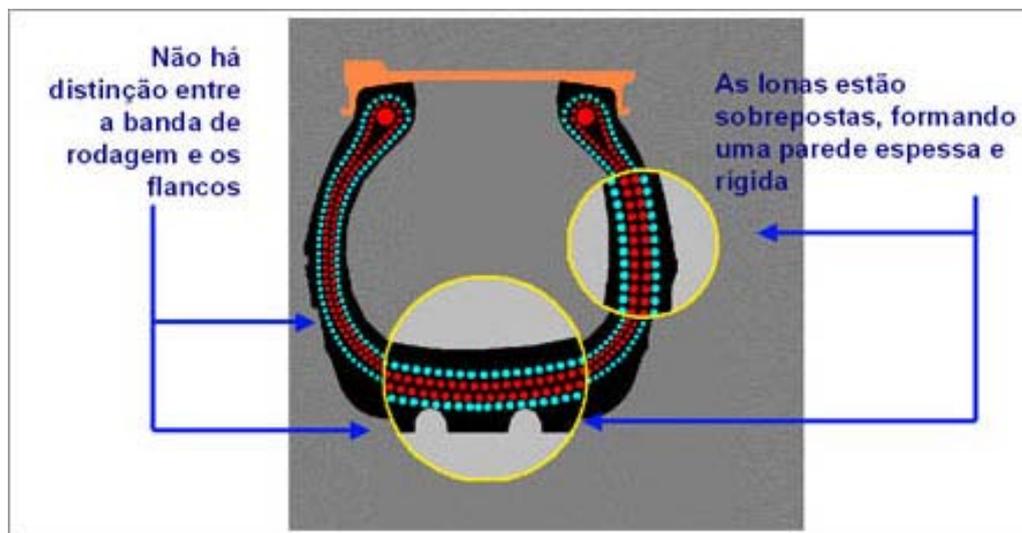


Figura 2.1 - Corte transversal de um pneu diagonal (MICHELIN, 2004)

Ainda segundo o fabricante Michelin, o pneu é chamado radial, quando os cabos da carcaça estão dispostos em aços perpendiculares ao plano de rodagem e orientados em direção ao centro do pneu. A estabilização do piso é obtida através de 3 ou 4 lonas de aço sobrepostas. Por ser uma carcaça única, não existe fricção entre lonas, apenas flexão, o que evita a elevação da temperatura interna do pneu.

As principais características dos pneus radiais são (MICHELIN, 2004):

- Desgaste mais lento, aumento na quilometragem e diminuição no consumo de combustível.

- Redução do aquecimento, não existe fricção entre lonas da carcaça, diminui o lixamento com o solo e o aço é um excelente condutor de calor - maior aderência, área de contato pneu/pavimento é maior e constante.
- Estabilidade favorecida com a redução das deformações da banda de rodagem, o pneu segue uma trajetória definida.
- Maior possibilidade de corte/furos, carcaça mais flexível e com uma “alma de aço”.

A Figura 2.2 mostra um desenho esquemático de uma seção transversal de um pneu do tipo radial.

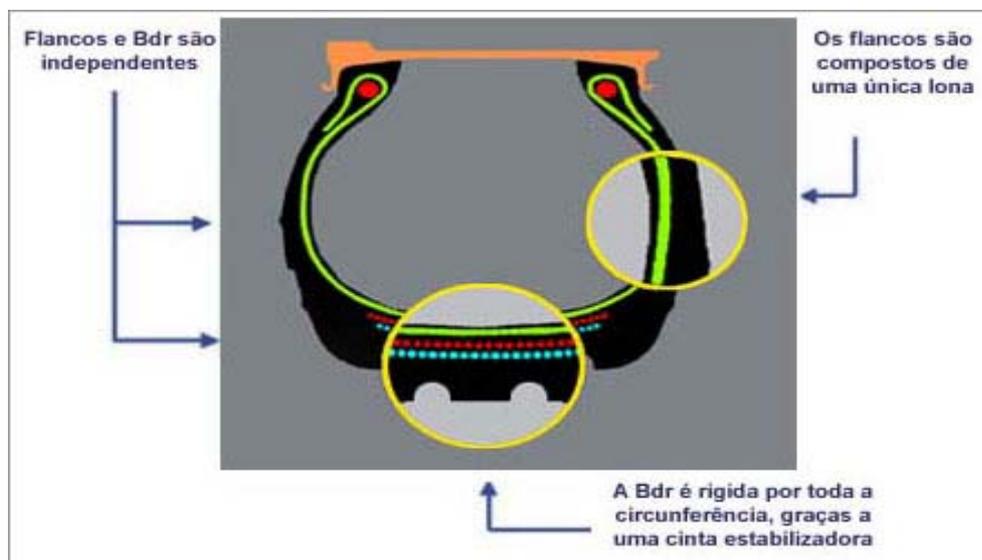


Figura 2.2 - Corte transversal de um pneu radial (MICHELIN, 2004)

Não existem muitos trabalhos conclusivos de comparação entre efeitos provocados pelos dois tipos de pneus. Bell et al. (1996) apud Albano (1998) reconheceram que pneus radiais e diagonais possuem diferentes distribuições de pressões de contato, porém os efeitos sobre pavimentos, decorrente desta diferença são incertos. Relatam que alguns engenheiros acreditam que os radiais produzem melhor distribuição da pressão de contato e causam menores danos do que os diagonais, quando possuem a mesma pressão de enchimento.

Segundo Fernandes Jr. (1994) outro tipo de pneu vem ganhando espaço no mercado. Trata-se dos extralargos, conhecidos também por *supersingle* ou *wide-*

single. Podem ser usados como substitutos dos rodados duplos convencionais. Por definição, tem aro entre 560 a 610 mm.

Albano (1998) cita que a Associação Nacional dos Fabricantes de Implementos Rodoviários (ANFIR) tem defendido nos últimos anos a introdução no Brasil das rodas simples dotadas de pneus extralargos, em substituição às rodas duplas convencionais.

Elliot, Selvan e Mun (1991), apud Fernandes Jr. (1994), concluíram que os pneus extralargos resultam em maior carga transportada (menor tara), maior facilidade de manutenção, menor custo (em relação dos pneus convencionais), economia de combustível (menor resistência de rolamento), menor desgaste e menor durabilidade.

2.1.9 Pressão de Enchimento dos Pneus

Segundo Fernandes Jr. (1994), a importância do tipo de pneu para que se possa analisar o desempenho do pavimento está associada à pressão de enchimento que ele pode suportar e à distribuição da pressão na superfície de contato pneu-pavimento que não é uniforme, nem atua sobre uma superfície circular, pelo contrário, distribui-se irregularmente sobre uma superfície aproximadamente elíptica. Ainda segundo Fernandes Jr. (1994), a distribuição da pressão de contato pneu-pavimento varia em função da rigidez do pneu, para a qual contribuem a rigidez da carcaça e das cintas e a própria pressão de enchimento. O pleno conhecimento da distribuição da pressão de contato permite determinações mais precisas das respostas estruturais dos pavimentos e a comparação dos efeitos de diferentes tipos de pneus sobre o desempenho dos pavimentos.

O National Research Council (1990), apud Albano (1998), em pesquisas realizadas em sete estados norte-americanos, entre os anos de 1984 a 1986, constatou que 75 a 80% dos pneus usados em caminhões eram do tipo radiais e que a pressão de enchimento média era de 100 psi.

Albano e Lindau (1998) elaboraram pesquisas de campo junto ao Posto do Pedágio da Rodovia Estadual RS-240, município de Portão, RS. Foram levantadas informações dentre as quais a pressão de enchimento dos pneus integrantes de uma amostra representativa de 275 caminhões e coletados dados de 1815 pneus. Os valores obtidos confirmaram as tendências de aumento da pressão de inflação. Os principais resultados são os seguintes: pressão média na amostra de pneus dianteiros 95 psi (6,7 kg/cm²) e 104 psi (7,3 kg/cm²) na amostra de pneus não dianteiros. Constatou-se no conjunto de pneus uma incidência de 62% de pneus de construção radial.

Albano (2005) cita que os pneus utilizados na pista experimental da AASHO eram representativos daqueles que estavam em uso no final dos anos 50. Eram os tradicionais pneus de lonas com pressão de enchimento da ordem de 517 KPa a 552 KPa (75 a 80 psi). Desde então os construtores de pneus têm introduzido no mercado pneus radiais com melhores condições de suportar maiores cargas e pressões. Cita ainda que Middleton et al. (1986) realizaram um levantamento de dados em rodovias no Estado do Texas e constataram que os pneus radiais em média tiveram uma pressão média de 83 a 145 Kpa (12 a 21 psi) mais em relação aos de lona. Além disto, estavam preocupados com as evidências de que acréscimos na pressão dos pneus poderiam resultar em aparecimento precoce de trincas por fadiga e também maiores deformações permanentes nas trilhas de rodas. Foram investigados cerca de 1500 caminhões. Os que utilizam pneus radiais apresentavam uma pressão média de 105 psi e os diagonais de 85 psi. Por último, informa de que investigações sobre o efeito do incremento da pressão de inflação no desempenho dos pavimentos aprofundaram-se nos últimos anos, principalmente em função do desenvolvimento de equipamentos de maior precisão tais como: transdutores, medidores piezo-elétricos de deformações e tensões, células de carga, programas para micro-computadores, bem como a utilização de simuladores de tráfego em pistas experimentais. Atualmente, no Brasil, destacam-se os estudos sobre a interação, veículo-pavimento desenvolvido na Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo (USP) na cidade de São Carlos.

O Guia AASHTO (1993) comenta que a pressão de inflação, utilizada em veículos pesados, tem aumentado na medida em que os construtores de pneus estão melhorando a tecnologia de fabricação. Destaca também que as montadoras estão avaliando as vantagens de adoção de maiores pressões de inflação nos pneus. Conclui, de forma cautelosa, que ainda não se conhece qual o efeito concreto das maiores pressões de enchimento dos pneus sobre os pavimentos.

Albano (2005) cita que a pressão de inflação tem efeito significativo no valor da deformação específica de tração na fibra inferior do concreto asfáltico, sendo a mesma determinante não só para o valor, mas também na localização da deformação máxima de tração relativa à largura de contato do pneu com o pavimento. Pneus inflados ao máximo produzem maiores deformações próximas ao centro do pneu e pressões baixas provocam deformações máximas junto às bordas laterais. Em sua tese de doutorado utilizou o Simulador de Tráfego da UFRGS/DAER para ensaios em que utilizou pressões variadas de inflação de 552 KPa (80 psi), 620 KPa (90 psi) e 689 KPa (100 psi) e de intensidade das cargas de 82 KN (8,2 tf), 100 KN (10,0 tf) e 120 KN (12,0 tf), em dois tipos de pavimento, um delgado com revestimento em tratamento superficial duplo com 2,5 cm de espessura, base e subbase de macadame seco com 21,0 cm de espessura, e outro, espesso com revestimento em concreto asfáltico com 9,0 cm de espessura, base de brita graduada simples com 12,0 cm de espessura, subbase de macadame seco com 16,0 cm de espessura, ambos assentes sobre subleito de argila de comportamento laterítico. Os resultados mostraram que a variação da deflexão recuperável entre os diversos níveis de pressão de inflação para cada nível de carga por eixo é pequena. No caso do pavimento delgado tem algum efeito, mas no espesso as variações são ainda menores. As variações das deflexões foram mais significativas quando se variaram as cargas aplicadas sobre os pavimentos. São apresentadas duas tabelas que reproduzem os valores médios da deflexão para cada combinação de fatores (pressão de inflação de pneus e cargas por eixo), calculados para os pavimentos espesso e delgado. A Tabela 2.8 mostra as variações no pavimento delgado e a Tabela 2.9 no pavimento espesso.

Tabela 2.8 – Deflexões médias medidas no pavimento delgado (0,01 mm)

Pressão de inflação de pneus KPa (psi)	Carga por eixo (KN)		
	82	100	120
552 (80)	54,25	69,25	75,25
620 (90)	55,00	71,25	77,75
689 (100)	51,50	63,00	76,00

Fonte: Albano, 2005

Tabela 2.9 – Deflexões médias medidas no pavimento espesso (0,01 mm)

Pressão de Inflação de pneus KPa (psi)	Carga por eixo (KN)		
	82	100	120
552 (80)	43,00	45,25	48,50
620 (90)	38,50	43,75	52,00
689 (100)	39,50	47,75	52,25

Fonte: Albano, 2005

Finalizando, Albano (2005) conclui que em ambos os casos, quanto maior é o nível de carga por eixo, mais pronunciado é o valor da deflexão para cada nível de pressão de inflação considerado, evidenciando assim a conhecida influência da carga por eixo sobre os pavimentos, pois quanto maior é a carga maior é a deflexão e, por conseqüência, a potencialidade do surgimento de danos ao pavimento. A variação da deflexão entre os diversos níveis de pressão de inflação para cada nível de carga por eixo é pequena. No caso do pavimento espesso as variações são ainda menores. Para os dois níveis de espessura de pavimento estudados, no caso do nível de carga por eixo de 120 Kn, a variação entre os valores da deflexão é mínima para todos os níveis de pressão de inflação. Muito embora análises de interação entre cargas e pavimentos envolvam conceitos complexos, nos dias atuais são realizados com relativa facilidade através de programas computacionais existentes.

2.2 EQUIVALÊNCIA ENTRE CARGAS

O conceito de equivalência de cargas surge da simples observação que, em estruturas idênticas de pavimentos, os efeitos destrutivos ocasionados ao longo do tempo por veículos diferentes são desiguais, emergindo então a necessidade de um critério comparativo entre os efeitos destrutivos das passagens dos veículos.

Yoder e Witczak (1975) indicaram que os Fatores de Equivalência de Cargas (FEC) definem o dano causado pela passagem de um veículo qualquer, para um tipo específico de pavimento, em relação ao dano causado pela passagem de um veículo, arbitrariamente tomado como padrão, para um mesmo tipo de pavimento considerado.

Sales et al. (1987) observaram que o efeito destrutivo sobre um pavimento só pode ser avaliado através da determinação da quantidade e do peso dos eixos que sobre ele circulam e indicam que várias pesquisas tiveram como objetivo correlacionar o peso dos eixos e seu efeito destrutivo, ou seja, o fator de equivalência de uma carga P, que é definido como o número de passagens equivalentes de um eixo-padrão de 8,2 tf que produz o mesmo efeito no pavimento que a carga em questão.

2.3 FATOR DE EQUIVALÊNCIA DE CARGAS (FEC)

Definiu-se a partir de estudos desenvolvidos pela pista experimental da AASHO, cujos ensaios de campo duraram 25 meses (novembro/1958 a dezembro/1960), um eixo padrão que é um eixo simples com rodado duplo com carga de 18.000 lbs (8,2tf) com pressão de inflação de pneus de 80 psi (5,6 kg/cm²). Os efeitos destrutivos de cargas quaisquer por eixos sobre pavimentos podem ser referidos, comparativamente, ao provocado por um determinado número de passagens do eixo padrão. Pode-se relacionar cada tipo de eixo ou conjunto de eixos ao eixo padrão através do FEC. Desta forma, o tráfego previsto, para um pavimento é definido em função do número equivalente de operações do eixo padrão, durante o período de projeto. Esta quantidade de passagens do eixo padrão denominado número N.

A carga por eixo padrão adotada é de 18.000 lbs (8,2 tf) por eixo simples de roda dupla – ESRD, ou seja, 9.000 lbs (4,2 tf) por rodas duplas. Todas as cargas por eixo previstas em projeto para circular pela via serão relacionadas à carga do eixo padrão. A somatória das relações de equivalência destrutivas fornece um parâmetro, denominado N, que representa o número de passagens da carga de eixo padrão (8,2 tf), equivalente ao efeito das cargas do tráfego diversificado que realmente vai passar pela via no período de projeto.

Balbo (1997) cita que o conceito de equivalência de cargas surge da simples observação que, para estruturas idênticas de pavimento, os efeitos destrutivos ocasionados ao longo do tempo por veículos diferentes, são desiguais, emergindo então um critério comparativo entre veículos.

Yoder e Witczack (1975) indicam que os fatores de equivalência de cargas definem o dano causado pela passagem de um eixo qualquer, para um tipo específico de pavimento, em relação ao dano causado pela passagem de um eixo, arbitrariamente tomado com padrão, para um mesmo tipo de pavimento considerado.

Balbo (1997) conclui que os métodos de dimensionamento aos quais adotam diferentes critérios de ruptura de um pavimento (evolução total de seu estado) implicam em conceitos de danos diferentes, fato que se reflete explicitamente em suas equações de dimensionamento, portanto, é de se esperar, por exemplo, métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis e rígidos apresentem diferentes valores para tais fatores de equivalência entre cargas, tendo em vista os critérios de rupturas adotados por esses métodos são absolutamente distintos. Os efeitos destrutivos de uma carga podem ser chamados simplesmente por dano, sendo que a ruptura do pavimento, encarada através de algum critério definindo seu fim de vida útil, ocorrerá por efeito do acúmulo de uma dada quantidade de danos consecutivamente ocorridos.

Albano (1998) cita que a dimensão dos danos causados pelo excessivo carregamento de veículos pode ser avaliada pelo FEC. Estudos desenvolvidos na pista experimental da AASHO no final da década de 50 levaram à conclusão que os efeitos de cargas por eixo sobre pavimentos podiam ser referidos, comparativamente, aos provocados por uma carga padrão de eixo simples com rodado duplo de 8,2 tf, a qual possui um FEC unitário.

O Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos do DNER (DNER, 1998) enfatiza que as cargas do tráfego causam deflexões nas camadas do pavimento e alteram o estado de tensões e deformações. Cada carga provoca um efeito destrutivo e reduz a vida remanescente do pavimento. Portanto, diferentes

configurações de eixos e cargas produzem deflexões diferenciadas, que reduzem a vida remanescente do pavimento de diversas maneiras. Os FEC são utilizados para fazer conversões de equivalência entre as várias possibilidades de carga por eixo.

Albano (2005) cita que o tráfego que se desloca sobre o pavimento é o carregamento a ser considerado nas metodologias de dimensionamento sejam eles empíricos ou mecanísticos. Em sendo assim, existe necessidade de modelar o tráfego, pois na realidade, o mesmo apresenta-se de forma bastante complexa: veículos diferentes, cargas aleatórias, inúmeras configurações de eixos e rodas, velocidades variáveis, etc.

2.4 FATOR DE VEÍCULOS (FV)

Balbo (1997), define que a somatória dos valores ($p_i \times \text{FEC}_{i,p}$) computados fornece o valor do chamado FV ou fator de caminhão ou equivalência de operações, relativo ao perfil de tráfego verificado em pesagens por 100 veículos da amostra. O valor absoluto do fator de veículo será:

$$\text{FV} = \frac{\sum_{i=1}^n (p_i \times \text{FEC}_{i,p})}{100} \quad \text{Eq. 2.1}$$

Onde: p_i é o valor da percentagem de eixos tabulados em relação ao número total de veículos e $\text{FEC}_{i,p}$ é o cômputo do produto para cada categoria de eixo indicada.

Senço (1997) o define como sendo um fator que transforma o tráfego real, no sentido dominante, no período de projeto, em um tráfego equivalente de eixos padrão, podendo-se considerar que, para um FV, relativo ao veículo, e sendo p_i a percentagem com que esse veículo contribui para o tráfego total V_t , o FV será:

$$\text{FV}_t = \frac{[\sum p_i \times \text{FV}_i]}{100} \quad \text{Eq. 2.2}$$

Pinto e Preussler (2002) citam que a determinação da solicitação do tráfego para a vida de projeto pode ser obtida a partir do cálculo dos FV. Conhecendo-se os FV individuais (FV_i), para as diferentes categorias de veículos, determinados numa

estação de pesagem representativa da região, e das percentagens P_j com que estas categorias de veículos que ocorrem na estrada que está sendo considerada, tem-se que:

$$FV = \frac{\sum (P_j \times FV_j)}{100} \quad \text{Eq. 2.3}$$

Os FV_j para automóveis e caminhões leves, não são tão relevantes, interessando, especialmente os FV_j para caminhões médios, pesados, reboques e semi-reboques.

Albano (2005) cita que o FV deve ser interpretado como o número equivalente de operações do eixo padrão provocado pelo deslocamento de um veículo médio representativo da frota. O FV representa também uma grandeza proporcional ao dano ou consumo provocado pela ação do tráfego sobre o pavimento, podendo se entender que modificações importantes no FV de uma frota podem indicar uma alteração no desempenho esperado do pavimento devido a ações do tráfego não previstas.

2.5 FATOR DE EQUIVALÊNCIA DE CARGAS DO CORPO DE ENGENHEIROS DOS ESTADOS UNIDOS (USACE)

Albano (2005) cita que os FEC/USACE são os adotados pelo DNIT (DNER, 1979) para cálculo do número N e tem com origem o trabalho de Turnbull et al (1962) para eixo simples e duplo. A referência do dano no pavimento é o afundamento plástico no subleito, considerado a 70 cm de profundidade (PEREIRA, 1985), tendo como limite o padrão de uma polegada de afundamento.

Pereira (1985) cita que os Fatores de Equivalência de Cargas concebidos pelo Corpo de Engenheiros do Exército Norte-Americano (USACE) no ano de 1962, definiram o "ESWL" – "*Equivalent Single Wheel Load*" e tem como critério de degradação para equivalência, a deformação específica vertical de compressão no topo do subleito (deflexão). A preocupação inicial era com a deformação permanente da camada de fundação do pavimento. Segundo o autor, foi observado que o próprio método de dimensionamento de pavimentos flexíveis do DNER (DNER, 1979) limitava-se quase que exclusivamente a relacionar os valores numéricos assumidos

para os fatores em questão, não fornecendo indicações esclarecedoras o bastante sobre a sua gênese e, por conseguinte, também sobre o seu real significado. Lamenta que também os textos dos trabalhos desenvolvidos por Turnbull et al. (1962), sejam insuficientes para que se possa apenas através da respectiva leitura, fazer um julgamento preciso da procedência do uso sumário dos fatores referidos na resolução dos problemas de dimensionamento de pavimentos destinados a rodovias brasileiras de tráfego pesado.

Na realidade, Pereira (1985) faz uma tentativa de dissipar as dúvidas não só no sentido de amplificar as poucas informações que se tinha, mas também melhor caracterizar, em detalhes, os atributos das cargas em rodovias, possibilitando a obtenção de fecundas análises críticas desses fatores, que, além de induzir as diversas conclusões, resultou no conhecimento das respectivas limitações, bem como na proposição de procedimentos capazes de adequá-los às condições de rodovias de tráfego pesado. Os objetivos foram de certa forma alcançados através de uma extensa pesquisa bibliográfica e por dados coletados em uma pista de tráfego pesado, localizada no Estado do Paraná (BR-277 subtrecho Paranaguá – Curitiba, extensão de 85,0 km em pista dupla). Conclui que a crítica mais contundente é a que a metodologia da USACE não considerou, nem ao mesmo implicitamente, as espessuras e as características das camadas constituintes dos pavimentos que certamente afetam os Fatores de Equivalência de Cargas de maneira significativa.

2.5.1 Equação Básica de Dimensionamento

Pereira (1992) cita que a derivação dos FEC adotados pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos teve como ponto de partida a equação básica de dimensionamento de pavimentos flexíveis de aeroportos elaborada a partir do acervo de dados experimentais acumulado pelo organismo até início da década de 60.

$$e = \sqrt{P [1/8,2 \cdot ISC - 1/ \Pi \cdot pi]} \quad \text{Eq. 2.4}$$

Onde:

e = espessura total do pavimento (polegadas)

P = carga de roda simples (libras)

p_i = pressão de inflação do pneumático (libras por polegada ao quadrado)

ISC = Índice de Suporte Califórnia (CBR%) do subleito

A equação básica de dimensionamento é válida para cerca de cinco mil coberturas de carga consideradas genéricas e pode ser definida como sendo toda vez em que a área de contato da roda simples se sobrepõe a um ponto crítico de uma trilha de roda, tanto interna como externa e que tanto a largura das faixas de rolamento como a geometria dos eixos que nelas trafegam, condicionam o grau de liberdade das trajetórias dos veículos, limitando as possibilidades no que se refere ao seu posicionamento em relação à seção transversal do pavimento, ocorrendo, como abrangência, o que se entende por tráfego canalizado. Embora esse grau de liberdade seja pequeno, o deslocamento dos veículos ao longo da faixa de rolamento se processa de forma tortuosa, isto aliado às diferenças ocorrentes na própria geometria dos eixos transientes, tendendo a fazer com que os rastros das rodas se distribuam transversalmente na seção considerada, sem que aconteçam sobreposições exatas.

2.5.2 Conceito de Roda Simples Equivalente e sua Aplicação à Equação Geral da Metodologia da USACE

Segundo Pereira (1985), a carga de roda simples equivalente é definida como sendo a carga que atuando sobre uma área de contato análoga à de uma das rodas do conjunto, produz na superfície do subleito uma deflexão máxima igual à resultante da ação combinada das rodas que integram o referido conjunto. São admitidas as seguintes hipóteses:

- A carga total incidente sobre o conjunto de rodas múltiplas é distribuída equitativamente sobre as rodas que o compõem;
- As áreas de contato entre os pneumáticos e a superfície do pavimento são consideradas circulares;

- A pressão atuante na área de contato pneu/pavimento (pressão de contato) é suposta uniforme e igual à pressão de inflação do pneumático (p_i);
- A área de contato A entre cada pneu e a superfície do pavimento é igual à razão entre a carga incidente sobre a roda e a pressão de contato;
- O conjunto pavimento/subleito é assimilado a um semi-espaço constituído por um único material perfeitamente elástico, homogêneo e isotrópico (modelo de Boussinesq);
- O coeficiente de Poisson (μ) do conjunto pavimento/subleito é invariável com profundidade sendo igual a 0,50.

A pressão de contato equivalente (p_{eq}) é obtida dividindo-se a carga da roda simples equivalente (P_{eq}) pela área de contato A , ou seja: $p_{eq} = P_{eq} / A$

Então, se o carregamento corresponde a um eixo ou conjunto de eixos de rodas múltiplas, P e p_i são substituídos tornando a equação de dimensionamento:

$$e = \sqrt{P_{eq} [1/8,2 \text{ ISC} - 1/ \Pi p_{eq}]} \quad \text{Eq. 2.5}$$

Os valores de P_{eq} e de p_{eq} dependem da espessura “e” do pavimento, sendo assim o uso da equação acima para a determinação da espessura total do pavimento requerido sobre um subleito de Índice de Suporte Califórnia (ISC) conhecido implica em um procedimento iterativo.

2.5.3 Comentários à cerca do FEC/USACE

Pereira (1985) em seu trabalho destacou os seguintes comentários:

- O critério adotado é o da máxima deflexão no topo do subleito.
- A espessura implícita de 34,3 cm é de modo geral inferior a de pavimentos flexíveis no Brasil destinados a tráfego pesado.

O conjunto pavimento/subleito é associado a um semi-espaço de Boussinesq, com $\mu = 0,50$. O modelo em questão afasta-se bastante da hipótese mais simplista aceitável para pavimentos reais, a qual consistiria em assemelhar a estrutura a um

sistema elástico estratificado, com diversas camadas possuidoras de valores modulares e Coeficientes de Poisson distintos.

- A pressão de inflação dos pneus, assumidos como sendo igual a 70 psi (4,9 kg/cm²), foi admitida como constante e independente da configuração de eixos e da carga incidente. Esse valor se considerado com os praticados nos dias atuais pode ser considerado como bastante conservador.
- Conclui-se que as curvas de projeto foram desenvolvidas com o nítido objetivo de assegurar proteção às camadas mais profundas do pavimento, em particular ao subleito contra deformações permanentes. Implica, portanto, que sua aplicação não é adequada para resolução de problemas ligados à estimativa da vida de camadas betuminosas no que se refere à fadiga.

Sales et al. (1987) citam que em 1962 o Corpo de Engenheiros dos Estados Unidos propôs os FEC para eixos simples com rodas simples ou duplas, eixos tandem-duplos e eixos tandem-triplos, conforme Tabela 2.10:

Tabela 2.10 - FEC/USACE – Eixos : simples, tandem-duplos e tandem-triplos

Peso por eixo (t)	Simple	Tandem-duplo	Tandem-triplo
3,0	0,020	0,007	-
5,0	0,100	0,050	0,020
7,0	0,500	0,170	0,060
8,2	1,000	-	Eixo-padrão
9,0	2,000	0,500	0,130
11,0	6,000	1,500	0,235
13,0	15,000	3,500	0,435
15,0	35,000	7,000	0,750
17,0	80,000	14,000	1,210
19,0	-	25,000	1,985
21,0	-	40,000	4,030
23,0	-	60,000	5,850
25,0	-	100,000	7,955
27,0	-	150,000	12,350
29,0	-	150,000	17,810
31,0	-	-	30,550
33,0	-	-	43,550
35,0	-	-	53,300
37,0	-	-	75,400

Fonte: Sales et al (1987)

As equações originais dos FEC/USACE estão contidas no Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos do DNER (1998), conforme a Tabela 2.11.

Tabela 2.11 – Equações do FEC/USACE

Tipo de eixo	Faixa de cargas (tf)	FEC (P em tf)
Dianteiros simples e traseiros simples	0 – 8	$FEC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
	≥ 8	$FEC = 1,8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Tandem-duplo	0 – 11	$FEC = 1,592 \times 10^{-4} \times P^{3,472}$
Tandem-duplo	≥ 11	$FEC = 1,528 \times 10^{-6} \times P^{5,484}$
Tandem-triplo	0 – 18	$FEC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
Tandem-triplo	≥ 18	$FEC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

P = Carga por Eixo.

Fonte : Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos do DNER (DNER, 1998)

2.6 FATOR DE EQUIVALÊNCIA DE CARGAS DA AASHTO

2.6.1 Conceitos de Comportamento e Serventia

Pereira (1992) cita que o grande esforço despendido ao longo das atividades da pista experimental da AASHO teve como objetivo principal, estabelecer relações entre o comportamento dos pavimentos estudados, as respectivas estruturas e as cargas de tráfego aplicadas.

O conceito de comportamento está ligado nas premissas de que um pavimento deve proporcionar ao usuário: conforto e segurança. Sua concepção está baseada em um procedimento inspirado na forma segundo a qual o usuário se julga servido pelo pavimento. O conceito de serventia está ligado à capacidade que um pavimento tem de possuir um rolamento suave, confortável e seguro o que, em última análise, é função para a qual foi construído. É também a habilidade de um pavimento, na época da observação, de servir ao tráfego com elevados volumes e altas velocidades.

A medição da serventia diz respeito diretamente ao usuário, que é influenciado por diversos atributos dos pavimentos, entre os quais:

- Resposta ao movimento caracterizado pela integração pavimento-veículo-homem para uma determinada velocidade;
- Reposta e aparência caracterizada por certos fatores como trincamentos, remendos, condições dos acostamentos, etc.

Avaliações subjetivas foram efetuadas na pista experimental do órgão norte-americano por grupo de indivíduos que, trafegando em seções pavimentadas, conferiam graus em uma escala variável de notas variando de cinco (muito bom) a zero (muito fraco) conforme alguns procedimentos:

- Das avaliações feitas pelos indivíduos em número de cinco, a média dos valores atribuídos por cada membro do grupo foi designada como sendo o Índice de Serventia Presente (ISP);
- Os avaliadores percorriam o segmento rodoviário em análise, em um veículo de passeio médio, a uma velocidade próxima da velocidade estabelecida (60km/h); e
- As condições climáticas na ocasião do levantamento eram favoráveis. Conforme dito, as notas subjetivas variáveis no intervalo de 0 a 5, foram designadas como sendo um Valor de Serventia Atual (VSA) de acordo com os conceitos inseridos na Tabela 2.12.

Tabela 2.12 - Valores da Serventia Atual (VSA)

Valor da Serventia Atual (VSA)	Conceitos
0 a 1	Péssimo
1 a 2	Ruim
2 a 3	Regular
3 a 4	Bom
4 a 5	Ótimo

Fonte: Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos do DNER (DNER, 1998)

- Os segmentos avaliados tiveram extensões menores do que dois quilômetros. O VSA adotado foi a média dos resultados obtidos por avaliadores que ignoraram na análise, problema geométricos, bem como problemas ligados à resistência à derrapagem, recalques em aterros e bueiros. Depois, procurou-se estabelecer, através da análise de regressão múltipla, correlações entre os resultados da avaliação subjetiva efetuada e certos atributos medidos objetivamente, inerentes às condições de superfície dos pavimentos inspecionados.

Sales et al. (1987) observaram que a AASHTO, em 1974, em suas pesquisas, formulou equações que representavam o fator de equivalência de uma carga P correspondente ao tipo de eixo observado. Estas equações são apresentadas a seguir:

a) Equações obtidas experimentalmente pela AASHTO, 1974.

- Eixo simples de roda simples : $nss = (P_{ss}/7,77)^{4,32}$
- Eixo tandem-duplo : $ntd = (P_{td}/15,08)^{4,14}$

b) - Equações obtidas por Treybirg e Von Quintus (1976) apud Sales et al (1987).

- Eixo simples de roda duplas : $nsd = (P_{sd}/8,17)^{4,32}$
- Eixo tandem-triplo : $ntt = (P_{tt}/22,95)^{4,22}$

As equações originais dos FEC/AASHTO estão também contidas no Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos do DNER (1998), conforme a Tabela 2.13.

Tabela 2.13 – Equações dos FEC/AASHTO

Tipo de eixo	FEC (P em tf)
Simple de rodagem simples	$FEC = (P/7,77)^{4,32}$
Simple de rodagem dupla	$FEC = (P/8,17)^{4,32}$
Tandem-duplo	$FEC = (P/15,08)^{4,14}$
Tandem-triplo	$FEC = (P/22,95)^{4,22}$
P = Carga por Eixo	

Fonte: Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos do DNER (DNER, 1998)

2.6.2 Comentários sobre os FEC

Balbo (1997) observou que não existe um critério universalmente aceito para o cálculo dos FEC, mesmo porque o pavimento pode apresentar ruptura determinada por vários fatores. A utilização dos danos com base nas solicitações de tração nas fibras inferiores de camadas betuminosas e cimentadas, no que se refere à fadiga, pode resultar FEC entre cargas superiores aos tradicionais fatores ditos de quarta potência, das metodologias da USACE e da AASHTO.

Ainda segundo Balbo (1997), o FEC da AASHTO procura sanar tal aspecto através da diferenciação entre os FEC para pavimentos com diferentes Números Estruturais (SN) que a bem da verdade não resolve bem o problema, pois todos os seus fatores giram em torno de leis de quarta potência, não sendo muito diferentes entre si.

Albano (2005) cita que os FEC obtidos da equação geral de comportamento das pistas da AASHTO e da USACE são influenciados pela estrutura do pavimento, caso da AASHTO, e pela estrutura do pavimento e suporte do subleito, caso da USACE.

Pinto e Preussler (2002) comentam que os FEC/AASHTO baseiam-se na variação da serventia, dependem do tipo de pavimento e do número estrutural (SN) e que os FEC/USACE avaliam os efeitos do carregamento considerando a deformação permanente (afundamento das trilhas de roda).

As maiores críticas ao cálculo do número N ocorrem devido aos procedimentos altamente empíricos nos quais está fundamentada a determinação dos FEC, expresso em dano relativo à configuração de um padrão de 8,2 tf (Tim e Newcomb, 2002 apud Albano 2005). Os autores afirmam que pesquisas desenvolvidas em inúmeras pistas experimentais indicam que os FEC são dependentes do tipo de pavimento (flexível ou rígido), espessura do pavimento, tipo do conjunto de eixos e do valor da carga por eixo, pressão de inflação e condições ambientais.

2.6.3 – Critérios de Desempenho

Segundo Pinto e Preussler (2002) um pavimento bem projetado, apresenta ao usuário, logo após sua conclusão, um alto grau de serventia traduzido pelo binômio: conforto e segurança. Com o passar do tempo, sob efeito do tráfego e das intempéries, o pavimento vai diminuindo sua serventia, devido ao aparecimento de:

a) Deformações no seu perfil longitudinal e transversal devido a afundamentos de trilhas de roda.

b) A presença de remendos que, num bom serviço de conservação corretiva rotineira vão substituindo as inevitáveis fissuras, afundamentos localizados e panelas.

2.7 GUIA DE DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE PAVIMENTOS AASHTO/2002

O objetivo primordial da Cooperativa Nacional de Pesquisas Rodoviárias (NCHRP, 2002) dos Estados Unidos, Projeto I-37 A, é o desenvolvimento e entrega do Guia de Dimensionamento de Estruturas de Pavimentos versão 2002 (AASHTO,2002), acompanhada de um programa computacional, para adoção e distribuição pela AASHTO. A pesquisa tem perseguido este objetivo pelo desenvolvimento dos seguintes trabalhos:

- Um guia textual para procedimentos baseados na tecnologia mecanística – empírica, incluindo calibração, validação e adaptação para condições locais;
- Planos materiais para implantação e serviços de treinamento para facilitar adaptações para o Guia AASHTO/2002, associados ao programa computacional;
- Estratégias para promover interesse e aceitação pela comunidade rodoviária.

2.7.1 Vantagens de um Dimensionamento Mecanístico-Empírico

O Guia AASHTO/2002, diferentemente dos Guias AASHTO/1972/1986/1993 todos empíricos e baseados nos dados da pista experimental da AASHO, ocorridos entre

novembro/1958 a dezembro/1960, promove melhoramentos nos procedimentos atuais de dimensionamento de pavimentos, tendo em vista que uma abordagem mecanística-empírica permite aos projetistas os seguintes benefícios:

- Criar métodos de dimensionamentos mais eficientes e de maior benefício/custo;
- Melhorar a confiabilidade dos dimensionamentos;
- Reduzir os custos do ciclo de vida;
- Incrementar suportes para alocação de recursos financeiros;
- Prognosticar modelos específicos de falhas;
- Extrapolar dados limitados de campo e laboratório;
- Aperfeiçoar a avaliação do impacto de novos carregamentos;
- Melhorar a utilização de materiais disponíveis;
- Minimizar defeitos precoces;
- Aperfeiçoar características sazonais dos dispositivos de drenagem;
- Melhorar dimensionamentos de reabilitação de pavimentos;
- Apresentar diariamente e anualmente mudanças sazonais dos materiais, clima e tráfego nos processos de dimensionamentos.

2.7.2 Escopo do Guia AASHTO/2002

O Guia AASHTO/2002 contém procedimentos para o dimensionamento e análises de todos os tipos de pavimentos, novos ou reabilitados (flexível, rígido e semi-rígido). Onde possível, as metodologias de dimensionamento para os vários tipos de pavimentos serão integrados, de forma que o dimensionamento de reforços não favoreça propriamente qualquer tipo. O guia enfatiza no dimensionamento de reforços:

- Procedimentos para avaliação de pavimentos existentes;
- Recomendações nos tratamentos de reabilitação, drenagem subsuperficial e melhorias na fundação;
- Procedimentos nas análises dos custos do ciclo de vida e análises de tráfego;
- Procedimentos de calibração para condições locais;

- Orientação para as instituições desenvolverem manuais de procedimentos;
- Acessos hierárquicos que possam prover múltiplas opções de dimensionamentos, dependendo da classe da rodovia.

2.7.3 Necessidades do Guia AASHTO/2002

Enquanto as versões anteriores dos Guias para Dimensionamento de Estruturas de Pavimentos da AASHTO serviram por quase quatro décadas, existem sérias limitações para continuidade dos seus usos pela comunidade rodoviária em todo o mundo. Essas limitações poderiam ser:

- Procedimentos de dimensionamento de reforços não foram considerados na pista experimental da AASHTO. Nos dias atuais, as necessidades são veementes em termos de dimensionamento de reforços;
- A pista experimental se localizava numa área geográfica específica, Otawa, Illinois, norte dos Estados Unidos, com dificuldades de simular os efeitos de diferentes condições climáticas nas performances dos pavimentos. Por exemplo, na pista experimental uma significativa quantidade de defeitos ocorreu durante o degelo da primavera, uma condição que não ocorre em inúmeros países, principalmente os tropicais;
- Somente um tipo de subleito foi usado para todas as seções de testes da pista experimental. Existem muitos outros dentro do próprio Estados Unidos;
- Somente bases granulares densas não-estabilizadas foram incluídas nas principais seções do pavimento. Vários tipos dessas bases são agora usados rotineiramente em todo o mundo;
- Veículos, suspensões, configurações de eixos e tipos de pneus eram representativos dos usados no final dos anos 50. Muitos deles estão em desuso nos dias de hoje;
- Dimensionamento de pavimentos, comportamento dos materiais e construções eram representativos daquela época. Nenhum sistema de drenagem profunda foi incluído nas seções da pista experimental.

Um problema adicional com os procedimentos anteriores da AASHTO é a magnitude da diferença entre a pista experimental e as modernas rodovias atuais no que se refere ao carregamento. Na pista experimental houve a aplicação de cerca de 10 milhões de carga-eixo; menor do que os carregamentos que sofrem os modernos pavimentos em seus primeiros anos de uso devido ao explosivo crescimento do tráfego de veículos nos últimos 40 anos.

As equações básicas originais dos primeiros procedimentos foram baseadas nas análises de regressões estatísticas dos dados da pista experimental. Desse modo, aplicações dos procedimentos para modernos fluxos de tráfego, têm significado aos projetistas, criatividade e experiência muito além dos dados básicos das pesquisas realizadas há muito tempo. Claramente, os resultados têm mostrado que os projetistas vêm trabalhando “no escuro” em dimensionamento com carregamentos altos. Muitos dos pavimentos podem muito bem ter sido ou sub ou superdimensionados resultando em significativas perdas econômicas.

Outra grande extrapolação foi sobre a vida de projeto. Devido à curta duração da pesquisa, os efeitos de longo prazo das condições climáticas e envelhecimento dos materiais não foram considerados. As pesquisas da pista experimental da AASHO duraram vinte e cinco meses, enquanto vidas de projetos para muitos dos pavimentos atuais são de 20 a 50 anos.

Finalmente, os procedimentos anteriores da AASHTO (1973,1986 e 1993) relacionam a espessura dos revestimentos (asfáltico ou concreto) para análises de desempenho. No entanto, critérios de desempenhos observados nos pavimentos têm revelado que muitos deles necessitam reabilitação por razões que não estão diretamente relacionadas às espessuras do revestimento, por exemplo afundamento de trilha de roda, trincas térmicas, etc. A medida primária do desempenho dos pavimentos nos procedimentos anteriores era o Índice de Serventia Atual (PSI) e o fator dominante dessa serventia era, sem dúvida, o tráfego.

Para melhorar a confiabilidade no dimensionamento de pavimentos e encontrar as necessidades de gerenciamento, os critérios devem se ater aos mesmos fatores de

desempenho. Para ajudar a diminuir esses problemas se utiliza, por exemplo, o Índice de Rugosidade Internacional (IRI) como um dos critérios de desempenho.

2.7.4 O Programa Computacional do Guia AASHTO/2002

De acordo com o Transportation Research Board – TRB (2005) um novo programa computacional foi desenvolvido, denominado “Mechanist-Empirical Pavement Design Guide” (MEPDG), também conhecido como DG/2002. Recentemente proposto nos Estados Unidos, representa desafios inovadores no modo de desempenho dos pavimentos. Os dados de entrada do programa computacional incluem tráfego, clima, e características de comportamento dos materiais.

Um dos mais interessantes aspectos é o acesso hierárquico, isto é, a consideração de diferentes níveis de precisão dos dados de entrada. O Nível 1, mais elevado, requer do engenheiro-projetista, dados mais acurados, isto é, ensaios dos materiais, pesagens de veículos, etc. O Nível 2 requer ensaios, mas são permitidos correlações de dados, como por exemplo, módulo do subleito estimado através de correlação com o ensaio do CBR. Finalmente o Nível 3, baseado em valores fornecidos pelo programa, na falta de valores locais.

Uma estrutura de pavimento é colocada em prova e então analisada e avaliada a sua performance no que diz respeito ao seu desempenho ao longo da vida útil de projeto. Se não for comprovada a sua eficiência para os objetivos almejados nos critérios de desempenhos pré-estabelecidos, ela deve ser modificada, até que se atinja aos objetivos propostos.

Muito embora a avaliação do procedimento esteja ainda de certa forma subutilizada, muitas instituições rodoviárias têm começado a realizar adaptações e calibrações locais. Celauro e Khazonovich (2005) em seu trabalho começaram estudos para implementar o programa computacional na Itália, onde a deterioração da infraestrutura viária do país, com o constante crescimento do tráfego e a introdução de novos materiais, representam constantes desafios à comunidade da engenharia rodoviária local. Os tradicionais procedimentos empíricos não podem mais

facilmente ser adaptados. Nas últimas quatro décadas, tem-se prestado atenção não só na Itália como em outros países, ao desenvolvimento de métodos mais analíticos para dimensionamento de estruturas de pavimentos.

Celauro e Khazonovich (2005) citam ainda que na Itália os dimensionamentos são baseados em catálogos desenvolvidos a partir de 1993 e que não mais satisfazem às constantes mudanças que vêm ocorrendo. O desenvolvimento e a implementação de um novo procedimento mecanístico-empírico será um grande desafio para a comunidade rodoviária italiana e irá requerer substancial tempo e recursos financeiros. Esta tarefa pode até certo ponto ser simplificada se ao invés de novos desenvolvimentos, se adotar o recente programa desenvolvido nos Estados Unidos da América.

Na verdade o programa em si começou em 1996, através da criação de uma Junta de Força-Tarefa em Pavimentos (JTFF) que se responsabilizou pelo seu desenvolvimento. O projeto 1-37 A, da NCHRP, foi o maior de todos ao longo de seus quarenta anos de história, e foi concluído recentemente com a apresentação do programa MEPDG à comunidade rodoviária geral do mundo através da Internet.

O atual Guia AASHTO/1993 é baseado em equações empíricas derivadas da pista experimental da AASHTO, ocorridas entre 1958 e 1960, com limitadas seções de estruturas e também modestos níveis de tráfego, comparado com os dos dias atuais. A meta principal da JTFF foi conduzir um programa específico visando o desenvolvimento de um guia baseado nos princípios mecanísticos-empíricos com modelos numéricos calibrados com dados obtidos da Performance de Pavimentos a Longo Prazo (LTPP).

O programa MEPDG utiliza modelos numéricos para analisar dados de entrada do tráfego, clima e comportamento dos materiais de uma proposta estrutura, onde são estimados os danos acumulados durante toda a sua vida útil. É aplicável para projetos de novos, bem como de reforços, tanto de pavimentos flexíveis, rígidos e semi-rígidos. O conceito de performance abrange estrutura, funcionalidade e segurança. Os prognósticos de performance são feitos em termos de defeitos e

qualidade ao rolamento. Os seguintes danos são incluídos no programa, no que concerne a pavimentos flexíveis:

- Deformação permanente (afundamento de trilha de roda).
- Fadiga (trincamento de baixo para cima e de cima para baixo).
- Trincas térmicas.

O programa MEPDG prevê significativos benefícios com relação ao Guia AASHTO/1993. É capacitado para criar mudanças e adaptações no desenvolvimento de novos projetos pela melhor confiabilidade das condições mecânicas dos materiais. Apesar de ser conceitualmente direto, o desenvolvimento e implementação de tais procedimentos propõem muitos desafios, especificamente o problema das caracterizações dos materiais, configuração das cargas, equações de vida do pavimento, danos acumulados e variações sazonais que devem ser levados em conta.

2.7.4.1 Aplicação em pavimentos flexíveis

O programa MEPDG utiliza o termo pavimento asfáltico, tanto no que se refere a novos como a reforços de pavimentos, os quais têm como camada final de rolamento, mistura betuminosa do tipo concreto asfáltico. Os principais passos do programa são:

- Criação de uma estrutura com avaliações do tráfego, clima e dos materiais disponíveis no local;
- Estabelecimento de critérios de desempenho com previsão de performance para o desejado nível de confiabilidade durante toda a vida útil de projeto em termos de afundamento da trilha de roda, trincamento por fadiga, trincamento térmico e irregularidade longitudinal;
- Processamento de dados de entrada para obtenção de valores mensais do tráfego, variações sazonais, climáticas e dos materiais da estrutura, necessários nas avaliações durante o desenrolar da vida útil do projeto;

- Computação de respostas estruturais (tensões e deformações) utilizando-se teoria das multicamadas elásticas ou elementos finitos baseados nos modelos de respostas dos pavimentos, para cada tipo de carga por eixo e para cada cálculo de incremento de danos durante toda a vida útil de projeto;
- Cálculo acumulado dos danos e/ou defeitos no final de cada período de análise durante a vida útil de projeto;
- Previsão dos danos no final de cada período de análise durante toda a vida útil de projeto utilizando-se de modelos calibrados de performance mecanística-empírica previsto no Guia/2002;
- Previsão de conforto ao rolamento como função do Índice de Irregularidade Internacional, defeitos que se acumulam com o tempo, e fatores locais no final de cada incremento de análise;
- Avaliação da performance esperada da estrutura-prova e na verificação se as previsões de defeitos e conforto ao rolamento atendem aos critérios selecionados no desejado nível de confiabilidade pré-estabelecido, e;
- No caso de não atendimento aos critérios de desempenho pré-estabelecidos, nova estrutura de pavimento será submetida ao processo até que se atenda totalmente aos mesmos.

2.7.4.2 Dados de entrada

Os dados de entrada para pavimentos flexíveis incluem tráfego (espectros de carga para eixos simples, eixos tandem-duplos e eixos tandem-triplos e até mesmo eixos quádruplos), fatores climáticos e caracterizações e comportamentos dos materiais integrantes da estrutura. Inclui ainda os critérios de desempenho, baseado na experiência e sensibilidade de cada projetista. Um dos mais interessantes aspectos do procedimento é a aproximação hierárquica de três diferentes níveis:

- Nível 1: requer do engenheiro-projetista a obtenção de dados mais acurados, como por exemplo, propriedades obtidas através de ensaios de laboratório, medidas do tráfego (volume e pesagens através de PPV, ensaios de campo de deflexão através do FWD e outros).

- Nível 2: requer testes, mas o uso de correlações é permitido. Como exemplo, módulo do subleito podendo ser estimado através de correlação empírica com o CBR.
- Nível 3: consiste de valores totalmente estimados. Na falta, adotam-se os oferecidos pelo próprio programa com experiência norte-americana.

Em vista disso, no nível 1 tem-se a probabilidade de ocorrer menos erros do que os níveis 2 e 3. No entanto, o nível escolhido para especificados parâmetros, no entanto, pode ter significativos efeitos no dimensionamento, custos e confiabilidade do projeto.

2.7.4.3 Modelo de resposta e acumulação de danos

O dimensionamento mecanístico-empírico requer cálculos de repostas estruturais críticas (tensões, deformações e deslocamentos) das camadas do pavimento induzidos pelo tráfego e/ou fatores ambientais do tráfego. Essas repostas são usadas para previsões de danos ao pavimento (trincamento e deformação permanente).

Os modelos de repostas estruturais do pavimento durante a vida de serviço devido ao carregamento e meio-ambiente são calculados utilizando-se os seguintes parâmetros:

- Espessuras das camadas do pavimento
- Propriedades dos materiais (Módulo de Resiliência e Coeficiente de Poisson) ajustados para a idade e variações sazonais
- Carregamento (peso, espaçamento das rodas e dos eixos, etc)

As propriedades individuais das camadas do pavimento podem substancialmente variar com a profundidade devido as variações da temperatura, principalmente na camada de concreto asfáltico ou mesmo nas camadas de bases e subbases, que podem até ser divididas em subcamadas. Esta subdivisão é bem clara dentro do programa. Esses ajustes de propriedades de subcamadas baseadas nos resultados

das análises climáticas apresentam performances através do Modelo Avançado e Integrado de Clima (EICM) incorporado no programa, referindo-se a um grande banco de dados de várias cidades de todas as unidades federativas dos Estados Unidos da América.

A variação dos carregamentos não permite assinalar as mais críticas localizações nas previsões das respostas. O programa MEPDG especifica várias localizações para as quais as respostas poderiam ser computadas. Essas respostas são depois usadas para computação dos danos e o ponto com o mais alto dano, entre todas as cargas, é depois utilizada para previsão dos defeitos do pavimento (trincamento e afundamento de trilha de roda no revestimento e nas camadas restantes). Naturalmente, até mesmo no concreto asfáltico, cada tipo de defeito (trincamento de baixo para cima, de cima para baixo e afundamento de trilha de roda, etc.) corresponderá a diferentes pontos críticos.

Uma das mais importantes diferenças do programa MEPDG em relação a outros métodos mecanísticos-empíricos é que ele emprega aproximação incremental de dano. Isto permite levar em conta mudanças de muitos parâmetros no dimensionamento (condições climáticas, carregamentos, propriedades dos materiais, etc) sobre a vida útil de projeto. Para projetos de pavimentos flexíveis o mais curto incremento é de uma semana e o mais longo é de um mês.

2.7.4.4 Conclusões deste item

Conclui-se que a meta do programa computacional MEPDG é criar um poderoso pacote, mas de uso amigável, que automatize os métodos e procedimentos do Guia AASHTO/2002. Modelos de pavimentos flexíveis, rígidos e semi-rígidos são dimensionados como os mesmos dados de entrada e uma mesma interface tanto quanto possível. A consistência entre eles promoverá grandes facilidades de uso por reduzir modalidades no programa, permitindo aos usuários testarem diversas soluções. Por fim baseia-se na existência de modelos mecanísticos-empíricos com utilização de implementações de modelos de programas existentes o tanto quanto

possível. Utilizando-se de tecnologias existentes pode-se esperar o desenvolvimento de novos programas mais robustos e eficientes.

No Brasil, desde os anos 60, têm-se utilizado oficialmente metodologias empíricas para dimensionamento de novos pavimentos e dos anos 70 e 80 para dimensionamento de reforços. Como vêm ocorrendo mudanças significativas nos carregamentos e também novas tecnologias de avaliação das propriedades dos materiais, uma maior flexibilidade de utilização de novas ferramentas, tais como análises mecánísticas, com aproximações incrementais na vida de projeto do pavimento, vem sendo exigidas, desde que se considerem os danos acumulados.

Vantagens específicas do uso do programa MEPDG em relação a outros tradicionais procedimentos:

- Consideração de mudança de tipo de carga;
- Melhor utilização e caracterização de materiais disponíveis;
- Melhor definição das propriedades existentes das camadas de pavimento;
- Acomodação ambiental e efeito de envelhecimento de materiais;
- Melhor definição do papel de construção;
- Melhoria nas previsões de desempenho.

Portanto o programa atende, tão bem quanto possível, a necessidade de integrar análises de aproximações necessárias para atingir as metas acima mencionadas nos dimensionamentos dos pavimentos.

2.7.5 Caracterização do Tráfego

2.7.5.1 Introdução

Os dados de tráfego são um dos elementos mais importantes exigidos para análises estruturais dos pavimentos. Eles são estimativos das cargas que solicitarão os pavimentos durante toda a vida útil de projeto.

Para os procedimentos do Guia AASHTO/2002, os dados de entrada do tráfego exigidos são os mesmos, independentes do tipo de pavimento (flexível, rígido ou semi-rígido) bem como para novos ou de reforços. A lista dos itens exigidos no programa; com relação ao tráfego são:

- Tráfego Médio Diário Anual de caminhões referente ao ano-base;
- Número de faixas de projeto;
- Percentagem de caminhões de projeto;
- Percentagem de caminhões na faixa de projeto;
- Velocidade operacional dos caminhões;
- Fator de correção mensal do tráfego;
- Distribuição horária do tráfego de caminhões;
- Distribuição por classe de veículos sobre o TMDA calculado;
- Fator de crescimento do tráfego;
- Fator de distribuição de carga por eixo;
- Localização do eixo da trilha de roda em relação ao bordo da rodovia;
- Desvio padrão das rodas dentro das trilhas de rodas da faixa de rolamento;
- Largura da faixa de rolamento;
- Número de eixos médio por caminhão (fator de eixos);
- Largura média do eixo (bordo a bordo do rodado);
- Espaçamento entre pneus;
- Pressão de enchimento de pneus (simples e duplos); e
- Espaçamento médio entre os eixos.

Agências especializadas típicas coletam três tipos de dados básicos de tráfego:

- Pesagens em movimento;
- Classificação automática dos veículos; e
- Contagem de veículos.

Esses dados podem ser aumentados pelas estimativas do tráfego computado, utilizando-se previsões e modelos de gerações de viagens. As pesagens dinâmicas são tipicamente coletadas e reportadas no formato das tabelas da Agência Federal

de Rodovias (FHWA), no caso dos Estados Unidos, isto é, os dados são apresentados como tabulações do número de eixos observados dentro de uma série de grupos de cargas, com cada um deles cobrindo um específico intervalo de carga, por exemplo, (1.000 a 2000, 2000 a 3000 libras e assim sucessivamente). As classificações automáticas de veículos são reportadas como sendo por número e tipo, contados num certo período de tempo, enquanto as contagens de veículos são reportadas como sendo o número de veículos contados num certo período de tempo.

Na caracterização do tráfego do Guia AASHTO/2002 são descritos os dados de tráfego (volumes de caminhões e valores de carga característicos do volume de caminhões pesados aplicados ao longo da vida útil de projeto e o espectro de carga para eixos: simples, tandem-duplos, tandem-triplos e quádruplos) requeridos para dimensionamento de pavimentos novos ou reforços. O eixo-padrão equivalente de 18.000 lb (8,2 tf), que vem sendo utilizado nas últimas quatro décadas, não será mais aplicável doravante. O programa fornecerá em bases mensais o número acumulado de caminhões pesados na faixa de projeto como um indicador geral da magnitude dos carregamentos e que pode ser considerado como um indicador geral do nível do tráfego de caminhões. Por exemplo, um pavimento pode ser descrito como um carregamento de 1 milhão de veículos durante toda a vida de projeto.

2.7.5.2 Descrição do acesso hierárquico da caracterização do tráfego

Tanto para pavimentos novos ou reforços um espectro de carga para cada tipo de eixo será necessário. A Tabela 2.14 mostra exemplo de um espectro de carga.

Tabela 2.14 – Exemplo de um espectro de carga para utilização do Guia/2002

Carga por eixo (1000 lb)	Eixos simples	Eixos tandem- duplos	Eixos tandem- triplos	Eixos tandem- quádruplos
11 - 14	5.000	400	100	5
15 - 18	3.000	2.000	500	10
19 - 22	200	5.000	800	30
23 - 26	50	4.000	1.000	80
27 - 30	6	2.000	1.500	100

Fonte: Guia da AASHTO (AASHTO, 2002)

Nem todas as instituições possuem recursos para detalhadas coletas de dados de tráfego devidamente acuradas, ano após ano. Para facilitar o uso, o Guia da AASHTO/2002 criou níveis de avaliação dos dados de tráfego, como um acesso hierárquico. Por isto foram criados três níveis de dados de entrada baseados na quantidade de dados de tráfego disponíveis e que podem ser definidos da seguinte maneira:

- Nível 1: Conhecimento muito bom das características do tráfego passado e futuro.
- Nível 2: Conhecimento modesto das características do tráfego passado e futuro.
- Nível 3: Conhecimento pobre das características do tráfego passado e futuro.

2.7.5.3 Processamento dos dados

Os dados de entrada do tráfego já descritos anteriormente são então processados obtendo-se assim as respostas necessárias da ação do carregamento ao longo da vida útil de projeto. Os dados de saída produzirão resultados finais dos seguintes itens:

- Número de eixos simples;
- Número de eixos tandem-duplos;
- Número de eixos tandem-triplos;
- Número de eixos tandem- quádruplos; e,
- Número de eixos tratores.

No processamento final do programa são considerados 8 importantes passos:

- 1 - Determinação de incrementos (horários ou mensais).
- 2 - Determinação do Tráfego Médio Diário Atual (TMDA) para o ano-base.
- 3 - Determinação da distribuição normalizada do tráfego por classe de caminhões para o ano-base.

4 - Determinação do número de eixos, por tipo de eixo para cada classe de caminhões.

5 – Determinação do espectro normalizado de carga por eixo para cada tipo de eixo e classe de caminhão.

6 – Previsão do tráfego de caminhões com revisão de incrementos para cada ano sucessivo, durante toda a análise da vida útil de projeto.

7 – Multiplicação do espectro normalizado de carga por eixo e o também normalizado espectro da classe de caminhões para determinar o número total de aplicações do eixo, dentro de cada grupo de carga por eixo, cada tipo de eixo e para cada hora de cada mês de cada ano, dentro da análise da vida útil de projeto.

8 – Especificação de detalhes dos eixos e dos pneumáticos.

2.8 CARGAS MÁXIMAS LEGAIS

São as cargas máximas permitidas para trânsito de veículos comerciais definidas pelas legislações pertinentes.

2.8.1 Histórico

A atual legislação referente à pesagem de veículos em vigor no Brasil é constituída por uma série de artigos cuja origem é o Decreto nº 62127/68 que aprovou o Código Nacional de Trânsito. A partir daí, uma série de decretos e leis introduziram modificações na legislação original. Num breve resumo a legislação específica sobre o assunto teve a seguinte evolução histórica:

- Decreto nº. 62.127 de 16/01/1968 que aprovou o Regulamento do Código Nacional de Trânsito e estabeleceu as condicionantes para o transporte de cargas rodoviárias conforme mencionado acima esse Decreto ficou conhecida como a Lei da Balança (BRASIL, 1968).
- Lei nº. 7.408 de 25/11/1985 que estabeleceu uma tolerância máxima de 5% sobre o Peso Bruto Total (PBT) e Peso Bruto Transmitido por Eixo (BRASIL, 1985).

- Decreto nº. 98.933 de 07/02/1990 que alterou o limite do Peso Bruto Total Transmitido pelo ESRS e regulamentou o ETD constituído por dois eixos com seis rodas (BRASIL, 1990).
- Resolução nº. 12 de 06/02/98 que estabeleceu limites de peso e dimensões para veículos por vias terrestres (CONTRAN, 1998a).
- Resolução nº. 62 de 21/05/98 que regulamentou o uso de pneus extralargos em eixos tandem de semi-reboques e reboques de suspensão pneumática (CONTRAN, 1998b).
- Resolução nº. 68 de 23/09/1998 que estabeleceu os requisitos de segurança necessários à circulação de Composição de Veículos de Cargas (CONTRAN, 1998c).
- Resolução nº. 102 de 31/08/1999 que estabeleceu os requisitos necessários à circulação de CVC's (CONTRAN, 1999a).
- Resolução nº. 104 de 21/12/1999 que dispôs sobre a tolerância máxima de peso bruto de veículos e estabeleceu critério do PBT para aplicação de multas (CONTRAN, 1999b).

Pela importância dessa Resolução, os seguintes artigos são transcritos:

Artigo 1º - “Enquanto não estiverem concluídos os estudos e pesquisas e atualização dos limites de peso por eixo, bem como não for fixada a metodologia de aferição de peso de veículos, serão adotados os critérios de Peso Bruto Total e Peso Bruto Total Combinado para aferição do peso para aplicação de multa isentando-se de multa os excessos de peso verificados nos eixos isolados ou conjunto de eixos”.

Artigo 2º - “Os limites de Peso Bruto Total e Peso por Eixo permanecem sendo aqueles estabelecidos na Resolução nº 12/98 do CONTRAN”.

Artigo 3º - “O percentual de tolerância de 7,5% no Peso por Eixo permanecerá como o estabelecido na Resolução nº 102/99 do CONTRAN e o percentual de tolerância de 5% para o Peso Bruto Total e Peso Bruto Total Combinado permanece como estabelecido na Lei nº 7408/85”.

Artigo 4º - “A fiscalização dos limites de peso, por meio do peso declarado na nota fiscal, será exercida somente naquelas rodovias desprovidas de equipamentos de pesagem”.

Artigo 5º - “Quando o peso aferido estiver igual ou inferior ao Peso Bruto Total ou Peso Bruto Total Combinado estabelecido para o veículo acrescido da tolerância de 5% embora havendo excesso de peso em alguns dos eixos ou conjunto de eixos, não será aplicada a multa. Nesse caso a carga deverá ser remanejada ou ser efetuado transbordo, de modo a que os excessos por eixo sejam eliminados”.

Parágrafo único – O veículo somente poderá prosseguir viagem depois de sanada a irregularidade.

Artigo 6º - “Quando o peso aferido estiver acima do Peso Bruto Total ou Peso Bruto Total Combinado estabelecido para o veículo, acrescido da tolerância de 5%, aplicar-se-á multa correspondente com peso excedente a parcela relativa à tolerância”.

Parágrafo único – o veículo somente poderá prosseguir viagem depois de efetuada o transbordo.

Artigo 7º - “Nos casos de impossibilidade de remanejamento ou transbordo da carga será aplicado o disposto no artigo 275 e seu parágrafo único e demais dispositivo do Código de Trânsito Brasileiro aplicáveis ao assunto”.

- Resolução nº. 108 de 21/12/1999 que dispôs sobre a responsabilidade pelos pagamentos de multas. (CONTRAN, 1999c).
- Resolução nº. 114/00 de 05/05/00 que complementou a Resolução nº 104/99 e autorizou uma tolerância de 5,0% sobre o peso bruto declarado na Nota Fiscal (CONTRAN, 2000).
- Resolução nº. 164/04 de 10/09/2004 que estabeleceu dispensa de Autorização Especial de Trânsito (AET), os veículos com Peso Bruto Total Combinado (PBTC) superior a 45 toneladas e até 57 toneladas, desde que tenham no máximo 7 eixos e comprimento máximo de 19,80 m e mínimo de 17,50 m (CONTRAN, 2004).
- Resolução nº. 184/05 de 21/10/2005 que alterou as Resoluções 12/98 e 68/98 e que de acordo com o item b do Inciso I do Artigo 2º permitiu CVC com PBTC de até 57 toneladas, com duas ou mais unidades, incluída a unidade tratora (CONTRAN, 2005).

O Quadro 2.1 mostra uma síntese da evolução das cargas máximas admissíveis no Brasil, de acordo com Decretos, Leis e Resoluções do CONTRAN.

Quadro 2.1 – Resumo da evolução das cargas máximas admissíveis no Brasil

Tipos de Eixos	Decreto 62.127/68	Lei 7.408/85	Decreto 98.933/90	Resolução 104/90	Resolução 164/04
	Cargas Máximas (kg)	Cargas Máximas (kg) 5% tolerância PBT e eixos (c/multa)	Cargas Máximas (kg)	Cargas Máximas (kg) 5% tolerância PBT (c/multa) e 7,5% eixos (s/multa)*	Cargas Máximas (kg)
Simples de Roda Simples (direcional)	5.000	5.250	6.000	6.450	
Simples de Roda Dupla c/ 4 pneus	10.000	10.500	10.000	10.750	
Tandem Duplo com 8 pneus 1,20 m < d ≤ 2,40 m	17.000	17.850	17.000	18.275	
Não em tandem 1,20 m < d ≤ 2,40 m			15.000	16.125	
Dois eixos (6 pneus) 1 eixo com 4 pneus 1 eixo com 2 pneus 1,20 m < d ≤ 2,40 m			13.500	14.512	
Tandem – Triplo 1,20 m < d ≤ 2,40 m	25.500	26.780	25.500	27.413	
PBT	45.000	47.250	45.000	47.250	57.000**

Observações: * - acima desse limite torna-se obrigatório transbordo da carga

** - acima desse limite somente com Autorização Especial de Trânsito

2.8.2 Novo Código de Trânsito Brasileiro

Em 23/09/1997, após longa tramitação no Congresso Nacional, foi sancionada pelo Presidente da República a Lei nº. 9503/1997 que institui o novo Código Nacional de Trânsito (CNT), que entrou em vigor em 22/01/98, transcorrido cento dias de sua publicação no Diário Oficial da União (BRASIL, 1997). Essa alteração da configuração legal que ordenou as relações do trânsito no Brasil, objetivou mudanças no sentido óbvio de melhorar o sistema anteriormente vigente. Abaixo são listados alguns conceitos da legislação:

- Peso Bruto Total (PBT) é o peso máximo que o veículo pode transmitir ao pavimento, considerando a tara mais a lotação (carga máxima útil).
- Peso Bruto Total Combinado/Capacidade Máxima de Tração (PBTC/CMT) é o peso máximo que pode ser transmitido ao pavimento pela combinação de um caminhão trator mais seu semi-reboque ou de caminhão trator mais o seu reboque.
- Eixos tandem são dois ou mais eixos que constituem um conjunto integral de suspensão, podendo ou não qualquer ser motriz.

A Tabela 2.15 mostra os limites de cargas no Brasil.

Tabela 2.15 – Limites de cargas no Brasil

Limite máximo de PBT	57,0 tf
Limite máximo de peso bruto por eixo simples com roda simples (ESRS)	6,0 tf
Limite máximo de peso bruto por eixo simples com roda dupla (ESRD)	10,0 tf
Limite máximo de peso bruto por eixo tandem duplo, quando a distância entre dois planos verticais que contenham os centros da roda for superior a 1,20 m ou inferior a 2,40 m.	17,0 tf
Limite máximo de peso bruto por eixo tandem-triplo (somente do tipo semi-roboque), quando a distância entre os três planos verticais que contenham os centros da roda for superior a 1,2 m ou inferior a 2,4 m	25,5 tf

Fonte: Resoluções 104/90 e 164/04 do CONTRAN

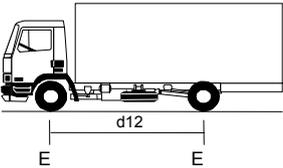
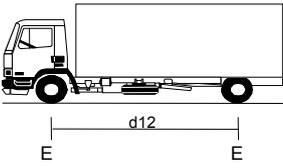
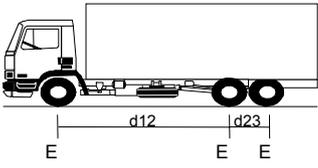
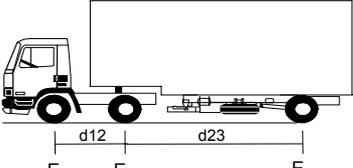
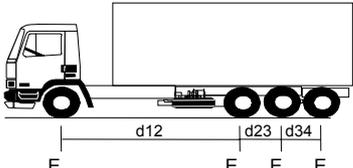
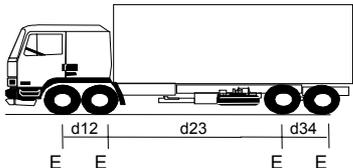
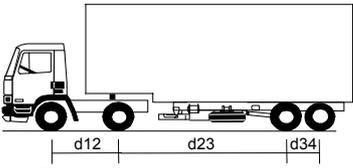
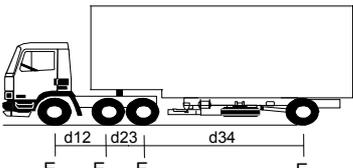
Observações:

- Os limites máximos de carga por eixo tandem equipado com pneu extralargo são de 17,0 tf e 25,5 tf respectivamente para eixos tandem-duplos e tandem-triplos.
- Nenhum veículo ou combinação de veículo poderá transitar com PBT ou PBTC superior ao fixado pelo fabricante, nem ultrapassar a capacidade máxima de tração da unidade tratora.

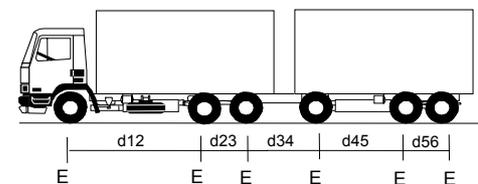
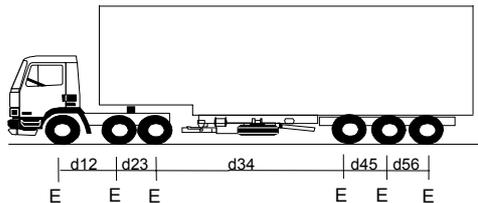
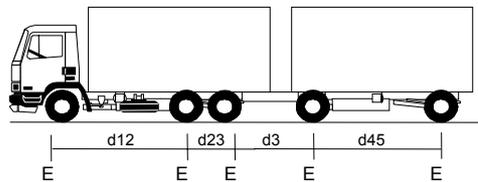
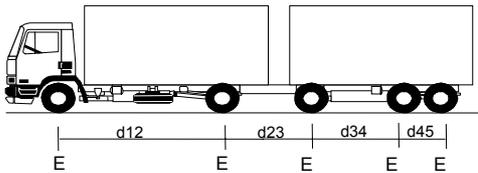
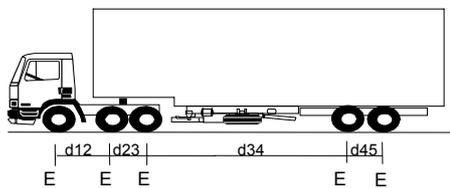
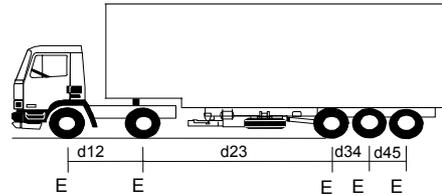
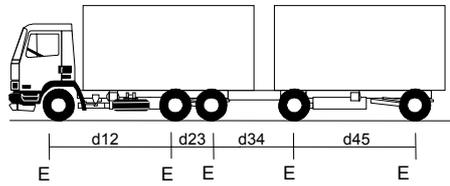
2.8.3 Configurações de Veículos

A seguir são apresentados as Figuras 2.3, 2.4 e 2.5 com as configurações adotadas para a frota atual brasileira com seus respectivos limites legais máximos baseados na publicação da Diretoria de Concessões e Operações do DNER intitulada “Quadro de Fabricantes de Veículos” (DNER,2001).

Figura 2.3 - Configurações de Veículos < 57 t (não necessitam de AET)

VISTA LATERAL	CLASSIFICAÇÃO
	<p>2C – PBT/CMT = 16(16,8 tf) (CAMINHÃO) E1 (simples) = 6,0 t E2 (duplo) = t $d_{12} \leq 3,50$ m</p>
	<p>2C – PBT/CMT = 16(16,8 tf) (CAMINHÃO) E1 (simples) = 6,0 t E2 (duplo) = t $d_{12} \geq 3,50$ m</p>
	<p>3C – PBT/CMT = 23(24,2 tf) (CAMINHÃO TRUCADO) E1 (simples) = 6,0 t E2E3 (tandem duplo) = 17,0 $d_{12} > 2,40$ m $1,20$ m < $d_{23} \leq 2,40$ m</p>
	<p>2S1– PBT/CMT = 26(27,3) tf (CAMINHÃO TRATOR +SEMI-REBOQUE) E1 (simples) = 6,0 t E2 (duplo) = 10,0 t E3(duplo) = 10,0 t $D_{12}, d_{23} > 2,40$ m</p>
	<p>4C – PBT/CMT = 31,5(33,1tf) (CAMINHÃO SIMPLES) E1 (simples) = 6,0 t E2E3E4(tandem triplo) = 25,5 tf $d_{12} > 2,40$ m $1,20$ m < $d_{23}, d_{34} \leq 2,40$ m</p>
	<p>4CD – PBT/CMT = 29(30,5 tf) (CAMINHÃO DUPLO DIRECIONAL TRUCADO) E1E2(duplos direcionais) =12,0 t E3E4 (tandem duplo) = 17,0 t. $1,20$ m < $d_{34} \leq 2,40$</p>
	<p>2I2 – PBTC/CMT = 36 (37,8 tf) (CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE) E1(simples) = 6, 0 t E2(duplo)=10,0tf E3(duplo) = 10,0 tfE4(duplo = 10,0 tf $d_{12}, d_{23}, d_{34} > 2,40$ m</p>
	<p>3S1 – PBTC/CMT = 33 (34,7 tf) (CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI-REBOQUE) E1(simples) =6,0 t E2E3(tandem duplo)=17,0 tf E3(duplo) =10,0 tf $d_{12}, d_{34} > 2,40$ m $1,20$ m < $d_{23} \leq 2,40$ m</p>

VISTA LATERAL



CLASSIFICAÇÃO

2C2 – PBTC/CMT = 36(37,8tf) (CAMINHÃO + REBOQUE)

E1 (simples) = 6,0 t E2(duplo)=10,0 t E3(duplo) = 10,0t E4(duplo) = 10,0t $d_{12}, d_{23}, d_{34} > 2,40$ m

2S3 – PBTC/CMT = 41,5(43,6tf) (CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE)

E1(simples) = 6,0 t E2(duplo) = 10,0 t
E3E4E5 tandem triplo) = 25,5 tf
 $D_{12}, d_{23} > 2,40$ m $1,20$ m $< d_{34}, d_{45} \leq 2,40$ m

3S2 – PBT/CMT = 40(42,0tf) (CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI-REBOQUE)

E1(simples) = 6,0 t E2E3(tandem duplo)= 17,0 t
E4E5(tandem duplo) = 17,0 tf
 $D_{12}, d_{34} > 2,40$ m $1,20$ m $< d_{23}, d_{45} \leq 2,40$ m

2C3– PBTC/CMT 43 (45,2 tf) (CAMINHÃO+REBOQUE)

E1(simples) = 6,0 t E2(duplo) = 10,0 t E3(duplo)=10t
E4E5(tandem duplo)=17,0t
 $D_{12}, d_{23}, d_{34} > 2,40$ m $1,20$ m $< d_{45} \leq 2,40$ m

3C2–PBTC/CMT=43(45,2tf)(CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE)

E1(simples) = 6,0 t E2E3 (tandem duplo) = 17,0 t
E4(duplo) = 10,0 t E5(duplo) = 10,0 t
 $D_{12}, d_{34}, d_{45} > 2,40$ m $1,20$ m $< d_{23} \leq 2,40$ m

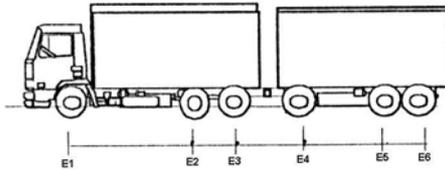
3S3 – PBTC/CMT=48,5(50,9tf) (CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE)

E1(simples) = 6,0 t E2E3(tandem duplo) = 17,0 t
E4E5E6(tandem triplo) = 25,5 t
 $D_{12}, d_{34} > 2,40$ m $1,20$ m $< d_{23}, d_{45}, d_{56} \leq 2,40$ m

3C3 – PBTC/CMT=50(52,5 tf) (CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE)

E1(simples) = 6,0 t E2E3(tandem duplo) = 17,0 t
E4(duplo)=10,0t
E5E6(tandem duplo) = 17,0 t
 $d_{12}, d_{34}, d_{45} > 2,40$ m $1,20$ m $< d_{23} \leq 2,40$ m

VISTA LATERAL



CLASSIFICAÇÃO

3D3 PBTC/CMT=50(52,5 tf) (CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE) – com dolly

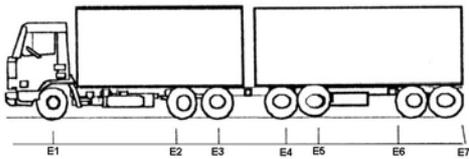
E1 (simples) = 6,0 t

E2E3(tandem duplo) = 17,0 t

E4(duplo) = 10,0 t

E5E6(tandem duplo) = 17,0 t

$d_{12}, d_{34}, d_{45} > 2,40 \text{ m}$ $1,20 \text{ m} < d_{23}, d_{56} \leq 2,40$



3D4 – PBTC/CMT = 57 (59,9) (CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE) – com dolly

E1(simples) = 6,0 t

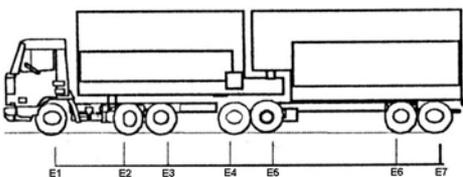
E2E3(tandem duplo) = 17,0 t

E4E5(tandem duplo) = 17,0 t

E6E7(tandem duplo) = 17,0 t

$d_{12}, d_{34}, d_{56} > 2,40 \text{ m}$

$1,20 \text{ m} < d_{23}, d_{45}, d_{67} \leq 2,40 \text{ m}$



3D4–PBTC/CMT=57(59,9tf)(CAMINHÃO TRATOR TRUCADO+ DOIS SEMI-REBOQUES) - BITREM

E1(simples) = 6,0 t

E2E3(tandem duplo) = 17,0 t

E4E5(tandem duplo) = 17,0 t

E6E7(tandem duplo) = 17,0 t

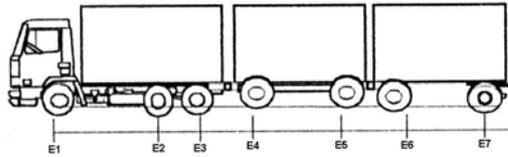
$d_{12}, d_{34}, d_{56} > 2,40 \text{ m}$

$1,20 \text{ m} < d_{23}, d_{45}, d_{67} \leq 2,40 \text{ m}$

Figura 2.4 - Configurações de Veículos > 57 t (necessitam de AET)

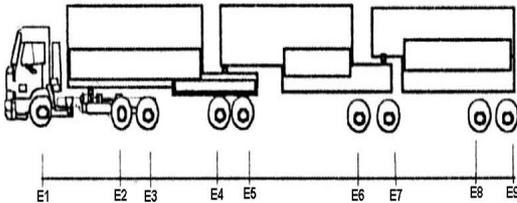
VISTA LATERAL

CLASSIFICAÇÃO



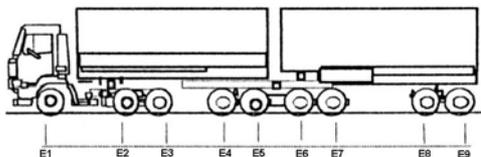
3Q4 – PBTC/CMT=63(66,2 tf) (CAMINHÃO TRUCADO + DOIS REBOQUES) - TREMINHÃO

E1(simples) = 6,0 t
 E2E3(tandem duplo) = 17,0 t
 E4(duplo) = 10,0 t E5(duplo)= 10,0 t
 E6(duplo) = 10,0 t
 D12, d34, d56, d67 > 2,40 m
 1,20 m < d23 ≤ 2,40 m



3T6 – PBTC/CMT = 74(77,7 tf) (CAMINHÃO TRATOR + TRÊS SEMI-REBOQUES) - TRITREM

E1(simples) = 6,0 t E2E3(tandem duplo)=17,0 t
 E4E5(tandem duplo) = 17,0 t
 E6E7(tandem duplo) = 17,0 t
 E8E9(tandem duplo) = 17,0 t
 d12, d34, d56, d78 > 2,40 m
 1,20 m < d23, d45, d67, d89 ≤ 2,40 m



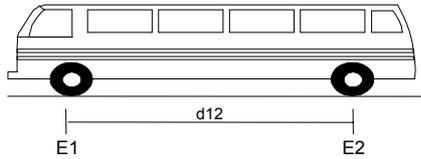
3T6 - PBTC/CMT=74(77,7 tf) (CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + DOIS SEMI-REBOQUES COM DOLLY)- RODOTREM

E1(simples) = 6,0t E2E3(tandem duplo)=17,0 t
 E4E5(tandem duplo) = 17,0 t
 E6E7(tandem duplo) = 17,0 t
 E8E9(tandem duplo) = 17,0 t
 d12, d34, d56, d78 > 2,40 m
 1,20 m < d23, d45, d67, d89 ≤ 2,40 m

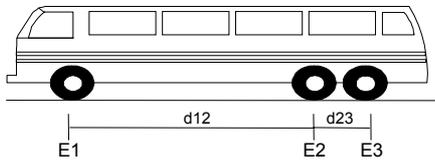
Figura 2.5 – Configurações de Ônibus

VISTA LATERAL

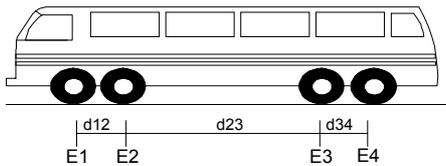
CLASSIFICAÇÃO



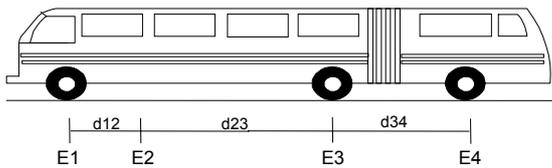
2C – PBT = 16(16,8 tf) (ONIBUS SIMPLES)
 E1 (simples) = 6,0 t E2 (duplo) = 10,0 t
 $d12 \leq 3,50$ m



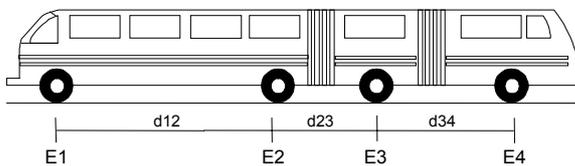
3CB – PBT = 19,5(20,5 tf) (ONIBUS TRUCADO)
 E1(simples) = 6,0 t
 E2E3(tandem duplo com seis pneus) = 13,5 t
 $d12 > 2,40$ m $1,20 < d23 \leq 2,40$ m



4CB – PBT = 25,5 (26,8 tf) (ONIBUS DUPLO DIRECIONAL TRUCADO)
 E1E2(direcionais duplos) = 12,0 t
 E3E4(tandem duplo com seis pneus) = 13,5 t
 $1,20$ m $< d34 \leq 2,40$ m



2S1 – PBTC=26(27.3 tf) (ONIBUS ARTICULADO)
 E1(simples) = 6.0 t E2(duplo) = 10,0 t
 E3(duplo)=10,0 t
 $d12, d23 > 2,40$ m



2I2 – PBTC = 36(37,8tf) (ONIBUS BI-RTICULADO)
 E1(simples) = 6,0 t E2(duplo) = 10,0 t
 E3(duplo) = 10,0 t E4(duplo) = 10,0 t
 $d12, d23, d34 > 2,40$ m

CAPÍTULO 3 - MÉTODO DA PESQUISA

A concepção da presente dissertação basicamente consistiu na coleta de dados de pesagens em Rodovias Federais concessionadas no Estado do Paraná sob administração de Empresas Concessionárias de Rodovias, desde 1997, na plena intenção de calcular novos Fatores de Veículos, atualizando-os em função principalmente da mudança do perfil do carregamento com a entrada de novas composições de veículos que adentraram no mercado, além de alterações da legislação de trânsito no Brasil, ocorridas nos últimos anos. A pesquisa busca acima de tudo, gerar novos dados que permitam ajudar aos projetistas de estruturas de pavimentos, uma melhor e mais segura avaliação do tráfego. Os dados de pesagens fornecidos pelas Empresas Concessionárias de Rodovias permitiram comparações do tráfego passado (1986) e do presente (2002). A metodologia aplicada para atualização dos FV se baseou nas equações originais dos Fatores de Equivalência de Carga da USACE e da AASHTO, ambas desenvolvidas há quase cinquenta anos atrás e que principalmente no caso da última, continuam sendo aplicados até hoje, muito embora o Guia AASHTO/2002, sucintamente descrito no Capítulo 2, não os valide mais, mesmo assim continuarão sendo aplicados, ainda por um bom tempo, até que se consolide os presságios do novo Guia, para se determinar o número de operações equivalentes do eixo-padrão de 8,2 tf, o número N, importante parâmetro no dimensionamento de estruturas de pavimentos.

3.1 INFORMAÇÕES DOS FATORES DE VEÍCULOS DOS POSTOS DE PESAGENS DE VEÍCULOS EXISTENTES ANTES DAS CONCESSÕES

Com o objetivo de facilitar as atividades dos técnicos envolvidos em dimensionamento de pavimentos, o Serviço de Geotécnica e Pavimentação da Divisão de Estudos e Projetos do DNER, calculou os FV com os dados da rede de balanças dinâmicas operadas pelo órgão em 1986. O trabalho intitulado Tabela de Fatores de Veículos foi editado em 1988 (DNER, 1988). Para cada PPV foram calculados FV para os doze meses de 1986, adotando-se os FEC da AASHTO e USACE.

Foram considerados os valores dos FV para quatro PPV, localizados no Estado do Paraná:

a) PPV 9/9, BR-376/PR, subtrecho Mauá da Serra – Ortigueira, km 297, pista direita, cuja operação atualmente está a cargo da Empresa Concessionária Rodonorte S/A (lote 05).

b) PPV 9/1, BR-277/PR, subtrecho Curitiba - São Luiz do Purunã, km 137, pista esquerda, cuja operação atualmente também está a cargo da Empresa Concessionária Rodonorte S/A (lote 05).

c) PPV 9/7, BR-277/PR, subtrecho Paranaguá - Curitiba, km 32, pista direita, cuja operação atualmente está a cargo da Empresa Concessionária Ecovia S/A (Lote 06).

d) PPV 9/2, BR-277/PR, subtrecho Relógio - Guarapuava, km 329, lado esquerdo, cuja operação atualmente está a cargo da Empresa Concessionária Caminhos do Paraná S/A (Lote 04).

Os valores dos FV calculados pelas metodologias da AASHTO e USACE são apresentados nas Tabelas 3.1 e 3.2 para o PPV 9/9, Tabelas 3.3 e 3.4 para o PPV 9/1, Tabelas 3.5 e 3.6 para o PPV 9/7 e Tabelas 3.7 e 3.8 para o PPV 9/2.

Tabela 3.1 – PPV 9/9 – resumo dos FV (AASHTO) - 1986

Mês	2C	3C	2S1	4C	2S2	3S1	2C2	2S3	2C3	3C2	3S3	3C3
Jan.	0,35	0,96	0,83	1,23	2,03	0,73	4,17	2,42	0,38	4,30	1,28	0,87
Fev.	0,36	0,95	0,56	1,27	2,06	0,73	4,43	2,55	0,14	4,30	1,96	1,00
Mar.	0,36	1,17	2,45	1,54	2,70	0,73	4,43	3,33	1,05	4,30	1,96	2,94
Abr.	0,36	1,17	2,45	1,54	2,70	0,73	4,43	3,33	1,05	4,30	1,96	2,94
Mai.	0,36	1,17	2,45	1,54	2,70	0,73	4,43	3,33	1,05	4,30	1,96	2,94
Jun.	0,35	1,17	2,45	1,54	2,70	0,73	0,62	3,33	0,16	4,30	1,96	2,94
Jul.	0,24	0,75	0,74	0,50	1,33	0,73	3,47	1,92	1,05	4,30	1,96	2,00
Ago.	0,26	0,76	0,48	0,56	1,32	0,73	1,99	2,21	0,27	4,37	1,97	2,72
Set.	0,32	0,70	0,49	0,40	1,23	0,73	0,07	2,50	0,46	4,30	1,96	1,02
Out.	0,36	1,17	2,45	1,54	2,70	0,73	4,43	3,33	1,05	4,30	1,96	2,94
Nov.	0,20	0,62	0,51	0,48	0,85	0,73	1,27	1,53	0,22	1,03	0,94	2,73
Dez.	0,27	0,66	0,80	0,59	1,31	0,73	1,22	1,80	0,78	4,30	0,94	1,96
Média	0,32	0,94	0,94	1,06	1,97	0,73	2,91	2,63	0,64	3,70	1,73	2,25

Fonte: (DNER, 1988)

Tabela 3.2 – PPV 9/9 - resumo dos FV (USACE) - 1986

Mês	2C	3C	2S1	4C	2S2	3S1	2C2	2S3	2C3	3C2	3S3	3C3
Jan.	0,48	4,88	1,07	8,91	6,56	2,46	3,88	9,36	0,66	16,52	1,24	2,82
Fev.	0,48	4,74	0,71	9,45	6,26	2,46	6,02	9,90	0,15	16,52	12,64	4,06
Mar.	0,48	5,95	3,74	11,39	8,30	2,46	6,02	13,02	3,24	16,52	12,64	14,33
Abr.	0,48	5,95	3,74	11,39	8,30	2,46	6,02	13,02	3,24	16,52	12,64	14,33
Mai.	0,48	5,95	3,74	11,39	8,30	2,46	6,02	13,02	3,24	16,52	12,64	14,33
Jun.	0,48	5,95	3,74	11,39	8,30	2,46	0,63	13,02	0,17	16,52	12,64	12,67
Jul.	0,31	3,67	1,11	3,56	3,61	2,46	4,97	7,05	3,24	16,52	0,39	8,95
Ago.	0,35	3,81	0,62	3,96	3,82	2,46	2,48	8,18	0,39	0,30	0,56	14,33
Set.	0,45	3,42	0,67	2,73	3,53	2,46	0,06	9,21	1,46	16,52	12,64	3,94
Out.	0,48	5,95	3,74	11,39	8,30	2,46	6,02	13,02	3,24	16,52	12,64	14,33
Nov.	0,25	2,92	0,65	3,49	2,18	2,46	1,69	5,56	0,22	2,70	6,61	12,78
Dez.	0,39	3,22	1,35	4,20	3,72	2,46	1,57	6,54	2,45	16,52	1,70	8,83
Média	0,43	4,70	2,07	7,77	5,93	2,46	3,78	10,08	1,81	14,02	8,25	10,48

Fonte: (DNER, 1988)

Tabela 3.3 – PPV 9/1 – resumo dos FV (AASHTO) - 1986

Mês	2C	3C	2S1	4C	2S2	3S1	2C2	2S3	2C3	3C2	3S3	3C3
Jan.	0,32	1,12	1,56	1,41	2,58	1,74	3,75	3,18	1,64	4,75	2,42	1,72
Fev.	0,32	1,12	1,36	1,41	2,58	1,74	3,75	3,18	1,12	4,75	2,42	1,21
Mar.	0,32	1,12	1,56	1,41	2,58	1,74	3,75	3,18	1,64	4,75	2,42	1,72
Abr.	0,32	1,12	1,56	1,41	2,58	1,74	3,75	3,18	1,64	4,75	2,42	1,72
Mai.	0,32	1,12	1,56	1,41	2,58	1,74	3,75	3,18	1,64	4,75	2,42	1,72
Jun.	0,23	0,91	1,56	0,91	2,16	0,72	3,48	2,40	1,64	3,41	1,64	1,72
Jul.	0,32	1,12	1,56	1,41	2,58	1,74	3,75	3,18	1,64	4,75	2,42	1,72
Ago.	0,30	1,12	1,56	1,41	2,58	1,74	3,75	3,18	1,64	4,75	2,42	1,72
Set.	0,32	0,05	1,56	1,41	2,58	1,74	3,75	3,18	1,64	4,75	2,42	1,72
Out.	0,32	1,12	1,56	1,41	2,58	1,74	3,75	3,18	1,64	4,75	2,42	1,72
Nov.	0,32	1,12	1,56	1,41	2,58	1,74	3,75	3,18	1,64	4,75	2,42	1,72
Dez.	0,32	1,12	1,56	1,41	2,58	1,74	3,75	3,18	1,64	4,75	2,42	1,72
Média	0,32	1,01	1,01	1,37	2,54	1,65	3,73	3,11	1,60	4,64	2,35	1,68

Fonte: (DNER, 1988)

Tabela 3.4 – PPV 9/1 – resumo dos FV (USACE) - 1986

Mês	2C	3C	2S1	4C	2S2	3S1	2C2	2S3	2C3	3C2	3S3	3C3
Jan.	0,47	5,94	2,23	10,34	0,39	3,82	5,51	12,96	6,26	18,75	15,68	6,74
Fev.	0,47	5,94	2,06	10,34	0,39	3,82	5,51	12,96	4,72	18,75	15,68	5,12
Mar.	0,47	5,94	2,23	10,34	8,39	3,02	5,51	12,96	6,26	18,75	15,68	6,74
Abr.	0,47	5,94	2,23	10,34	8,39	3,82	5,51	12,96	6,26	18,75	15,68	6,74
Mai.	0,47	5,94	2,23	10,34	8,39	3,82	5,51	12,96	6,26	18,75	15,68	6,74
Jun.	0,29	4,25	2,23	6,89	6,21	1,74	4,71	10,08	6,26	12,61	10,62	6,74
Jul.	0,47	5,94	2,23	10,34	8,39	3,82	5,51	12,96	6,26	18,75	15,68	6,74
Ago.	0,03	5,94	2,23	10,34	8,39	3,82	5,51	12,96	6,26	18,75	15,68	6,74
Set.	0,47	0,06	2,23	10,34	8,39	3,82	5,51	12,96	6,26	18,75	15,68	6,74
Out.	0,47	5,94	2,23	10,34	8,39	3,82	5,51	12,96	6,26	18,75	15,68	6,74
Nov.	0,47	5,94	2,23	10,34	8,39	3,82	5,51	12,96	6,26	18,75	15,68	6,74
Dez.	0,47	5,94	2,23	10,34	8,39	3,82	5,51	12,96	6,26	18,75	15,68	6,74
Média	0,42	5,31	2,22	10,05	6,88	3,58	5,44	12,72	6,13	18,24	15,26	6,61

Fonte: (DNER, 1988)

Tabela 3.5 – PPV 9/7 – resumo dos FV (AASHTO) - 1986

Mês	2C	3C	2S1	4C	2S2	3S1	2C2	2S3	2C3	3C2	3S3	3C3
Jan.	0,17	0,57	1,23	0,15	0,87	0,57	0,20	2,08	1,12	0,04	0,29	2,76
Fev.	0,16	0,62	0,48	0,29	1,15	0,36	1,22	2,59	0,33	0,08	1,73	2,03
Mar.	0,16	0,55	1,62	0,25	0,77	16,53	4,48	2,07	0,32	0,77	1,33	1,94
Abr.	0,18	0,50	0,96	0,37	0,46	0,04	4,05	1,73	0,22	0,12	2,16	3,24
Mai.	0,19	0,34	1,08	0,27	0,37	16,53	0,12	1,19	0,23	0,08	0,66	1,82
Jun.	0,19	0,32	0,92	0,30	0,39	0,34	0,52	1,06	0,37	0,11	0,28	3,07
Jul.	0,16	0,35	1,01	0,37	0,50	16,53	2,31	1,51	0,58	0,57	0,84	3,74
Ago.	0,16	0,46	0,73	0,93	0,72	16,53	2,75	1,67	1,53	1,15	0,19	3,66
Set.	0,20	0,57	1,49	1,43	0,75	16,53	2,23	2,02	0,97	4,64	0,97	3,38
Out.	0,15	0,45	1,39	0,57	0,84	0,36	1,91	1,87	1,23	0,05	0,66	2,82
Nov.	0,17	0,47	0,96	0,70	1,00	1,53	3,23	1,98	0,34	1,21	1,13	3,41
Dez.	0,17	0,47	2,31	0,69	0,94	16,53	4,77	1,90	0,21	2,47	0,79	2,65
Média	0,17	0,47	0,47	0,53	0,73	8,53	2,32	1,81	0,62	0,94	0,92	2,88

Fonte: (DNER, 1988)

Tabela 3.6 – PPV 9/7 – resumo dos FV (USACE) - 1986

Mês	2C	3C	2S1	4C	2S2	3S1	2C2	2S3	2C3	3C2	3S3	3C3
Jan.	0,21	2,95	2,17	0,73	2,33	3,17	0,19	7,78	3,65	0,07	1,10	12,94
Fev.	0,20	3,24	0,71	1,83	3,46	1,02	1,88	9,98	0,73	0,10	11,03	9,45
Mar.	0,20	2,92	2,85	1,53	2,18	26,73	7,26	7,88	0,49	3,57	8,35	9,12
Abr.	0,22	2,62	1,43	2,39	1,08	0,04	6,59	6,49	0,21	0,13	13,53	15,86
Mai.	0,25	1,73	1,85	1,63	0,73	26,73	0,09	4,30	0,22	0,10	3,68	8,67
Jun.	0,27	1,59	1,57	1,92	0,85	1,23	0,64	3,75	0,65	0,13	1,22	14,77
Jul.	0,21	1,80	1,66	2,41	1,20	26,73	3,79	5,61	1,36	2,37	5,01	17,89
Ago.	0,19	2,34	1,11	6,46	2,00	26,73	4,49	6,26	5,06	4,69	0,78	17,47
Set.	0,26	2,97	2,53	10,03	2,03	26,73	3,46	7,55	2,35	20,34	5,52	16,18
Out.	0,18	2,16	2,57	3,98	2,41	1,02	2,66	7,00	3,78	0,07	4,02	12,27
Nov.	0,21	2,30	1,36	5,07	2,90	5,52	4,39	7,52	0,60	2,41	6,42	14,90
Dez.	0,25	2,28	5,21	4,82	2,65	26,73	8,01	7,09	0,24	10,43	5,08	11,52
Média	0,22	2,41	2,09	3,57	1,99	14,37	3,62	6,77	1,61	3,70	5,48	13,42

Fonte: (DNER, 1988)

Tabela 3.7 – PPV 9/2 – resumo dos FV (AASHTO) - 1986

Mês	2C	3C	2S1	4C	2S2	3S1	2C2	2S3	2C3	3C2	3S3	3C3
Jan.	0,26	0,92	1,59	1,10	1,70	0,13	6,67	2,79	0,72	0,06	0,68	2,77
Fev.	0,24	0,94	1,74	1,17	1,64	0,10	6,67	2,81	0,17	7,65	1,14	3,08
Mar.	0,20	1,01	1,65	1,05	1,92	0,26	5,15	3,11	0,70	3,21	1,95	3,43
Abr.	0,29	1,18	1,86	1,46	2,50	1,12	6,67	3,29	1,06	5,54	2,09	3,53
Mai.	0,28	1,19	1,47	1,49	2,65	15,79	5,32	3,29	0,61	3,23	2,26	3,46
Jun.	0,64	0,80	3,05	1,53	2,65	15,79	6,67	3,41	1,44	7,65	2,26	3,84
Jul.	0,40	1,10	2,16	1,53	1,88	0,95	5,45	3,09	0,64	4,46	1,90	3,63
Ago.	0,31	1,11	2,10	1,27	1,78	1,12	6,05	3,12	0,34	5,30	1,96	3,62
Set.	0,37	1,33	3,05	0,80	2,11	0,15	6,67	3,41	1,44	7,65	1,77	3,84
Out.	0,64	1,33	3,05	1,53	2,65	15,79	6,67	3,41	1,44	7,65	2,26	3,84
Nov.	0,64	1,33	3,05	1,53	2,65	15,79	6,67	3,41	1,44	7,65	2,26	3,84
Dez.	0,64	1,33	3,05	1,53	2,65	15,79	6,67	3,41	1,44	7,65	2,26	3,84
Média	0,41	1,13	1,13	1,33	2,23	8,14	6,28	3,21	0,95	5,64	1,90	3,56

Fonte: (DNER, 1988)

Tabela 3.8 – PPV 9/2 – resumo dos FV (USACE) - 1986

Mês	2C	3C	2S1	4C	2S2	3S1	2C2	2S3	2C3	3C2	3S3	3C3
Jan.	0,33	4,49	2,00	8,26	4,84	0,13	10,09	10,57	1,53	0,13	3,90	12,25
Fev.	0,32	4,68	2,55	8,80	4,80	25,86	0,08	10,96	0,16	27,65	7,32	13,68
Mar.	0,20	5,01	2,19	7,87	5,80	0,64	7,64	12,20	2,23	12,96	12,70	15,28
Abr.	0,40	5,98	2,69	10,90	7,70	2,30	10,09	13,11	3,25	25,70	13,51	15,22
Mai.	0,39	6,04	2,05	11,03	8,15	25,86	7,89	13,11	1,59	11,19	14,80	15,01
Jun.	0,89	3,72	5,06	11,28	8,15	25,86	10,09	13,11	3,25	27,65	14,80	17,10
Jul.	0,62	5,53	3,29	9,29	5,40	4,01	9,37	11,92	1,39	16,33	12,18	15,79
Ago.	0,43	5,73	3,04	5,98	5,27	2,26	9,05	11,94	0,33	23,81	12,23	15,76
Set.	0,58	7,13	5,06	11,28	6,50	0,15	10,09	12,75	1,56	27,65	10,98	17,10
Out.	0,89	7,13	5,06	11,28	8,15	25,86	10,09	13,11	3,25	27,65	14,80	17,10
Nov.	0,89	7,13	5,06	11,28	8,15	25,86	10,09	13,11	3,25	27,65	14,80	17,10
Dez.	0,89	7,13	5,06	11,28	8,15	25,86	10,09	13,11	3,25	27,65	14,80	17,10
Média	0,57	5,81	3,59	9,88	6,76	13,72	8,72	12,42	2,09	21,34	12,24	15,71

Fonte: (DNER, 1988)

3.2 COLETA DE DADOS DE PESAGENS EM RODOVIAS CONCESSIONADAS

Foram pesquisados 7 postos de pesagens de veículos para o objetivo desta pesquisa. Além dos 4, apresentados no item 3.1, construídos pelo DNER, outros 3 foram construídos pelas Empresas Concessionárias de Rodovias no Estado do Paraná:

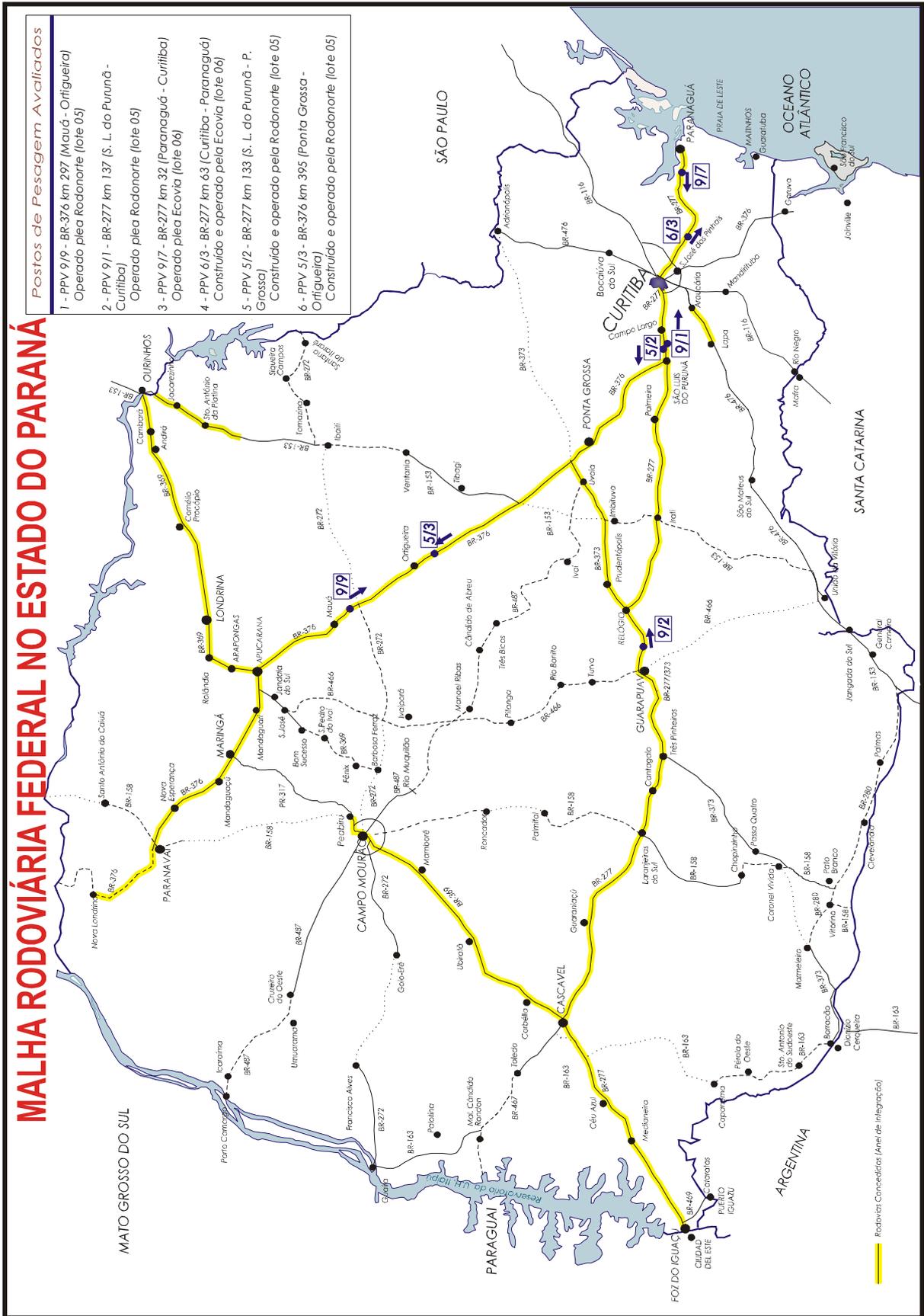
a) PPV 6/3, BR-277, subtrecho Paranaguá-Curitiba, km 63, pista esquerda, descida para o Porto de Paranaguá, construído e operado pela Empresa Concessionária Ecovia S/A (lote 06), desde o mês de setembro/2001.

b) PPV 5/2, BR-277, subtrecho Curitiba - São Luiz do Purunã, km 133, pista direita, logo após a praça de pedágio, construído e operado pela Empresa Concessionária Rodonorte S/A (lote 05), desde o mês de maio/2001.

c) PPV 5/3, BR-376, subtrecho Ponta Grossa – Ortigueira, km 395, lado esquerdo, nas proximidades do Ponto de Apoio Rodoviário Soledade, construído e operado pela Empresa Concessionária Rodonorte S/A (lote 05), desde o mês de setembro/ 2001.

A Figura 3.1 representa o mapa do Estado do Paraná com a localização dos 7 Postos de Pesagens de Veículos pesquisados.

Figura 3.1 - Mapa do Estado do Paraná com a localização dos 7 PPV pesquisados



3.3 MÉTODO

O método consistiu na coleta de dados que melhor representasse todo o decorrer do ano de 2002, escolhido para a pesquisa. Foi tomada a decisão para amostragem e selecionadas pesagens realizadas em 2 dias de cada mês, escolhidos aleatoriamente pelas empresas concessionárias. As pesagens foram de 24 horas e consideraram todos os caminhões que passaram pelas balanças, tanto os carregados assim como os não carregados. Os dois dias de cada mês, com os respectivos dias da semana ao longo de 2002 são mostrados no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Dias de coletas dos dados de pesagens dos PPV - ano 2002

MESES	PPV 9/9	PPV 9/1	PPV 9/7	PPV 9/2	PPV 6/3	PPV 5/2	PPV 5/3
Janeiro	08 e 22 Ter.-Seg.	05 e 06 Sáb-Dom	-	05 e 06 Sáb.-Dom.	07 e 15 Seg.-Ter.	-	-
Fevereiro	06 e 25 Qua.-Seg.	04 e 05 Seg. – Ter.	-	13 e 14 Qua.-Qui.	01 e 15 Sex.-Sex.	-	-
Março	04 e 24 Seg.-Dom.	06 e 07 Qua.-Qui.	-	13 e 14 Qua.-Qui.	01 e 15 Sex.-Sex.	06 e 07 Qua.-Qui.	04 e 11 Seg.-Seg.
Abril	03 e 24 Qua.-Qua.	03 e 04 Qua.-Qui.	-	13 e 14 Sab.-Dom.	01 e 15 Seg.-Seg.	03 e 04 Qua.-Qui.	05 e 12 Sex.-sex.
Maiο	01 e 15 Qua.-Qua.	01 e 02 Qua.-Qui.	-	13 e 14 Seg.-Ter.	02 e 15 Qui.-Qua.	01 e 02 Qua.-Qui.	02 e 03 Qui.-Sex.
Junho	08 e 28 Sab.-Sex.	05 e 06 Qua.-Qui.	-	13 e 14 Qui.-Sex.	01 e 15 Sáb.-Sáb.	05 e 06 Qua.-Qui.	17 e 26 Seg.-Qua.
Julho	10 e 28 Qua.-Dom.	03 e 04 Qua.-Qui.	01 e 16 Seg.-Ter.	13 e 14 Sáb.-Dom.	01 e 15 Seg.-Seg.	03 e 04 Qua.-Qui.	05 e 25 Sex.-Qui.
Agosto	02 e 29 Sex.-Qui.	01 e 07 Qua.-Qui.	01 e 15 Qui.-Qui.	13 e 14 Ter.-Qua.	01 e 15 Qui.-Qui.	01 e 07 Qua.-Qui.	08 e 26 Qui.-Seg.
Setembro	09 e 24 Seg.-Ter.	04 e 05 Qua.-Qui.	01 e 15 Dom-Dom.	13 e 14 Sex.-Sab.	01 e 15 Dom-Dom.	04 e 05 Qua.-Qui.	05 e 12 Qui.-Qui.
Outubro	03 e 23 Qui.-Qua.	02 e 03 Qua.-Qui.	01 e 15 Ter.-Ter.	13 e 14 Dom.-Seg.	01 e 15 Ter.-Ter.	02 e 03 Qua.-Qui.	09 e 24 Qua.-Qui.
Novembro	13 e 28 Qua.-Qui.	06 e 07 Qua.-Qui.	01 e 15 Sex.-Sex.	13 e 14 Qua.-Qui.	01 e 15 Sex.-Sex.	06 e 07 Qua.-Qui.	01 e 22 Sex.-Sex.
Dezembro	07 e 22 Sab.-Dom.	04 e 05 Qua.-Qui.	01 e 15 Dom- Dom	13 e 14 Qui.- Sex.	01 e 15 Dom-Dom.	04 e 05 Qua.-Qui.	03 e 10 Ter.-Ter.

Os espaços vazios, conforme se observa no Quadro 3.1, foram meses em que as balanças não operaram. No caso do PPV 9/7 a operação iniciou no mês de julho/2002, segundo informações da Empresa Concessionária Ecovia (lote 06).

Os PPV 5/2 e 5/3 não operaram nos meses de janeiro e fevereiro de 2002, porque os equipamentos das duas balanças estavam em manutenção, segundo a Empresa Concessionária Rodonorte (lote 05 do programa de concessão).

As pesagens fornecidas pelas Empresas Concessionárias de Rodovias do Estado do Paraná vieram através de planilhas Excel para Windows, que apresentavam os seguintes dados: Placa, Tipo de Veículo, Data, Hora, Pesos Individuais dos Eixos, Peso Bruto Total, Peso Bruto Máximo, Sobrecarga do Peso Bruto Total, Velocidade, Número da Pesagem, Comprimento do Veículo, Domínio (nº do PPV), Rodovia e Quilômetro.

De posse dos dados coletados, a metodologia de depuração foi feita da seguinte maneira:

- Separação por tipo de veículo: as planilhas fornecidas apresentaram dados das pesagens por hora dos caminhões que passaram pelas balanças. Foi necessária a separação por cada tipo de veículo tais como: 2C, 3C, 2S1, 2I2, 3S1, 2S3, 3S2, 3I2, 3S3, 3D4 e 3T6;
- Separação por data: conforme dito acima, foi necessário também separar as pesagens por data nos dois dias de cada mês (janeiro a dezembro/2002);
- Separação de cada conjunto de eixo: com a separação de cada tipo de veículo, foi possível depurar cada tipo de eixo por veículo, como por exemplo, o eixo simples de roda simples (ESRS), o eixo simples de roda dupla (ESRD), o eixo tandem-duplo (ETD) e o eixo tandem-triplo (ETT);
- Cálculo dos FEC da AASHTO e da USACE: com a separação dos eixos de cada tipo de veículo, foi possível calcular os FEC individuais de cada tipo de eixo, aplicando-se as equações originais das duas metodologias, descritas no Capítulo 2. A partir daí calculou-se os valores dos FEC para cada eixo ou conjunto de eixos, somando-se os valores individuais, obtendo-se os totais de equivalência de cada tipo de veículo;
- Cálculo do FV de cada tipo de veículo: os valores dos FV finais foram obtidos pelos valores totais de equivalência de cada tipo de veículo, dividindo-se pelo número de cada um deles.

A título de exemplo, o Quadro 3.2 mostra como foram recebidos os dados de pesagens do PPV 9/1, localizado no km 137 da BR-277/PR, subtrecho Curitiba –

São Luiz do Purunã, pista esquerda, referente ao dia 06/03/2002, das 19:34:55 horas às 21:35:47 horas, com pesagens de 100 caminhões no período. As colunas ordenadas indicam o seguinte:

- 1) Placas dos caminhões;
- 2) Tipo de cada caminhão;
- 3) Data da pesagem;
- 4) Horário da pesagem;
- 5) Peso do eixo 1 (E1/G);
- 6) Peso do eixo ou conjunto de eixos 2 (E2/G);
- 7) Peso do eixo ou conjunto de eixos 3 (E3/G);
- 8) Peso do eixo ou conjunto de eixos 4 (E4/G);
- 9) Peso do eixo ou conjunto de eixos 5 (E5/G);
- 10) Peso Bruto Total de cada caminhão;
- 11) Peso Bruto Total máximo de cada caminhão;
- 12) Sobrecarga de Peso Bruto Total de cada caminhão;
- 13) Velocidade;
- 14) Número da pesagem;
- 15) Comprimento de cada caminhão;
- 16) Número do PPV da Concessionária;
- 17) Rodovia; e,
- 18) Quilometragem da rodovia,

Quadro 3.2 – Dados de pesagens fornecidos pela Empresa Concessionária Rodonorte – PPV 9/1 - ano de 2002

Placa	Tipo	Data	Hora	E1/G	E2/G	E3/G	E4/G	E5/G	PBT	PBT Máx	SC PBT	Vel	No. Pes.	Comprimento	Domínio	Rodovia	KM
AJE4357	2S3	6/3/2002	19:34:55	5,230	11,070	24,050	-	-	40,350	42,000	-	3,1	1	10,59	PPV01	BR277	137
LNL6766	3C	6/3/2002	19:42:30	4,610	19,300	-	-	-	23,910	24,150	-	6,6	2	9,23	PPV01	BR277	137
JJZ3398	3C	6/3/2002	19:42:56	4,690	17,900	-	-	-	22,590	23,100	-	6,4	3	7,81	PPV01	BR277	137
HQR9506	3D4	6/3/2002	19:45:02	5,060	17,840	17,220	17,180	-	57,300	47,250	10,050	4,9	4	18,60	PPV01	BR277	137
AHH9250	3D4	6/3/2002	19:45:29	4,540	18,910	17,460	18,180	-	59,090	59,850	-	8,1	5	20,00	PPV01	BR277	137
BEB0038	3D4	6/3/2002	19:45:58	5,070	17,700	17,150	17,000	-	56,920	59,850	-	5,7	6	18,24	PPV01	BR277	137
MNN8490	3D4	6/3/2002	19:49:17	5,490	17,470	17,540	16,680	-	57,180	59,850	-	5,5	7	17,51	PPV01	BR277	137
HQR9586	3D4	6/3/2002	19:50:45	5,020	17,820	17,570	16,420	-	56,830	59,850	-	5	8	16,39	PPV01	BR277	137
AFG4990	3C	6/3/2002	19:51:18	6,170	14,040	-	-	-	20,210	23,100	-	7,3	9	10,88	PPV01	BR277	137
ALM0086	3D4	6/3/2002	19:54:03	5,440	18,310	17,570	16,970	-	58,290	59,850	-	2,7	10	19,78	PPV01	BR277	137
LYW2275	3C	6/3/2002	19:55:41	4,390	17,920	-	-	-	22,310	23,100	-	4	11	10,61	PPV01	BR277	137
AAT14281	2S3	6/3/2002	19:56:13	4,310	11,760	26,570	-	-	42,640	43,580	-	3,9	12	15,27	PPV01	BR277	137
AAS6723	3C	6/3/2002	19:56:29	4,990	17,970	-	-	-	22,960	23,100	-	4,7	13	7,55	PPV01	BR277	137
BTR1079	3D4	6/3/2002	19:57:25	4,950	18,020	17,790	16,510	-	57,270	59,850	-	4,2	14	18,27	PPV01	BR277	137
AJE8091	3D4	6/3/2002	19:57:53	4,960	18,340	17,210	17,140	-	57,650	59,850	-	4,3	15	16,37	PPV01	BR277	137
AAT14281	2S3	6/3/2002	19:59:06	4,310	11,760	26,340	-	-	42,410	43,580	-	3,8	16	15,55	PPV01	BR277	137
HQR8201	3D4	6/3/2002	19:59:44	5,190	17,250	17,500	16,310	-	56,250	59,850	-	4,1	17	17,43	PPV01	BR277	137
LYU6475	3D4	6/3/2002	20:00:11	5,080	17,540	16,820	17,550	-	56,990	47,250	9,740	4,6	18	16,79	PPV01	BR277	137
AIL3229	3D4	6/3/2002	20:01:11	5,340	17,980	16,660	16,870	-	56,850	59,850	-	3,8	19	17,66	PPV01	BR277	137
AJG8082	3D4	6/3/2002	20:06:09	5,510	17,610	16,900	16,510	-	56,530	59,850	-	4,6	20	17,31	PPV01	BR277	137
AJB3755	3D4	6/3/2002	20:06:41	5,560	18,020	16,790	16,670	-	57,040	47,250	9,790	4	21	17,61	PPV01	BR277	137
LYU6475	3D4	6/3/2002	20:07:27	4,820	17,400	17,430	17,370	-	57,020	59,850	-	9,4	22	19,69	PPV01	BR277	137
AJC8600	3D4	6/3/2002	20:08:59	5,480	18,200	17,220	17,790	-	58,690	59,850	-	8	23	18,61	PPV01	BR277	137
ATF9867	3S3	6/3/2002	20:13:04	4,730	17,250	23,220	-	-	45,200	47,250	-	7	24	15,19	PPV01	BR277	137
MHW9539	2S3	6/3/2002	20:14:01	4,740	11,430	26,740	-	-	42,910	43,580	-	5,7	25	13,02	PPV01	BR277	137
MCW2260	2S3	6/3/2002	20:14:36	5,040	12,120	25,460	-	-	42,620	43,580	-	4,4	26	14,12	PPV01	BR277	137
ARS2099	3D4	6/3/2002	20:15:00	5,960	19,750	16,510	16,380	-	58,600	59,850	-	8	27	20,17	PPV01	BR277	137
AEL4140	3C	6/3/2002	20:15:26	3,200	10,900	-	-	-	14,100	19,950	-	5,6	28	12,28	PPV01	BR277	137
AJB3755	3D4	6/3/2002	20:15:42	5,440	18,520	17,590	17,260	-	58,810	59,850	-	12,2	29	17,16	PPV01	BR277	137
MCW2260	2S3	6/3/2002	20:17:04	5,010	11,950	25,620	-	-	42,580	43,580	-	5,2	30	14,98	PPV01	BR277	137
ARS2099	3D4	6/3/2002	20:17:41	5,990	19,660	16,880	16,620	-	59,150	59,850	-	9,4	31	20,22	PPV01	BR277	137
AIQ6367	3C	6/3/2002	20:18:33	5,270	15,870	-	-	-	21,140	23,100	-	4,7	32	9,38	PPV01	BR277	137
LXK4705	3C	6/3/2002	20:19:02	5,010	15,630	-	-	-	20,640	23,100	-	3,3	33	8,87	PPV01	BR277	137
BWY9324	3C	6/3/2002	20:19:18	4,200	15,390	-	-	-	19,590	22,740	-	9,5	34	7,79	PPV01	BR277	137
AKB6435	3C	6/3/2002	20:19:37	4,920	17,760	-	-	-	22,680	24,150	-	8,6	35	7,77	PPV01	BR277	137
AHU6775	2S2	6/3/2002	20:20:15	4,000	10,360	12,930	-	-	27,310	34,650	-	9,6	36	23,63	PPV01	BR277	137
IJH0879	3D4	6/3/2002	20:21:33	5,120	17,960	17,850	16,790	-	57,720	59,850	-	6,2	37	18,51	PPV01	BR277	137
AJT0482	3S2	6/3/2002	20:22:11	4,610	17,960	17,120	-	-	39,690	47,250	-	4,2	38	12,32	PPV01	BR277	137
ABJ3000	3D4	6/3/2002	20:22:37	5,230	17,930	17,430	16,820	-	57,410	59,850	-	4,9	40	15,60	PPV01	BR277	137
AFN0287	3C	6/3/2002	20:23:24	5,270	16,490	-	-	-	21,760	23,100	-	3	41	9,00	PPV01	BR277	137
ABG1325	3D4	6/3/2002	20:23:48	5,070	18,270	17,690	17,110	-	58,140	59,850	-	5,6	42	17,57	PPV01	BR277	137
AAK3345	3T6	6/3/2002	21:33:58	6,510	17,750	16,760	18,030	17,100	76,150	77,700	-	4,5	98	17,13	PPV01	BR277	137
ARS1514	3D4	6/3/2002	20:24:34	5,380	18,280	17,670	17,330	-	58,660	59,850	-	8,1	44	19,55	PPV01	BR277	137
MEJ3990	2S3	6/3/2002	20:25:32	5,320	10,190	28,470	-	-	43,980	43,580	400	6,6	45	14,18	PPV01	BR277	137
KFD7197	3D4	6/3/2002	20:26:04	5,600	17,710	16,410	17,930	-	57,650	59,850	-	7	46	19,28	PPV01	BR277	137
LYA5177	3D4	6/3/2002	20:26:31	4,590	19,220	16,620	18,050	-	58,480	59,850	-	5,1	47	17,05	PPV01	BR277	137
ABV3000	3D4	6/3/2002	20:27:12	5,390	18,310	18,490	17,620	-	59,810	59,850	-	12	49	18,50	PPV01	BR277	137
AIT5060	3D4	6/3/2002	20:27:56	5,280	17,180	18,300	16,770	-	57,530	59,850	-	5,6	50	15,08	PPV01	BR277	137

...continuação

ADY5143	2S3	6/3/2002	20:28:32	4.730	10.670	24.600	-	-	40.000	43.580	-	5.3	51	15.31	PPV01	BR277	137
PBB1196	3S3	6/3/2002	20:28:55	5.510	14.950	24.470	-	-	44.030	47.250	-	5.4	52	17.60	PPV01	BR277	137
AJT0640	3S3	6/3/2002	20:29:29	5.250	16.170	23.430	-	-	44.850	47.250	-	3.7	53	13.12	PPV01	BR277	137
BW B5361	2S3	6/3/2002	20:29:49	4.580	5.970	12.520	-	-	23.070	43.580	-	6	54	12.33	PPV01	BR277	137
MAE0445	3D4	6/3/2002	20:31:46	6.040	16.680	17.240	17.380	-	57.340	59.850	-	5.9	55	17.00	PPV01	BR277	137
AIT5080	3D4	6/3/2002	20:32:02	5.110	17.100	18.360	17.460	-	58.030	59.850	-	6	56	16.50	PPV01	BR277	137
MIO8000	3C	6/3/2002	20:32:37	6.640	14.960	-	-	-	21.600	24.150	-	4.4	57	11.80	PPV01	BR277	137
MEJ3961	2S3	6/3/2002	20:33:12	5.300	10.300	27.270	-	-	42.870	43.580	-	5.2	58	15.27	PPV01	BR277	137
JUJ8794	3D4	6/3/2002	20:33:33	5.130	17.280	17.400	16.990	-	56.800	47.250	9.550	5.8	59	17.48	PPV01	BR277	137
KES5500	3D4	6/3/2002	20:33:48	5.130	17.470	18.350	17.610	-	58.560	59.850	-	7.4	60	20.52	PPV01	BR277	137
IKF6898	3D4	6/3/2002	20:34:15	5.390	17.300	17.460	16.760	-	56.910	59.850	-	5.7	61	18.72	PPV01	BR277	137
ARY3500	3C	6/3/2002	20:34:38	5.690	16.400	-	-	-	22.090	24.150	-	6.1	62	10.72	PPV01	BR277	137
JUJ8794	3D4	6/3/2002	20:40:10	5.210	18.040	16.980	17.630	-	57.860	59.850	-	8.1	63	18.88	PPV01	BR277	137
ACJ8946	3C	6/3/2002	20:41:10	4.530	17.140	-	-	-	21.670	23.100	-	3.7	64	9.32	PPV01	BR277	137
AJV7417	2S3	6/3/2002	20:43:16	6.040	10.500	25.640	-	-	42.180	43.580	-	9.7	65	19.06	PPV01	BR277	137
HQR7719	3S3	6/3/2002	20:44:32	4.650	16.090	24.630	-	-	45.370	47.250	-	6.1	66	14.78	PPV01	BR277	137
IUJ6709	3T4	6/3/2002	20:48:25	5.320	18.160	17.070	16.750	-	57.300	59.850	-	5.3	67	18.11	PPV01	BR277	137
AHV5018	3T4	6/3/2002	20:50:46	5.380	18.260	16.920	16.770	-	57.330	59.850	-	10.2	68	19.32	PPV01	BR277	137
MVT1740	3D4	6/3/2002	21:00:15	4.950	18.080	16.630	16.640	-	56.300	59.850	-	5.5	69	19.35	PPV01	BR277	137
ATN5566	3D4	6/3/2002	21:00:43	5.800	16.900	16.900	16.940	-	56.040	47.250	8.790	7.4	70	19.08	PPV01	BR277	137
AJL0783	3D4	6/3/2002	21:02:17	6.150	17.150	16.420	17.550	-	57.270	59.850	-	7.5	71	19.58	PPV01	BR277	137
AVC4433	3D4	6/3/2002	21:03:44	5.560	18.670	17.670	18.480	-	60.380	59.850	5.30	8.1	72	19.10	PPV01	BR277	137
ATN5566	3D4	6/3/2002	21:06:20	5.810	17.220	16.790	15.420	-	55.240	59.850	-	10	73	18.06	PPV01	BR277	137
AJ14382	3S3	6/3/2002	21:06:52	5.240	16.340	25.060	-	-	46.640	47.250	-	6.3	74	10.45	PPV01	BR277	137
AJA8652	3D4	6/3/2002	21:10:02	5.410	18.180	17.190	16.420	-	57.200	59.850	-	3.8	75	19.14	PPV01	BR277	137
AMR2226	3D4	6/3/2002	21:10:22	6.100	18.390	17.320	16.700	-	58.510	59.850	-	4.6	76	17.43	PPV01	BR277	137
AMR0420	3D4	6/3/2002	21:10:51	5.920	18.390	17.350	16.850	-	58.510	59.850	-	4.2	77	17.10	PPV01	BR277	137
AIW0262	3C	6/3/2002	21:13:39	5.260	17.410	-	-	-	22.670	23.100	-	6.9	78	9.00	PPV01	BR277	137
AVC4434	3T4	6/3/2002	21:14:13	5.140	18.490	17.430	16.110	-	57.170	59.850	-	4.8	79	18.03	PPV01	BR277	137
KL11402	3C	6/3/2002	21:14:54	4.590	16.820	-	-	-	21.410	23.100	-	9.9	80	7.95	PPV01	BR277	137
AER2551	2S3	6/3/2002	21:16:12	4.660	12.060	26.330	-	-	43.050	43.580	-	5.3	81	13.69	PPV01	BR277	137
AAR9508	3C	6/3/2002	21:16:46	5.020	16.630	-	-	-	21.650	23.100	-	4.5	82	8.38	PPV01	BR277	137
IGA2837	2S3	6/3/2002	21:18:19	5.320	10.660	26.050	-	-	42.030	43.580	-	5.6	83	14.61	PPV01	BR277	137
LEV3414	2S3	6/3/2002	21:19:31	4.910	10.700	25.780	-	-	41.390	43.580	-	5.1	84	12.23	PPV01	BR277	137
BW G8004	3D4	6/3/2002	21:20:10	4.950	17.720	17.420	16.850	-	56.940	59.850	-	5.6	85	20.21	PPV01	BR277	137
AIB3720	3D4	6/3/2002	21:20:53	5.190	17.540	17.320	17.030	-	57.080	59.850	-	3.8	86	16.71	PPV01	BR277	137
ADX6110	2S2	6/3/2002	21:23:13	4.890	5.450	5.650	-	-	15.990	34.650	-	12.2	87	16.14	PPV01	BR277	137
ADX6110	2S2	6/3/2002	21:25:06	4.620	5.300	5.320	-	-	15.240	34.650	-	5.1	88	15.21	PPV01	BR277	137
BW J1834	3D4	6/3/2002	21:26:09	5.250	18.140	17.590	16.590	-	57.570	59.850	-	3.4	89	18.56	PPV01	BR277	137
IDJ3432	2S3	6/3/2002	21:26:30	5.250	13.070	25.200	-	-	43.520	43.580	-	3.4	90	11.10	PPV01	BR277	137
AEB5612	2C	6/3/2002	21:27:34	5.000	9.970	-	-	-	15.470	16.800	-	5.7	91	11.75	PPV01	BR277	137
BW J1834	3D4	6/3/2002	21:29:22	5.160	17.880	17.620	16.650	-	57.310	59.850	-	5.1	92	18.61	PPV01	BR277	137
HOJ0192	2S3	6/3/2002	21:29:55	4.880	11.370	26.160	-	-	42.410	43.580	-	5.6	93	15.23	PPV01	BR277	137
IDJ3432	2S3	6/3/2002	21:30:17	5.090	12.960	25.210	-	-	43.260	43.580	-	5.7	94	15.71	PPV01	BR277	137
KDT2532	3D4	6/3/2002	21:31:23	5.120	18.360	17.350	16.950	-	57.780	59.850	-	7.9	95	19.01	PPV01	BR277	137
AAA9432	3D4	6/3/2002	21:31:42	5.480	17.860	17.090	17.240	-	57.670	59.850	-	7.9	96	20.76	PPV01	BR277	137
AJC4911	3D4	6/3/2002	21:32:06	5.370	17.800	17.660	17.370	-	58.200	47.250	10.950	6.4	97	18.66	PPV01	BR277	137
AAK3345	3T6	6/3/2002	21:33:58	6.510	17.750	16.760	18.030	17.100	76.150	77.700	-	4.5	98	17.13	PPV01	BR277	137
AHD7613	3D4	6/3/2002	21:35:46	5.730	18.470	16.700	16.820	-	57.720	47.250	10.470	8.4	99	17.80	PPV01	BR277	137
AJH8165	3D4	6/3/2002	21:36:47	5.850	17.110	16.920	16.420	-	56.300	59.850	-	5.8	100	17.80	PPV01	BR277	137

Os Quadros de 3.3 ao 3.9 mostram a quantidade de pesagens realizadas durante o ano de 2002, discriminadas por cada tipo de caminhão, com o respectivo percentual do total de amostras do posto, obtidas a partir de planilhas de cada PPV pesquisado.

Quadro 3.3 – PPV 9/9 – total de pesagens – ano 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6	Total
Jan	169	664	6	63	5	335	-	2	-	112	92	10	1458
Fev	112	606	6	54	6	397	-	1	-	146	209	8	1545
Mar	99	479	2	40	6	554	-	3	-	204	491	14	1892
Abr	169	680	5	65	9	569	-	2	-	174	348	6	2027
Mai	123	550	9	69	5	518	-	9	-	153	358	9	1803
Jun	90	395	1	30	10	439	-	4	-	136	406	27	1538
Jul	144	559	3	53	9	514	-	10	-	181	423	29	1925
Ago	96	493	8	55	5	410	-	5	-	152	390	27	1641
Set	138	658	8	75	14	552	5	1	4	160	406	25	2047
Out	136	656	9	51	15	493	1	2	3	131	183	10	1690
Nov	130	629	10	90	19	431	2	3	-	186	411	4	1915
Dez	128	618	4	58	7	381	5	2	2	172	411	22	1811
Total Veic.	1535	6987	71	703	110	5593	12	44	9	1907	4128	191	21292
%	7,21	32,82	0,33	3,30	0,52	26,27	0,06	0,21	0,04	8,95	19,40	0,89	100,00

Quadro 3.4 - PPV 9/1 – total de pesagens – ano 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6	Total
Jan	79	315	9	14	-	4	178	14	8	6	92	448	20	1187
Fev	138	731	4	30	6	2	463	6	3	4	163	773	30	2353
Mar	65	329	2	14	4	4	185	10	10	7	96	443	20	1189
Abr	122	749	4	33	-	-	482	5	5	6	167	769	27	2369
Mai	176	642	2	23	3	-	343	4	3	2	126	357	11	1692
Jun	163	879	1	28	-	-	514	5	10	9	130	677	24	2440
Jul	156	950	9	33	1	2	1054	7	10	7	254	687	30	3200
Ago	162	900	8	25	-	3	950	9	10	8	214	711	28	3028
Set	216	974	4	29	4	5	1203	15	17	4	322	781	26	3600
Out	287	1054	4	41	-	4	984	18	4	17	277	849	32	3571
Nov	323	544	6	10	-	-	302	5	2	5	193	311	18	1719
Dez	331	615	3	18	1	2	266	5	2	3	200	316	27	1789
Total	2218	8682	56	298	19	26	6924	103	84	78	2234	7122	293	28137
%	7,88	30,85	,20	1,06	0,07	0,09	24,61	0,37	0,30	0,28	7,94	25,31	1,04	100,00

Quadro 3.5 – PPV 9/7 – total de pesagens – ano 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6	Total
Jan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fev	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mai	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jun	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jul	86	53	28	213	33	-	323	6	3	1	254	90	2	1092
Ago	371	272	67	926	154	6	1053	22	8	20	214	288	18	3419
Set	98	40	32	240	67	1	311	6	4	8	322	143	2	1274
Out	363	220	50	41	73	2	1037	10	13	10	277	357	10	2463
Nov	262	145	7	194	15	1	439	8	2	2	193	161	12	1441
Dez	148	37	5	39	5	-	47	2	-	-	200	24	-	507
Total Veic.	1328	767	189	1653	347	10	3210	54	30	41	1460	1063	44	10196
%	13,02	7,53	1,85	16,21	3,40	0,10	31,48	0,53	0,30	0,40	14,32	10,42	0,44	100,00

Quadro 3.6 – PPV 9/2 – total de pesagens – ano 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6	Total
Jan	72	85	1	13	-	389	-	-	-	174	385	3	1122
Fev	6	19	-	3	-	73	2	-	-	6	17	7	126
Mar	1	21	-	1	-	252	-	-	-	7	98	5	470
Abr	6	49	-	1	-	238	-	-	-	70	102	4	570
Mai	11	96	1	4	-	270	-	-	-	28	71	4	485
Jun	8	29	-	1	-	117	-	-	1	18	47	6	227
Jul	9	41	-	1	-	177	-	-	-	10	58	-	296
Ago	4	59	-	-	-	243	-	-	-	22	80	-	408
Set	1	17	-	-	-	77	-	-	-	5	34	-	134
Out	4	48	-	-	-	173	-	-	-	14	66	2	307
Nov	5	24	-	-	-	94	-	-	-	8	37	1	169
Dez	3	27	-	2	-	82	-	-	-	11	64	1	190
Total	130	515	2	26	1	2185	2	-	1	373	1059	33	4319
%	3,01	11,92	0,05	0,60	0,02	50,59	0,05	-	0,02	8,04	24,52	0,60	100,00

Quadro 3.7– PPV 6/3 – total de pesagens – ano 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6	Total
Jan	489	343	45	212	31	4	880	6	21	5	318	355	3	2712
Fev	443	237	33	168	15	3	752	1	8	2	224	232	2	2120
Mar	537	387	18	159	9	1	1802	5	5	-	628	702	20	4273
Abr	334	261	19	134	-	1	1708	7	10	-	498	701	12	3685
Mai	358	302	20	167	6	1	1677	13	4	-	576	448	19	3591
Jun	387	252	30	137	10	3	1117	6	6	-	435	372	16	2771
Jul	541	463	26	346	15	8	2465	12	18	3	732	783	14	5426
Ago	254	321	11	128	14	-	1374	10	7	-	583	348	28	3078
Set	121	165	20	52	14	-	1616	14	16	4	320	556	25	2923
Out	417	406	38	231	12	5	1397	8	17	3	439	385	8	3366
Nov	376	191	30	141	11	3	551	7	5	4	242	150	10	1721
Dez	120	73	12	37	6	-	333	5	2	1	171	113	4	877
Total Veic.	4377	3401	302	1912	143	29	15672	94	119	22	5166	5145	161	36543
%	11,98	9,30	0,83	5,23	0,39	0,08	42,88	0,26	0,33	0,06	14,14	14,08	0,44	100,0

Quadro 3.8 - PPV 5/2 – total de pesagens – ano 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6	Total
Jan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fev	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar	401	923	-	156	-	-	1285	-	-	-	380	172	4	3321
Abr	497	1088	-	175	-	-	1340	-	-	-	387	206	7	3700
Mai	481	798	-	114	-	-	993	-	-	-	312	202	3	2903
Jun	551	1158	-	163	-	-	1441	-	-	-	496	453	25	4287
Jul	513	1163	-	177	-	-	1617	-	-	-	480	439	16	4405
Ago	470	1015	-	164	-	-	1382	-	-	-	409	380	12	3832
Set	479	1061	-	167	-	-	1484	-	-	-	434	428	17	4070
Out	460	1014	-	155	-	-	1318	-	-	-	358	396	15	3716
Nov	625	1368	-	196	-	-	1386	-	-	-	454	373	23	4425
Dez	398	852	-	83	-	-	612	-	-	-	237	197	6	2385
Total	4875	10440	-	1550	-	-	12858	-	-	-	3947	3246	128	37044
%	13,16	28,18	-	4,18	-	-	34,71	-	-	-	10,65	8,76	0,36	100,00

Quadro 3.9 - PPV 5/3 – total de pesagens – ano 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6	Total
Jan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fev	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar	72	216	2	25	3	-	126	-	1	-	22	17	2	486
Abr	106	490	6	49	7	1	308	2	-	-	97	77	2	1145
Mai	104	391	4	48	6	1	237	-	1	1	57	77	3	930
Jun	171	792	7	74	12	-	585	-	4	1	206	327	16	2195
Jul	78	283	4	29	2	1	309	-	1	-	96	102	10	915
Ago	69	315	3	33	3	-	263	2	-	1	87	98	4	878
Set	126	503	18	52	10	-	554	4	2	1	163	176	14	1623
Out	90	301	28	33	6	-	478	-	2	1	153	166	11	1269
Nov	143	343	25	29	6	-	415	-	-	-	125	133	5	1224
Dez	101	340	31	39	-	1	444	-	-	-	130	120	3	1212
Total	1060	3974	128	411	55	4	3719	8	11	5	1136	1293	70	11874
%	0,92	33,46	0,08	3,46	0,50	0,03	31,31	0,07	0,09	0,04	9,56	10,89	0,59	100,00

O Quadro 3.10 mostra o resumo do total de pesagens, por tipo de veículo, com respectivo percentual, componente da frota circulante em todos os 7 PPV pesquisados, durante todo o ano de 2002.

Quadro 3.10 – Número total de veículos nos 7 PPV pesquisados

2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6	Totais
15522	34766	748	6553	674	71	50161	274	288	156	16223	23056	913	149405
10,37 %	23,22 %	0,50 %	4,39 %	0,45 %	0,05 %	33,57 %	0,18 %	0,19 %	0,10 %	10,86 %	15,43 %	0,61 %	100,00 %

No PPV 9/9, Quadro 3.3, os veículos de maior frequência de um total de 21292 pesagens realizadas, por ordem decrescente foram: 3C com 32,82%, 2S3 com 26,27%, 3D4 com 19,40%, 3S3 com 8,95% e o 2C com 7,21%.

No PPV 9/1, Quadro 3.4, os veículos de maior frequência de um total de 28137 pesagens realizadas, por ordem decrescente foram: 3C com 30,85%, 3D4 com 25,31%, 2S3 com 24,61 %, 3S3 com 7,94 % e o 2C com 7,88 %.

No PPV 9/7, Quadro 3.5, os veículos de maior frequência de um total de 10196 pesagens realizadas, por ordem decrescente foram: 2S3 com 31,48%, 2S2 com 16,21%, 3S3 com 14,32%, 2C com 13,02% e o 3D4 com 10,42%.

No PPV 9/2, Quadro 3.6, os veículos de maior frequência de um total de 4319 pesagens realizadas, por ordem decrescente foram: 2S3 com 50,59%, 3D4 com 24,52%, 3C com 11,92%, 3S3 com 8,04% e o 2C com 3,01%.

No PPV 6/3, Quadro 3.7, os veículos de maior frequência de um total de 36543 pesagens realizadas, por ordem decrescente foram: 2S3 com 42,88%, 3S3 com 14,14%, 3D4 com 14,08%, 2C com 11,98% e o 3C com 9,30%.

No PPV 5/2, Quadro 3.8, os veículos de maior frequência de um total de 37044 pesagens realizadas, por ordem decrescente foram: 2S3 com 34,71%, 3C com 28,18%, 2C com 13,16%, 3S3 com 10,65% e o 3D4 com 8,76%.

No PPV 5/3, Quadro 3.9, os veículos de maior frequência de um total de 11874 pesagens realizadas, por ordem decrescente foram: 3C com 33,46%, 2S3 com 31,31%, 3D4 com 10,89%, 3S3 com 9,56% e o 2S2 com 3,46%.

No Quadro 3.10, os veículos de maior frequência que passaram pelos 7 PPV de um total de 149405 pesagens realizadas, por ordem decrescente foram: 2S3 com 33,57%, 3C com 23,22%, 3D4 com 15,43%, 3S3 com 10,86%, 2C com 10,37% e o 2S2 com 4,39%.

3.3.1 Processamentos dos Dados para Cálculo dos FV

Conforme citado anteriormente as planilhas fornecidas pelas empresas concessionárias englobavam todos os caminhões com seus respectivos pesos por eixo ou conjunto de eixos. Houve necessidade de separá-los por cada tipo com seus respectivos pesos por eixo, para calcular os FV baseados nas equações originais dos FEC da USACE, conforme Tabela 2.6, descrita no Capítulo 2, que avaliaram os efeitos do carregamento na deformação permanente (afundamento das trilhas de

roda) e da AASHTO, conforme Tabela 2.8, também descrita no Capítulo 2, que se baseiam na perda de serventia (índice de serventia atual - PSI) e podem variar com o tipo de pavimento (flexível e rígido), índice de serventia terminal e resistência do pavimento (número estrutural – SN).

A título de exemplo, o Quadro 3.11 mostra como é calculado o valor do FV de um caminhão 2S3, 5 eixos, sendo o primeiro (E1) eixo simples de roda simples, o segundo (E2) simples de roda dupla e o terceiro (E3E4E5) tandem-triplo, do PPV 9/1, utilizando-se as pesagens efetuadas nos dias 6 e 7/03/2002.

Quadro 3.11 – Exemplo do cálculo dos FV - FEC (AASHTO e USACE)

POSTO DE PESAGEM DE VEICULOS 9/1 - BR-277 KM 137 - DADOS DE PESAGENS DA RODONORTE/2002												
TIPO	Data (Março/02)	E1(SRS) (KG)	E2(SRD) (KG)	E3(TT) (KG)	EQUIV.E1 AASHTO	EQUIV.E2 AASHTO	EQUIV.E3 AASHTO	EQUIVAL. INDIVID.	EQUIV.E1 USACE	EQUIV.E2 USACE	EQUIV.E3 USACE	EQUIVAL. INDIVID.
2S3	6/3/2002	4.960	10.770	26.960	0,144	3,299	1,973	5,416	0,129	5,231	12,687	18,048
2S3	6/3/2002	4.970	11.310	26.180	0,145	4,075	1,743	5,964	0,130	7,104	10,771	18,005
2S3	6/3/2002	4.710	11.240	24.660	0,115	3,967	1,354	5,437	0,105	6,833	7,715	14,653
2S3	6/3/2002	4.780	10.070	26.090	0,123	2,468	1,718	4,308	0,112	3,436	10,566	14,113
2S3	6/3/2002	5.100	11.060	26.250	0,162	3,700	1,763	5,625	0,145	6,177	10,932	17,254
2S3	6/3/2002	4.900	11.200	26.390	0,136	3,907	1,803	5,846	0,123	6,683	11,261	18,067
2S3	6/3/2002	5.110	11.380	25.460	0,164	4,185	1,550	5,899	0,146	7,383	9,219	16,748
2S3	6/3/2002	5.180	10.750	25.970	0,173	3,273	1,685	5,131	0,154	5,171	10,297	15,622
2S3	6/3/2002	5.090	12.390	27.210	0,161	6,043	2,051	8,255	0,144	12,566	13,358	26,068
2S3	6/3/2002	5.060	12.690	27.200	0,157	6,701	2,048	8,906	0,140	14,595	13,330	28,065
2S3	6/3/2002	5.180	10.990	26.930	0,173	3,600	1,964	5,737	0,154	5,937	12,609	18,699
2S3	7/3/2002	4.960	11.740	26.000	0,144	4,788	1,693	6,625	0,129	8,971	10,364	19,464
2S3	7/3/2002	5.410	12.150	25.720	0,209	5,554	1,617	7,380	0,183	11,119	9,756	21,059
2S3	7/3/2002	4.940	11.320	26.210	0,141	4,091	1,752	5,984	0,127	7,143	10,840	18,110
2S3	7/3/2002	4.960	11.010	26.370	0,144	3,628	1,797	5,569	0,129	6,004	11,214	17,348
2S3	7/3/2002	5.130	12.400	22.670	0,166	6,064	0,950	7,180	0,148	12,630	4,825	17,603
2S3	7/3/2002	4.900	11.850	25.950	0,136	4,985	1,679	6,801	0,123	9,510	10,253	19,886
2S3	7/3/2002	5.100	10.830	26.530	0,162	3,379	1,844	5,385	0,145	5,416	11,599	17,160
2S3	7/3/2002	5.200	11.330	26.160	0,176	4,107	1,738	6,020	0,156	7,183	10,725	18,064
2S3	7/3/2002	5.030	10.340	26.630	0,153	2,766	1,873	4,792	0,137	4,055	11,845	16,036
2S3	7/3/2002	3.920	11.620	25.130	0,052	4,580	1,467	6,099	0,050	8,413	8,572	17,035
2S3	7/3/2002	3.750	11.380	16.360	0,043	4,185	0,240	4,468	0,042	7,383	0,949	8,374
2S3	7/3/2002	5.040	11.670	26.800	0,154	4,666	1,924	6,744	0,138	8,642	12,273	21,053
2S3	7/3/2002	4.970	10.980	26.820	0,145	3,586	1,930	5,661	0,130	5,903	12,324	18,357
2S3	7/3/2002	5.390	11.170	23.120	0,206	3,862	1,032	5,099	0,181	6,571	5,384	12,136
2S3	7/3/2002	5.370	10.900	22.610	0,203	3,474	0,939	4,616	0,178	5,639	4,754	10,571
2S3	7/3/2002	5.310	11.250	23.740	0,193	3,983	1,154	5,329	0,170	6,871	6,240	13,282
2S3	7/3/2002	4.720	11.840	26.930	0,116	4,967	1,964	7,047	0,106	9,460	12,609	22,175
2S3	7/3/2002	5.150	11.170	26.620	0,169	3,862	1,870	5,901	0,150	6,571	11,820	18,542
2S3	7/3/2002	4.880	11.990	25.650	0,134	5,244	1,599	6,978	0,121	10,235	9,609	19,965
2S3	7/3/2002	5.070	11.570	25.520	0,158	4,496	1,565	6,219	0,141	8,189	9,341	17,671
2S3	7/3/2002	5.070	11.490	26.020	0,158	4,363	1,699	6,220	0,141	7,841	10,408	18,391
2S3	7/3/2002	4.850	11.320	26.590	0,131	4,091	1,861	6,083	0,118	7,143	11,746	19,007
2S3	7/3/2002	4.900	12.900	25.210	0,136	7,194	1,486	8,816	0,123	16,172	8,725	25,021
2S3	7/3/2002	4.990	11.400	25.320	0,148	4,217	1,514	5,879	0,133	7,465	8,939	16,537
2S3	7/3/2002	5.980	10.140	26.490	0,323	2,543	1,832	4,697	0,274	3,588	11,502	15,364
2S3	7/3/2002	5.010	11.040	26.110	0,150	3,671	1,724	5,545	0,135	6,107	10,611	16,853
2S3	7/3/2002	5.050	11.420	26.780	0,155	4,249	1,918	6,323	0,139	7,547	12,222	19,908
2S3	7/3/2002	4.060	12.060	26.180	0,061	5,378	1,743	7,182	0,058	10,614	10,771	21,443
2S3	7/3/2002	5.140	12.270	25.370	0,168	5,794	1,527	7,489	0,149	11,824	9,038	21,012
2S3	7/3/2002	5.040	11.340	25.270	0,154	4,122	1,501	5,778	0,138	7,222	8,841	16,202
2S3	7/3/2002	5.150	11.770	25.660	0,169	4,841	1,602	6,612	0,150	9,115	9,630	18,896
2S3	7/3/2002	5.060	11.480	26.670	0,157	4,347	1,885	6,388	0,140	7,799	11,944	19,883
2S3	7/3/2002	4.760	12.410	24.870	0,120	6,085	1,404	7,610	0,110	12,694	8,088	20,892
2S3	7/3/2002	5.110	12.120	25.110	0,164	5,495	1,462	7,120	0,146	10,949	8,534	19,628
2S3	7/3/2002	4.980	11.180	25.900	0,146	3,877	1,666	5,689	0,131	6,608	10,143	16,883
2S3	7/3/2002	6.330	11.130	25.760	0,413	3,802	1,628	5,843	0,345	6,426	9,841	16,612
2S3	7/3/2002	4.730	11.880	25.810	0,117	5,040	1,642	6,798	0,107	9,661	9,948	19,717
2S3	7/3/2002	5.090	11.960	23.030	0,161	5,188	1,015	6,364	0,144	10,076	5,268	15,487
2S3	7/3/2002	5.140	11.600	26.130	0,168	4,546	1,729	6,443	0,149	8,323	10,656	19,128
2S3	7/3/2002	4.640	12.310	25.750	0,108	5,876	1,625	7,610	0,099	12,068	9,820	21,986
2S3	7/3/2002	4.920	11.050	26.360	0,139	3,686	1,794	5,619	0,125	6,142	11,190	17,458
2S3	7/3/2002	4.770	10.950	25.660	0,122	3,544	1,602	5,267	0,111	5,803	9,630	15,543
2S3	7/3/2002	4.890	11.160	26.550	0,135	3,847	1,849	5,832	0,122	6,535	11,648	18,305
2S3	7/3/2002	5.000	11.930	25.930	0,149	5,132	1,674	6,955	0,134	9,919	10,209	20,261
2S3	7/3/2002	5.070	10.530	25.790	0,158	2,993	1,636	4,787	0,141	4,544	9,905	14,590
2S3	7/3/2002	4.340	11.760	27.040	0,081	4,823	1,998	6,902	0,076	9,067	12,899	22,042
2S3	7/3/2002	5.050	11.840	25.970	0,155	4,967	1,685	6,807	0,139	9,460	10,297	19,896
2S3	7/3/2002	4.820	11.470	26.070	0,127	4,330	1,712	6,170	0,115	7,756	10,520	18,392
2S3	7/3/2002	4.930	11.600	25.470	0,140	4,546	1,552	6,239	0,126	8,323	9,239	17,688
2S3	7/3/2002	4.990	11.730	25.590	0,148	4,771	1,583	6,501	0,133	8,923	9,484	18,540
2S3	7/3/2002	5.380	11.310	26.600	0,204	4,075	1,864	6,144	0,179	7,104	11,771	19,054
2S3	7/3/2002	5.000	11.410	25.860	0,149	4,233	1,655	6,037	0,134	7,506	10,056	17,696
2S3	7/3/2002	5.110	11.060	26.390	0,164	3,700	1,803	5,667	0,146	6,177	11,261	17,584
2S3	7/3/2002	6.010	9.910	26.670	0,330	2,303	1,885	4,517	0,280	3,109	11,944	15,333
2S3	7/3/2002	5.090	11.590	26.000	0,161	4,529	1,693	6,383	0,144	8,278	10,364	18,785
2S3	7/3/2002	4.950	11.550	25.920	0,143	4,462	1,671	6,276	0,128	8,101	10,187	18,416
2S3	7/3/2002	5.390	10.720	26.290	0,206	3,233	1,774	5,214	0,181	5,081	11,025	16,287
2S3	7/3/2002	4.870	12.120	25.420	0,133	5,495	1,539	7,167	0,120	10,949	9,138	20,207
2S3	7/3/2002	5.070	11.150	25.550	0,158	3,832	1,573	5,563	0,141	6,498	9,402	16,041
2S3	7/3/2002	4.810	10.360	26.790	0,126	2,790	1,921	4,837	0,114	4,104	12,247	16,466

continua ...

... continuação

POSTO DE PESAGEM DE VEICULOS 9/1 - BR-277 KM 137 - DADOS DE PESAGENS DA RODONORTE/2002												
TIPO	Data (Março/02)	E1(SRS) (KG)	E2(SRD) (KG)	E3(TT) (KG)	EQUIV.E1 AASHTO	EQUIV.E2 AASHTO	EQUIV.E3 AASHTO	EQUIV.E1 INDIVID.	EQUIV.E1 USACE	EQUIV.E2 USACE	EQUIV.E3 USACE	EQUIV.E3 INDIVID.
2S3	7/3/2002	4.890	11.880	25.910	0,135	5,040	1,669	6,844	0,122	9,661	10,165	19,949
2S3	7/3/2002	4.830	11.420	23.500	0,128	4,249	1,105	5,483	0,116	7,547	5,896	13,560
2S3	7/3/2002	4.940	11.740	25.910	0,141	4,788	1,669	6,598	0,127	8,971	10,165	19,264
2S3	7/3/2002	5.030	11.200	25.490	0,153	3,907	1,557	5,617	0,137	6,683	9,279	16,099
2S3	7/3/2002	5.120	11.590	26.050	0,165	4,529	1,707	6,401	0,147	8,278	10,476	18,900
2S3	7/3/2002	5.010	11.520	26.580	0,150	4,412	1,858	6,421	0,135	7,970	11,721	19,826
2S3	7/3/2002	5.030	11.620	26.220	0,153	4,580	1,754	6,487	0,137	8,413	10,863	19,412
2S3	7/3/2002	4.950	12.080	25.420	0,143	5,417	1,539	7,099	0,128	10,725	9,138	19,991
2S3	7/3/2002	5.040	11.280	25.930	0,154	4,029	1,674	5,857	0,138	6,987	10,209	17,334
2S3	7/3/2002	4.240	11.180	26.990	0,073	3,877	1,982	5,932	0,069	6,608	12,766	19,443
2S3	7/3/2002	4.730	10.630	27.140	0,117	3,118	2,029	5,264	0,107	4,820	13,167	18,094
2S3	7/3/2002	5.960	14.900	19.030	0,318	13,408	0,454	14,180	0,271	39,835	1,817	41,923
2S3	7/3/2002	4.910	11.120	25.620	0,138	3,788	1,591	5,516	0,124	6,390	9,547	16,060
2S3	7/3/2002	5.940	15.010	19.190	0,313	13,841	0,470	14,624	0,267	41,711	1,904	43,881
2S3	7/3/2002	4.770	10.800	25.300	0,122	3,339	1,509	4,969	0,111	5,323	8,900	14,334
2S3	7/3/2002	4.780	11.430	25.910	0,123	4,265	1,669	6,057	0,112	7,589	10,165	17,865
2S3	7/3/2002	5.040	11.540	25.260	0,154	4,446	1,499	6,099	0,138	8,057	8,822	17,017
2S3	7/3/2002	4.990	10.950	26.990	0,148	3,544	1,982	5,674	0,133	5,803	12,766	18,702
2S3	7/3/2002	5.030	11.190	25.790	0,153	3,892	1,636	5,681	0,137	6,645	9,905	16,688
2S3	7/3/2002	4.910	10.730	26.970	0,138	3,246	1,976	5,360	0,124	5,111	12,714	17,949
2S3	7/3/2002	4.990	11.680	23.290	0,148	4,683	1,064	5,895	0,133	8,688	5,608	14,429
2S3	7/3/2002	5.000	11.400	26.370	0,149	4,217	1,797	6,163	0,134	7,465	11,214	18,812
2S3	7/3/2002	5.160	12.120	24.810	0,171	5,495	1,389	7,055	0,152	10,949	7,980	19,081
2S3	7/3/2002	5.110	11.260	26.610	0,164	3,998	1,867	6,029	0,146	6,910	11,795	18,851
2S3	7/3/2002	5.020	11.920	22.520	0,152	5,113	0,923	6,188	0,136	9,867	4,649	14,652
2S3	7/3/2002	5.000	11.900	25.230	0,149	5,076	1,491	6,717	0,134	9,764	8,764	18,661
2S3	7/3/2002	5.210	10.950	26.640	0,178	3,544	1,876	5,598	0,158	5,803	11,870	17,830
2S3	7/3/2002	4.900	11.890	25.570	0,136	5,058	1,578	6,773	0,123	9,712	9,443	19,279
2S3	7/3/2002	5.110	11.530	25.160	0,164	4,429	1,474	6,067	0,146	8,013	8,629	16,788
2S3	7/3/2002	5.130	11.530	26.010	0,166	4,429	1,696	6,291	0,148	8,013	10,386	18,548
2S3	7/3/2002	4.860	11.330	26.210	0,132	4,107	1,752	5,990	0,119	7,183	10,840	18,142
2S3	7/3/2002	4.760	11.840	26.720	0,120	4,967	1,900	6,987	0,110	9,460	12,070	21,639
2S3	7/3/2002	4.870	11.360	26.610	0,133	4,154	1,867	6,154	0,120	7,303	11,795	19,218
2S3	7/3/2002	4.780	10.750	26.330	0,123	3,273	1,786	5,181	0,112	5,171	11,119	16,402
2S3	7/3/2002	5.090	11.310	25.550	0,161	4,075	1,573	5,809	0,144	7,104	9,402	16,649
2S3	7/3/2002	4.740	10.660	26.530	0,118	3,156	1,844	5,118	0,108	4,906	11,599	16,613
2S3	7/3/2002	5.250	11.510	26.140	0,184	4,396	1,732	6,312	0,163	7,927	10,679	18,768
2S3	7/3/2002	4.920	11.760	26.240	0,139	4,823	1,760	6,722	0,125	9,067	10,909	20,101
2S3	7/3/2002	4.910	10.950	25.570	0,138	3,544	1,578	5,260	0,124	5,803	9,443	15,370
TOTAL DE EQUIVALÊNCIA.....								1104,301				3246,461
TOTAL DE VEICULOS								186				186
FATOR DE VEICULO (AASHT)		5,937										
FATOR DE VEICULO (USACE)		17,454										

No exemplo do Quadro 3.11, passaram pela balança do PPV 9/1 um total de 186 caminhões do tipo 2S3. Para os eixos, simples de roda simples, simples de roda dupla e o tandem-triplo, foram aplicadas as equações das Tabelas 2.6 e 2.8 (Capítulo 2), no cálculo das equivalências individuais, levando-se em consideração as duas metodologias AASHTO e USACE. Em seguida foram calculadas as equivalências totais as quais foram divididas pelo número total de caminhões, obtendo-se os seguintes valores dos FV:

$$FV(AASHTO) = \frac{1104,301}{186} = 5,937$$

$$FV(USACE) = \frac{3246,461}{186} = 17,454$$

CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

O Capítulo 4 descreve como foram calculados os Fatores de Veículos referentes aos dados de pesagens coletados em 7 Postos de Pesagens de Veículos operados por empresas concessionárias de rodovias no Estado do Paraná, durante o ano de 2002 e cuja metodologia de cálculo foi descrita no Capítulo 3. Graças a isto, foi possível montar quadros que mostram os FV atualizados de cada PPV pesquisado.

Dos resultados obtidos foi possível elaborar algumas análises das informações obtidas, tais como:

- Análises estatísticas com apresentação de resumos estatísticos, gráficos de freqüências relativas e distribuição de freqüências (espectros de carga) dos caminhões com maior presença nos PPV pesquisados;
- Análises dos FV anuais entre todos os PPV pesquisados com resumos estatísticos e histogramas;
- Comparação de dados entre FV de 1986 e 2002; e,
- Comparação de FV entre os PPV 6/3 e 9/7 da BR-277/PR, Curitiba-Paranaguá.

4.1 RESULTADOS DOS FATORES DE VEÍCULOS DOS PPV PESQUISADOS

Nas Tabelas 4.1 a 4.14 são mostrados os valores resumos dos FV de cada PPV, operados pelas empresas concessionárias de rodovias do Estado do Paraná, num total de 7, sendo 4 construídos e operados pelo antigo DNER (atual DNIT) até 14/11/1997, data de assinatura dos contratos de concessão, e 3 construídos pelas próprias empresas concessionárias quando assumiram as rodovias desde então.

Os dados são referentes a 2002 e os valores dos FV foram obtidos através das equações originais dos FEC AASHTO e USACE (Tabelas 2.6 e 2.8 do Capítulo 2).

Tabela 4.1 - PPV 9/9 – resumo dos FV (AASHTO) - 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6
Jan.	0,99	1,12	2,97	0,98	9,52	-	5,07	-	11,56	-	2,49	5,20	6,81
Fev.	0,74	1,08	1,55	1,07	6,88	-	4,68	-	9,68	-	2,51	5,14	6,77
Mar.	0,78	1,13	2,29	1,64	5,72	-	5,40	-	16,01	-	2,75	5,78	7,18
Abr.	0,88	1,11	1,79	1,52	-	-	5,33	-	6,46	-	2,70	5,76	7,66
Mai.	0,87	1,06	1,59	0,96	5,77	-	4,97	-	11,86	-	2,54	5,48	6,43
Jun.	1,09	1,13	5,90	1,15	4,04	-	5,23	-	13,21	-	2,55	5,42	7,22
Jul.	0,90	1,06	2,69	1,24	6,28	-	4,82	-	13,14	-	2,08	5,31	6,75
Ago	0,68	0,91	2,37	0,87	6,04	-	4,84	-	13,09	-	2,50	5,36	6,84
Set.	0,79	1,10	1,45	0,74	4,74	2,17	4,94	1,89	7,92	3,77	2,41	5,33	6,30
Out.	0,71	1,13	1,66	1,08	6,87	-	4,93	4,37	15,39	2,07	2,61	5,53	7,48
Nov	1,14	1,23	2,13	0,87	2,76	-	5,06	1,36	11,36	0,00	2,93	6,19	7,97
Dez.	1,03	1,18	0,74	1,03	4,82	-	5,23	2,51	8,88	4,59	2,89	5,94	7,64
Média	0,88	1,10	2,26	1,10	5,39	2,17	5,04	2,52	11,57	3,48	2,58	5,54	7,09

Tabela 4.2 - PPV 9/9 - resumo dos FV (USACE) - 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6
Jan.	1,29	4,99	4,09	2,00	14,75	-	14,62	-	11,83	-	12,13	20,27	34,42
Fev.	0,89	5,09	2,28	2,21	9,16	-	13,56	-	8,43	-	12,45	20,12	34,43
Mar.	0,95	5,08	2,64	5,83	7,40	-	16,24	-	17,00	-	13,83	20,73	37,40
Abr.	1,09	5,20	2,03	3,31	-	-	15,66	-	5,33	-	13,44	20,49	39,86
Mai.	1,03	4,69	1,67	1,65	7,63	-	14,31	-	12,54	-	12,34	19,49	31,79
Jun.	1,40	4,95	8,65	2,37	4,69	-	15,31	-	13,60	-	12,39	19,21	36,72
Jul.	1,09	4,65	3,85	2,48	8,75	-	13,66	-	15,91	-	9,23	18,53	33,48
Ago	0,78	3,66	3,18	1,51	8,26	-	13,84	-	14,52	-	12,18	18,91	34,42
Set.	0,90	4,82	1,47	1,15	6,71	3,79	14,00	7,23	6,24	6,70	11,54	18,70	31,71
Out.	0,81	5,19	2,08	2,00	9,45	-	14,61	22,57	15,82	4,61	13,00	18,87	39,82
Nov	1,05	5,63	2,74	1,66	3,49	-	15,02	4,48	14,84	-	15,09	22,67	42,16
Dez.	1,32	5,25	0,75	2,22	6,12	-	15,96	11,95	7,81	2,91	14,79	21,39	39,58
Média	1,05	4,94	2,95	2,37	7,17	3,79	14,73	11,56	11,99	4,74	12,70	20,03	36,32

Tabela 4.3 - PPV 9/1 – resumo dos FV (AASHTO) - 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6
Jan.	2,02	1,95	1,65	3,44	0,00	2,70	6,05	3,02	15,84	5,54	2,65	5,79	8,31
Fev.	1,14	1,77	1,12	2,44	3,97	3,01	5,74	3,21	16,47	5,51	2,66	5,61	8,06
Mar.	1,73	1,96	1,24	3,04	3,66	2,89	6,00	3,15	19,35	7,06	2,68	5,63	8,01
Abr.	1,06	1,80	1,84	1,78	-	-	5,75	3,08	17,04	5,03	2,66	5,61	7,64
Mai.	0,65	1,80	0,72	3,43	1,43	-	5,78	3,67	17,10	4,39	2,72	5,62	6,96
Jun.	1,11	1,87	1,46	1,53	-	-	6,02	3,68	17,43	6,19	2,66	5,76	7,95
Jul.	0,94	1,78	2,49	4,58	0,90	2,76	5,91	3,04	17,65	4,72	2,55	5,47	7,74
Ago	1,03	1,77	3,06	3,15	-	2,42	5,83	2,63	15,16	3,37	2,55	5,41	7,52
Set.	1,21	1,80	3,18	3,63	1,88	2,61	5,92	2,99	18,74	4,65	2,35	5,47	6,96
Out.	1,52	1,66	0,95	3,38	-	2,70	5,61	2,21	15,37	5,04	2,35	5,18	7,70
Nov.	2,52	1,87	2,60	2,46	-	-	5,76	4,98	12,88	3,35	2,63	5,71	8,67
Dez.	2,29	1,95	1,66	2,88	2,61	2,33	5,45	2,33	15,09	4,65	2,72	5,60	7,42
Média	1,44	1,84	1,83	2,98	2,41	2,68	5,82	3,17	16,52	4,96	2,63	5,57	7,75

Tabela 4.4 - PPV 9/1 – resumo dos FV (USACE) - 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6
Jan.	2,95	10,18	1,88	7,96	-	8,82	17,78	14,66	19,09	13,66	13,23	21,21	44,93
Fev.	1,48	8,62	1,24	6,71	4,87	10,23	17,28	16,61	18,84	13,74	13,43	20,15	43,27
Mar.	2,59	10,27	1,23	8,24	4,62	9,91	17,65	15,57	26,37	15,98	13,51	20,19	42,77
Abr.	1,41	8,73	2,40	4,81	-	-	17,35	15,74	21,13	13,61	13,48	20,17	40,10
Mai.	0,91	9,11	0,72	10,12	1,44	-	17,37	19,90	19,68	12,63	14,04	20,40	36,49
Jun.	1,54	9,57	1,42	3,67	-	-	18,44	20,16	22,16	14,24	13,97	20,87	42,64
Jul.	1,19	9,01	3,66	14,54	0,91	8,46	17,56	15,15	20,49	11,60	13,47	19,48	41,16
Ago	1,40	8,85	3,78	8,51	-	7,14	17,16	11,91	16,65	9,07	12,58	19,42	40,07
Set.	1,70	9,12	4,03	9,42	2,54	8,49	17,38	14,83	23,14	10,71	12,61	19,69	37,24
Out.	2,05	8,20	1,02	8,36	-	7,39	15,70	10,08	21,67	11,27	11,25	18,36	40,95
Nov.	3,67	9,09	3,56	8,66	-	-	16,70	30,97	13,23	8,84	12,70	20,56	46,68
Dez.	3,23	9,62	1,75	8,57	3,38	8,32	15,40	10,11	16,61	9,58	13,35	20,18	38,30
Média	2,01	9,20	2,24	8,30	2,96	8,60	17,17	16,31	19,93	12,08	13,14	20,06	41,22

Tabela 4.5 - PPV 9/7 – resumo dos FV (AASHTO) - 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6
Jan.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fev.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mai.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jun	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jul.	0,20	0,52	1,12	0,52	0,07	-	3,98	2,44	4,28	0,31	2,67	9,49	7,82
Ago	0,15	0,68	0,56	0,42	0,09	0,78	3,84	1,03	4,82	0,85	2,55	5,41	6,99
Set.	0,09	1,02	0,57	0,39	0,08	3,25	4,09	0,69	4,28	0,34	2,56	5,24	7,25
Out.	0,13	0,72	0,68	2,72	0,07	0,56	3,90	1,24	8,43	1,09	2,35	5,35	6,90
Nov	0,10	0,74	0,55	0,56	0,08	3,74	3,83	1,42	7,98	2,39	2,63	5,32	7,23
Dez.	0,06	0,85	1,25	0,66	0,07	-	3,28	0,27	-	-	2,72	4,70	-
Média	0,12	0,76	0,78	0,88	0,08	2,08	3,82	1,18	5,96	0,99	2,58	5,92	7,24

Tabela 4.6 - PPV 9/7 – resumo dos FV (USACE) - 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6
Jan.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fev.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mai.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jun.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jul.	0,20	2,15	1,26	0,83	0,85	-	11,9	11,6	4,76	0,34	13,47	19,47	41,67
Ago	0,16	3,06	0,58	0,70	1,10	0,58	11,4	4,28	4,46	1,58	12,58	19,41	35,46
Set.	0,09	4,96	0,63	0,52	1,08	0,64	12,2	3,10	3,58	0,37	12,61	17,46	37,26
Out.	0,15	3,37	0,69	5,25	0,82	0,91	11,48	6,10	9,43	2,15	11,25	18,09	34,84
Nov	0,11	3,59	0,56	0,95	1,37	14,38	11,81	7,15	8,85	5,71	12,70	18,14	38,21
Dez.	0,07	4,08	1,29	1,12	0,84	-	8,97	0,59	-	-	13,35	14,73	-
Média	0,13	3,53	0,82	1,56	1,00	6,38	11,28	5,48	6,22	2,03	12,66	17,88	37,48

Tabela 4.7 - PPV 9/2 – resumo dos FV (AASHTO) - 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6
Jan.	0,58	1,68	2,98	1,55	-	-	5,31	-	-	-	2,87	5,52	7,54
Fev.	0,35	2,12	-	3,29	-	3,56	5,87	3,18	-	-	2,70	5,66	6,69
Mar.	0,18	2,34	-	5,14	-	-	5,74	-	-	-	2,65	6,13	7,69
Abr.	0,40	2,16	-	3,61	-	-	5,90	-	-	-	2,85	6,00	7,62
Mai.	0,70	2,10	2,84	1,56	-	-	6,62	-	-	-	2,75	6,20	7,70
Jun.	0,23	1,96	-	2,97	-	-	5,94	-	-	7,66	2,81	5,50	-
Jul.	0,38	1,99	-	3,73	-	-	6,00	-	-	-	2,72	5,71	-
Ago	0,37	1,88	-	-	-	-	5,78	-	-	-	2,86	6,00	-
Set.	0,32	2,04	-	-	-	-	5,48	-	-	-	2,72	5,57	-
Out.	0,51	2,03	-	-	-	-	6,02	-	-	-	2,87	5,65	7,31
Nov	1,50	1,77	-	-	-	-	5,08	-	-	-	2,67	5,64	7,87
Dez.	1,38	1,98	-	4,34	-	-	5,76	-	-	-	2,76	6,24	7,62
Média	0,57	2,00	2,91	3,27	-	3,56	5,79	3,18	-	7,66	2,77	5,79	7,51

Tabela 4.8 - PPV 9/2 – resumo dos FV (USACE) - 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6
Jan.	0,71	8,49	3,16	3,62	-	-	25,95	0,00	-	-	14,85	19,58	39,09
Fev.	0,35	10,21	-	9,14	-	7,14	18,49	15,30	-	-	14,07	20,46	33,44
Mar.	0,20	12,79	-	12,17	-	-	21,38	-	-	-	13,57	23,94	39,91
Abr.	0,39	10,49	-	7,83	-	-	22,92	-	-	-	14,97	22,72	39,60
Mai.	0,86	11,31	3,03	4,24	-	-	27,73	-	-	-	14,05	23,67	40,78
Jun.	0,23	10,40	-	5,31	-	-	19,07	-	-	10,76	14,46	19,17	-
Jul.	0,37	10,61	-	8,24	-	-	22,19	-	-	-	14,00	21,11	-
Ago	0,37	9,83	-	-	-	-	33,31	-	-	-	14,98	19,83	-
Set.	0,33	10,69	-	-	-	-	25,30	-	-	-	13,88	19,58	-
Out.	0,50	10,95	-	-	-	-	29,12	-	-	-	14,93	20,32	37,26
Nov	1,60	9,06	-	-	-	-	37,41	-	-	-	13,99	20,94	40,81
Dez.	1,56	10,16	-	7,54	-	-	16,38	-	-	-	14,13	23,09	39,85
Média	0,62	10,42	3,09	7,54	-	7,14	24,94	15,30	-	10,76	14,32	21,20	38,84

Tabela 4.9 - PPV 6/3 – resumo dos FV (AASHTO) - 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6
Jan.	0,38	1,02	0,48	0,61	0,60	2,63	3,87	2,21	10,23	2,31	2,43	5,16	5,31
Fev.	0,34	1,03	0,61	1,13	0,64	3,52	4,08	2,38	12,40	1,87	2,42	4,96	6,42
Mar.	0,29	1,11	0,73	1,33	1,29	2,86	4,58	2,20	13,61	-	2,62	5,70	6,39
Abr.	0,22	1,20	1,11	1,43	0,00	-	4,66	2,28	11,53	-	2,66	5,77	6,88
Mai.	0,15	1,11	0,96	1,33	1,10	-	4,41	2,24	13,45	-	2,55	5,44	6,42
Jun.	0,21	1,02	0,68	0,73	1,13	-	4,33	2,08	17,50	-	2,46	5,37	6,71
Jul.	0,22	1,14	0,44	0,90	1,19	3,60	4,41	2,21	13,35	2,58	2,58	5,48	6,60
Ago	0,22	1,05	1,41	1,08	1,21	-	4,22	2,63	14,93	-	2,56	5,15	6,55
Set.	0,19	1,39	0,58	1,02	1,14	-	6,04	2,66	17,14	3,74	2,45	6,49	6,54
Out.	0,25	1,06	1,34	1,72	1,18	3,09	5,23	2,04	14,92	3,02	2,39	5,39	6,90
Nov	0,21	1,05	1,21	1,25	1,27	-	5,49	2,23	13,26	3,71	2,39	5,55	7,02
Dez.	0,13	1,12	0,60	0,91	1,18	3,09	5,09	2,28	18,02	2,98	2,39	5,16	6,74
Média	0,24	1,11	0,85	1,12	1,13	3,13	4,70	2,29	14,19	2,89	2,49	5,47	6,54

Tabela 4.10 - PPV 6/3 – resumo dos FV (USACE) - 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6
Jan.	0,46	4,87	0,54	1,09	0,62	5,74	11,06	9,70	9,67	7,84	11,79	18,10	24,42
Fev.	0,40	5,00	0,73	2,24	0,65	8,83	11,72	10,75	12,39	6,13	11,67	17,21	34,92
Mar.	0,34	5,19	0,79	2,62	1,39	5,86	13,56	9,21	14,90	-	12,95	20,41	31,49
Abr.	0,25	5,80	1,47	3,00	-	-	13,92	10,11	12,45	-	13,15	20,84	34,55
Mai.	0,16	5,28	1,23	2,83	1,14	-	13,01	10,15	14,55	-	12,41	19,25	31,54
Jun.	0,23	4,79	0,75	1,45	1,14	-	12,70	9,42	23,13	-	11,84	18,90	33,43
Jul.	0,24	5,49	0,46	1,86	1,42	9,91	12,97	9,95	14,90	6,98	12,60	18,39	32,49
Ago	0,23	5,04	1,64	2,15	1,46	-	12,94	12,50	16,53	-	12,71	18,06	32,78
Set.	0,22	6,73	0,76	2,04	1,14	-	17,07	12,17	18,87	8,79	11,73	23,53	33,24
Out.	0,27	4,75	1,67	3,90	1,29	9,52	13,70	8,79	26,60	6,49	11,42	18,09	35,36
Nov.	0,23	4,67	1,52	2,53	1,39	-	15,56	9,63	15,34	6,17	11,32	18,77	36,21
Dez.	0,14	5,09	0,60	1,56	1,19	9,52	13,83	9,75	21,22	-	11,65	17,16	34,40
Média	0,26	5,23	1,01	2,27	1,22	8,23	13,50	10,18	16,71	7,01	12,10	19,14	32,90

Tabela 4.11 - PPV 5/2 - resumo dos FV (AASHTO) - 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6
Jan.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fev.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar.	0,50	1,00	-	1,13	-	-	4,71	-	-	-	2,43	4,99	5,68
Abr.	0,48	1,03	-	1,17	-	-	4,46	-	-	-	2,46	4,99	6,74
Mai.	0,37	0,63	-	1,43	-	-	4,49	-	-	-	2,49	5,36	7,38
Jun.	0,46	1,11	-	1,23	-	-	4,56	-	-	-	2,46	5,21	7,25
Jul.	0,43	1,11	-	1,28	-	-	4,65	-	-	-	2,60	5,43	7,33
Ago	0,44	1,12	-	1,86	-	-	4,70	-	-	-	2,56	5,48	7,46
Set.	0,50	1,10	-	1,33	-	-	4,68	-	-	-	2,44	5,14	5,93
Out.	0,62	1,08	-	1,36	-	-	4,59	-	-	-	2,47	5,16	6,78
Nov	0,46	1,10	-	1,35	-	-	4,46	-	-	-	2,57	5,14	6,67
Dez.	0,72	1,05	-	1,96	-	-	4,84	-	-	-	2,50	5,29	7,44
Média	0,50	1,03	-	1,41	-	-	4,61	-	-	-	2,50	5,22	6,86

Tabela 4.12 - PPV 5/2 - resumo dos FV (USACE) - 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6
Jan.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fev.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar.	0,61	4,44	-	2,17	-	-	14,03	-	-	-	11,83	16,94	27,26
Abr.	0,58	4,89	-	2,21	-	-	13,39	-	-	-	11,92	16,81	33,06
Mai.	0,45	2,31	-	2,86	-	-	12,98	-	-	-	12,19	18,84	38,43
Jun.	0,54	5,00	-	2,53	-	-	13,32	-	-	-	11,77	17,85	37,21
Jul.	0,51	5,09	-	2,78	-	-	13,85	-	-	-	12,79	19,00	38,01
Ago	0,52	5,06	-	4,19	-	-	13,93	-	-	-	12,52	19,98	39,60
Set.	0,61	4,91	-	2,39	-	-	13,39	-	-	-	11,62	17,58	29,31
Out.	0,76	4,74	-	2,91	-	-	13,77	-	-	-	11,92	17,80	33,45
Nov.	0,53	4,95	-	2,70	-	-	13,41	-	-	-	12,73	17,71	32,88
Dez.	0,93	4,45	-	4,07	-	-	14,03	-	-	-	12,20	18,46	38,07
Média	0,61	4,58	-	2,88	-	-	13,61	-	-	-	12,15	18,00	34,73

Tabela 4.13 - PPV 5/3 – resumo dos FV (AASHTO) - 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6
Jan.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fev.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar.	0,78	1,14	0,80	0,86	1,07	0,00	4,71	-	13,28	-	2,28	4,99	6,88
Abr.	0,55	0,94	0,33	0,86	1,03	1,88	4,00	2,45	0,00	-	2,32	4,99	5,45
Mai.	0,32	0,94	0,49	0,87	1,98	1,30	4,13	-	11,60	3,89	2,24	5,36	6,03
Jun.	0,73	1,11	1,20	0,91	2,56	0,00	4,68	-	14,68	5,11	2,41	5,11	6,51
Jul.	0,49	0,91	0,62	0,70	0,87	1,71	3,88	-	9,35	0,00	2,23	5,43	5,57
Ago	1,01	1,03	1,57	0,55	2,23	-	4,46	2,11	0,00	5,67	2,40	5,48	5,90
Set.	0,46	0,91	0,06	1,06	1,46	-	3,78	1,80	5,23	4,69	2,20	5,14	4,57
Out.	0,48	1,10	1,49	0,81	2,89	-	4,85	-	16,52	6,43	2,47	5,16	7,01
Nov.	0,42	0,90	1,52	1,47	2,19	-	4,31	-	-	-	2,32	5,14	7,22
Dez.	0,59	1,00	2,20	1,16	2,23	1,01	4,75	-	-	-	2,44	5,29	7,32
Média	0,58	1,00	1,03	0,92	1,85	1,47	4,36	2,12	11,78	5,16	2,33	4,58	6,24

Tabela 4.14 - PPV 5/3 – resumo dos FV (USACE) - 2002

Mês	2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6
Jan.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fev.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar.	1,02	5,32	0,81	1,38	1,08	-	14,56	0,00	15,45	-	10,98	14,08	35,74
Abr.	0,68	4,54	0,33	1,48	1,03	9,34	11,62	11,82	-	-	11,47	12,71	25,29
Mai.	0,43	4,29	0,48	1,28	2,39	6,04	11,83	-	11,79	10,92	11,05	12,29	28,65
Jun.	0,82	5,01	1,35	1,59	3,47	-	13,15	-	16,79	-	11,49	16,98	32,11
Jul.	0,53	4,20	0,62	1,00	0,88	7,61	11,54	-	8,21	-	10,84	13,04	26,42
Ago	1,72	4,74	1,64	0,76	2,65	-	13,56	9,05	0,00	18,85	11,77	14,67	27,85
Set.	0,50	4,08	0,06	1,79	1,59	-	11,13	7,53	5,30	9,85	10,67	12,62	21,05
Out.	0,57	4,94	1,64	1,32	3,90	-	14,12	-	21,87	17,98	12,05	18,51	35,22
Nov.	0,47	3,82	1,62	2,88	2,84	-	12,35	-	-	-	11,05	15,73	36,52
Dez.	0,74	4,42	3,31	1,89	2,40	1,98	13,98	-	-	-	11,89	16,76	37,00
Média	0,75	4,54	1,19	1,54	2,22	6,24	12,78	9,47	13,23	13,94	11,33	14,94	30,58

4.1.1 Comentários

Os dados das Tabelas 4.1 a 4.14 mostram as médias dos FV obtidas a partir de 13 tipos de caminhões componentes da frota mista que passou pelos PPV pesquisados no ano de 2002, desde o caminhão 2C, dois eixos, PBT de 16,0 t até o caminhão 3T6, nove eixos, PBTC de 74,0 t.

A falta de alguns valores nas Tabelas 4.1 a 4.14 apresentados é que caminhões, menos freqüentes tais como: 2S1, 3S1, 3S2, 2I3 e 3I2 não passaram pelas balanças nos dias selecionados para amostragens das pesagens, que foram dois dias de cada mês conforme consta no Quadro 3.9. Além disso, alguns dos PPV pesquisados não efetuaram pesagens, como por exemplo, o PPV 9/7 que somente operou de

julho a dezembro de 2002 e os PPV 5/2 e 5/3 de março a dezembro/2002, conforme planilhas fornecidas pelas empresas concessionárias responsáveis pelas operações dos mesmos.

A Tabela 4.15 e a Tabela 4.16 mostram a média das médias dos FV calculados em todos os 7 PPV pesquisados, considerando as duas metodologias. A primeira linha mostra os valores dos FV, a segunda linha os desvios-padrão e a terceira linha a soma das médias das médias com os desvios-padrão.

Tabela 4.15 – Média das médias dos FV dos 7 PPV – (AASHTO) - 2002

2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6
0,62	1,26	1,38	1,61	2,17	2,52	4,88	2,41	12,00	3,50	2,55	5,44	7,03
0,44	0,47	0,87	1,01	2,00	0,76	0,73	0,75	3,94	1,70	0,14	0,44	0,53
1,06	1,73	2,48	2,68	4,17	3,28	5,61	3,16	15,94	5,20	2,69	5,88	7,56

Tabela 4.16 – Média das médias dos FV dos 7 PPV – (USACE) - 2002

2C	3C	2S1	2S2	2I2	3S1	2S3	3S2	2I3	3I2	3S3	3D4	3T6
0,80	6,06	1,88	3,78	2,91	6,73	15,43	11,38	13,62	8,43	12,63	18,75	36,01
0,68	2,64	1,01	2,87	2,51	1,73	4,57	3,99	5,17	4,60	0,94	2,06	3,61
1,48	8,70	2,89	6,65	5,42	8,46	20,00	15,37	18,79	13,02	13,57	20,81	39,62

As tabelas acima apresentam alguns dados relevantes, como por exemplo:

Pela metodologia da USACE o valor do FV do caminhão 3T6, nove eixos e PBTC de 74,0 toneladas, o valor médio é de 35,89. Se comparado ao caminhão 3D4, sete eixos e PBTC de 57,0 t, cujo valor médio de 18,90 é quase o dobro. O valor aumenta quando se tem apenas mais um conjunto de eixo tandem-duplo na aplicação das equações originais da referida metodologia.

O caminhão 3S3, seis eixos e PBTC de 48,5 t, considerando as duas metodologias, os valores de FV foram menores do que o caminhão 2S3, cinco eixos e PBTC de 41,5 t. Na metodologia da AASHTO é de 4,98 contra 2,55, pouco menos da metade, e na metodologia da USACE é de 15,89 contra 12,67, 20,3 % menor. Isto se explica porque o caminhão 2S3 trafega com excesso de cargas mais elevadas do que o 3S3

conforme planilhas fornecidas pelas Empresas Concessionárias, principalmente no eixo de tração.

Os caminhões dotados de eixos espaçados nos semi-reboques também apresentam valores de FV elevados. O 2I3, cinco eixos e PBTC de 46,0 t, com três eixos isolados, pela metodologia da AASHTO apresenta valor de 12,40, o maior entre todos os veículos pesquisados, podendo-se concluir que o dano ao pavimento, considerando essa metodologia é grande se comparado a outros veículos.

4.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Com a utilização do programa computacional *Statgraphics* (STATGRAPHICS PLUS, 2004), foi possível realizar análises estatísticas dos dados das pesagens coletadas, tais como: resumos estatísticos, gráficos de freqüências relativas e distribuição de freqüências sendo que esses últimos permitiram a obtenção dos espectros de cargas dos tipos de caminhões de maior freqüência que passaram pela balança do PPV 9/1, tomado como exemplo, pela sua localização estratégica.

4.2.1 Análise das Cargas dos Caminhões no PPV 9/1

Conforme citado no item acima, neste item serão mostradas análises estatísticas dos caminhões de maior freqüência que passaram no PPV 9/1 (BR-277/PR, São Luiz do Purunã – Curitiba, km 137,0) que foram: 3C, 2S3, 3S3 e 3D4, respectivamente 30,85%, 24,61%, 7,94 % e 25,31 %, totalizando 88,6 % das 28.137 pesagens realizadas durante o ano de 2002, conforme dados constantes no Quadro 3.4 do Capítulo 3.

O PPV- 9/1 é o mais importante do Estado do Paraná. Os corredores federais, tal como o da BR-376, vindo do norte do Estado e de outros estados principalmente Rondônia, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, utilizam-na para escoamento das grandes produções agrícolas, principalmente soja destinada à exportação, em direção ao Porto de Paranaguá e o da BR-277, vindo do oeste e sudoeste do Estado e dos países vizinhos Paraguai e Argentina. Todo o tráfego destas duas importantes

rodovias federais, alimentadas por uma grande rede de outras rodovias integrantes da malha rodoviária do Estado do Paraná converge, na sua grande maioria para a localidade de São Luiz do Purunã que funciona como um verdadeiro funil. A única exceção é o corredor da BR-116 que passa por Curitiba, capital do Estado do Paraná e a liga ao norte com São Paulo, maior e mais importante cidade brasileira e ao sul com os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Os resumos estatísticos do PPV pesquisado, considerando os caminhões de maior frequência (3C, 2S3, 3S3 e 3D4), forneceram os seguintes dados:

- Número total de pesagens de cada eixo ou conjunto de eixo;
- Pesos médios de cada eixo ou conjunto de eixo, em quilogramas;
- Desvios-padrão populacionais dos pesos médios, em quilogramas;
- Pesos mínimos de cada eixo ou conjunto de eixos, em quilogramas;
- Pesos máximos de cada eixo ou conjunto de eixos, em quilogramas; e,
- Amplitude de variações dos pesos máximos e mínimos, em quilogramas.

A Tabela 4.17 mostra o resumo estatístico, a Tabela 4.18 a frequência de tabulação e a Figura 4.1 o gráfico da frequência relativa do eixo simples de roda simples (direcional) do caminhão 3C do PPV 9/1.

Tabela 4.17 – Resumo estatístico do ESRS - caminhão 3C (eixo direcional)

Número de Pesagens do PPV	8682
Peso Médio (kg)	4693
Desvio-Padrão do Peso (kg)	861
Peso Mínimo (kg)	1010
Peso Máximo (kg)	9250
Amplitude do Peso (Máximo– Mínimo) (kg)	8240

Tabela 4.18 – Frequência de tabulação do ESRS - caminhão 3C (eixo direcional)

Classe	Limite Inferior	Limite Superior	Ponto Médio	Frequência	Frequência Relativa	Frequência Acumulada	Frequência Relativa Acumulada
1	0,00	192,31	96,15	0	0,0000	0	0
2	192,31	384,62	288,46	0	0,0000	0	0
3	384,62	576,92	480,77	0	0,0000	0	0
4	576,92	769,23	673,08	0	0,0000	0	0
5	769,23	961,54	865,39	0	0,0000	0	0
7	1153,85	1346,15	1250,00	0	0,0000	1	0,0001
8	1346,15	1538,46	1442,31	0	0,0000	1	0,0001
9	1538,46	1730,77	1634,62	1	0,0001	2	0,0002
10	1730,77	1923,08	1826,92	0	0,0001	2	0,0002
11	1923,08	2115,38	2019,23	8	0,0009	10	0,0012
12	2115,38	2307,69	2211,54	6	0,0007	16	0,0018
13	2307,69	2500,00	2403,85	20	0,0023	36	0,0041
15	2692,31	2884,62	2788,46	50	0,0058	128	0,0147
16	2884,62	3076,92	2980,77	71	0,0082	199	0,0229
17	3076,92	3269,23	3173,08	136	0,0157	335	0,0386
18	3269,23	3461,54	3365,38	203	0,0234	538	0,0620
19	3461,54	3653,85	3557,69	331	0,0381	869	0,1001
20	3653,85	3846,15	3750,00	499	0,0575	1368	0,1576
21	3846,15	4038,46	3942,31	615	0,0708	1983	0,2284
22	4038,46	4230,77	4134,62	739	0,0851	2722	0,3135
23	4230,77	4423,08	4326,92	671	0,0773	3393	0,3908
24	4423,08	4615,38	4519,23	768	0,0885	4161	0,4793
25	4615,38	4807,69	4711,54	755	0,087	4916	0,5662
26	4807,69	5000,00	4903,85	714	0,0822	5630	0,6485
27	5000,00	5192,31	5096,15	693	0,0798	6323	0,7283
28	5192,31	5384,62	5288,46	607	0,0699	6930	0,7982
29	5384,62	5576,92	5480,77	452	0,0521	7382	0,8503
30	5576,92	5769,23	5673,08	355	0,0409	7737	0,8912
31	5769,23	5961,54	5865,38	319	0,0367	8056	0,9279
32	5961,54	6153,85	6057,69	197	0,0227	8253	0,9506
33	6153,85	6346,15	6250,00	146	0,0168	8399	0,9674
34	6346,15	6538,46	6442,31	112	0,0129	8511	0,9803
35	6538,46	6730,77	6634,62	65	0,0075	8576	0,9878
36	6730,77	6923,08	6826,92	35	0,0040	8611	0,9918
37	6923,08	7115,38	7019,23	20	0,0023	8631	0,9941
38	7115,38	7307,69	7211,54	10	0,0012	8641	0,9953
39	7307,69	7500,00	7403,85	16	0,0018	8657	0,9971
40	7500,00	7692,31	7596,15	8	0,0009	8665	0,9980
43	8076,92	8269,23	8173,08	0	0,0000	8681	0,9999
44	8269,23	8461,54	8365,38	0	0,0000	8681	0,9999
45	8461,54	8653,85	8557,69	0	0,0000	8681	0,9999
46	8653,85	8846,15	8750,00	0	0,0000	8681	0,9999
47	8846,15	9038,46	8942,31	0	0,0000	8681	0,9999
52	9807,69	10000,00	9903,85	0	0,0000	8682	1,0000
abaixo	10000,00			0	0,0000	8682	1,0000

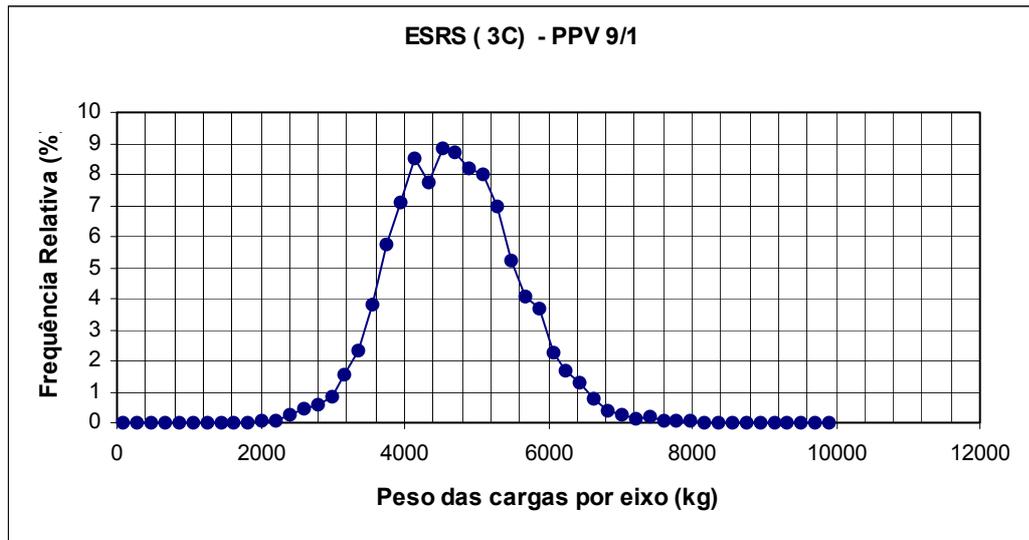


Figura 4.1 – Frequência relativa do ESRS - caminhão 3C (eixo direcional)

Analisando a Tabela 4.18, constata-se que através do ponto médio e da frequência relativa acumulada, 95,06% das cargas desse eixo ficam abaixo da carga legal de 6000 kg e 4,94% passam acima. Considerando a tolerância de 7,5% permitida pela Resolução 102/99 do CONTRAN, onde a carga legal é elevada para 6450 kg, constata-se que 98,03% ficam abaixo e apenas 1,97% ultrapassa esse limite.

A Tabela 4.19 mostra o resumo estatístico, a Tabela 4.20 a frequência de tabulação e a Figura 4.2 o gráfico da frequência relativa do eixo tandem-duplo (tração) do caminhão 3C do PPV-9/1.

Tabela 4.19 – Resumo estatístico do ETD - caminhão 3C (eixo de tração)

Número de Pesagens do PPV	8682
Peso Médio (kg)	16765
Desvio-Padrão do Peso (kg)	2012
Peso Mínimo (kg)	3690
Peso Máximo (kg)	25190
Amplitude do Peso (Máximo – Mínimo) (kg)	16950

Tabela 4.20 - Frequência de tabulação do ETD - caminhão 3C (eixo de tração)

Classe	Limite Inferior	Limite Superior	Ponto Médio	Frequência	Frequência Relativa	Frequência Acumulada	Frequência Relativa Acumulada
1	0,00	666,67	333,33	0	0	0	0,0000
2	666,67	1333,33	1000,00	0	0	0	0,0000
3	1333,33	2000,00	1666,67	0	0	0	0,0000
4	2000,00	2666,67	2333,33	0	0	0	0,0000
5	2666,67	3333,33	3000,00	0	0	0	0,0000
6	3333,33	4000,00	3666,67	3	0,0003	3	0,0003
7	4000,00	4666,67	4333,33	8	0,0009	11	0,0013
8	4666,67	5333,33	5000,00	20	0,0023	31	0,0036
9	5333,33	6000,00	5666,67	10	0,0012	41	0,0047
10	6000,00	6666,67	6333,33	24	0,0028	65	0,0075
11	6666,67	7333,33	7000,00	24	0,0028	89	0,0103
12	7333,33	8000,00	7666,67	19	0,0022	108	0,0124
13	8000,00	8666,67	8333,33	19	0,0022	127	0,0146
14	8666,67	9333,33	9000,00	33	0,0038	160	0,0184
15	9333,33	10000,00	9666,67	24	0,0028	184	0,0212
16	10000,00	10666,70	10333,30	26	0,003	210	0,0242
17	10666,70	11333,30	11000,00	36	0,0041	246	0,0283
18	11333,30	12000,00	11666,70	41	0,0047	287	0,0331
19	12000,00	12666,70	12333,30	48	0,0055	335	0,0386
20	12666,70	13333,30	13000,00	57	0,0066	392	0,0452
21	13333,30	14000,00	13666,70	102	0,0117	494	0,0569
22	14000,00	14666,70	14333,30	210	0,0242	704	0,0811
23	14666,70	15333,30	15000,00	384	0,0442	1088	0,1253
24	15333,30	16000,00	15666,70	733	0,0844	1821	0,2097
25	16000,00	16666,70	16333,30	1246	0,1435	3067	0,3533
26	16666,70	17333,30	17000,00	1841	0,212	4908	0,5653
27	17333,30	18000,00	17666,70	2063	0,2376	6971	0,8029
28	18000,00	18666,70	18333,30	1129	0,13	8100	0,9330
29	18666,70	19333,30	19000,00	406	0,0468	8506	0,9797
30	19333,30	20000,00	19666,70	110	0,0127	8616	0,9924
31	20000,00	20666,70	20333,30	39	0,0045	8655	0,9969
32	20666,70	21333,30	21000,00	10	0,0012	8665	0,9980
33	21333,30	22000,00	21666,70	4	0,0005	8669	0,9985
34	22000,00	22666,70	22333,30	0	0	8669	0,9985
35	22666,70	23333,30	23000,00	2	0,0002	8671	0,9987
36	23333,30	24000,00	23666,70	3	0,0003	8674	0,9991
37	24000,00	24666,70	24333,30	4	0,0005	8678	0,9995
38	24666,70	25333,30	25000,00	4	0,0005	8682	1,0000
39	25333,30	26000,00	25666,70	0	0	8682	1,0000
40	26000,00	26666,70	26333,30	0	0	8682	1,0000
41	26666,70	27333,30	27000,00	0	0	8682	1,0000
42	27333,30	28000,00	27666,70	0	0	8682	1,0000
43	28000,00	28666,70	28333,30	0	0	8682	1,0000
44	28666,70	29333,30	29000,00	0	0	8682	1,0000
45	29333,30	30000,00	29666,70	0	0	8682	1,0000
	abaixo	30000,00		0	0	8682	1,0000

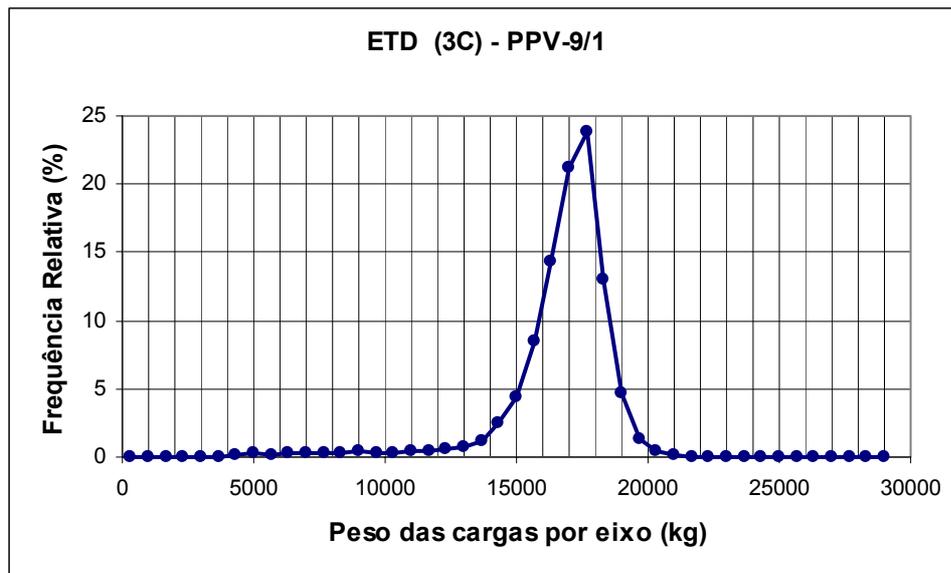


Figura 4.2 – Frequência relativa do ETD - caminhão 3C (eixo tração)

Analisando a Tabela 4.20, constata-se que através do ponto médio e da frequência relativa acumulada, 56,53% das cargas desse eixo ficam abaixo da carga legal de 17000 kg e 43,47% passam acima. Considerando a tolerância de 7,5% permitida pela Resolução 102/99 do CONTRAN, onde a carga legal é elevada para 18275 kg, constata-se que 93,30% ficam abaixo e 6,70% ultrapassa esse limite.

A Tabela 4.21 mostra o resumo estatístico, a Tabela 4.22 a frequência de tabulação e a Figura 4.2 o gráfico da frequência relativa do eixo simples de roda simples (direcional) do caminhão 2S3 do PPV-9/1.

Tabela 4.21 – Resumo estatístico do ESRS - caminhão 2S3 (eixo direcional)

Número de Pesagens do PPV	6924
Peso Médio (kg)	5038
Desvio-Padrão do Peso (kg)	387
Peso Mínimo (kg)	3600
Peso Máximo (kg)	6910
Amplitude do Peso (Máximo – Mínimo) (kg)	3310

Tabela 4.22 - Frequência de tabulação do ESRS - caminhão 2S3 (eixo direcional)

Classe	Limite	Limite	Ponto Médio	Frequência	Frequência	Frequência	Frequência
	Inferior	Superior			Relativa	Acumulada	Relativa
1	3400,00	3533,33	3466,67	0	0	0	0,0000
2	3533,33	3666,67	3600,00	3	0,0004	3	0,0004
3	3666,67	3800,00	3733,33	17	0,0025	20	0,0029
4	3800,00	3933,33	3866,67	28	0,004	48	0,0069
5	3933,33	4066,67	4000,00	44	0,0064	92	0,0133
6	4066,67	4200,00	4133,33	83	0,012	175	0,0253
7	4200,00	4333,33	4266,67	112	0,0162	287	0,0415
9	4466,67	4600,00	4533,33	196	0,0283	601	0,0868
10	4600,00	4733,33	4666,67	365	0,0527	966	0,1395
11	4733,33	4866,67	4800,00	841	0,1215	1807	0,2610
12	4866,67	5000,00	4933,33	1576	0,2276	3383	0,4886
13	5000,00	5133,33	5066,67	1471	0,2124	4854	0,7010
14	5133,33	5266,67	5200,00	724	0,1046	5578	0,8056
15	5266,67	5400,00	5333,33	395	0,057	5973	0,8627
16	5400,00	5533,33	5466,67	333	0,0481	6306	0,9107
17	5533,33	5666,67	5600,00	178	0,0257	6484	0,9365
18	5666,67	5800,00	5733,33	141	0,0204	6625	0,9568
19	5800,00	5933,33	5866,67	95	0,0137	6720	0,9705
20	5933,33	6066,67	6000,00	77	0,0111	6797	0,9817
21	6066,67	6200,00	6133,33	63	0,0091	6860	0,9908
22	6200,00	6333,33	6266,67	26	0,0038	6886	0,9945
23	6333,33	6466,67	6400,00	14	0,002	6900	0,9965
24	6466,67	6600,00	6533,33	14	0,002	6914	0,9986
25	6600,00	6733,33	6666,67	6	0,0009	6920	0,9994
27	6866,67	7000,00	6933,33	4	0,0006	6924	1,0000
28	7000,00	7133,33	7066,67	0	0	6924	1,0000
29	7133,33	7266,67	7200,00	0	0	6924	1,0000
30	7266,67	7400,00	7333,33	0	0	6924	1,0000
	abaixo	7400,00		0	0	6924	1,0000

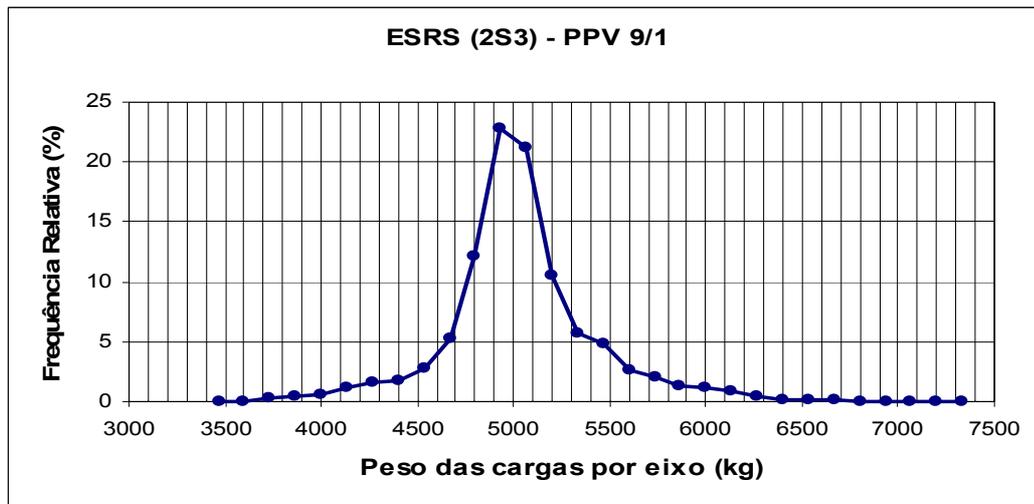


Figura 4.3 – Frequência relativa do ESRS - caminhão 2S3 (eixo direcional)

Analisando a Tabela 4.22, constata-se que através do ponto médio e da frequência relativa acumulada, 98,17% das cargas desse eixo ficam abaixo da carga legal de 6000 kg e 1,83% passam acima. Considerando a tolerância de 7,5% permitida pela Resolução 102/99 do CONTRAN, onde carga legal é elevada para 6450 kg, constata-se que 99,65% ficam abaixo e apenas 0,35% ultrapassa esse limite.

A Tabela 4.23 mostra o resumo estatístico, a Tabela 4.24 a frequência de tabulação e a Figura 4.4 o gráfico da frequência relativa do eixo simples de roda dupla (tração) do caminhão 2S3 do PPV-9/1.

Tabela 4.23 – Resumo estatístico do ESRD - caminhão 2S3 (eixo de tração)

Número de Pesagens do PPV	6924
Peso Médio (kg)	11177
Desvio-Padrão do Peso (kg)	1018
Peso Mínimo (kg)	2890
Peso Máximo (kg)	15810
Amplitude do Peso (Máximo – Mínimo) (kg)	12920

Tabela 4.24 – Frequência de tabulação do ESRD- caminhão 2S3 (eixo de tração)

Classe	Limite Inferior	Limite Superior	Ponto Médio	Frequência	Frequência Relativa	Frequência Acumulada	Frequência Relativa Acumulada
1	0,00	409,09	204,55	0	0,0000	0	0,0000
2	409,09	818,18	613,64	0	0,0000	0	0,0000
3	818,18	1227,27	1022,73	0	0,0000	0	0,0000
5	1636,36	2045,45	1840,91	0	0,0000	0	0,0000
6	2045,45	2454,55	2250,00	0	0,0000	0	0,0000
7	2454,55	2863,64	2659,09	0	0,0000	0	0,0000
9	3272,73	3681,82	3477,27	4	0,0006	6	0,0009
10	3681,82	4090,91	3886,36	0	0,0000	6	0,0009
12	4500,00	4909,09	4704,55	4	0,0006	12	0,0017
13	4909,09	5318,18	5113,64	7	0,0010	19	0,0027
14	5318,18	5727,27	5522,73	3	0,0004	22	0,0032
15	5727,27	6136,36	5931,82	2	0,0003	24	0,0035
16	6136,36	6545,45	6340,91	4	0,0006	28	0,0040
17	6545,45	6954,55	6750,00	5	0,0007	33	0,0048
19	7363,64	7772,73	7568,18	26	0,0038	82	0,0118
20	7772,73	8181,82	7977,27	39	0,0056	121	0,0175
21	8181,82	8590,91	8386,36	37	0,0053	158	0,0228
22	8590,91	9000,00	8795,45	62	0,0090	220	0,0318
23	9000,00	9409,09	9204,55	89	0,0129	309	0,0446
24	9409,09	9818,18	9613,64	157	0,0227	466	0,0673
25	9818,18	10227,30	10022,70	292	0,0422	758	0,1095
26	10227,30	10636,40	10431,80	610	0,0881	1368	0,1976
27	10636,40	11045,50	10840,90	1184	0,1710	2552	0,3686
28	11045,50	11454,50	11250,00	1694	0,2447	4246	0,6132
29	11454,50	11863,60	11659,10	1379	0,1992	5625	0,8124
30	11863,60	12272,70	12068,20	740	0,1069	6365	0,9193
31	12272,70	12681,80	12477,30	311	0,0449	6676	0,9642
32	12681,80	13090,90	12886,40	126	0,0182	6802	0,9824
33	13090,90	13500,00	13295,50	59	0,0085	6861	0,9909
34	13500,00	13909,10	13704,50	27	0,0039	6888	0,9948
35	13909,10	14318,20	14113,60	18	0,0026	6906	0,9974
36	14318,20	14727,30	14522,70	3	0,0004	6909	0,9978
37	14727,30	15136,40	14931,80	11	0,0016	6920	0,9994
38	15136,40	15545,50	15340,90	3	0,0004	6923	0,9999
39	15545,50	15954,50	15750,00	1	0,0001	6924	1,0000
40	15954,50	16363,60	16159,10	0	0,0000	6924	1,0000
41	16363,60	16772,70	16568,20	0	0,0000	6924	1,0000
42	16772,70	17181,80	16977,30	0	0,0000	6924	1,0000
43	17181,80	17590,90	17386,40	0	0,0000	6924	1,0000
44	17590,90	18000,00	17795,50	0	0,0000	6924	1,0000
	abaixo	18000,00		0	0,0000	6924	1,0000

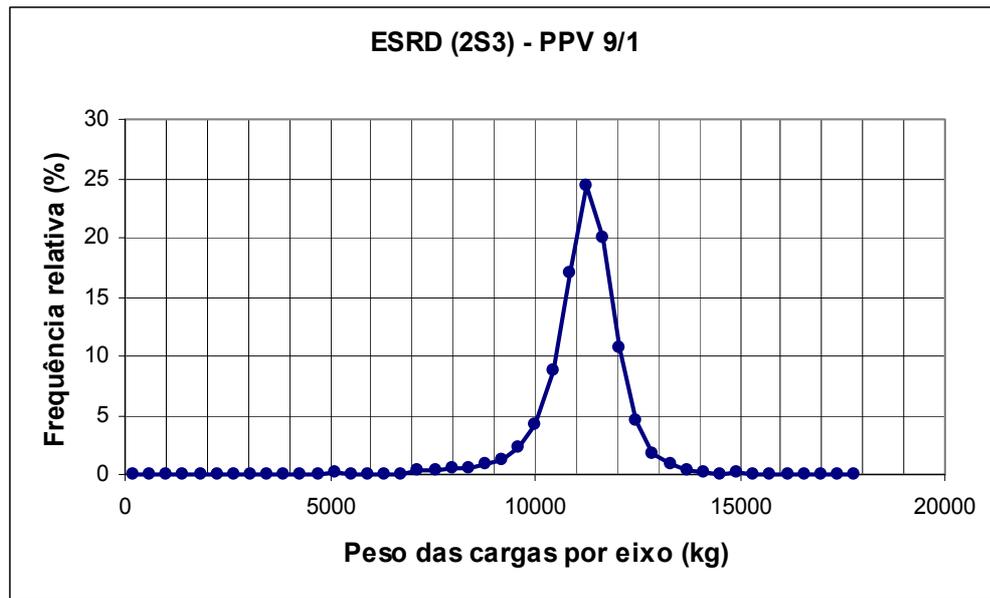


Figura 4.4 – Frequência relativa do ESRD -caminhão 2S3 (eixo tração)

Analisando a Tabela 4.24, constata-se que através do ponto médio e da frequência relativa acumulada, 10,95% das cargas desse eixo ficam abaixo da carga legal de 10000 kg e 89,05% passam acima. Considerando a tolerância de 7,5% permitida pela Resolução 102/99 do CONTRAN, onde carga legal é elevada para 10750 kg, constata-se que 25,90% ficam abaixo e 74,10% ultrapassa esse limite.

A Tabela 4.25 mostra o resumo estatístico, a Tabela 4.26 a frequência de tabulação e a Figura 4.5 o gráfico da frequência relativa do eixo tandem-triplo do semi-reboque do caminhão 2S3 do PPV-9/1.

Tabela 4.25 – Resumo estatístico do ETT - caminhão 2S3 (semi-reboque)

Número de Pesagens do PPV	6924
Peso Médio (kg)	25272
Desvio-Padrão do Peso (kg)	2377
Peso Mínimo (kg)	6170
Peso Máximo (kg)	36930
Amplitude do Peso (Máximo – Mínimo) (kg)	30760

Tabela 4.26 – Frequência de tabulação do ETT - caminhão 2S3 (semi-reboque)

Classe	Limite Inferior	Limite Superior	Ponto Médio	Frequência	Frequência Relativa	Frequência Acumulada	Frequência Relativa Acumulada
1	0,00	1000,00	500,00	0	0,0000	0	0,0000
2	1000,00	2000,00	1500,00	0	0,0000	0	0,0000
3	2000,00	3000,00	2500,00	0	0,0000	0	0,0000
4	3000,00	4000,00	3500,00	0	0,0000	0	0,0000
5	4000,00	5000,00	4500,00	0	0,0000	0	0,0000
6	5000,00	6000,00	5500,00	0	0,0000	0	0,0000
7	6000,00	7000,00	6500,00	9	0,0013	9	0,0013
8	7000,00	8000,00	7500,00	4	0,0006	13	0,0019
9	8000,00	9000,00	8500,00	4	0,0006	17	0,0025
10	9000,00	10000,00	9500,00	5	0,0007	22	0,0032
11	10000,00	11000,00	10500,00	4	0,0006	26	0,0038
12	11000,00	12000,00	11500,00	9	0,0013	35	0,0051
13	12000,00	13000,00	12500,00	6	0,0009	41	0,0059
14	13000,00	14000,00	13500,00	15	0,0022	56	0,0081
15	14000,00	15000,00	14500,00	17	0,0025	73	0,0105
16	15000,00	16000,00	15500,00	35	0,0051	108	0,0156
17	16000,00	17000,00	16500,00	42	0,0061	150	0,0217
18	17000,00	18000,00	17500,00	40	0,0058	190	0,0274
19	18000,00	19000,00	18500,00	36	0,0052	226	0,0326
20	19000,00	20000,00	19500,00	43	0,0062	269	0,0389
21	20000,00	21000,00	20500,00	49	0,0071	318	0,0459
22	21000,00	22000,00	21500,00	91	0,0131	409	0,0591
23	22000,00	23000,00	22500,00	131	0,0189	540	0,0780
24	23000,00	24000,00	23500,00	323	0,0466	863	0,1246
25	24000,00	25000,00	24500,00	977	0,1411	1840	0,2657
26	25000,00	26000,00	25500,00	2357	0,3404	4197	0,6062
27	26000,00	27000,00	26500,00	2035	0,2939	6232	0,9001
28	27000,00	28000,00	27500,00	544	0,0786	6776	0,9786
29	28000,00	29000,00	28500,00	111	0,0160	6887	0,9947
30	29000,00	30000,00	29500,00	24	0,0035	6911	0,9981
31	30000,00	31000,00	30500,00	7	0,0010	6918	0,9991
32	31000,00	32000,00	31500,00	3	0,0004	6921	0,9996
33	32000,00	33000,00	32500,00	0	0,0000	6921	0,9996
34	33000,00	34000,00	33500,00	1	0,0001	6922	0,9997
35	34000,00	35000,00	34500,00	0	0,0000	6922	0,9997
36	35000,00	36000,00	35500,00	1	0,0001	6923	0,9999
37	36000,00	37000,00	36500,00	1	0,0001	6924	1,0000
38	37000,00	38000,00	37500,00	0	0,0000	6924	1,0000
39	38000,00	39000,00	38500,00	0	0,0000	6924	1,0000
40	39000,00	40000,00	39500,00	0	0,0000	6924	1,0000

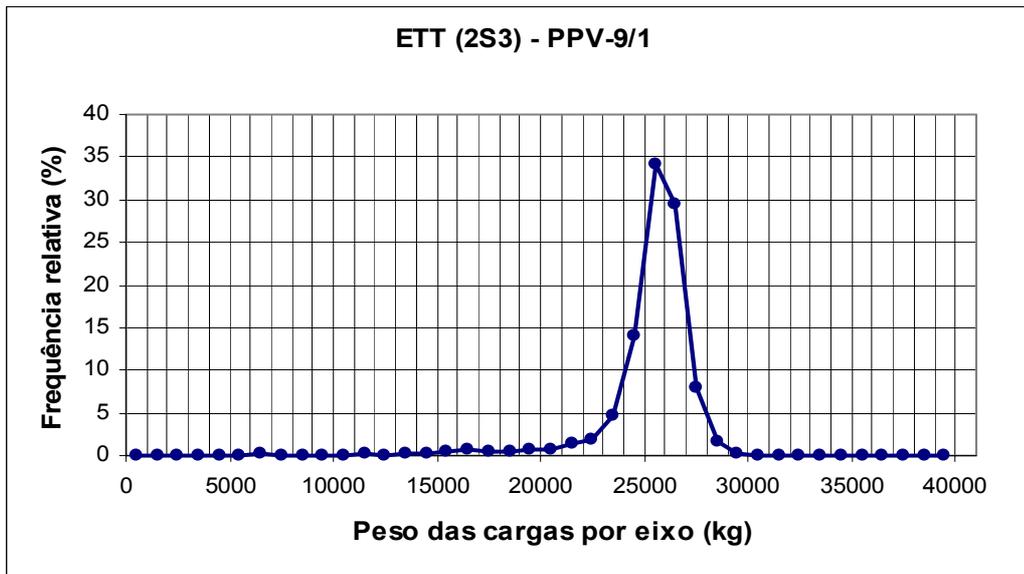


Figura 4.5 – Frequência relativa do ETT- caminhão 2S3 (semi-reboque)

Analisando a Tabela 4.26, constata-se que através do ponto médio e da frequência relativa acumulada, 60,62% das cargas desse eixo ficam abaixo da carga legal de 25500 kg e 39,38% passam acima. Considerando a tolerância de 7,5% permitida pela Resolução 102/99 do CONTRAN, onde carga legal é elevada para 27412 kg, constata-se que 96,35% ficam abaixo e 3,65% ultrapassa esse limite.

A Tabela 4.27 mostra o resumo estatístico, a Tabela 4.28 a frequência de tabulação e a Figura 4.6 o gráfico da frequência relativa do eixo simples de roda simples (direcional) do caminhão 3S3 do PPV-9/1.

Tabela 4.27 – Resumo estatístico do ESRS - caminhão 3S3 (eixo direcional)

Número de Pesagens do PPV	2234
Peso Médio (kg)	4954
Desvio-Padrão do Peso (kg)	494
Peso Mínimo (kg)	3030
Peso Máximo (kg)	8050
Amplitude do Peso (Máximo – Mínimo) (kg)	5020

Tabela 4.28 – Freqüência de tabulação do ESRS - caminhão 3S3 (eixo direcional)

Classe	Limite Inferior	Limite Superior	Ponto Médio	Freqüência	Freqüência Relativa	Freqüência Acumulada	Freqüência Relativa Acumulada
1	2700,00	2820,00	2760,00	0	0,0000	0	0,0000
2	2820,00	2940,00	2880,00	0	0,0000	0	0,0000
3	2940,00	3060,00	3000,00	1	0,0004	1	0,0004
4	3060,00	3180,00	3120,00	0	0,0000	1	0,0004
5	3180,00	3300,00	3240,00	0	0,0000	1	0,0004
7	3420,00	3540,00	3480,00	2	0,0009	4	0,0018
8	3540,00	3660,00	3600,00	3	0,0013	7	0,0031
9	3660,00	3780,00	3720,00	9	0,0040	16	0,0072
10	3780,00	3900,00	3840,00	18	0,0081	34	0,0152
11	3900,00	4020,00	3960,00	22	0,0098	56	0,0251
12	4020,00	4140,00	4080,00	31	0,0139	87	0,0389
14	4260,00	4380,00	4320,00	103	0,0461	244	0,1092
15	4380,00	4500,00	4440,00	116	0,0519	360	0,1611
16	4500,00	4620,00	4560,00	164	0,0734	524	0,2346
18	4740,00	4860,00	4800,00	288	0,1289	1044	0,4673
19	4860,00	4980,00	4920,00	211	0,0944	1255	0,5618
20	4980,00	5100,00	5040,00	204	0,0913	1459	0,6531
21	5100,00	5220,00	5160,00	173	0,0774	1632	0,7305
22	5220,00	5340,00	5280,00	156	0,0698	1788	0,8004
23	5340,00	5460,00	5400,00	133	0,0595	1921	0,8599
24	5460,00	5580,00	5520,00	94	0,0421	2015	0,9020
25	5580,00	5700,00	5640,00	66	0,0295	2081	0,9315
26	5700,00	5820,00	5760,00	40	0,0179	2121	0,9494
27	5820,00	5940,00	5880,00	45	0,0201	2166	0,9696
28	5940,00	6060,00	6000,00	24	0,0107	2190	0,9803
29	6060,00	6180,00	6120,00	12	0,0054	2202	0,9857
30	6180,00	6300,00	6240,00	16	0,0072	2218	0,9928
31	6300,00	6420,00	6360,00	6	0,0027	2224	0,9955
32	6420,00	6540,00	6480,00	5	0,0022	2229	0,9978
33	6540,00	6660,00	6600,00	3	0,0013	2232	0,9991
34	6660,00	6780,00	6720,00	0	0,0000	2232	0,9991
35	6780,00	6900,00	6840,00	0	0,0000	2232	0,9991
36	6900,00	7020,00	6960,00	0	0,0000	2232	0,9991
37	7020,00	7140,00	7080,00	0	0,0000	2232	0,9991
38	7140,00	7260,00	7200,00	0	0,0000	2232	0,9991
39	7260,00	7380,00	7320,00	0	0,0000	2232	0,9991
40	7380,00	7500,00	7440,00	0	0,0000	2232	0,9991
41	7500,00	7620,00	7560,00	0	0,0000	2232	0,9991
42	7620,00	7740,00	7680,00	0	0,0000	2232	0,9991
44	7860,00	7980,00	7920,00	0	0,0000	2232	0,9991
46	8100,00	8220,00	8160,00	0	0,0000	2234	1,0000
47	8220,00	8340,00	8280,00	0	0,0000	2234	1,0000
49	8460,00	8580,00	8520,00	0	0,0000	2234	1,0000
50	8580,00	8700,00	8640,00	0	0,0000	2234	1,0000
	abaixo	8700,00		0	0,0000	2234	1,0000

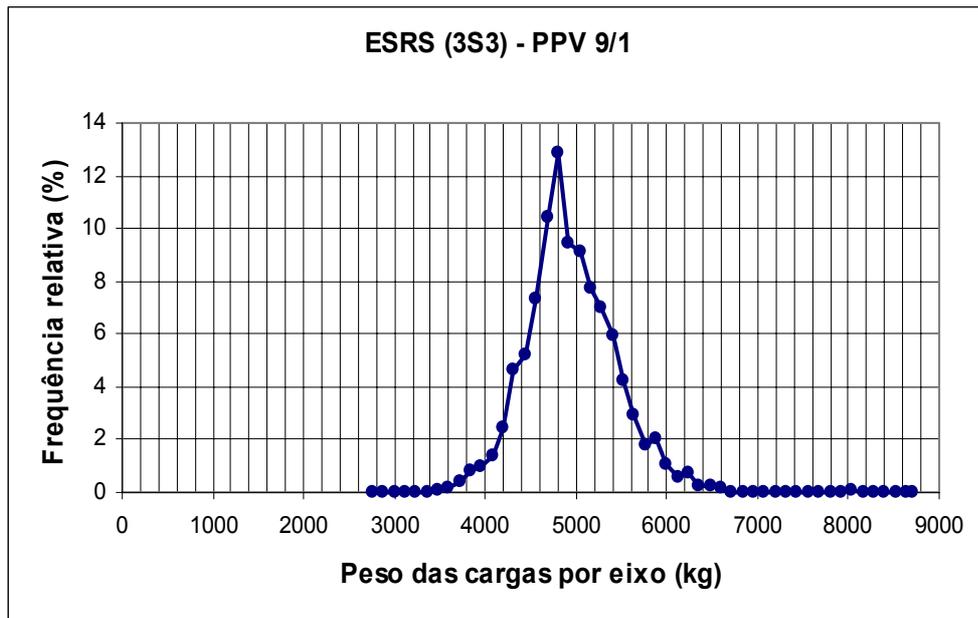


Figura 4.6 – Frequência relativa ESRS - caminhão 3S3 (eixo direcional)

Analisando a Tabela 4.28, constata-se que através do ponto médio e da frequência relativa acumulada, 98,03% das cargas desse eixo ficam abaixo da carga legal de 6000 kg e 1,97% passam acima. Considerando a tolerância de 7,5% permitida pela Resolução 102/99 do CONTRAN, onde carga legal é elevada para 6450 kg, constata-se que 99,78% ficam abaixo e 0,22% ultrapassa esse limite.

A Tabela 4.29 mostra o resumo estatístico, a Tabela 4.30 a frequência de tabulação e a Figura 4.7 o gráfico da frequência relativa do eixo tandem-duplo (tração) do caminhão 3S3 do PPV-9/1.

Tabela 4.29 – Resumo estatístico ETD - caminhão 3S3 (eixo de tração)

Número de Pesagens do PPV	2234
Peso Médio (kg)	15633
Desvio-Padrão do Peso (kg)	1309
Peso Mínimo (kg)	7900
Peso Máximo (kg)	22780
Amplitude do Peso (Máximo – Mínimo) (kg)	14880

Tabela 4.30 – Frequência de tabulação ETD - caminhão 3S3 (eixo de tração)

Classe	Limite Inferior	Limite Superior	Ponto Médio	Frequência	Frequência Relativa	Frequência Acumulada	Frequência Relativa
1	7000,00	7409,09	7204,55	0	0,0000	0	0,0000
2	7409,09	7818,18	7613,64	0	0,0000	0	0,0000
3	7818,18	8227,27	8022,73	1	0,0004	1	0,0004
4	8227,27	8636,36	8431,82	0	0,0000	1	0,0004
5	8636,36	9045,45	8840,91	0	0,0000	1	0,0004
6	9045,45	9454,55	9250,00	2	0,0009	3	0,0013
7	9454,55	9863,64	9659,09	1	0,0004	4	0,0018
8	9863,64	10272,70	10068,20	3	0,0013	7	0,0031
9	10272,70	10681,80	10477,30	3	0,0013	10	0,0045
10	10681,80	11090,90	10886,40	3	0,0013	13	0,0058
11	11090,90	11500,00	11295,50	6	0,0027	19	0,0085
12	11500,00	11909,10	11704,50	8	0,0036	27	0,0121
13	11909,10	12318,20	12113,60	19	0,0085	46	0,0206
14	12318,20	12727,30	12522,70	28	0,0125	74	0,0331
15	12727,30	13136,40	12931,80	28	0,0125	102	0,0457
16	13136,40	13545,50	13340,90	51	0,0228	153	0,0685
17	13545,50	13954,50	13750,00	71	0,0318	224	0,1003
18	13954,50	14363,60	14159,10	82	0,0367	306	0,1370
19	14363,60	14772,70	14568,20	116	0,0519	422	0,1889
20	14772,70	15181,80	14977,30	216	0,0967	638	0,2856
21	15181,80	15590,90	15386,40	335	0,1500	973	0,4355
22	15590,90	16000,00	15795,50	370	0,1656	1343	0,6012
23	16000,00	16409,10	16204,50	320	0,1432	1663	0,7444
24	16409,10	16818,20	16613,60	249	0,1115	1912	0,8559
25	16818,20	17227,30	17022,70	155	0,0694	2067	0,9252
26	17227,30	17636,40	17431,80	86	0,0385	2153	0,9637
27	17636,40	18045,50	17840,90	45	0,0201	2198	0,9839
28	18045,50	18454,50	18250,00	19	0,0085	2217	0,9924
29	18454,50	18863,60	18659,10	13	0,0058	2230	0,9982
30	18863,60	19272,70	19068,20	0	0,0000	2230	0,9982
31	19272,70	19681,80	19477,30	0	0,0000	2230	0,9982
32	19681,80	20090,90	19886,40	0	0,0000	2230	0,9982
33	20090,90	20500,00	20295,50	0	0,0000	2230	0,9982
34	20500,00	20909,10	20704,50	0	0,0000	2230	0,9982
35	20909,10	21318,20	21113,60	1	0,0004	2231	0,9987
36	21318,20	21727,30	21522,70	1	0,0004	2232	0,9991
37	21727,30	22136,40	21931,80	0	0,0000	2232	0,9991
38	22136,40	22545,50	22340,90	0	0,0000	2232	0,9991
39	22545,50	22954,50	22750,00	2	0,0009	2234	1,0000
40	22954,50	23363,60	23159,10	0	0,0000	2234	1,0000
41	23363,60	23772,70	23568,20	0	0,0000	2234	1,0000
42	23772,70	24181,80	23977,30	0	0,0000	2234	1,0000
43	24181,80	24590,90	24386,40	0	0,0000	2234	1,0000
44	24590,90	25000,00	24795,50	0	0,0000	2234	1,0000
	abaixo	25000,00		0	0,0000	2234	1,0000

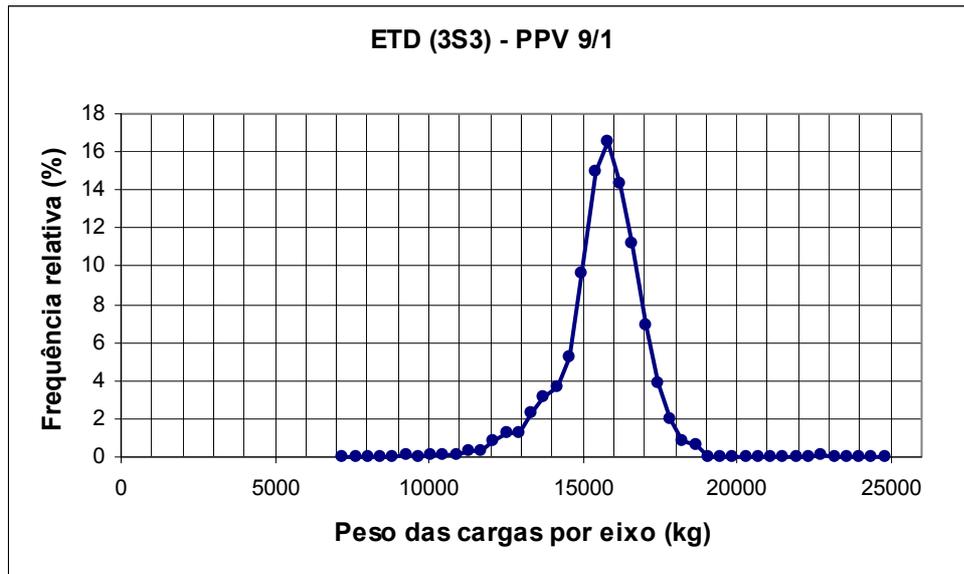


Figura 4.7 - Frequência relativa do ETD - caminhão 3S3 (eixo tração)

Analisando a Tabela 4.30, constata-se que através do ponto médio e da frequência relativa acumulada, 92,52% das cargas desse eixo ficam abaixo da carga legal de 17000 kg e 7,48% passam acima. Considerando a tolerância de 7,5% permitida pela Resolução 102/99 do CONTRAN, onde carga legal é elevada para 6450 kg, constata-se que 99,24% ficam abaixo e 0,76% ultrapassa esse limite.

A Tabela 4.31 mostra o resumo estatístico, a Tabela 4.32 a frequência de tabulação e a Figura 4.8 o gráfico da frequência relativa do eixo tandem-triplo (semi-reboque) do caminhão 3S3 do PPV-9/1.

Tabela 4.31 – Resumo estatístico para ETT - caminhão 3S3(semi-reboque)

Número de Pesagens do PPV	2234
Peso Médio (kg)	23959
Desvio-Padrão do Peso (kg)	1764
Peso Mínimo (kg)	9950
Peso Máximo (kg)	30050
Amplitude do Peso (Máximo – Mínimo) (kg)	20100

Tabela 4.32 – Freqüência de tabulação do ETT - caminhão 3S3 (semi-reboque)

Classe	Limite Inferior	Limite Superior	Ponto Médio	Freqüência	Freqüência Relativa	Freqüência Acumulada	Freqüência Relativa
1	8000	8521,74	8260,87	0	0,0000	0	0,0000
2	8521,74	9043,48	8782,61	0	0,0000	0	0,0000
3	9043,48	9565,22	9304,35	0	0,0000	0	0,0000
4	9565,22	10087	9826,09	1	0,0004	1	0,0004
5	10087	10608,7	10347,8	0	0,0000	1	0,0004
6	10608,7	11130,4	10869,6	0	0,0000	1	0,0004
7	11130,4	11652,2	11391,3	0	0,0000	1	0,0004
8	11652,2	12173,9	11913	0	0,0000	1	0,0004
9	12173,9	12695,7	12434,8	0	0,0000	1	0,0004
10	12695,7	13217,4	12956,5	1	0,0004	2	0,0009
11	13217,4	13739,1	13478,3	0	0,0000	2	0,0009
12	13739,1	14260,9	14000	1	0,0004	3	0,0013
13	14260,9	14782,6	14521,7	0	0,0000	3	0,0013
14	14782,6	15304,3	15043,5	2	0,0009	5	0,0022
15	15304,3	15826,1	15565,2	5	0,0022	10	0,0045
16	15826,1	16347,8	16087	8	0,0036	18	0,0081
17	16347,8	16869,6	16608,7	4	0,0018	22	0,0098
18	16869,6	17391,3	17130,4	5	0,0022	27	0,0121
19	17391,3	17913	17652,2	4	0,0018	31	0,0139
20	17913	18434,8	18173,9	10	0,0045	41	0,0184
21	18434,8	18956,5	18695,7	7	0,0031	48	0,0215
22	18956,5	19478,3	19217,4	7	0,0031	55	0,0246
23	19478,3	20000	19739,1	12	0,0054	67	0,0300
24	20000	20521,7	20260,9	11	0,0049	78	0,0349
25	20521,7	21043,5	20782,6	29	0,0130	107	0,0479
26	21043,5	21565,2	21304,3	41	0,0184	148	0,0662
27	21565,2	22087	21826,1	57	0,0255	205	0,0918
28	22087	22608,7	22347,8	104	0,0466	309	0,1383
29	22608,7	23130,4	22869,6	169	0,0756	478	0,2140
30	23130,4	23652,2	23391,3	283	0,1267	761	0,3406
31	23652,2	24173,9	23913	386	0,1728	1147	0,5134
32	24173,9	24695,7	24434,8	432	0,1934	1579	0,7068
33	24695,7	25217,4	24956,5	270	0,1209	1849	0,8277
34	25217,4	25739,1	25478,3	165	0,0739	2014	0,9015
35	25739,1	26260,9	26000	92	0,0412	2106	0,9427
36	26260,9	26782,6	26521,7	47	0,0210	2153	0,9637
37	26782,6	27304,3	27043,5	40	0,0179	2193	0,9816
38	27304,3	27826,1	27565,2	23	0,0103	2216	0,9919
39	27826,1	28347,8	28087	9	0,0040	2225	0,9960
40	28347,8	28869,6	28608,7	5	0,0022	2230	0,9982
41	28869,6	29391,3	29130,4	1	0,0004	2231	0,9987
42	29391,3	29913	29652,2	1	0,0004	2232	0,9991
43	29913	30434,8	30173,9	2	0,0009	2234	1,0000
44	30434,8	30956,5	30695,7	0	0,0000	2234	1,0000
45	30956,5	31478,3	31217,4	0	0,0000	2234	1,0000
46	31478,3	32000	31739,1	0	0,0000	2234	1,0000
	abaixo	32000		0	0,0000	2234	1,0000

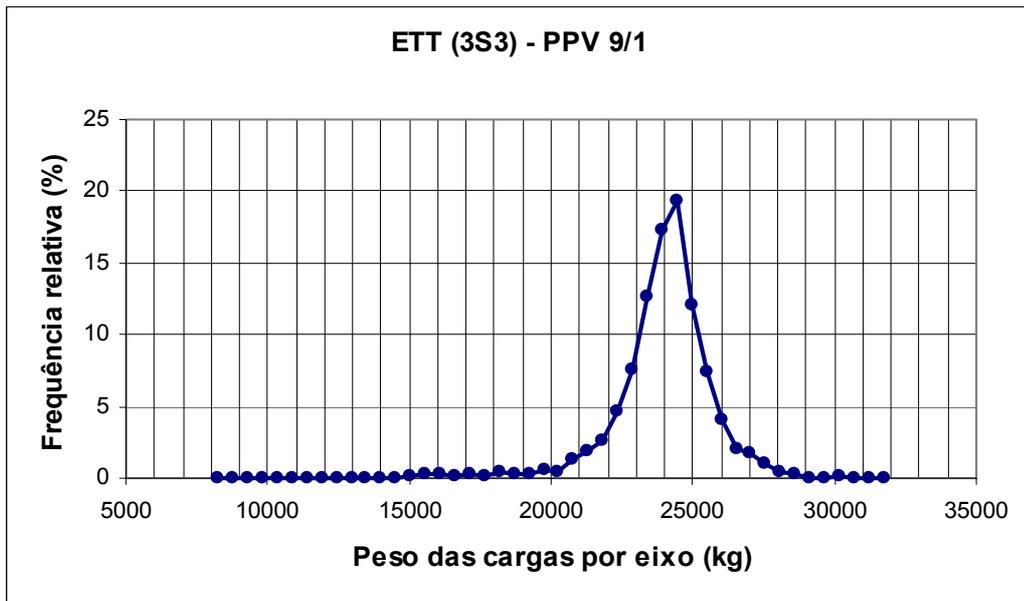


Figura 4.8 - Frequência relativa do ETT - caminhão 3S3 (semi-reboque)

Analisando a Tabela 4.32, constata-se que através do ponto médio e da frequência relativa acumulada, 90,15% das cargas desse eixo ficam abaixo da carga legal de 25500 kg e 9,85% passam acima. Considerando a tolerância de 7,5% permitida pela Resolução 102/99 do CONTRAN, onde carga legal é elevada para 27412 kg, constata-se que 98,60% ficam abaixo e 1,40% ultrapassa esse limite.

A Tabela 4.33 mostra o resumo estatístico, a Tabela 4.34 a frequência de tabulação e a Figura 4.9 o gráfico da frequência relativa do eixo simples de roda simples (direcional) do caminhão 3D4 do PPV-9/1.

Tabela 4.33 – Resumo estatístico do ESRS - caminhão 3D4 (eixo direcional)

Número de Pesagens do PPV	7122
Peso Médio (kg)	5371
Desvio-Padrão do Peso (kg)	440
Peso Mínimo (kg)	3710
Peso Máximo (kg)	7100
Amplitude do Peso (Máximo – Mínimo) (kg)	3390

Tabela 4.34 – Freqüência de tabulação do ESRS - caminhão 3D4 (eixo direcional)

Classe	Limite Inferior	Limite Superior	Ponto Médio	Freqüência	Freqüência Relativa	Freqüência Acumulada	Freqüência Relativa Acumulada
1	3500,00	3611,11	3555,56	0	0,0000	0	0,0000
2	3611,11	3722,22	3666,67	1	0,0001	1	0,0001
3	3722,22	3833,33	3777,78	2	0,0003	3	0,0004
5	3944,44	4055,56	4000,00	8	0,0011	14	0,0020
6	4055,56	4166,67	4111,11	8	0,0011	22	0,0031
7	4166,67	4277,78	4222,22	35	0,0049	57	0,0080
9	4388,89	4500,00	4444,44	63	0,0088	160	0,0225
10	4500,00	4611,11	4555,56	99	0,0139	259	0,0364
12	4722,22	4833,33	4777,78	316	0,0444	790	0,1109
13	4833,33	4944,44	4888,89	415	0,0583	1205	0,1692
14	4944,44	5055,56	5000,00	467	0,0656	1672	0,2348
15	5055,56	5166,67	5111,11	598	0,0840	2270	0,3187
16	5166,67	5277,78	5222,22	680	0,0955	2950	0,4142
17	5277,78	5388,89	5333,33	741	0,1040	3691	0,5183
18	5388,89	5500,00	5444,44	745	0,1046	4436	0,6229
19	5500,00	5611,11	5555,56	615	0,0864	5051	0,7092
20	5611,11	5722,22	5666,67	547	0,0768	5598	0,7860
21	5722,22	5833,33	5777,78	519	0,0729	6117	0,8589
22	5833,33	5944,44	5888,89	377	0,0529	6494	0,9118
23	5944,44	6055,56	6000,00	241	0,0338	6735	0,9457
24	6055,56	6166,67	6111,11	150	0,0211	6885	0,9667
25	6166,67	6277,78	6222,22	72	0,0101	6957	0,9768
26	6277,78	6388,89	6333,33	67	0,0094	7024	0,9862
27	6388,89	6500,00	6444,44	40	0,0056	7064	0,9919
28	6500,00	6611,11	6555,56	24	0,0034	7088	0,9952
30	6722,22	6833,33	6777,78	10	0,0014	7113	0,9987
31	6833,33	6944,44	6888,89	4	0,0006	7117	0,9993
32	6944,44	7055,56	7000,00	4	0,0006	7121	0,9999
33	7055,56	7166,67	7111,11	1	0,0001	7122	1,0000
34	7166,67	7277,78	7222,22	0	0,0000	7122	1,0000
35	7277,78	7388,89	7333,33	0	0,0000	7122	1,0000
36	7388,89	7500,00	7444,44	0	0,0000	7122	1,0000
	abaixo	7500,00		0	0,0000	7122	1,0000

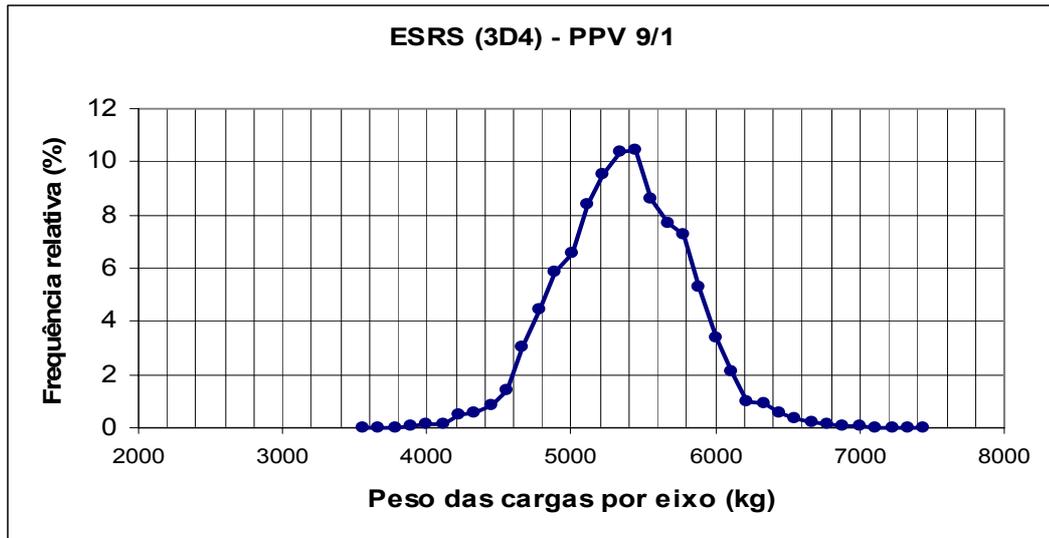


Figura 4.9 - Frequência relativa do ESRS - caminhão 3D4 (eixo direcional)

Analisando a Tabela 4.34, constata-se que através do ponto médio e da frequência relativa acumulada, 94,57% das cargas desse eixo ficam abaixo da carga legal de 6000 kg e 5,43% passam acima. Considerando a tolerância de 7,5% permitida pela Resolução 102/99 do CONTRAN, onde carga legal é elevada para 6450 kg, constata-se que 99,19% ficam abaixo e apenas 0,81% ultrapassa esse limite.

A Tabela 4.35 mostra o resumo estatístico, a Tabela 4.36 a frequência de tabulação e a Figura 4.10 o gráfico da frequência relativa do 1º eixo tandem-duplo (tração) do caminhão 3D4 do PPV-9/1.

Tabela 4.35 – Resumo estatístico ETD1 - caminhão 3D4 (eixo de tração)

Número de Pesagens do PPV	7122
Peso Médio (kg)	17834
Desvio-Padrão do Peso (kg)	861
Peso Mínimo (kg)	10010
Peso Máximo (kg)	22780
Amplitude do Peso (kg)	12770

Tabela 4.36 – Frequência de tabulação ETD1 - caminhão 3D4 (eixo de tração)

Classe	Limite Inferior	Limite Superior	Ponto Médio	Frequência	Frequência Relativa	Frequência Acumulada	Frequência Relativa Acumulada
1	9000,00	9340,91	9170,45	0	0,0000	0	0,0000
2	9340,91	9681,82	9511,36	0	0,0000	0	0,0000
3	9681,82	10022,70	9852,27	1	0,0001	1	0,0001
4	10022,70	10363,60	10193,20	0	0,0000	1	0,0001
5	10363,60	10704,50	10534,10	1	0,0001	2	0,0003
6	10704,50	11045,50	10875,00	2	0,0003	4	0,0006
7	11045,50	11386,40	11215,90	1	0,0001	5	0,0007
8	11386,40	11727,30	11556,80	1	0,0001	6	0,0008
9	11727,30	12068,20	11897,70	0	0,0000	6	0,0008
10	12068,20	12409,10	12238,60	0	0,0000	6	0,0008
11	12409,10	12750,00	12579,50	0	0,0000	6	0,0008
12	12750,00	13090,90	12920,50	1	0,0001	7	0,0010
13	13090,90	13431,80	13261,40	1	0,0001	8	0,0011
14	13431,80	13772,70	13602,30	7	0,0010	15	0,0021
15	13772,70	14113,60	13943,20	5	0,0007	20	0,0028
16	14113,60	14454,50	14284,10	9	0,0013	29	0,0041
17	14454,50	14795,50	14625,00	10	0,0014	39	0,0055
18	14795,50	15136,40	14965,90	15	0,0021	54	0,0076
19	15136,40	15477,30	15306,80	25	0,0035	79	0,0111
20	15477,30	15818,20	15647,70	32	0,0045	111	0,0156
21	15818,20	16159,10	15988,60	76	0,0107	187	0,0263
22	16159,10	16500,00	16329,50	173	0,0243	360	0,0505
23	16500,00	16840,90	16670,50	341	0,0479	701	0,0984
24	16840,90	17181,80	17011,40	663	0,0931	1364	0,1915
25	17181,80	17522,70	17352,30	967	0,1358	2331	0,3273
26	17522,70	17863,60	17693,20	1198	0,1682	3529	0,4955
27	17863,60	18204,50	18034,10	1263	0,1773	4792	0,6728
28	18204,50	18545,50	18375,00	1079	0,1515	5871	0,8243
29	18545,50	18886,40	18715,90	620	0,0871	6491	0,9114
30	18886,40	19227,30	19056,80	373	0,0524	6864	0,9638
31	19227,30	19568,20	19397,70	158	0,0222	7022	0,9860
32	19568,20	19909,10	19738,60	57	0,0080	7079	0,9940
33	19909,10	20250,00	20079,50	14	0,0020	7093	0,9959
34	20250,00	20590,90	20420,50	10	0,0014	7103	0,9973
35	20590,90	20931,80	20761,40	9	0,0013	7112	0,9986
36	20931,80	21272,70	21102,30	5	0,0007	7117	0,9993
37	21272,70	21613,60	21443,20	0	0,0000	7117	0,9993
38	21613,60	21954,50	21784,10	2	0,0003	7119	0,9996
39	21954,50	22295,50	22125,00	0	0,0000	7119	0,9996
40	22295,50	22636,40	22465,90	0	0,0000	7119	0,9996
41	22636,40	22977,30	22806,80	3	0,0004	7122	1,0000
42	22977,30	23318,20	23147,70	0	0,0000	7122	1,0000
43	23318,20	23659,10	23488,60	0	0,0000	7122	1,0000
44	23659,10	24000,00	23829,50	0	0,0000	7122	1,0000
	abaixo	24000,00		0	0,0000	7122	1,0000

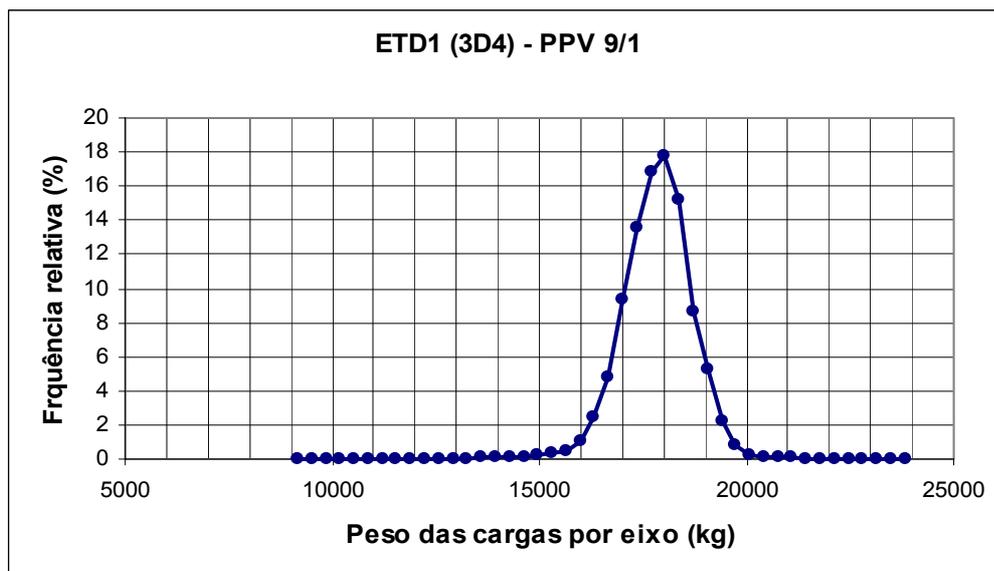


Figura 4.10 - Frequência relativa do ETD1 -caminhão 3D4 (eixo de tração)

Analisando a Tabela 4.36, constata-se que através do ponto médio e da frequência relativa acumulada, 19,15% das cargas desse eixo ficam abaixo da carga legal de 17000 kg e 80,85% passam acima. Considerando a tolerância de 7,5% permitida pela Resolução 102/99 do CONTRAN, onde carga legal é elevada para 18275 kg, constata-se que 72,42% ficam abaixo e 27,58% ultrapassa esse limite.

A Tabela 4.37 mostra o resumo estatístico, a Tabela 4.38 a frequência de tabulação e a Figura 4.11 o gráfico da frequência relativa do 2º eixo tandem-duplo (semi-reboque) do caminhão 3D4 do PPV-9/1.

Tabela 4.37 – Resumo estatístico ETD2 - caminhão 3D4 (semi-reboque 1)

Número de Pesagens do PPV	7122
Peso Médio (kg)	17074
Desvio-Padrão do Peso (kg)	702
Peso Mínimo (kg)	8390
Peso Máximo (kg)	20740
Amplitude do Peso (kg)	12350

Tabela 4.38 – Frequência de tabulação ETD2 - caminhão 3D4 (semi-reboque 1)

Classe	Limite Inferior	Limite Superior	Ponto Médio	Frequência	Frequência Relativa	Frequência Acumulada	Frequência Relativa Acumulada
1	7000,00	7340,91	7170,45	0	0,0000	0	0,0000
2	7340,91	7681,82	7511,36	0	0,0000	0	0,0000
3	7681,82	8022,73	7852,27	0	0,0000	0	0,0000
4	8022,73	8363,64	8193,18	0	0,0000	0	0,0000
5	8363,64	8704,55	8534,09	1	0,0001	1	0,0001
6	8704,55	9045,45	8875,00	0	0,0000	1	0,0001
7	9045,45	9386,36	9215,91	0	0,0000	1	0,0001
8	9386,36	9727,27	9556,82	3	0,0004	4	0,0006
9	9727,27	10068,20	9897,73	0	0,0000	4	0,0006
10	10068,20	10409,10	10238,60	0	0,0000	4	0,0006
11	10409,10	10750,00	10579,50	2	0,0003	6	0,0008
12	10750,00	11090,90	10920,50	1	0,0001	7	0,0010
13	11090,90	11431,80	11261,40	1	0,0001	8	0,0011
14	11431,80	11772,70	11602,30	0	0,0000	8	0,0011
15	11772,70	12113,60	11943,20	3	0,0004	11	0,0015
16	12113,60	12454,50	12284,10	2	0,0003	13	0,0018
17	12454,50	12795,50	12625,00	1	0,0001	14	0,0020
18	12795,50	13136,40	12965,90	5	0,0007	19	0,0027
19	13136,40	13477,30	13306,80	6	0,0008	25	0,0035
20	13477,30	13818,20	13647,70	8	0,0011	33	0,0046
21	13818,20	14159,10	13988,60	8	0,0011	41	0,0058
22	14159,10	14500,00	14329,50	15	0,0021	56	0,0079
23	14500,00	14840,90	14670,50	19	0,0027	75	0,0105
24	14840,90	15181,80	15011,40	39	0,0055	114	0,0160
25	15181,80	15522,70	15352,30	38	0,0053	152	0,0213
26	15522,70	15863,60	15693,20	99	0,0139	251	0,0352
27	15863,60	16204,50	16034,10	176	0,0247	427	0,0600
28	16204,50	16545,50	16375,00	545	0,0765	972	0,1365
29	16545,50	16886,40	16715,90	1294	0,1817	2266	0,3182
30	16886,40	17227,30	17056,80	2025	0,2843	4291	0,6025
31	17227,30	17568,20	17397,70	1692	0,2376	5983	0,8401
32	17568,20	17909,10	17738,60	637	0,0894	6620	0,9295
33	17909,10	18250,00	18079,50	274	0,0385	6894	0,9680
34	18250,00	18590,90	18420,50	113	0,0159	7007	0,9839
35	18590,90	18931,80	18761,40	64	0,0090	7071	0,9928
36	18931,80	19272,70	19102,30	26	0,0037	7097	0,9965
37	19272,70	19613,60	19443,20	13	0,0018	7110	0,9983
38	19613,60	19954,50	19784,10	10	0,0014	7120	0,9997
39	19954,50	20295,50	20125,00	0	0,0000	7120	0,9997
40	20295,50	20636,40	20465,90	0	0,0000	7120	0,9997
41	20636,40	20977,30	20806,80	2	0,0003	7122	1,0000
42	20977,30	21318,20	21147,70	0	0,0000	7122	1,0000
43	21318,20	21659,10	21488,60	0	0,0000	7122	1,0000
44	21659,10	22000,00	21829,50	0	0,0000	7122	1,0000
	abaixo	22000,00		0	0	7122	1,0000

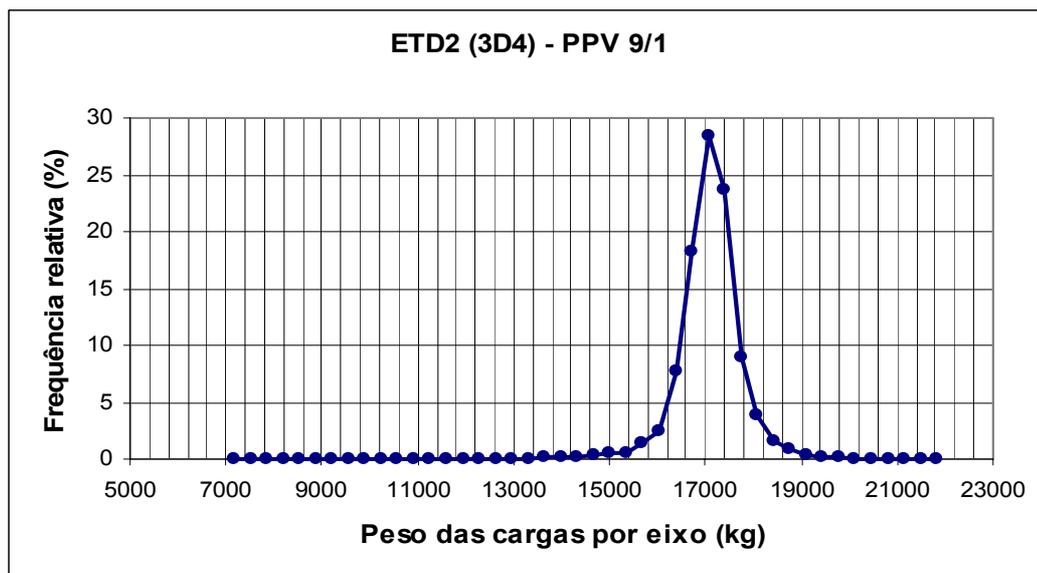


Figura 4.11 - Frequência relativa do ETD2 - caminhão 3D4 (semi-reboque 1)

Analisando a Tabela 4.38, constata-se que através do ponto médio e da frequência relativa acumulada, 60,25% das cargas desse eixo ficam abaixo da carga legal de 17000 kg e 39,75% passam acima. Considerando a tolerância de 7,5% permitida pela Resolução 102/99 do CONTRAN, onde carga legal é elevada para 18275 kg, constata-se que 97,36% ficam abaixo e apenas 2,64% ultrapassa esse limite.

A Tabela 4.39 mostra o resumo estatístico, a Tabela 4.40 a frequência de tabulação e a Figura 4.12 o gráfico da frequência relativa do 3º eixo tandem-duplo (semi-reboque) do caminhão 3D4 do PPV-9/1.

Tabela 4.39 – Resumo estatístico ETD3 - caminhão 3D4 (semi-reboque 2)

Número de Pesagens do PPV	7122
Peso Médio (kg)	16813
Desvio-Padrão do Peso (kg)	897
Peso Mínimo (kg)	6830
Peso Máximo (kg)	21130
Amplitude do Peso (Máximo – Mínimo) (kg)	14300

Tabela 4.40 - Frequência de tabulação ETD3 - caminhão 3D4 (semi-reboque 2)

Classe	Limite Inferior	Limite Superior	Ponto Médio	Frequência	Frequência Relativa	Frequência Acumulada	Frequência Relativa Acumulada
1	6000,00	6320,00	6160,00	0	0,0000	0	0,0000
2	6320,00	6640,00	6480,00	0	0,0000	0	0,0000
3	6640,00	6960,00	6800,00	1	0,0001	1	0,0001
4	6960,00	7280,00	7120,00	0	0,0000	1	0,0001
5	7280,00	7600,00	7440,00	0	0,0000	1	0,0001
6	7600,00	7920,00	7760,00	1	0,0001	2	0,0003
7	7920,00	8240,00	8080,00	2	0,0003	4	0,0006
8	8240,00	8560,00	8400,00	0	0,0000	4	0,0006
10	8880,00	9200,00	9040,00	1	0,0001	5	0,0007
11	9200,00	9520,00	9360,00	0	0,0000	5	0,0007
12	9520,00	9840,00	9680,00	1	0,0001	6	0,0008
14	10160,00	10480,00	10320,00	3	0,0004	10	0,0014
15	10480,00	10800,00	10640,00	1	0,0001	11	0,0015
16	10800,00	11120,00	10960,00	2	0,0003	13	0,0018
17	11120,00	11440,00	11280,00	5	0,0007	18	0,0025
19	11760,00	12080,00	11920,00	4	0,0006	24	0,0034
20	12080,00	12400,00	12240,00	1	0,0001	25	0,0035
21	12400,00	12720,00	12560,00	8	0,0011	33	0,0046
22	12720,00	13040,00	12880,00	6	0,0008	39	0,0055
24	13360,00	13680,00	13520,00	6	0,0008	52	0,0073
25	13680,00	14000,00	13840,00	15	0,0021	67	0,0094
26	14000,00	14320,00	14160,00	18	0,0025	85	0,0119
27	14320,00	14640,00	14480,00	39	0,0055	124	0,0174
28	14640,00	14960,00	14800,00	45	0,0063	169	0,0237
29	14960,00	15280,00	15120,00	79	0,0111	248	0,0348
30	15280,00	15600,00	15440,00	120	0,0168	368	0,0517
31	15600,00	15920,00	15760,00	304	0,0427	672	0,0944
32	15920,00	16240,00	16080,00	628	0,0882	1300	0,1825
33	16240,00	16560,00	16400,00	1130	0,1587	2430	0,3412
34	16560,00	16880,00	16720,00	1457	0,2046	3887	0,5458
35	16880,00	17200,00	17040,00	1246	0,1750	5133	0,7207
36	17200,00	17520,00	17360,00	821	0,1153	5954	0,8360
37	17520,00	17840,00	17680,00	515	0,0723	6469	0,9083
38	17840,00	18160,00	18000,00	300	0,0421	6769	0,9504
39	18160,00	18480,00	18320,00	170	0,0239	6939	0,9743
40	18480,00	18800,00	18640,00	100	0,0140	7039	0,9883
41	18800,00	19120,00	18960,00	39	0,0055	7078	0,9938
42	19120,00	19440,00	19280,00	24	0,0034	7102	0,9972
43	19440,00	19760,00	19600,00	11	0,0015	7113	0,9987
44	19760,00	20080,00	19920,00	4	0,0006	7117	0,9993
46	20400,00	20720,00	20560,00	1	0,0001	7121	0,9999
47	20720,00	21040,00	20880,00	0	0,0000	7121	0,9999
48	21040,00	21360,00	21200,00	1	0,0001	7122	1,0000
49	21360,00	21680,00	21520,00	0	0,0000	7122	1,0000
50	21680,00	22000,00	21840,00	0	0,0000	7122	1,0000
	abaixo	22000,00		0	0,0000	7122	1,0000

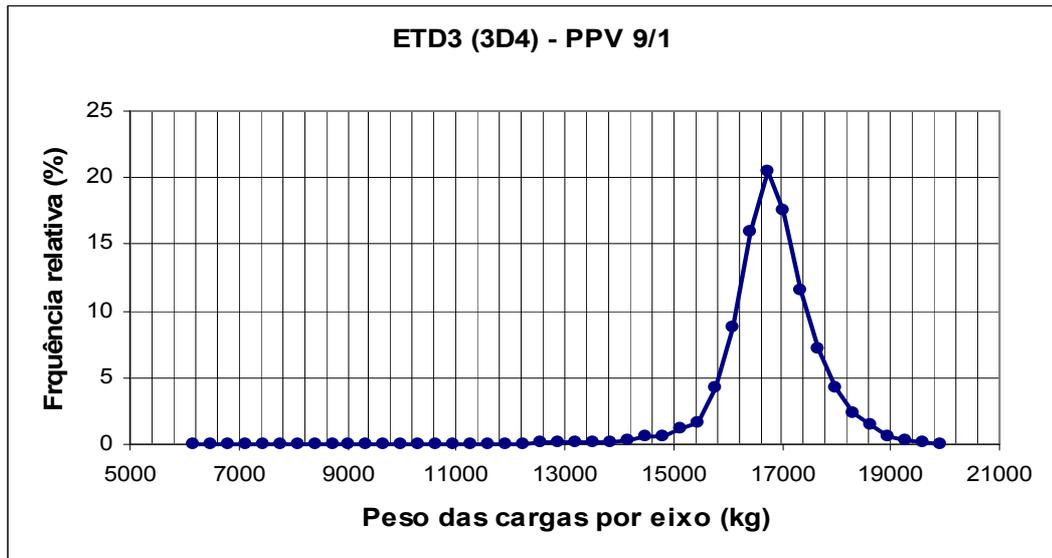


Figura 4.12 - Frequência relativa do ETD3 - caminhão 3D4 (semi-reboque 2)

Analisando a Tabela 4.40, constata-se que através do ponto médio e da frequência relativa acumulada, 72,07% das cargas desse eixo ficam abaixo da carga legal de 17000 kg e 27,93% passam acima. Considerando a tolerância de 7,5% permitida pela Resolução 102/99 do CONTRAN, onde carga legal é elevada para 18275 kg, constata-se que 96,27% ficam abaixo e apenas 3,73% ultrapassa esse limite.

A Tabela 4.41 mostra um resumo do espectro de carga dos caminhões do PPV 9/1, mostrando os caminhões de maior frequência das pesagens, tipo de eixo, quantidade total por tipo de caminhão, carga legal de cada eixo ou conjunto de eixo, excesso da carga legal sem considerar a tolerância de 7,5%, quantidade de caminhões com excesso além da carga legal sem considerar a tolerância, carga legal mais tolerância de 7,5 % de cada eixo ou conjunto de eixo, excesso da carga legal mais tolerância e a respectiva quantidade de caminhões acima desse limite.

Tabela 4.41 – Resumo do espectro de carga dos caminhões do PPV 9/1

Tipo de caminhão	Tipo de eixo	Quantidade	Carga legal (kg)	Excesso da carga legal (%)	Quantidade	Tolerância de 7,5%	Excesso além da tolerância (%)	Quantidade
3C	ESRS	8682	6000	4,94	429	6450	1,97	171
3C	ETD	8682	17000	43,47	3774	18275	6,70	581
2S3	ESRS	6924	6000	1,83	126	6450	0,35	24
2S3	ESRD	6924	10000	89,05	6165	10750	74,10	5130
2S3	ETT	6924	25500	39,38	2726	27412	3,65	252
3S3	ESRS	2234	6000	1,97	44	6450	0,22	5
3S3	ETD	2234	17000	7,48	167	18275	0,76	17
3S3	ETT	2234	25500	9,85	220	27413	1,40	31
3D4	ESRS	7122	6000	5,43	386	6450	0,81	58
3D4	ETD1	7122	17000	80,85	5758	18275	27,58	1964
3D4	ETD2	7122	17000	39,75	2831	18275	2,64	188
3D4	ETD3	7122	17000	27,93	1989	18275	3,73	265

4.2.2 – Análise das Cargas no PPV 9/9

O PPV 9/9 se localiza na BR-376/PR, Mauá – Ortigueira, km 297, na região norte do Estado do Paraná, a 258 quilômetros de distância do PPV 9/1, conforme é mostrado na Figura 1.1.

Os caminhões de maior frequência que passaram pela balança do PPV foram os seguintes: 3C, 2S3, 3S3 e 3D4, respectivamente 32,82%, 26,27%, 8,95% e 19,40%, totalizando 87,44% das 21292 pesagens realizadas durante o ano de 2002, conforme dados do Quadro 3.3 do Capítulo 3.

O PPV 9/9 é a balança que antecede ao PPV 9/1, vindo pela BR-376 no sentido norte-sul do Estado do Paraná. Conforme citado anteriormente, essa rodovia é uma das mais importantes artérias do estado. O Norte do Estado do Paraná é uma das regiões que mais produzem grãos no país e utiliza a rodovia federal para escoamento dos produtos em direção ao Porto de Paranaguá, principalmente para exportação, assim como outros Estados, tais como, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Portanto grande parte do tráfego que passa pelo PPV 9/1, oriundo das regiões citadas, tem seus pesos primariamente fiscalizados pelo PPV 9/9.

A Tabela 4.42 mostra o resumo do espectro de carga dos caminhões do PPV 9/9, mostrando tipo de caminhão, tipo de eixo, quantidade total por tipo de caminhão, carga legal de cada eixo ou conjunto de eixo, excesso da carga legal sem considerar a tolerância de 7,5%, quantidade de caminhões com excesso além da carga legal sem considerar a tolerância, carga legal mais tolerância de 7,5 % de cada eixo ou conjunto de eixo, excesso da carga legal mais a tolerância de 7,5% e a respectiva quantidade de caminhões acima desse limite.

Tabela 4.42 – Resumo do espectro de cargas do PPV 9/9

Tipo de caminhão	Tipo de eixo	Quantidade	Carga legal (kg)	Excesso da carga legal (%)	Quantidade	Tolerância de 7,5%	Excesso além da tolerância (%)	Quantidade
3C	ESRS	6987	6000	10,06	703	6450	2,71	189
3C	ETD	6987	17000	21,48	1500	18275	4,27	298
2S3	ESRS	6086	6000	2,70	164	6450	0,41	25
2S3	ESRD	6086	10000	79,67	4848	10750	54,94	3343
2S3	ETT	6086	25500	49,74	3027	27413	2,91	177
3S3	ESRS	1907	6000	1,68	32	6450	0,0	0
3S3	ETD	1907	17000	1,78	34	18275	1,10	21
3S3	ETT	1907	25500	12,43	237	27413	1,15	22
3D4	ESRS	4128	6000	12,31	508	6450	0,90	37
3D4	ETD1	4128	17000	86,56	3573	18275	28,97	1195
3D4	ETD2	4128	17000	53,92	2226	18275	2,30	95
3D4	ETD3	4128	17000	38,59	1592	18275	0,75	31

Considerando-se as cargas legais acrescidas das tolerâncias de 7,5 %, têm-se as seguintes comparações entre os postos PPV 9/1 e PPV 9/9.

- Os eixos direcionais (ESRS) dos caminhões apresentaram os seguintes valores: 3C - 2,71% no PPV 9/9 e 1,97% no PPV 9/1, 2S3 - 0,41% no PPV 9/9 e 0,35% no PPV 9/1, 3S3 - 0,0% no PPV 9/9 e 0,22% no PPV 9/1 e 3D4 – 0,90% no PPV 9/9 e 0,81% no PPV 9/1.
- Os eixos de tração dos caminhões apresentaram os seguintes valores: 3C (ETD) – 4,27% no PPV 9/9 e 6,7% no PPV 9/1, 2S3 (ESRD) – 54,94% no PPV 9/9 e 74,10% no PPV 9/1, 3S3 (ETD) – 1,10% no PPV 9/9 e 0,76% no PPV 9/1 e 3D4 (ETD) – 28,97% no PPV 9/9 e 27,58% no PPV 9/1.
- Os eixos dos semi-reboques dos caminhões apresentaram os seguintes valores: 2S3 (ETT) – 2,91% no PPV 9/9 e 3,65% no PPV 9/1, 3S3 (ETT) – 1,15% no PPV 9/9 e 1,40% no PPV 9/1, 3D4 (ETD) - no 1º eixo, 2,30% no

PPV 9/9 e 2,64% no PPV 9/1 e no 2º eixo, 0,75% no PPV 9/9 e 3,73% no PPV 9/1.

4.2.3 – Análise das Cargas no PPV 9/2

O PPV 9/2 se localiza na BR-277/PR, Guarapuava – Relógio, km 329, na região centro-oeste do Estado do Paraná, a 192 quilômetros de distância do PPV 9/1 na mesma rodovia, conforme é mostrado na Figura 1.1.

Assim como nos PPV 9/1 e 9/9 os caminhões de maior frequência considerados foram os seguintes: 3C, 2S3, 3S3 e 3D4, respectivamente 11,92 %, 50,59 %, 8,04 % e 24,52 %, totalizando 95,07% das 4.319 pesagens realizadas durante o ano de 2002, conforme consta no Quadro 3.6 do Capítulo 3.

O PPV 9/2 não é o primeiro que opera na BR-277 no sentido oeste-leste do Estado do Paraná. Dois outros anteriores a ele são também operadas por empresas concessionárias. Essa rodovia pode ser considerada como o principal corredor federal do estado. A região sudoeste, oeste e centro-oeste, além do Paraguai, todos a utilizam para escoamento das produções agro-industriais em direção aos grandes centros consumidores e também ao Porto de Paranaguá. Portanto grande parte do tráfego que passa pelo PPV 9/1, oriundo das regiões citadas, tem seus pesos anteriormente fiscalizados pelo PPV 9/2.

A Tabela 4.43 mostra o resumo do espectro de carga dos caminhões do PPV 9/2, mostrando tipo de caminhão, tipo de eixo, quantidade total por tipo de caminhão, carga legal sem tolerância de cada eixo ou conjunto de eixo, excesso da carga legal sem considerar a tolerância de 7,5%, quantidade de caminhões com excesso além da carga legal sem considerar a tolerância, carga legal mais tolerância de 7,5 % de cada eixo ou conjunto de eixo, excesso da carga legal mais a tolerância de 7,5%) e a respectiva quantidade de caminhões acima desse limite.

Tabela 4.43 – Resumo do espectro de cargas do PPV 9/2

Tipo de caminhão	Tipo de eixo	Quantidade	Carga legal (kg)	Excesso da carga legal (%)	Quantidade	Tolerância de 7,5%	Excesso da tolerância (%)	Quantidade
3C	ESRS	832	6000	8,00	66	6450	4,91	41
3C	ETD	832	17000	63,07	525	18275	33,37	277
2S3	ESRS	2428	6000	1,01	24	6450	0,32	8
2S3	ESRD	2428	10000	90,94	2208	10750	38,95	946
2S3	ETT	2428	25500	79,59	1932	27413	8,97	218
3S3	ESRS	373	6000	1,34	5	6450	0,54	2
3S3	ETD	373	17000	18,23	68	18275	2,41	9
3S3	ETT	373	25500	22,25	83	27413	2,95	11
3D4	ESRS	1059	6000	3,68	39	6450	0,57	6
3D4	ETD1	1059	17000	89,99	953	18275	35,98	381
3D4	ETD2	1059	17000	71,95	762	18275	2,74	29
3D4	ETD3	1059	17000	59,77	632	18275	2,36	25

Considerando-se a carga legal acrescida da tolerância de 7,5%, têm-se as seguintes comparações entre os postos PPV 9/1 e PPV 9/2:

- Os eixos direcionais (ESRS) dos caminhões apresentaram os seguintes valores: 3C – 4,91% no PPV 9/2 e 1,97% no PPV 9/1, 2S3 - 0,32% no PPV 9/2 e 0,35% no PPV 9/1, 3S3 - 0,54% no PPV 9/2 e 0,22% no PPV 9/1 e 3D4 – 0,57% no PPV 9/2 e 0,81% no PPV 9/1.
- Os eixos de tração dos caminhões apresentaram os seguintes valores: 3C (ETD) – 33,37% no PPV 9/2 e 6,7% no PPV 9/1, 2S3 (ESRD) – 38,95% no PPV 9/2 e 74,10% no PPV 9/1, 3S3 (ETD) – 2,41% no PPV 9/2 e 0,76% no PPV 9/1 e 3D4 (ETD) – 35,98% no PPV 9/2 e 27,58% no PPV 9/1.
- Os eixos dos semi-reboques dos caminhões apresentaram os seguintes valores: 2S3 (ETT) – 8,97% no PPV 9/2 e 3,65% no PPV 9/1, 3S3 (ETT) – 2,95% no PPV 9/2 e 1,40% no PPV 9/1, 3D4 (ETD) - no 1º eixo, 2,74% no PPV 9/2 e 2,64% no PPV 9/1 e no 2º eixo, 2,36% no PPV 9/2 e 3,73% no PPV 9/1.

A Tabela 4.44 mostra comparação dos percentuais dos excessos verificados nos PPV 9/1, 9/2 e 9/3, considerando a carga legal sem tolerância e com tolerância de 7,5%.

Tabela 4.44 – Comparação de percentuais de eixos com excesso de carga

Caminhões	Tipo de Eixo	Carga Legal	Carga Legal	Carga Legal	Valor Médio (%)	Carga Legal	Carga Legal	Carga Legal	Valor Médio (%)
		s/tol.	s/tol.	s/tol.		c/tol.	c/tol.	c/tol.	
		9/1	9/9	9/2		9/1	9/9	9/2	
3C	ESRS	4,91	10,06	8,00	7,67	1,97	2,71	4,91	3,19
3C	ETD	43,47	21,48	63,07	42,67	6,70	4,27	33,37	14,78
2S3	ESRS	1,83	2,70	1,01	1,85	0,35	0,41	0,32	0,36
2S3	ESRD	89,05	79,67	90,94	86,55	74,10	54,94	38,95	55,99
2S3	ETT	39,38	49,74	79,59	56,24	3,65	2,91	8,97	5,18
3S3	ESRS	1,97	1,68	1,34	1,66	0,22	0,00	0,54	0,25
3S3	ETD	7,48	1,78	18,23	9,16	0,76	1,10	2,41	1,42
3S3	ETT	9,85	12,43	22,25	14,84	1,40	1,15	2,95	1,83
3D4	ESRS	5,43	12,31	3,68	7,14	0,81	0,90	0,57	0,76
3D4	ETD1	80,85	86,56	89,99	85,80	27,58	28,97	35,98	30,84
3D4	ETD2	39,75	53,92	71,95	55,21	2,64	2,30	2,74	2,56
3D4	ETD3	27,93	38,59	59,77	42,09	3,73	0,75	2,36	2,28

A Tabela 4.44 permite fazer as seguintes análises:

Nos eixos direcionais dos caminhões 3C, 2S3, 3S3 e 3D4, se considerar somente a carga legal sem tolerância os valores médios dos excessos são respectivamente: 7,67%, 1,85%, 1,66% e 7,14% e se considerar a tolerância de 7,5% os valores médios dos excessos são respectivamente: 3,19%, 0,36%, 0,25% e 0,76%.

Nos eixos de tração dos caminhões 3C, 2S3, 3S3 e 3D4, se considerar somente a carga legal sem tolerância os valores médios dos excessos são respectivamente: 42,67%, 86,55%, 9,16% e 85,80% e se considerar a tolerância de 7,5% os valores médios dos excessos são respectivamente: 14,78%, 55,99%, 1,42% e 30,84%.

Nos eixos dos semi-reboques dos caminhões 2S3 e 3S3, se for considerado somente a carga legal sem tolerância os valores médios dos excessos são respectivamente: 56,24% e 14,84% e se for considerado a tolerância de 7,5% os valores médios dos excessos são respectivamente: 5,18% e 1,83%.

Nos eixos dos semi-reboques do caminhão 3D4, se considerar somente a carga legal sem tolerância os valores médios dos excessos no 1º e 2º eixo são respectivamente: 55,21% e 42,09% e se considerar a tolerância de 7,5% os valores médios dos excessos no 1º e 2º eixo são respectivamente: 2,56% e 2,28%.

As conclusões mais importantes que podem tiradas são as seguintes:

Os eixos direcionais dos caminhões pesquisados não apresentam grandes excessos de cargas, tanto na carga legal sem tolerância bem como com a tolerância de 7,5%, concluindo-se que os danos causados aos pavimentos não são de grande monta. Nos eixos de tração, ao contrário, os danos são consideráveis, principalmente nos caminhões 2S3 e 3D4, sendo este último mais grave ainda. A Resolução 184 de 21/10/2005 do CONTRAN permitiu que cavalo mecânico desse caminhão trafegasse com tração simples do tipo 6 x 2, licenciado até 5 anos da entrada em vigor da resolução, portanto com vigência até outubro de 2010 para novos veículos. Considerando que os velhos trafegarão até sucateamento, podem-se prever os esforços tangencias nos revestimentos asfálticos que provocam deformações permanentes precoces, comprometendo a segurança viária. Nota-se atualmente que os afundamentos de trilha de rodas são cada vez mais percebidos. Pode ser que um dos problemas pode estar sendo este.

Os eixos dos semi-reboques dos caminhões pesquisados, principalmente se levar em consideração a carga legal com tolerância os danos aos pavimentos também podem ser considerados como razoáveis, tais como nos eixos direcionais.

Conclui-se também que o caminhão mais amigável aos pavimentos é o 3S3 que apresenta baixos excessos de carga em todos os eixos. Finalizando conclui-se que os transportadores carregam seus veículos considerando a tolerância de 7,5% permitida pela Resolução nº. 102/99 do CONTRAN como sendo ganho real de sobrecarga e não como tolerância do próprio equipamento de pesagem e a operação dos PPV pelas empresas concessionárias de cumprir o papel a eles destinados, ou seja, fiscalizar os excessos de cargas.

4.2.4 Análise dos FV Médios Anuais

Os FV médios anuais, tanto da metodologia AASHTO bem como da USACE, foram obtidos das médias mensais, considerando-se os caminhões que apresentaram

maior freqüência nas pesagens entre todos os 7 PPV pesquisados, ou seja, os caminhões 3C, 2S3, 3S3 e 3D4.

São apresentadas tabelas de resumos estatísticos mostrando o número de FV diferentes de zero, ou seja, os PPV 9/7, 5/2 e 5/3, não apresentaram pesagens em alguns meses, a média desses FV, o desvio-padrão populacional e valores dos FV máximos e mínimos de cada tipo de caminhão acima mencionados, entre todos os 7 PPV pesquisados (9/1, 9/9, 9/7, 9/2, 5/2, 5/3 e 6/3). São apresentadas também figuras mostrando histogramas de freqüências de distribuição dos FV.

As Tabelas 4.45, 4.46, 4.47, 4.48, 4.49, 4.50, 4.51 e 4.52 mostram os resumos estatísticos e as Figuras 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19 e 4.20 mostram os histogramas.

Tabela 4.45 - Resumo estatístico para caminhão 3C - FV (AASHTO) - 2002

Número de FV \neq 0	80
FV médio	1,48
Desvio-padrão do FV	0,77
Valor Mínimo do FV	0,52
Valor Máximo do FV	4,96
Amplitude do FV	4,44

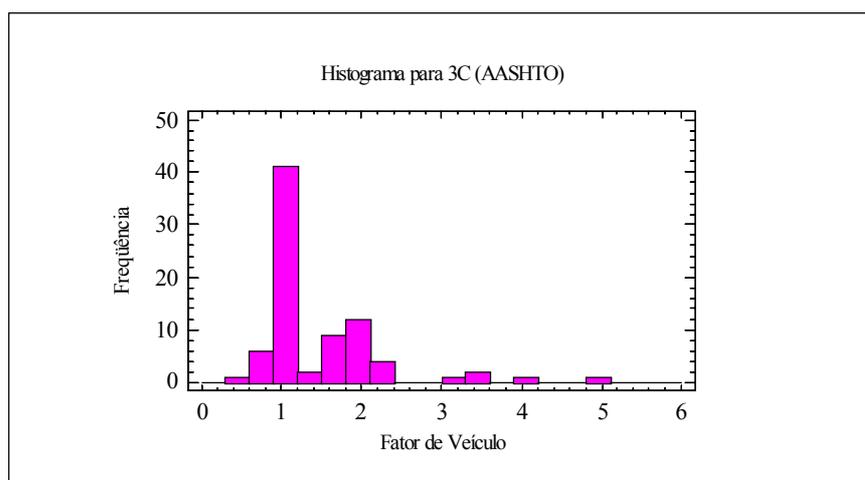
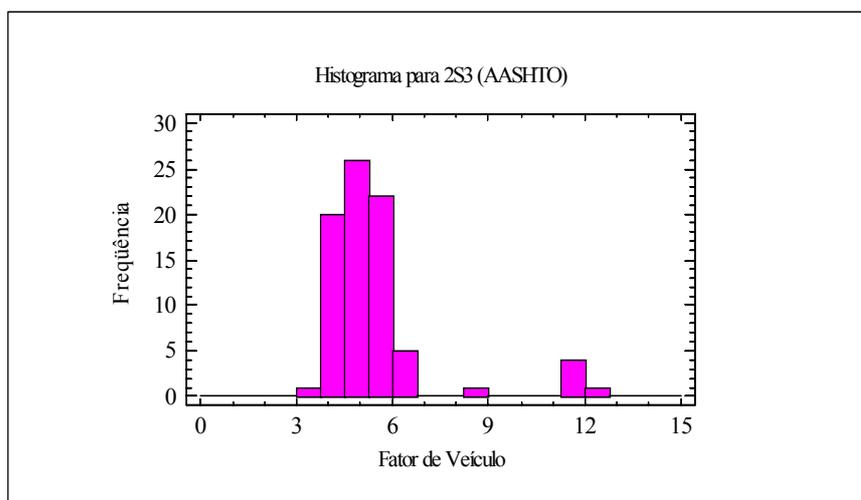


Figura 4.13 – Histograma para caminhão 3C - AASHTO

Tabela 4.46 - Resumo estatístico para caminhão 2S3 - FV (AASHTO) - 2002

Número de FV ≠ 0	80
FV médio	5,46
Desvio-padrão do FV	1,82
Valor Mínimo do FV	3,28
Valor Máximo do FV	12,26
Amplitude do FV	8,98

**Figura 4.14 – Histograma para caminhão 2S3 (AASHTO)****Tabela 4.47 - Resumo estatístico para caminhão 3S3 - FV (AASHTO) - 2002**

Número de FV ≠ 0	80
FV médio	3,32
Desvio-padrão do FV	2,67
Valor Mínimo do FV	2,08
Valor Máximo do FV	13,47
Amplitude do FV	11,39

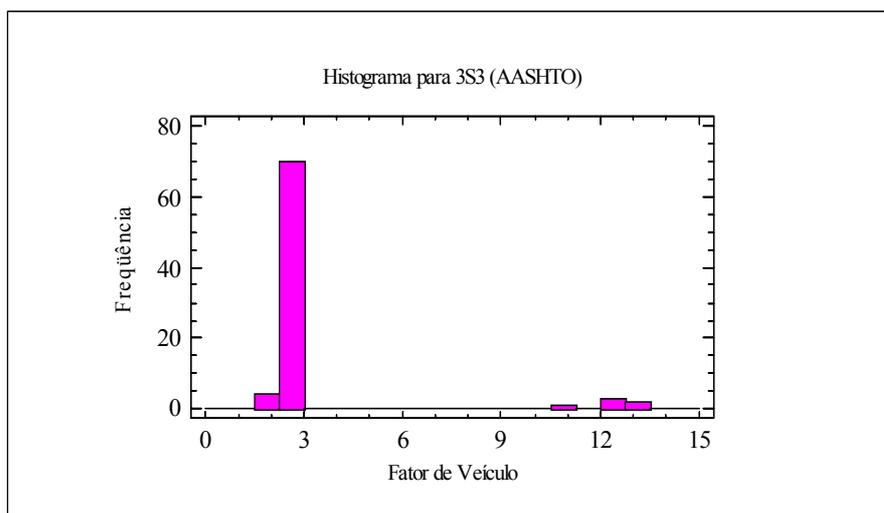
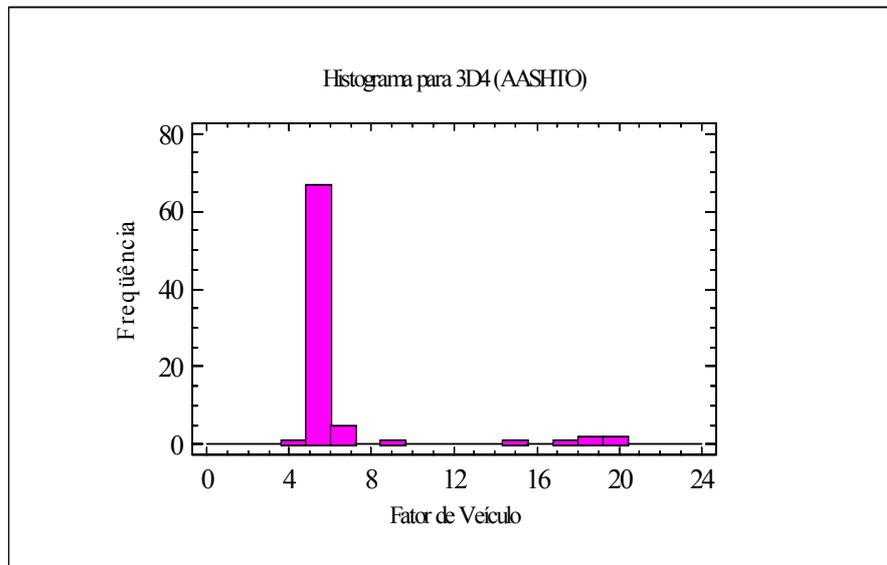
**Figura 4.15 – Histograma para caminhão 3S3 (AASHTO)**

Tabela 4.48 - Resumo estatístico para caminhão 3D4 - FV (AASHTO) - 2002

Número de FV ≠ 0	80
FV médio	6,45
Desvio-padrão do FV	3,33
Valor Mínimo do FV	4,70
Valor Máximo do FV	19,47

**Figura 4.16 – Histograma para caminhão 3D4 (AASHTO)****Tabela 4.49 - Resumo estatístico para caminhão 3C - FV (USACE) - 2002**

Número de FV ≠ 0	74
FV médio	6,35
Desvio-padrão do FV	2,55
Valor Mínimo do FV	2,15
Valor Máximo do FV	12,79
Amplitude do FV	10,64

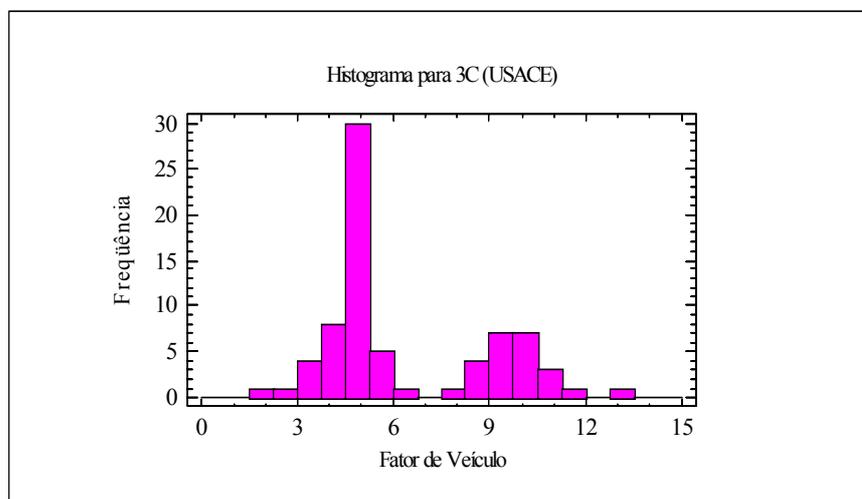
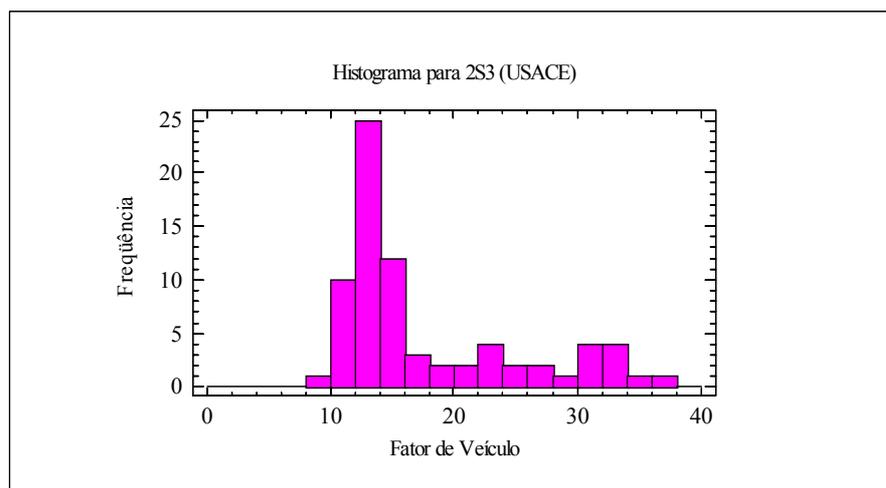
**Figura 4.17 – Histograma para caminhão 3C – USACE**

Tabela 4.50 - Resumo estatístico para caminhão 2S3 - FV (USACE) - 2002

Número de FV ≠ 0	74
FV médio	17,90
Desvio-padrão do FV	7,38
Valor Mínimo do FV	8,97
Valor Máximo do FV	37,41
Amplitude do FV	28,44

**Figura 4.18** – Histograma para caminhão 2S3 (USACE)**Tabela 4.51** - Resumo estatístico para caminhão 3S3 - FV (USACE) - 2002

Número de FV ≠ 0	74
FV médio	12,67
Desvio-padrão do FV	1,20
Valor Mínimo do FV	9,23
Valor Máximo do FV	15,09
Amplitude do FV	5,86

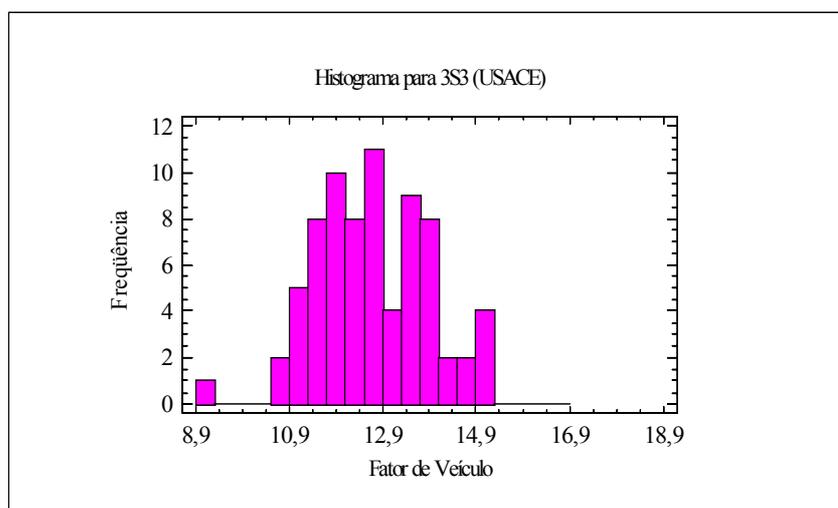
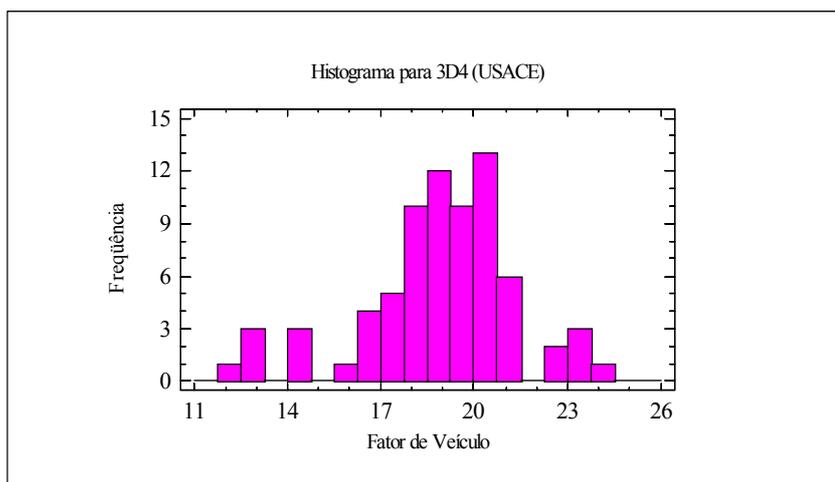
**Figura 4.19** – Histograma para caminhão 3S3 – USACE

Tabela 4.52 - Resumo estatístico para caminhão 3D4 - FV (USACE) - 2002

Número de FV ≠ 0	74
FV médio	18,90
Desvio-padrão do FV	2,43
Valor Mínimo do FV	12,29
Valor Máximo do FV	23,94
Amplitude do FV	11,65

**Figura 4.20** – Histograma para caminhão 3D4 - USACE

A Tabela 4.53 mostra os valores dos FV médios dos 7 PPV pesquisados dos caminhões de maior frequência nas balanças, ou seja, os caminhões do tipo 3C, 2S3, 3S3 e 3D4.

Tabela 4.53 – Valores dos FV médio dos 7 PPV pesquisados

Caminhão	FV (ASSHTO)	FV (USACE)
3C	1,32	6,35
2S3	4,98	15,89
3S3	2,55	12,67
3D4	5,52	18,90

Os caminhões 2S3 (PBTC = 41,5t) e 3D4 (PBTC = 57,0 t) são os que apresentam maiores sobrecargas, principalmente nos eixos de tração, conseqüentemente maiores valores de FV, corroborando com análises feitas anteriormente. O caminhão 3C (PBT = 23,0 t) por ser mais leve apresenta menores valores de FV e o caminhão 3S3 (PBTC = 48,5 t) é que apresenta menor excesso de carga, se comparado ao 2S3, mais leve.

4.3 COMPARAÇÃO DE DADOS

4.3.1 Comparação de FV (AASHTO) – anos de 1986 e 2002

As Tabelas 4.54 e 4.55 levam em consideração os valores característicos, ou seja o valor da média anual (somatório das médias mensais de cada PPV), mais o desvio padrão populacional dessa média. No ano de 1986 foram considerados os caminhões 2C, 3C, 2S2, 2S3 e 3S3, conforme tabelas do DNER (DNER, 1988) e no ano de 2002 os caminhões 2C, 3C, 2S2, 2S3, 3S3 e 3D4 da presente pesquisa.

Tabela 4.54 – FV (valor característico -AASHTO) - 1986 - (PPV 9/9, 9/1, 9/7 e 9/2)

Valores	2C	3C	2S2	2S3	3S3
FV (médio anual)	0,30	0,89	1,87	2,69	1,62
Desvio-padrão	0,13	0,33	0,81	0,69	0,78
Vr. característico	0,43	1,21	2,68	3,38	2,40

Tabela 4.55- FV (valor característico (AASHTO) –2002 - (PPV 9/9, 9/1, 9/7, 9/2, 5/2, 5/3 e 6/3)

Valores	2C	3C	2S2	2S3	3S3	3D4
FV (médio anual)	0,62	1,48	1,56	5,46	3,32	6,45
Desvio-padrão	0,51	0,77	1,17	1,82	2,67	3,33
Vr. característico	1,13	2,25	2,73	7,28	5,99	9,78

Constata-se que no período de 16 anos houve significativas mudanças nos FV da AASHTO, levando em consideração os valores característicos. A Tabela 4.56 mostra as variações que ocorreram nos caminhões 2C, 3C, 2S2, 2S3 e 3S3. Quanto ao caminhão 3D4, a sua configuração não existia no ano de 1986.

Tabela 4.56 - Variações dos FV – anos 1986 e 2002

Caminhão	FV (AASHTO)-1986	FV (AASHTO) - 2002	Variação
2C	0,43	1,13	162,0 %
3C	1,21	2,25	85,0 %
2S2	2,68	2,73	2,0 %
2S3	3,38	5,99	77,0 %
3S3	2,40	5,99	149,0 %

A Tabela 4.56 mostra a grande variação ocorrida no período compreendido de 1986 a 2002. O caminhão 2C mesmo com participação cada vez menor na frota circulante teve o maior aumento de FV. O caminhão 3C também, embora com menor variação.

Nos caminhões semi-reboques, o 2S2 a variação foi pequena, ao contrário dos caminhões 2S3 e 3S3 cujas variações foram bem significativas. A parcela do aumento dos FV é porque a legislação de trânsito no Brasil permitiu, principalmente com a aprovação de novas resoluções pelo Conselho Nacional de Trânsito que desde 1999 têm abrandado as tolerâncias nos excessos de pesos tanto no PBT como nos eixos.

A Figura 4.21 mostra gráfico com os valores característicos dos caminhões 2C, 3C, 2S2, 2S3, 3S3 e 3D4.

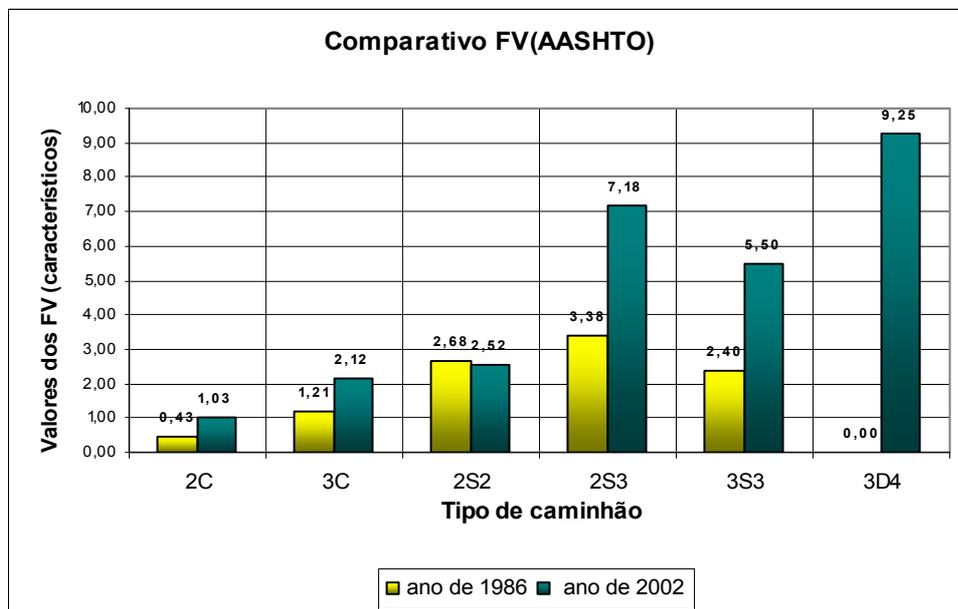


Figura 4.21 – FV (Vrs.característicos/AASHTO) – 1986 e 2002

4.3.2 Comparação de FV (USACE) – anos de 1986 e 2002

As Tabelas 4.57 e 4.58 levam em consideração os valores característicos, ou seja, o valor da média anual (somatório das médias mensais de cada PPV), mais o desvio padrão. No ano de 1986 foram considerados os caminhões 2C, 3C, 2S2, 2S3 e 3S3 conforme tabelas do DNER (DNER, 1988) e no ano de 2002 os caminhões 2C, 3C, 2S2, 2S3, 3S3 e 3D4 da presente pesquisa.

Tabela 4.57 – FV (Vrs. característicos /USACE) – 1986 - (PPV 9/9, 9/1, 9/7 e 9/2)

Valores	2C	3C	2S2	2S3	3S3
FV (médio anual)	0,41	4,56	5,39	10,49	10,31
Desvio-padrão	0,19	1,76	2,85	2,92	5,29
FV(característico)	0,60	6,32	8,24	13,42	15,60

Tabela 4.58 – FV (Vrs. característicos /USACE) – 2002 - (PPV 9/9, 9/1, 9/7, 9/2, 5/2, 5/3 e 6/3)

Valores	2C	3C	2S2	2S3	3S3	3D4
FV (médio anual)	0,83	6,35	3,49	17,90	12,67	18,90
Desvio-padrão	0,72	2,55	3,02	7,38	1,20	2,43
FV(característico)	1,55	8,90	6,51	25,28	13,87	21,33

Constata-se que no período de 16 anos houve mudanças nos FV (USACE), porém menos significativas do que nos FV (ASSHTO), levando em conta os valores característicos. A Tabela 4.59 mostra as variações que ocorreram nos caminhões 2C, 3C, 2S2, 2S3 e 3S3. Quanto ao caminhão 3D4 a sua configuração não existia no ano de 1986.

Tabela 4.59 - Variações dos FV (Vrs. característicos) – ano de 1986 e 2002

Caminhão	FV (USACE)-1986	FV (USACE) – 2002	Variação
2C	0,60	1,55	158,0 %
3C	6,32	8,90	41,0 %
2S2	8,24	6,51	- 21,0 %
2S3	13,42	25,28	88,0 %
3S3	15,60	13,87	- 11,0 %

A Tabela 4.59 mostra a grande variação ocorrida no período compreendido de 1986 a 2002. O caminhão 2C mesmo com participação menor na frota circulante teve o maior aumento o que se conclui que em 2002 trafegou com maiores cargas do que em 1986. O caminhão 3C também, embora com menor variação. Nos caminhões semi-reboques, o 2S2 e 3S3 as variações foram negativas, ao contrário do caminhão 2S3. A Figura 4.22 mostra gráfico com os valores característicos dos caminhões 2C, 3C, 2S2, 2S3, 3S3 e 3D4.

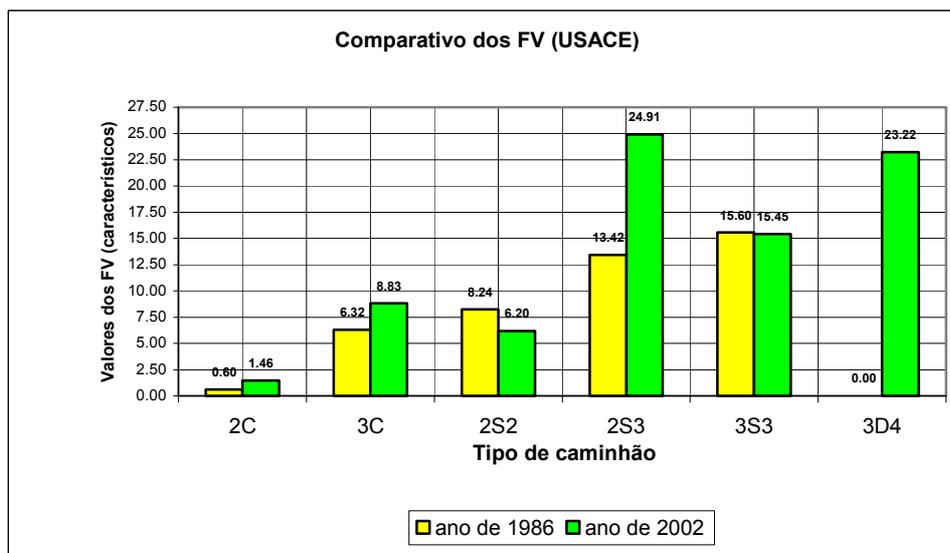


Figura 4.22 – FV (Vrs. Característicos/USACE) – 1986 e 2002

4.3.3 Comparação de FV dos PPV 6/3 e 9/7 - Ano 2002

As Tabelas 4.60, 4.61, 4.62 e 4.63 mostram comparativos entre os PPV 6/3 e 9/7, instalados na BR-277/PR, sendo o primeiro no km 63,0, sentido Curitiba – Paranaguá e o segundo no km 32,0, sentido Paranaguá – Curitiba.

Tabela 4.60 – FV (AASHTO) – ano 2002 - PPV 9/7 (Paranaguá-Curitiba)

Valores	2C	3C	2S2	2S3	3S3	3D4
FV (médio anual)	0,13	0,76	0,88	3,82	2,58	5,92
Desvio-padrão	0,05	0,15	0,83	0,26	0,12	1,61
FV(característico)	0,18	0,91	1,71	4,08	2,70	7,53

Tabela 4.61 – FV (AASHTO) – ano 2002 - PPV 6/3 (Curitiba-Paranaguá)

Valores	2C	3C	2S2	2S3	3S3	3D4
FV (médio anual)	0,23	1,11	1,12	4,70	2,49	5,47
Desvio-padrão	0,07	0,10	0,30	0,61	0,09	0,38
FV(característico)	0,30	1,21	1,42	5,31	2,58	5,85

Tabela 4.62 – FV (USACE) – ano 2002 - PPV 9/7 (Paranaguá - Curitiba)

Valores	2C	3C	2S2	2S3	3S3	3D4
FV (médio anual)	0,13	3,54	1,56	11,28	12,66	17,88
Desvio-padrão	0,04	0,87	1,66	1,07	0,72	1,59
FV(característico)	0,17	4,41	3,22	12,35	13,38	19,47

Tabela 4.63 – FV (USACE) – ano 2002 - PPV 6/3 (Curitiba-Paranaguá)

Valores	2C	3C	2S2	2S3	3S3	3D4
FV (médio anual)	0,26	5,23	2,27	13,50	12,10	19,06
Desvio-padrão	0,09	0,55	0,74	1,53	0,60	1,72
FV(característico)	0,35	5,77	3,01	15,03	12,70	20,78

As Figuras 4.23 e 4.24 mostram os gráficos comparativos do PPV 9/7, localizado no km 32,0 da BR-227, sentido Paranaguá – Curitiba, construído pelo DNER em 1983 e do PPV 6/3, localizado no km 63,0 da BR-277, sentido Curitiba- Paranaguá, construído pela Empresa Concessionária Ecovia (lote 06) em 2001.

As análises permitiram concluir que as diferenças entre os FV não são tão grandes, principalmente quanto aos caminhões de maior capacidade de carga, levando-se em consideração o aspecto de origem e destino do Porto de Paranaguá, que embora sendo um dos maiores portos exportadores de grãos do país, também gera quantidades de cargas relevantes no sentido inverso no transporte de mercadorias.

Isto pode ter sido a causa principal do antigo DNER ter construído primeiramente a balança no sentido Paranaguá – Curitiba, na década de 80, quando da existência do Plano Diretor Nacional de Pesagem.

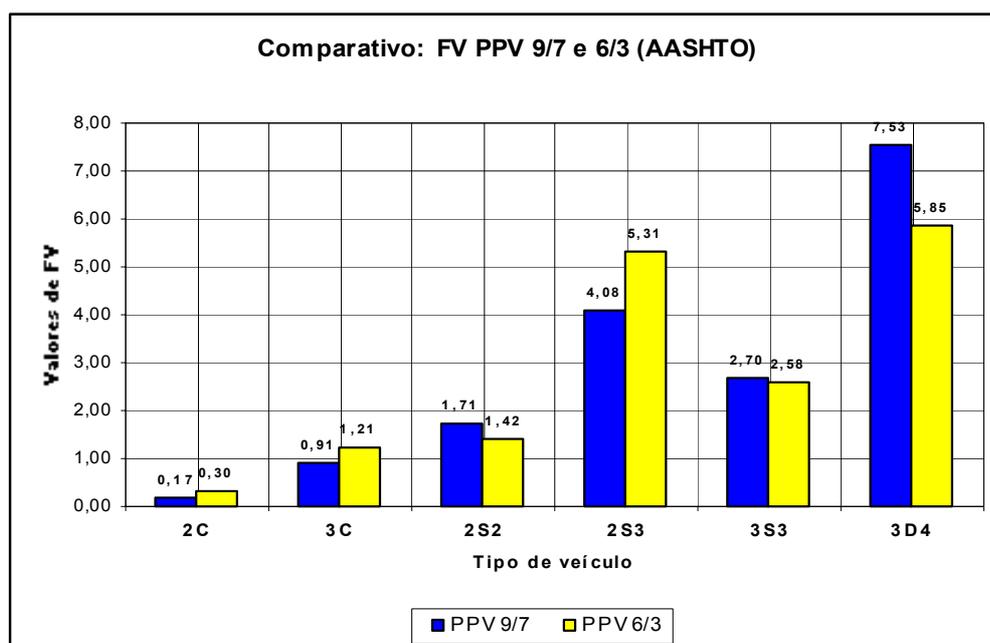


Figura 4.23 - FV (AASHTO) – PPV 9/7 (Paranaguá – Curitiba) e PPV 6/3 (Curitiba – Paranaguá) - ano de 2002

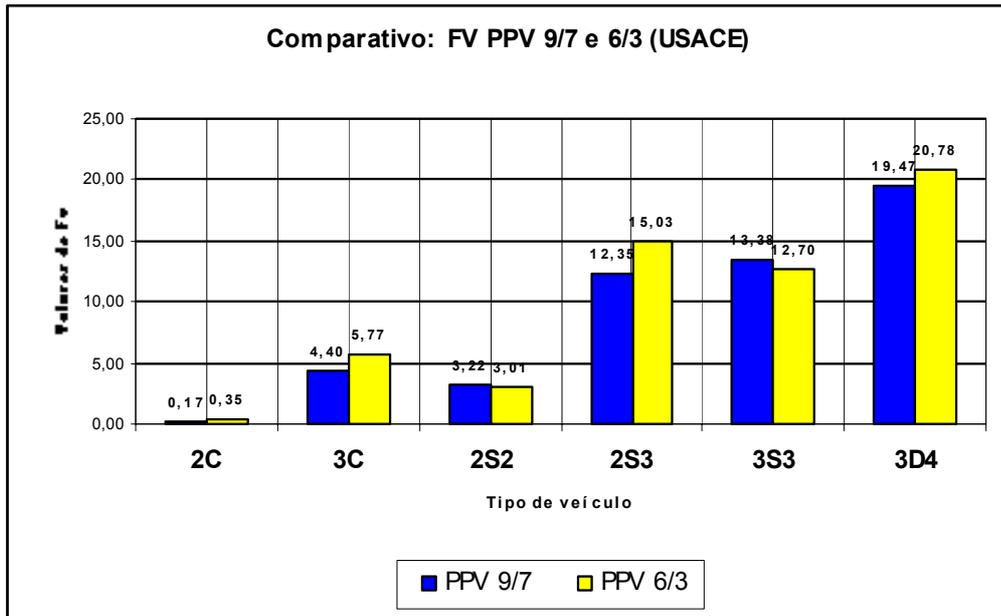


Figura 4.24 FV (USACE) – PPV 9/7 (Paranaguá – Curitiba) e PPV 6/3 (Curitiba - Paranaguá – ano de 2002

CAPÍTULO 5 – ANÁLISES PARAMÉTRICAS

5.1 OBJETIVOS

Os objetivos das análises paramétricas são comparar dados de tráfego, valores de FV e a evolução nas técnicas de dimensionamentos de pavimentos no período compreendido entre 1986 a 2002. Serão analisados dois estudos de casos, sendo o primeiro um estudo de tráfego de um projeto de restauração e o segundo uma análise de tráfego de um projeto de dimensionamento estrutural de um pavimento novo.

5.2 ESTUDO DO TRÁFEGO DO PROJETO DE RESTAURAÇÃO DE UM TRECHO DA BR-277/PR

Trata-se de um Estudo de Tráfego do trecho Curitiba – Campo Largo, da BR-277/PR, do km 97,5 ao km 119,5, extensão de 22,0 km, pista dupla, cujo dados do tráfego foi obtido do Projeto de Engenharia para Restauração elaborado pelo DNER em fevereiro de 1989 (DNER, 1989).

O referido estudo, conforme consta no Volume 3 – Memória Justificativa, foi realizado no período de 26/07/1986 a 28/07/1986, 24 horas ininterruptas. O posto de contagem volumétrica/classificatória foi instalado no km 105,0 da BR-277/PR.

A Tabela 5.1 mostra os dados obtidos dos caminhões 2C, 3C, 2S1, 2S2, 2S3, 3S2, 3S3 e 3C2, no mês de julho/1986, considerando os dois sentidos de tráfego.

Tabela 5.1 – Contagem volumétrica/classificatória - BR-277/PR, km 105,0, sentido Curitiba – Campo Largo - 1986

Tipo de Veículo	2C	3C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	3C2	Total
Número veículos	865	1175	9	50	921	3	71	6	3100
%	27,9	37,9	0,3	1,6	29,7	0,1	2,3	0,2	100,0

Os dados de tráfego do ano de 2002 foi baseado nas contagens de pesagens do PPV-9/1, localizado na BR-277/PR, km 137,0, São Luiz do Purunã – Curitiba e do PPV 5/2, também localizado na BR-277/PR, km 133,0, sentido Curitiba – São Luiz do Purunã, ambos referente ao mês de julho de 2002. A Tabela 5.2 mostra as pesagens realizadas em ambos os PPV.

Tabela 5.2 – Contagens de pesagens realizadas nos PPV 9/1 e 5/2 - 2002

Tipo de Veículo	2C	3C	2S2	2S3	3S2	3S3	3D4	Total
Número veículos	669	2114	210	2671	7	734	1126	7531
%	8,90	28,07	2,79	35,46	0,09	9,74	14,95	100,0

Analisando-se os dados de composição da frota de veículos de carga das Tabelas 5.1 e 5.2, constata-se o seguinte:

a) Ocorreram significativas reduções nos caminhões dos tipos 2C e 3C, respectivamente 214,0% e 35,0%, mostrando claramente que os mesmos estão cedendo lugar para caminhões de maior capacidade de cargas, principalmente o primeiro.

b) Ao contrário, ocorreram significativos aumentos nos caminhões dos tipos 2S2, 2S3 e 3S3, respectivamente 74,0 %, 20,0% e 323,0 %, confirmando a tendência do crescimento dos caminhões de maior capacidade de cargas circulando nas rodovias nos últimos anos.

c) Constatou-se a entrada de um novo tipo de caminhão, inexistente no ano de 1986. Essa nova Combinação de Veículo de Carga (CVC), sete eixos e PBTC de 57,0 t, conhecido como bitrem e classificado como 3D4, na tabela do Quadro de Fabricantes de Veículos do DNER, (DNER, 2001) adentrou no mercado no final dos anos 90. Em 2002 a sua participação na composição da frota foi de aproximadamente 15,0 %, portanto uma significativa mudança, confirmando assim a tendência citada anteriormente.

5.3 ANÁLISE DO TRÁFEGO DE UM PROJETO DE DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

O Estudo de Tráfego, elaborado em 1995, de um projeto de dimensionamento do pavimento para 20 anos, de uma importante rodovia que contorna a principal cidade paranaense, apresentou o seguinte perfil de cargas, considerando-se dados de tráfego de outras rodovias existentes, também importantes, próximas ao trecho pavimentado, conforme Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Volume de tráfego e composição da frota - 1995

TMDA	Automóveis	2 eixos	3 eixos	4 eixos	5 eixos	6 eixos
9870	3434	1145	2784	355	1984	168
Percentual	34,79 %	11,60 %	28,21 %	3,59 %	20,10 %	1,70 %

Levando em consideração projeto, licitação da obra e construção do pavimento em três anos, de 1995 a 1998, considerou-se para a projeção de tráfego uma taxa de crescimento estimada em 3,0% ao ano para o conjunto de tráfego, calculando-se os volumes nos anos de 1998, primeiro ano de operação e 2017, 20º ano de operação e término do período de projeto, obtendo-se os seguintes valores, conforme a Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – TMDA (1998 a 2017)

Lote do Pavimento	TMDA – 1998	TMDA – 2017
Único	10.785	18.912

A utilização das informações de tráfego de rodovias em serviço permitiu a estimativa da classificação e peso por eixo dos caminhões, dos FV e cálculo do número N para diferentes períodos de projeto.

Os FV utilizados no cálculo do número N foram obtidos através de pesagens realizadas no PPV-9/2 localizado na BR-277/PR, Guarapuava-Relógio km 329,0, considerando-se o mês de dezembro/1986, conforme a Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – FV do PPV-9/2 - dezembro/1986

Classe de Veículos	FV (AASHTO)	FV (USACE)
2C + ÔNIBUS	0,64	0,89
3C	1,33	7,13
2S2	2,65	8,15
2S3	3,41	13,11
3S3	2,26	14,80

Para o cálculo do número N, considerando as equações dos Fatores de Equivalência de Cargas das metodologias da AASHTO e da USACE, levaram em conta três horizontes de projeto: 10, 15 e 20 anos e são apresentados na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Números N considerados no projeto de dimensionamento

Vida de Projeto	N(AASHTO)	N(USACE)
10 ANOS (1998 – 2007)	$2,20 \times 10^7$	$9,07 \times 10^7$
15 ANOS (1998 – 2012)	$3,56 \times 10^7$	$1,47 \times 10^8$
20 ANOS (1998 – 2017)	$5,15 \times 10^7$	$2,13 \times 10^8$

5.3.1 Cálculo do Número N considerando-se FV Atualizados

O trecho pavimentado em questão foi entregue ao tráfego em dezembro/2002, portanto com atraso de quatro anos em relação ao projeto, por vários motivos tais como: fatores climáticos, desapropriações de áreas e descompasso na liberação de recursos financeiros, fato comum no Brasil, quando se trata principalmente de obra com recursos públicos, caso que se encaixa na presente análise paramétrica..

5.3.2 Contagem Volumétrica-Classificatória

No início da vida útil do pavimento implantado, fevereiro/2003, foi realizada contagem volumétrica/classificatória, durante três dias, 11 a 13/02/2003, terça a quinta-feira, dias de maior movimento do trecho construído e entregue ao tráfego em dezembro de 2002, das 6:00 horas até 19:00 horas. O resumo da contagem é mostrado no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Contagem volumétrica/classificatória do pavimento construído

CONTAGEM VOLUMÉTRICA/CLASSIFICATÓRIA REALIZADA DE 1A/02/2002 A 13/02/2003 (TERÇA A QUINTA-FEIRA) DO PAVIMENTO CONSTRUÍDO (ANÁLISE PARAMÉTRICA).																
SENTIDO 1 - PISTA NORTE/SUL																
DIAS DO MÊS	PERÍODO/HORÁRIO	CARROS PASSEIO	ONIBUS	CAMINHÃO	CAMINHÃO	S.REBOQUE	S.REBOQUE	S.REBOQUE	S.REBOQUE	S.REBOQUE	S.REBOQUE	BITREM	TOTAL PASSEIO	TOTAL CAM.+ ONIB.	TOTAL GERAL	
			2C	3C	2C	3C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	3D4	4564	8795		
11/2/2003	6:00 - 19:00	4231	24	56	478	1462	22	206	1716	25	653	311	4231	4564	8795	
12/2/2003	6:00 - 19:00	4321	29	64	496	1534	27	224	1748	27	674	330	4321	4732	9053	
13/2/2003	6:00 - 19:00	4012	22	48	475	1402	18	201	1695	24	621	299	4012	4440	8452	
SENTIDO 2 - PISTA SUL/NORTE																
DIAS DO MÊS	PERÍODO/HORÁRIO	CARROS PASSEIO	ONIBUS	CAMINHÃO	CAMINHÃO	S.REBOQUE	S.REBOQUE	S.REBOQUE	S.REBOQUE	S.REBOQUE	S.REBOQUE	BITREM	TOTAL PASSEIO	TOTAL CAM.+ ONIB.	TOTAL GERAL	
			2C	3C	2C	3C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	3D4	4526 <th>8756 </th>	8756		
11/2/2003	6:00 - 19:00	4230	20	43	478	1455	22	198	1704	26	645	301	4230	4526	8756	
12/2/2003	6:00 - 19:00	4510	26	69	492	1524	28	204	1741	29	671	334	4510	4687	9197	
13/2/2003	6:00 - 19:00	4081	23	57	450	1395	19	202	1692	19	655	291	4081	4436	8517	
AMBOS OS SENTIDOS (1 E 2)																
DIAS DO MÊS	PERÍODO/HORÁRIO	CARROS PASSEIO	ONIBUS	CAMINHÃO	CAMINHÃO	S.REBOQUE	S.REBOQUE	S.REBOQUE	S.REBOQUE	S.REBOQUE	S.REBOQUE	BITREM	TOTAL PASSEIO	TOTAL CAM.+ ONIB.	TOTAL GERAL	
			2C	3C	2C	3C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	3D4	9845 <th>18306 </th>	18306		
11/2/2003	6:00 - 19:00	8461	44	99	956	2917	44	404	3420	51	1298	612	8461	9845	18306	
12/2/2003	6:00 - 19:00	8831	55	133	988	3058	55	428	3489	56	1345	664	8831	10271	19102	
13/2/2003	6:00 - 19:00	8093	45	105	925	2797	37	403	3387	43	1276	590	8093	9608	17701	
Média.....		8462	48	112	956	2924	45	412	3432	50	1306	622	8462	9908	18370	
COMPOSIÇÃO DA FROTA																
																%
AUTOMÓVEIS																46,06
ONIBUS 2C																0,26
ONIBUS 3C																0,61
CAMINHÃO 2C																5,21
CAMINHÃO 3C																15,92
SEMI-REBOQUE 2S1																0,25
SEMI-REBOQUE 2S2																2,24
SEMI-REBOQUE 2S3																18,68
SEMI-REBOQUE 3S2																0,27
SEMI-REBOQUE 3S3																7,11
BITREM 3D4																3,39
TOTAL.....																100,00

5.3.3 Definição do Tráfego Médio Diário Anual (TMDA)

O TMDA foi calculado aplicando os fatores de correção baseados num posto permanente de contagem de tráfego, localizado nas proximidades.

O Quadro 5.2 mostra os valores dos Fatores de Correções Horária (FCh) e o Quadro 5.3 mostra os Fatores de Correções Diária (FCd) e Mensal (FCm).

O Fator de Correção Horária (FCh) foi obtido pela relação entre os volumes de tráfego registrado no posto de contagem permanente de tráfego localizado nas proximidades do pavimento a construir, referente ao período de 06:00 às 19:00 horas e das 0:00 às 24:00 horas para o mês de fevereiro, ou seja:

$$FCh = \frac{1374}{1763} = 0,779 \quad \text{Eq. 5.1}$$

O Fator de Correção Diária (FCd) foi obtido pela relação entre a média do VMD dos dias de contagem (terça a quinta) e o VMD total do mês da contagem (fevereiro), ou seja:

$$FCd = \frac{1750}{1763} = 0,993 \quad \text{Eq. 5.2}$$

O Fator de Correção Mensal (FCm) foi obtido pela relação entre o VMD no mês da contagem (fevereiro), e o VMD anual do posto de contagem permanente de tráfego, ou seja:

$$FCm = \frac{1763}{1789} = 0,986 \quad \text{Eq. 5.3}$$

O Fator de Correção Global (FCg) foi obtido pelo produto dos três fatores acima calculados conforme Tabela 5.7:

Tabela 5.7 – Fator de Correção Global (FCg)

FCh (1)	FCd(2)	FCm(3)	FCg (1) x (2) x (3)
0,779	0,993	0,986	0,762

Quadro 5.2 - Fator de Correção Horária (FCh)

PLANILHA DE CORREÇÃO DIÁRIA E MENSAL DE CONTAGEM DE TRÁFEGO																						
POSTO DE CONTAGEM PERMANENTE DE TRÁFEGO LOCALIZADO PRÓXIMO AO PAVIMENTO CONSTRUÍDO (ANÁLISE PARAMÉTRICA)																						
FATORES DE CORREÇÃO DIÁRIA (Fcd)																						
DIAS DA SEMANA >>>>>		segunda-feira			terça-feira			quarta-feira			quinta-feira			sexta-feira			sábado			domingo		
MESES	VMD	VMD	FC	VMD	FC	VMD	FC	VMD	FC	VMD	FC	VMD	FC	VMD	FC	VMD	FC	VMD	FC			
JANEIRO	1758	1721	0,979	1799	1,023	1767	1,005	1850	1,052	1981	1,127	1761	1,002	1613	0,918							
FEVEREIRO	1763	1689	0,958	1795	1,018	1805	1,024	1850	0,936	1983	1,125	1825	1,035	1583	0,898							
MARÇO	1781	1765	0,991	1828	1,026	1883	1,057	1880	1,056	1987	1,116	1664	0,934	1607	0,902							
ABRIL	1835	1765	0,962	1851	1,009	1941	1,058	2165	1,180	1924	1,049	1674	0,912	1739	0,948							
MAIO	1719	1689	0,983	1768	1,029	1825	1,062	1829	1,064	2030	1,181	1652	0,961	1337	0,778							
JUNHO	1687	1639	0,972	1698	1,007	1764	1,046	1817	1,077	1897	1,124	1664	0,986	1468	0,870							
JULHO	1764	1784	1,011	1736	0,984	1909	1,082	1829	1,037	2079	1,179	1782	1,010	1550	0,879							
AGOSTO	1788	1388	0,776	1731	0,968	2042	1,142	1916	1,072	1927	1,078	1756	0,982	1912	1,069							
SETEMBRO	1791	1415	0,790	1781	0,994	1999	1,116	1946	1,087	1925	1,075	1782	0,995	1842	1,028							
OUTUBRO	1839	1713	0,931	1838	0,999	1903	1,035	2079	1,131	2063	1,122	1735	0,943	1727	0,939							
NOVEMBRO	1802	1511	0,839	1819	1,009	1931	1,072	2054	1,140	2032	1,128	1710	0,949	1617	0,897							
DEZEMBRO	1939	1742	0,898	1890	0,975	2045	1,055	2093	1,079	2323	1,198	2111	1,089	1646	0,849							
MEDIA.....:	1789	1652	0,924	1795	1,003	1901	1,063	1926	1,076	2013	1,125	1760	0,983	1637	0,915							

FATOR CORREÇÃO MENSAL (FCm)	
MESES	VMD
JANEIRO	1758
FEVEREIRO	1763
MARÇO	1781
ABRIL	1835
MAIO	1719
JUNHO	1687
JULHO	1764
AGOSTO	1788
SETEMBRO	1791
OUTUBRO	1839
NOVEMBRO	1802
DEZEMBRO	1939
MEDIA	1789

CALCULO DO VDM ATUAL REFERENTE A CONTAGEM REALIZADA DE 14 A 16/02/2003 (TERÇA A QUINTA)									
DIA DO MÊS	DIA DA SEMANA	DIA DA SEMANA	PERÍODO/ HORÁRIO	VMD REALIZADO	FATORES DE CORREÇÃO			VDM ATUAL	
					Fch	Fcd	FCm		
14/2/2003	TERÇA	6:00 - 19:00		18306	0,779	0,993	0,986	24010	
15/2/2003	QUARTA	6:00 - 19:00		19102	0,779	0,993	0,986	25054	
16/2/2003	QUINTA	6:00 - 19:00		17701	0,779	0,993	0,986	23216	
								MEDIA DO VDM ATUAL =	24093

Quadro 5.3 – Fator de Correção Diária (FCd) e Fator de Correção Mensal (FCm)

PLANILHA DE CORREÇÃO DIÁRIA E MENSAL DE CONTAGEM DE TRÁFEGO															
POSTO DE CONTAGEM PERMANENTE DE TRÁFEGO LOCALIZADO PRÓXIMO AO PAVIMENTO CONSTRUÍDO (ANÁLISE PARAMÉTRICA)															
FATORES DE CORREÇÃO DIÁRIA (FCd)															
DIAS DA SEMANA >>>>>		segunda-feira		terça-feira		quarta-feira		quinta-feira		sexta-feira		sábado		domingo	
MESES	VMD	VMD	FC	VMD	FC	VMD	FC	VMD	FC	VMD	FC	VMD	FC	VMD	FC
JANEIRO	1758	1721	0,979	1799	1,023	1767	1,005	1850	1,052	1981	1,127	1761	1,002	1613	0,918
FEVEREIRO	1763	1699	0,958	1795	1,018	1805	1,024	1650	0,936	1983	1,125	1825	1,035	1583	0,898
MARÇO	1781	1765	0,991	1828	1,026	1883	1,057	1880	1,056	1987	1,116	1664	0,934	1607	0,902
ABRIL	1835	1765	0,962	1851	1,009	1941	1,058	2165	1,180	1924	1,049	1674	0,912	1739	0,948
MAIO	1719	1699	0,983	1768	1,029	1825	1,062	1829	1,064	2030	1,181	1652	0,961	1337	0,778
JUNHO	1687	1639	0,972	1698	1,007	1764	1,046	1817	1,077	1897	1,124	1664	0,986	1468	0,870
JULHO	1764	1784	1,011	1736	0,984	1909	1,082	1829	1,037	2079	1,179	1782	1,010	1550	0,879
AGOSTO	1788	1388	0,776	1731	0,968	2042	1,142	1916	1,072	1927	1,078	1756	0,982	1912	1,069
SETEMBRO	1791	1415	0,790	1781	0,994	1999	1,116	1946	1,087	1925	1,075	1782	0,995	1842	1,028
OUTUBRO	1839	1713	0,931	1838	0,999	1903	1,035	2079	1,131	2063	1,122	1735	0,943	1727	0,939
NOVEMBRO	1802	1511	0,839	1819	1,009	1931	1,072	2054	1,140	2032	1,128	1710	0,949	1617	0,897
DEZEMBRO	1939	1742	0,898	1890	0,975	2045	1,055	2093	1,079	2323	1,198	2111	1,089	1646	0,849
MEDIA.....	1789	1652	0,924	1795	1,003	1901	1,063	1926	1,076	2013	1,125	1760	0,983	1637	0,915

FATOR CORREÇÃO MENSAL (FCm)			
MESES	VMD	FCm	
JANEIRO	1758	0,98	
FEVEREIRO	1763	0,99	
MARÇO	1781	1,00	
ABRIL	1835	1,03	
MAIO	1719	0,96	
JUNHO	1687	0,94	
JULHO	1764	0,99	
AGOSTO	1788	1,00	
SETEMBRO	1791	1,00	
OUTUBRO	1839	1,03	
NOVEMBRO	1802	1,01	
DEZEMBRO	1939	1,08	
MEDIA	1789		

CALCULO DO VDM ATUAL REFERENTE A CONTAGEM REALIZADA DE 14 A 16/02/2003 (TERÇA A QUINTA)						
DIA DO MÊS	DIA DA SEMANA	PERÍODO/HORÁRIO REALIZADO	FATORES DE CORREÇÃO			VDM ATUAL
			FCh	FCd	FCm GLOBAL	
14/2/2003	TERÇA	6:00 - 19:00	0,779	0,993	0,762	24010
15/2/2003	QUARTA	6:00 - 19:00	0,779	0,993	0,762	25054
16/2/2003	QUINTA	6:00 - 19:00	0,779	0,993	0,762	23216
MEDIA DO VDM ATUAL =						24093

5.3.4 Comparação dos FV

Conforme já citado, os FV adotados no cálculo do número N do projeto de pavimentação, foram obtidos através de pesagens realizadas no PPV-9/2 localizado na BR-277/PR, Guarapuava-Relógio km 329,0, referente ao mês de dezembro de 1986. Para que a comparação seja coerente, foram considerados FV obtidos das pesagens do mesmo PPV, considerando o mês de dezembro/2002, e também os mesmos veículos, conforme Tabela 5.8.

Tabela 5.8 – FV do PPV-9/2 - dezembro/2002

Classe de Veículos	FV (AASHTO)	FV (USACE)
2C	1,38	1,56
3C	1,98	10,16
2S2	4,34	7,54
2S3	5,76	16,38
3S3	2,76	14,13

Como houve mudança no perfil do carregamento com a entrada de novos veículos de cargas, por exemplo, o caminhão de 7 eixos, com PBTC de 57,0 t, conhecido como bitrem (3D4) e o de 9 eixos, com PBTC de 74,0 t, conhecido como rodotrem (3T6), tem-se os valores dos FV mostrados na Tabela 5.9.

Tabela 5.9 - FV do PPV 9/2 – dezembro/2002 – caminhões 3D4 e 3T6

Classe de Veículos	FV (AASHTO)	FV (USACE)
3D4	6,24	23,09
3T6	7,62	39,85

A Tabela 5.10 mostra o resumo dos valores dos FV adotados no projeto de pavimentação, baseados nas pesagens do PPV 9/2 em dezembro/1986, com os valores calculados das pesagens do mesmo PPV em dezembro/2002, considerando os mesmos veículos.

Tabela 5.10 – FV do PPV 9/2 de 1986 e 2002

Veículos	AASHTO-1986	AASHTO-2002	USACE-1986	USACE-2002
2C	0,64	1,38	0,89	1,56
3C	1,33	1,98	7,13	10,16
2S2	2,65	4,34	8,15	7,54
2S3	3,41	5,76	13,11	16,38
3S3	2,26	2,77	14,80	14,13

Analisando os FV pela metodologia da AASHTO, constata-se que embora tenha havido diminuição na participação da frota do caminhão 2C, mesmo assim o FV teve um aumento de 156,0 % em 14 anos, passando de 0,64 para 1,38. O 3C aumentou 49,0 % passando de 1,33 para 1,98.

Para os caminhões maiores, o 2S2 teve um acréscimo de 64,0% passando de 2,65 para 4,34, o 2S3 aumentou 69,0 % passando de 3,41 para 5,76, e o 3S3 aumentou 23,0 % passando de 2,26 para 2,77.

Nos FV pela metodologia da USACE o caminhão 2C aumentou 75,0% passando de 0,89 para 1,56, o 3C aumentou 42,0 % passando de 7,13 para 10,16. Para os caminhões maiores, o 2S2 teve um decréscimo de 7,5% passando de 8,15 para 7,54, o 2S3 aumentou 25,0% passando de 13,11 para 16,38 e o caminhão 3S3 um decréscimo de 4,5 % passando de 14,80 para 14,13.

Quanto aos caminhões 3D4 os valores calculados dos FV, levando em conta as duas metodologias AASHTO e USACE foram respectivamente 6,24 e 23,09 (Tabela 5.9). Para o caminhão 3T6 os valores foram respectivamente 7,62 e 39,85 (Tabela 5.9). Esses dois caminhões não existiam em 1986.

5.3.5 Cálculo do Número N

O Quadro 5.4 mostra os cálculos do número N, aplicando-se as metodologias da AASHTO e da USACE.

Quadro 5.4 - Cálculo do número N

CALCULO DO NÚMERO "N" DO PAVIMENTO CONSTRUÍDO (ANÁLISE PARAMÉTRICA)													
FATORES DE VEÍCULOS ATUALIZADOS ATRAVÉS DE PESQUISAS DE PESAGENS													
BASE : PPV 9/2 - BR-277/PR, KM 329,0 - MÊS DEZEMBRO/2002													
TIPO DOS VEÍCULOS	ÔNIBUS	TRIBUS		CAMINHÕES		CAMINHÕES SEMI-REBOQUES					BITREM	Fator de Correção	
	2C	3C	2C	3C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	3D4	FCg = 0,762		
EIXOS	2	3	2	3	3	4	5	5	6	7	TOTAIS		
VMD COMERCIAL	48	112	956	2924	45	412	3432	50	1306	622	9908		
% COMERCIAL	0,48	1,13	9,65	29,51	0,46	4,15	34,64	0,50	13,18	6,28	100,00		
FATORES VEÍCULOS	AASHTO	1,38	1,98	1,38	1,98	0,00	4,34	5,76	0,00	2,76	6,24		
	USACE	1,56	10,16	1,56	10,16	0,00	7,54	16,38	0,00	14,13	23,09		
Produtos	AASHTO	0,67	2,24	13,32	58,43	0,00	18,03	199,52	0,00	36,39	39,17	367,78	
% x FV	USACE	0,76	11,52	15,06	299,84	0,00	31,33	567,38	0,00	186,30	144,95	1257,13	
FATORES DE VEÍCULOS MÉDIOS DA FROTA										AASHTO =	3,68	USACE=	12,57
DADOS BÁSICOS	TAXA DE CRESCIMENTO (% AO ANO)					PISTA		Fator Direcional		Relação USACE/AASHTO			
	Automóveis	Ônibus	Caminhões	linear	a partir de 2003	S/D	k		AASHTO				
					3,00%	D	0,7		3,42				
CALCULO DO NÚMERO "N" AO LONGO DA VIDA ÚTIL													
Ano	Período Análise	Vida Útil	Volumes por tipo de veículos				TMDA Comercial	Np - AASHTO		Np - USACE			
			Automóveis	Onibus	Caminhões (todos os tipos)			No ano	Acumulado	No ano	Acumulado		
2003	vida útil	1	11099	210	12785	Contagem realizada	12995	1,22E+07	1,22E+07	4,17E+07	4,17E+07		
2004	vida útil	2	11432	217	13168	Estimativa	13385	1,26E+07	2,48E+07	4,30E+07	8,47E+07		
2005	vida útil	3	11775	223	13564	Estimativa	13787	1,30E+07	3,77E+07	4,43E+07	1,29E+08		
2006	vida útil	4	12128	230	13970	Estimativa	14200	1,33E+07	5,11E+07	4,56E+07	1,75E+08		
2007	vida útil	5	12492	237	14390	Estimativa	14626	1,37E+07	6,48E+07	4,70E+07	2,22E+08		
2008	vida útil	6	12866	244	14821	Estimativa	15065	1,42E+07	7,90E+07	4,84E+07	2,70E+08		
2009	vida útil	7	13252	251	15266	Estimativa	15517	1,46E+07	9,36E+07	4,98E+07	3,20E+08		
2010	vida útil	8	13650	259	15724	Estimativa	15982	1,50E+07	1,09E+08	5,13E+07	3,71E+08		
2011	vida útil	9	14059	266	16196	Estimativa	16462	1,55E+07	1,24E+08	5,29E+07	4,24E+08		
2012	vida útil	10	14481	274	16681	Estimativa	16956	1,59E+07	1,40E+08	5,45E+07	4,79E+08		
2013	vida útil	11	14916	283	17182	Estimativa	17464	1,64E+07	1,56E+08	5,61E+07	5,35E+08		
2014	vida útil	12	15363	291	17697	Estimativa	17988	1,69E+07	1,73E+08	5,78E+07	5,92E+08		
2015	vida útil	13	15824	300	18228	Estimativa	18528	1,74E+07	1,91E+08	5,95E+07	6,52E+08		
2016	vida útil	14	16299	309	18775	Estimativa	19084	1,79E+07	2,09E+08	6,13E+07	7,13E+08		
2017	vida útil	15	16788	318	19338	Estimativa	19656	1,85E+07	2,27E+08	6,31E+07	7,76E+08		
2018	vida útil	16	17291	328	19918	Estimativa	20246	1,90E+07	2,46E+08	6,50E+07	8,41E+08		
2019	vida útil	17	17810	337	20516	Estimativa	20854	1,96E+07	2,66E+08	6,70E+07	9,08E+08		
2020	vida útil	18	18344	348	21132	Estimativa	21479	2,02E+07	2,86E+08	6,90E+07	9,77E+08		
2021	vida útil	19	18895	358	21765	Estimativa	22123	2,08E+07	3,07E+08	7,11E+07	1,05E+09		
2022	vida útil	20	19462	369	22418	Estimativa	22787	2,14E+07	3,28E+08	7,32E+07	1,12E+09		

5.3.6 Comparação dos Números N

A Tabela 5.11 mostra os valores dos números N referentes aos anos de 2007, 2012 e 2017, horizontes de vida de projeto em 10, 15 e 20 anos, conforme foi mostrado na Tabela 5.6.

Tabela 5.11 – Comparativo dos números N

Vida útil de projeto (anos)	N (AASHTO) Ano: 1986	N (AASHTO) Ano: 2002	N (USACE) Ano: 1986	N (USACE) Ano: 2002
2007 (10 anos)	$2,20 \times 10^7$	$6,48 \times 10^7$	$9,07 \times 10^7$	$2,22 \times 10^8$
2012 (15 anos)	$3,56 \times 10^7$	$1,40 \times 10^8$	$1,47 \times 10^8$	$4,79 \times 10^8$
2017 (20 anos)	$5,15 \times 10^7$	$2,27 \times 10^8$	$2,13 \times 10^8$	$7,76 \times 10^8$

Analisando-se os números N pela metodologia da AASHTO constata-se que para o horizonte de projeto de 10 anos (2007) o número N considerado no dimensionamento do projeto foi ultrapassado em 194,0%, passando de $2,20 \times 10^7$ para $6,48 \times 10^7$. Para o horizonte de projeto de 15 anos (2012) ultrapassado em 293,0%, passando de $3,56 \times 10^7$ para $1,40 \times 10^8$ e finalmente para o horizonte de projeto de 20 anos (2017), ultrapassado em 340,0% passando de $5,15 \times 10^7$ para $2,27 \times 10^8$.

Pela metodologia da USACE constata-se que para o horizonte de projeto de 10 anos (2007) o número N considerado no dimensionamento do projeto foi ultrapassado em 144,0% passando de $9,07 \times 10^7$ para $2,22 \times 10^8$. Para o horizonte de projeto de 15 anos (2012) ultrapassado em 225,0% passando de $1,47 \times 10^8$ para $4,79 \times 10^8$ e finalmente para o horizonte de projeto de 20 anos (2017), ultrapassado em 264,0% passando de $2,13 \times 10^8$ para $7,76 \times 10^8$.

Analisando-se os valores constantes no Quadro 5.14 constata-se que o valor final do número $N_{(AASHTO)}$ calculado em $5,15 \times 10^7$ será atingido entre os anos de 2006 ($5,11 \times 10^7$) e 2007 ($6,48 \times 10^7$) e para o número $N_{(USACE)}$ calculado em $2,13 \times 10^8$ será atingido entre os anos de 2006 ($1,75 \times 10^8$) e 2007 ($2,22 \times 10^8$).

5.3.7 Conclusão desse Item

Conclui-se que o Estudo de Tráfego quando estimou os volumes de tráfego de outras rodovias existentes, próximas ao local, não conseguiu prever a grande demanda de movimento de veículos que teria o trecho pavimentado. Embora tenha ocorrido um atraso de quatro anos da entrada em serviço, previsto inicialmente para 1998, mas devido aos atrasos citados anteriormente, só ocorreu em 2002, a diferença foi muito grande. Além disso, os valores dos FV aumentaram em função

da entrada de novos caminhões, maiores e mais pesados, e também de alterações na legislação de trânsito que permitiram tolerâncias nas pesagens que anteriormente não existiam.

5.3.8 Dimensionamento da Estrutura do Pavimento

No dimensionamento da estrutura do pavimento empregou-se modelos mecânicos que basicamente constou das análises das deflexões, tensões e deformações em diversos pontos críticos do pavimento, em função das variações das cargas, espessuras e módulos elásticos dos materiais constituintes da estrutura. Foi aplicado o programa computacional ELSYM5 para os cálculos das tensões, deformações e deslocamentos em um sistema de camadas elástico-lineares. Os dados de entrada para dimensionamento mecânico foram os seguintes, conforme Tabela 5.12.

Tabela 5.12 – Dados de entrada do programa ELSYM5

Camadas	Módulos de Resiliência	Coefficientes de Poisson
01	4000 MPa – revestimento	0,35
02	400 MPa – base	0,35
03	7000 MPa – subbase	0,20
04	65 MPa – reforço do subleito	0,40
05	55 MPa – subleito	0,45

O dimensionamento estrutural do pavimento foi do tipo pavimento invertido e teve as seguintes camadas, conforme Tabela 5.13.

Tabela 5.13 – Estrutura projetada

Camadas do Pavimento	Espessuras (cm)
REVESTIMENTO: Concreto Asfáltico (CA)	11,0
BASE: Brita Graduada Simples (BGS)	15,0
SUBBASE : Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC -3%)	19,0
REFORÇO DO SUBLEITO : Macadame Seco (MS)	30,0
SUBLEITO : Tipo III com CBR = 3% (SL)	Semi-infinita

5.3.9 Análise Mecânica do Dimensionamento com Aplicação do Programa ELSYM5

Dados de entrada, conforme Tabelas 5.12 e 5.13

Carregamento:

- Carga por roda (considerado o ESRD) = 2.050,0 kg
- Pressão de inflação do pneu = 5,70 kg/cm² (80 psi)

Localização da carga :

- ponto 1 = centro do pneu (X = 0 Y = 0)
- ponto 2 = centro entre os pneus (X=32 cm Y= 0)

Profundidades de análises:

- ponto 1 – Z = 0,0 cm
- ponto 2 – Z = 11,0 cm
- ponto 3 – Z = 26,0 cm
- ponto 4 – Z = 45,0 cm
- ponto 5 – Z = 75,0 cm

Os resultados finais foram os seguintes, conforme consta na Tabela 5.14.

Tabela 5.14 – Resultados finais do desempenho da estrutura projetada

Camadas	Desempenho da Estrutura Projetada	Valores Obtidos
1 (CA)	Máxima deflexão vertical acumulada no topo da camada do revestimento em concreto asfáltico	32,25 x10 ⁻² mm
1 (CA)	Máxima deformação horizontal de tração na fibra inferior da camada do revestimento em concreto asfáltico	1,23 x 10 ⁻⁴ cm/cm
4 BGTC)	Máxima deformação horizontal de tração na fibra inferior da camada de Brita Graduada Tratada com Cimento	4,75 x10 ⁻⁵ cm/cm
5 (SL)	Máxima tensão vertical no topo da camada do subleito	7,95 x10 ⁻² kg/cm ²

5.3.9.1 Verificações de atendimento às premissas do projeto

a) Cálculo do número $N_{\text{admissível}}$ a partir da máxima deflexão vertical acumulada no topo da camada do revestimento em concreto asfáltico : $\delta = 32,25 \times 10^{-2}$ mm

– Utilização do modelo Pinto e Preussler (DNER,94): $\log(\delta) = 3,148 - 0,188 \times \log(N)$

$$N_{\text{admissível}} = 5,26 \times 10^8$$

b) Cálculo do número N_{fadiga} a partir da máxima deformação horizontal de tração na camada inferior do revestimento em concreto asfáltico : $\epsilon_t = 1,23 \times 10^{-4}$ cm/cm

– Utilização do modelo Pinto e Preussler (2002): $N_f = 1,21 \times 10^{-3} \times (1/\epsilon_t)^{2,66}$

$$N_{\text{fadiga}} = 3,05 \times 10^7$$

c) Cálculo do número N de fadiga a partir da máxima deformação horizontal de tração na camada inferior da base cimentada : $\epsilon_t = 4,5 \times 10^{-5}$ cm/cm

– Utilização do modelo AASHTO: $N_f = 10^{(9,11 - 0,05/8 \times E_t)}$

$$N_f = 1,29 \times 10^9$$

d) Cálculo da deformação permanente considerando a máxima tensão vertical no topo da camada do subleito : $\sigma_{t_{\text{máx.}}} = 7,95 \times 10^{-2}$ kg/cm²

– Utilização do modelo de Heukelon (TRICHÉS, 2002a):

$$\sigma_{t_{\text{adm}}} = 0,006 \times MR_{\text{subleito}}/1 + (0,7 \times \log N_{\text{admissível}})$$

$$\text{Sendo: } MR_{\text{subleito}} = 550 \text{ kg/cm}^2 \text{ e } N_{\text{admissível}} = 5,26 \times 10^8$$

$$\sigma_{t_{\text{adm}}} = 4,65 \times 10^{-1} \text{ kg/cm}^2$$

As análises dos resultados obtidos permitem estabelecer algumas conclusões:

a) No critério da máxima deflexão no topo da camada de revestimento o valor calculado de $32,25 \times 10^{-2}$ cm/cm, com aplicação do modelo do DNER (DNER, 1994), o valor do número $N_{\text{admissível}}$ é de $5,26 \times 10^8$. Comparando-se com o número N calculado pela metodologia da USACE (Quadro 5.14), vê-se que esse valor será atingido entre 2012 ($4,79 \times 10^8$) e 2013 ($5,35 \times 10^8$).

- b) No critério da fadiga considerando a máxima deformação horizontal de tração na fibra inferior da camada de revestimento o valor calculado de $1,23 \times 10^{-4}$ cm/cm, com aplicação do modelo Pinto e Preussler (2002), sendo o valor do número N de fadiga de $3,05 \times 10^7$. Comparando-se com o número $N_{(AASHTO)}$ acumulado, conforme Quadro 5.14, constata-se que esse valor é atingido em 2005 ($3,77 \times 10^7$).
- c) No critério da fadiga considerando a máxima deformação horizontal de tração na fibra inferior da camada cimentada (BGTC), o valor calculado de $4,75 \times 10^{-4}$ cm/cm, com aplicação do modelo da AASHTO (TRICHÊS, 2002b), perfaz um número N de fadiga igual a $1,29 \times 10^9$. Comparando-se com o número N_{AASHTO} acumulado, conforme Quadro 5.14, vê-se que esse valor será atingido somente no final de vida útil em 2022 ($1,12 \times 10^9$).
- d) No critério da deformação permanente considerando a máxima tensão vertical no topo do subleito pelo modelo de Heukelon (TRICHÊS, 2002a) o valor calculado de $7,95 \times 10^{-2}$ kg/cm², constata-se que o valor da máxima tensão admissível de $4,65 \times 10^{-1}$ kg/cm², seis vezes menor, considerando o valor do $N_{admissível} = 5,26 \times 10^8$ não será atingido em toda a vida útil do projeto.

5.3.9.2 Conclusão desse item

Na aplicação do programa mecanístico ELSYM5 conclui-se que o número N admissível a partir da máxima deflexão vertical acumulada no topo da camada do revestimento em concreto asfáltico, calculado em $5,26 \times 10^8$ e comparando-se com o valor do número N_{USACE} , conforme cálculos do Quadro 5.14, conclui-se que o mesmo será atingido entre 2012 e 2013, considerando a vida útil de projeto entre 2003 a 2022.

Levando em consideração a máxima deformação horizontal de tração na fibra inferior da camada do revestimento em concreto asfáltico, conclui-se que o número N de fadiga, calculado em $3,05 \times 10^7$ e comparando-se com o valor do número

N_{AASHTO} acumulado, conforme cálculos do Quadro 5.14, conclui-se que o mesmo é em 2005, considerando a vida útil de projeto entre 2003 a 2022.

Levando-se em consideração a máxima deformação horizontal de tração na fibra inferior da camada cimentada, conclui-se que o número N de fadiga, calculado em $1,29 \times 10^9$ e comparando-se com o valor do número N_{USACE} acumulado, conforme cálculos do Quadro 5.14, conclui-se que o mesmo será atingido somente no final de vida útil de projeto em 2022, considerando a vida útil de projeto entre 2003 a 2022.

E por fim levando-se em consideração a máxima tensão vertical no topo da camada do subleito, conclui-se que o valor calculado de $7,95 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}^2$, não será atingido durante a vida útil do projeto, tendo em vista que o valor calculado da máxima tensão admissível de $4,65 \times 10^{-1} \text{ kg/cm}^2$ é seis vezes maior, considerando o valor do $N_{admissível} = 5,26 \times 10^8$.

A estrutura dimensionada sob análise do programa computacional ELSYM5 está subdimensionada pelo considerando o atual tráfego solicitante, portanto inadequada.

5.4 APLICAÇÃO DO PROGRAMA MEPDG DO GUIA AASHTO/2002

5.4.1 Dados de Entrada

5.4.1.1 Tráfego

Como já citado anteriormente o novo Guia AASHTO/2002 considera as cargas de tráfego em termos de espectro de carga para cada tipo de configuração de eixos, abandonando o conceito de carga de eixo simples equivalente. Os dados de entrada do tráfego foram considerados como do Nível 1, ou seja, introduzidos valores das condições locais, tais como: Distribuição de Veículos por Classe do TMDA, Distribuição Horária do Tráfego de Caminhões, Fator de Crescimento (adotado crescimento linear de 3,0%), Distribuição de Carga por Eixo (espectro de carga do PPV 9-1 considerando os veículos 2C-classe 5, 3C- classes 4 e 6, 2S3 – classe 9, 3S3-classe 10 e 3D4-classe 13), Número de Eixos por Caminhões (também baseado no espectro de carga do PPV 9-1). A única exceção foi o Fator de Correção

Mensal (FCm), cujo valor igual a 1,0, é praticamente o mesmo das condições brasileiras, conforme consta no Quadro 5.9.

5.4.1.2 Clima

Foi considerada a condição climática do Estado da Flórida, localizado no sul dos Estados Unidos, assemelhando-se com as condições do Estado do Paraná, principalmente na região metropolitana da cidade de Curitiba, capital do Estado, onde se desenvolve a rodovia hipotética em análise, inclusive no que se refere aos índices pluviométricos médios, de aproximadamente 2.400 mm de chuva por ano, segundo o SIMEPAR – Tecnologia e Informações Ambientais (SIMEPAR, 2005).

5.4.1.3 Estrutura

O dimensionamento da estrutura projetada é mostrado na Tabela 5.13. As características principais da camada de revestimento em concreto asfáltico são mostradas na Tabela 5.15. As Tabelas 5.16, 5.17 e 5.18, a seguir, apresentam na coluna 3, tradução e equivalência da coluna 2, entre o padrão americano e o padrão brasileiro.

Tabela 5.15 – Características principais da camada do concreto asfáltico

Camada 1	Características principais	
	Padrão americano	Padrão brasileiro
Revestimento em Concreto Asfáltico (Asphalt Concrete)	<i>Thickness (in) = 5,0</i>	Espessura (cm) = 11,0
	<i>Effective binder content (%) = 5,7</i>	Teor de ligante (%) = 5,7
	<i>Air voids (%) = 4,0</i>	Vazios de ar (%) = 4,0
	<i>Total unit weight (pcf) = 142</i>	Peso específico (kg/cm ³) = 2,5
	<i>Poisson's ration = 0,35</i>	Coefficiente de Poisson = 0,35
	<i>Cumulative % retained 3/4 inch = 0</i>	Retido acumulado peneira 3/4 = 0 %
	<i>Cumulative % retained 3/8 inch = 16</i>	Retido acumulado peneira 3/8 = 16,0 %
	<i>Cumulative % retained # 4 sieve = 35</i>	Retido acumulado # 4 = 35,0%
	<i>% Passing #200 sieve (%) = 7</i>	Passando # 200 = 7,0 %
<i>Asphalt binder = pen 60 - 70</i>	Ligante = penetração 60 -70	

As características principais da camada de brita graduada simples, camada cimentada e do reforço do subleito em macadame seco são mostradas nos Quadros 5.16, 5.17 e 5.18.

Tabela 5.16 – Características principais da brita graduada simples

Camada 2	Características principais	
	Padrão americano	Padrão brasileiro
Brita Graduada Simples (Crushed stone)	<i>Thickness (in) = 6,0</i>	Espessura (cm) = 15,0
	<i>Poisson's ration = 0,35</i>	Coeficiente de Poisson = 0,35
	<i>Modulus (psi) = 55000</i>	Modulo (kg/cm ²) = 4000
	<i>Plasticity index, PI = 0</i>	Índice de plasticidade ,IP = 0
	<i>% Passing #200 sieve (%) = 6</i>	Passando # 200 = 6,0 %
	<i>% Passing # 4 sieve (%) = 53</i>	Passando # 4 = 53,0 %
	<i>Maximum dry unit weight (pcf) = 134</i>	Peso específico máximo seco (kg/cm ³) = 2,3
	<i>Optimum gravimetric water content (%) = 8,5</i>	Umidade ótima = 8,5 %
	<i>Calculated degree of saturation (%) = 78</i>	Grau de saturação calculada = 78,0 %

Tabela 5.17 – Características da camada cimentada

Camada 3	Características principais	
	Padrão americano	Padrão brasileiro
Brita Graduada Tratada com Cimento (Cement Stabilized)	<i>Thickness (in) = 7,0</i>	Espessura (cm) = 19,0
	<i>Unit weight (pcf) = 148</i>	Peso específico (kg/cm ³) = 2,6
	<i>Poisson's ration = 0,20</i>	Coeficiente de Poisson = 0,20
	<i>Elastic/resilient modulus (psi) = 970000</i>	Modulo de resiliência (kg/cm ²) = 70000,0

Tabela 5.18 – Características principais da camada de macadame seco

Camada 4	Características Principais	
	Padrão americano	Padrão brasileiro
Macadam e Seco (crushed stone)	<i>Thickness (in) = 12,0</i>	Espessura (cm) = 30,0
	<i>Poisson's ration = 0,40</i>	Coeficiente de Poisson = 0,40
	<i>Modulus (psi) = 9000</i>	Modulo (kg/cm ²) = 650,0
	<i>Plasticity index, PI = 0</i>	Índice de plasticidade = 0
	<i>% Passing #200 sieve (%) = 0</i>	Passando # 200 = 0,0 %
	<i>% Passing # 4 sieve (%) = 0</i>	Passando # 4 = 0,0 %
	<i>Maximum dry unit weight (pcf) = 120</i>	Peso específico máximo seco (kg/cm ³) = 2,1
	<i>Optimum gravimetric water content (%) = 7,3</i>	Umidade ótima = 7,3 %
	<i>Calculated degree of saturation (%) = 78</i>	Grau de saturação calculada = 78,0 %

As características principais do subleito são mostradas na Tabela 5.19.

Tabela 5.19 – Características principais do subleito

Camada 5	Características principais	
Subleito	Padrão americano	Padrão brasileiro
(A-7-5)	<i>Thickness (in) = semi-infinite</i>	Espessura (cm) = semi-infinita
	<i>Poisson's ration = 0,45</i>	Coefficiente de Poisson = 0,45
	<i>Modulus (psi) = 8000</i>	Modulo (kg/cm ²) = 550,0
	<i>Plasticity index, PI = 17</i>	Índice de plasticidade = 17
	<i>% Passing #200 sieve (%) = 77</i>	Passando # 200 = 77,0 %
	<i>% Passing # 4 sieve (%) = 100</i>	Passando # 4 = 100,0 %
	<i>Maximum dry unit weight (pcf) = 106,2</i>	Peso específico máximo sêco (kg/cm ³) = 1,75
	<i>Optimum gravimetric water content (%) = 27</i>	Umidade ótima = 27,0 %

5.4.2 Critérios de Desempenho

Foram considerados os seguintes critérios de desempenho do pavimento dimensionado, levando em conta um período de vida útil de 20 anos, a partir de dezembro/2002:

- Irregularidade longitudinal (IRI) inicial = 2,0 m/km (50 in/mi)
- Irregularidade longitudinal (IRI) final = 5,0 m/km (123 in/mi)
- Trincas longitudinais (do topo para baixo) = 500,0 m/km (1000 ft/mil)
- Trincas de fadiga classe 3 (de baixo para topo) = 40,0%
- Trincas transversais térmicas = 500,0 m/km (1000 ft/mil)
- Afundamento de trilha de roda no CBUQ = 12,7 mm (0,50 pol)
- Afundamento de trilha de roda no pavimento total = 19,5 mm (0,75 pol)

O nível de confiabilidade adotado foi de 90% para todos os critérios de desempenho.

5.4.3 Análises dos Gráficos

Nas análises dos gráficos constata-se o seguinte:

- Irregularidade longitudinal final (IRI): o valor limite final de 5,0 m/km (123 in/pol) praticamente será atingido somente no final da vida útil da rodovia, em novembro/2022, satisfazendo o critério de desempenho inicialmente proposto, conforme se vê na Figura 5.5.
- Trincas longitudinais (do topo para baixo): o valor limite de 500,0 m/km (1000 ft/mil) será atingido no 12º ano de vida útil do pavimento, em 2015, não satisfazendo o critério de desempenho inicialmente proposto, conforme se vê na Figura 5.6.
- Trincas crocodilo (de baixo para topo): o valor limite de 40,0 % de área com trincamento interligado (tipo3), será atingido no 10º ano de vida útil do pavimento, em 2012, não satisfazendo o critério de desempenho inicialmente proposto no que se refere à fadiga, conforme se vê na Figura 5.7.
- Trincas transversais térmicas: o valor limite de 500,0 m/km (1000 ft/mi) não será atingido até o final da vida útil do pavimento, satisfazendo o critério de desempenho inicialmente proposto, conforme se vê na Figura 5.8.
- Afundamento de trilha de roda: considerando somente deformação permanente na capa o valor limite de 12,7 mm (0,5 in) será atingido no 12º ano, em 2015, e levando-se em conta o pavimento total, o valor limite de 19,5 mm será atingido em 7,5 anos, entre 2010 e 2011, em ambos os casos, não satisfazendo os critérios de desempenhos inicialmente propostos, conforme se vê na Figura 5.9.

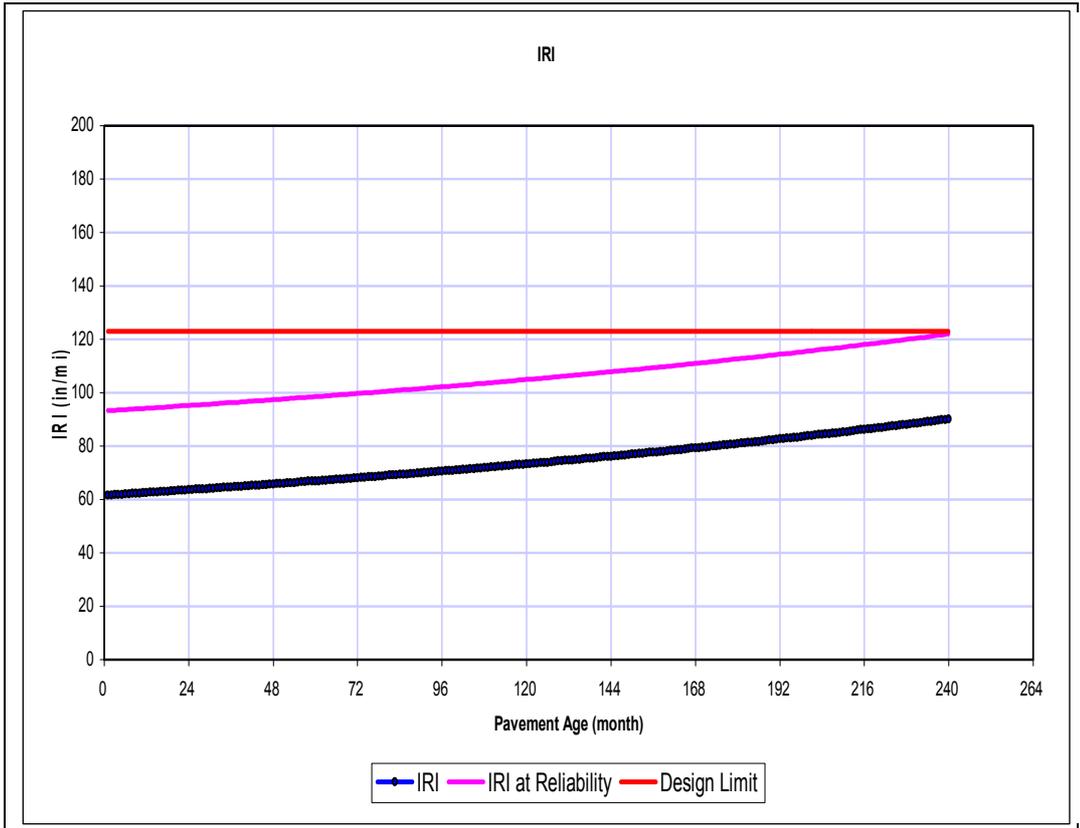


Figura 5.1 – Evolução da Irregularidade (IRI)

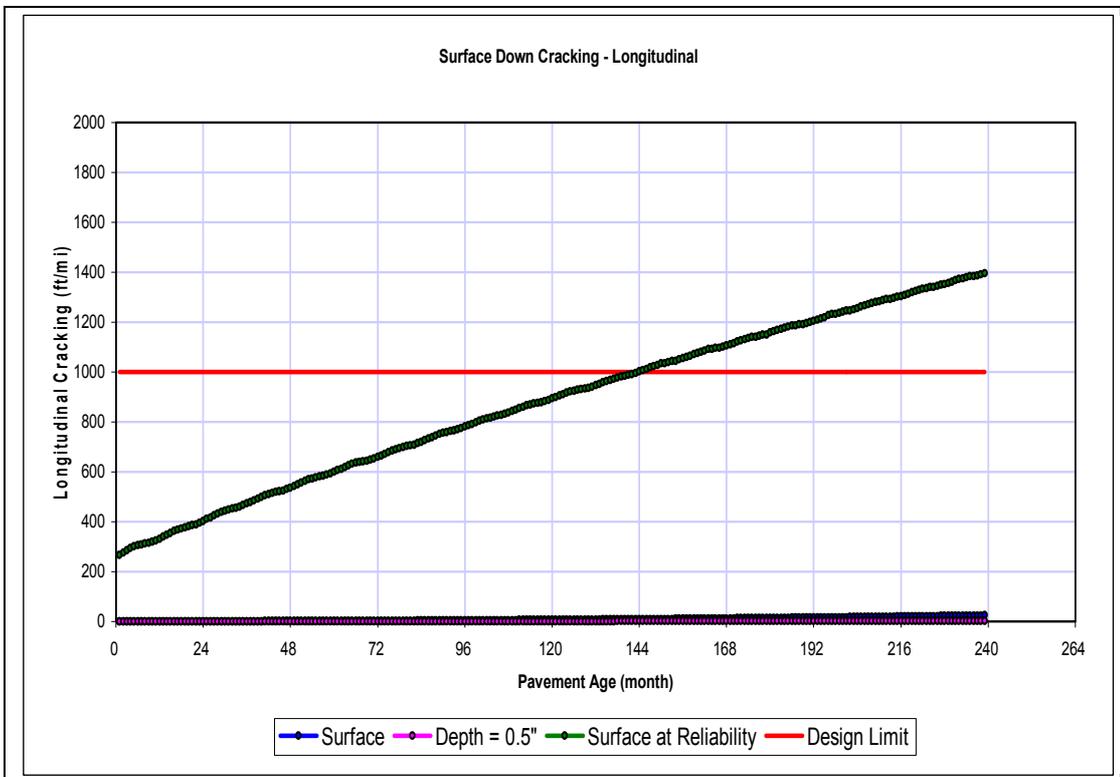


Figura 5.2 – Evolução das trincas longitudinais de cima para baixo

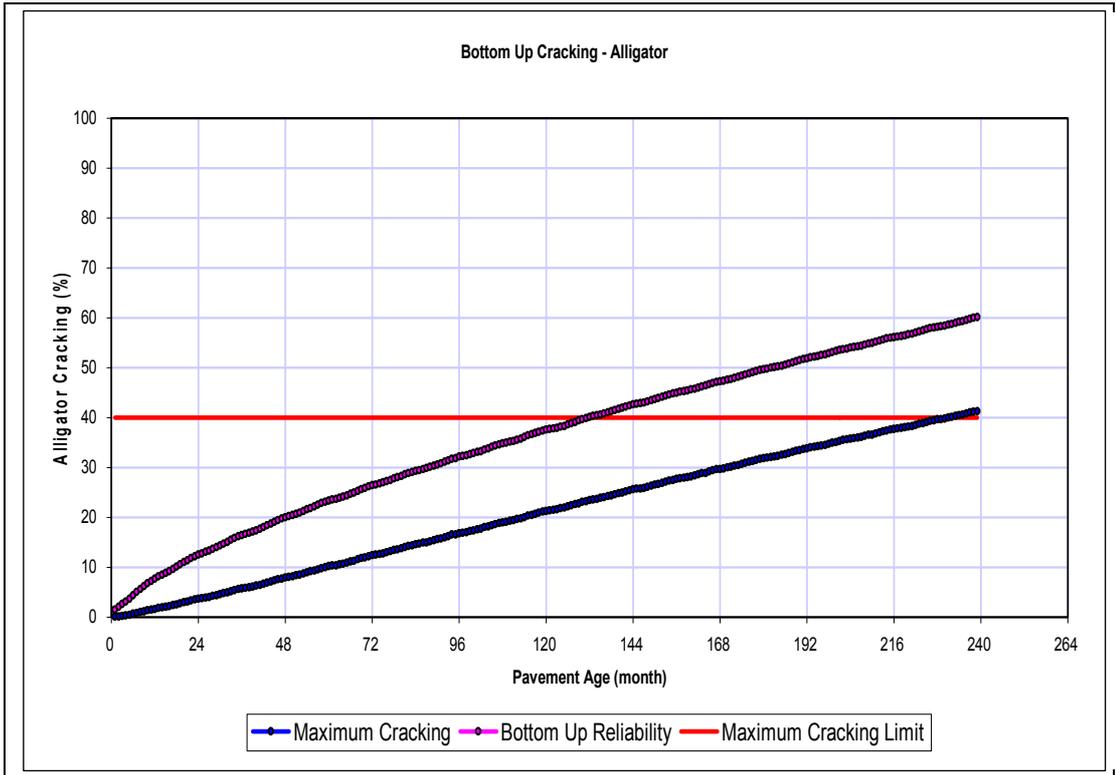


Figura 5.3 – Evolução das trincas crocodilo de baixo para cima.

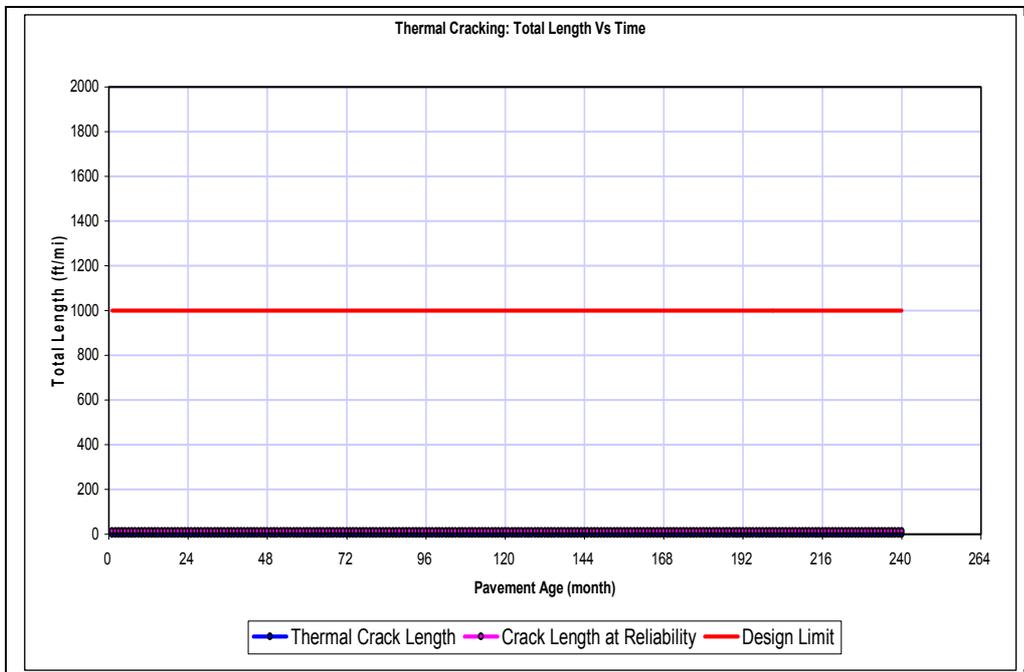


Figura 5.4 – Evolução das trincas térmicas

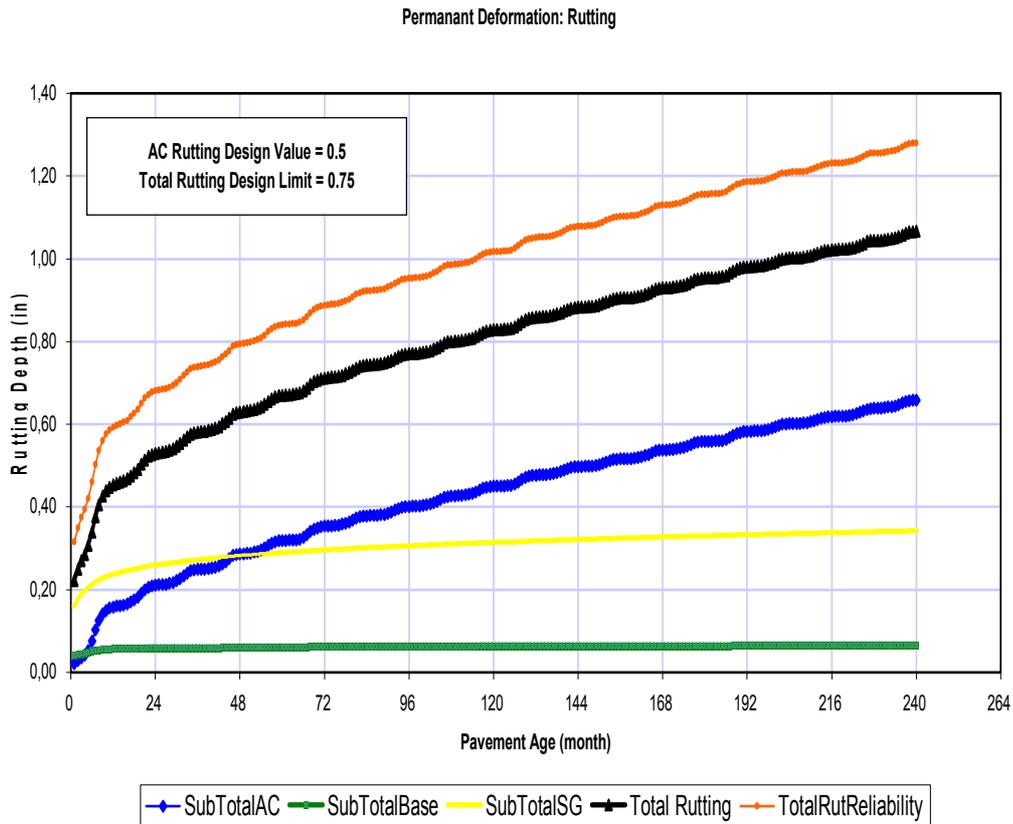


Figura 5.5 – Evolução do afundamento de trilha de roda no concreto asfáltico e no pavimento total

5.4.3.1 Conclusões desse item

A estrutura de pavimento dimensionada, objeto da análise paramétrica, e considerando as premissas do programa computacional MEPDG (TRB, 2005), não satisfaz plenamente todos os critérios de desempenho inicialmente propostos. Dos cinco itens previamente determinados, os dois principais que se referem aos fenômenos mais relevantes que acontecem nos pavimentos, trincas de fadiga e deformação permanente, são atingidos antes do término da vida útil de projeto, confirmando que a estrutura projetada para 20 anos a partir de dezembro/2002, não tem condições de suportar aos esforços solicitantes, atingindo a ruína antes do prazo previsto, podendo concluir-se que a mesma está subdimensionada tendo em vista o tráfego atual solicitante.

As vantagens do programa MEPDG são as possibilidades plenas de avaliações mensais dos danos acumulados, conforme aparecem nas planilhas geradas pelo sistema, contidas no Anexo A.

O ideal seria avaliar anualmente o pavimento, comparando-se os danos acumulados dos defeitos com os valores gerados pelo programa, para que se possa verificar a eficiência e a confiabilidade dos dados calculados.

Avaliações mais depuradas, sem dúvida, poderiam angariar mais certezas quanto à aplicabilidade prática do programa, na tentativa de convencer a comunidade rodoviária, de que uma nova ferramenta útil e prática, embora desenvolvida em outro país, está disponível e pronta para ser aplicada no dimensionamento de estruturas de pavimentos no Brasil.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

Com base nos dados de pesagens obtidas em 7 Postos de Pesagens de Veículos em Rodovias Federais Concessionadas no Estado do Paraná, no ano de 2002, foi possível concluir o seguinte:

- Constatou-se mudança no comportamento do tráfego com a entrada no mercado de novas composições de veículos de carga, mais longos e com maior capacidade de carga e mudanças também, na legislação de trânsito, mostrando que decisões tomadas pelos legisladores nos últimos anos, nem sempre vieram de encontro aos interesses da preservação dos pavimentos no país.
- Quanto aos valores calculados dos Fatores de Veículos, o caminhão 3T6, se comparado ao caminhão 3D4, com apenas um conjunto de eixo tandem-duplo a mais no semi-reboque, levando-se em consideração a metodologia da USACE, foi de 36,01 contra 18,75, 92,05% a mais. Muito embora a sua participação na frota, relativamente pequena, 0,61% contra 15,43% do 3D4, constatou-se que esses caminhões trafegaram com maiores sobrecargas, provocando maiores danos aos pavimentos. Ao contrário, por exemplo, do caminhão 3S3 se comparado ao caminhão 2S3 com um eixo a menos no cavalo-mecânico. Os valores de FV foram menores, pela metodologia da USACE foi de 12,63 contra 15,43, 18,15% a menos e pela metodologia da AASHTO foi de 2,55 contra 4,88, 47,74% a menos, constatou-se que esses caminhões trafegaram com menores sobrecargas, portanto mais amigáveis aos pavimentos do que os caminhões 2S3.
- Análises estatísticas mais depuradas realizadas no PPV 9/1, BR-277, São Luiz do Purunã – Curitiba, km 137,0, o mais importante do Estado do Paraná pela sua localização estratégica (28137 pesagens) e outros 2 PPV que os procedem, o PPV 9/9, BR-376 Mauá da Serra - Ortigueira, km 297, norte do Estado (21292 pesagens) e o PPV 9/2, BR-277, Relógio-Guarapuava, km 329,0, centro-oeste do Estado (4319 pesagens), perfazendo 53749 pesagens,

36% do total dos 7 PPV pesquisados, constatou-se que de todos os caminhões que passaram pelas 3 balanças, os de maior frequência foram pela ordem 2S3, 3C, 3D4 e 3S3. Tabelas de frequências de tabulações e gráficos de frequências relativas mostraram que os eixos direcionais de todos eles, considerando-se somente a carga legal sem tolerância, os valores médios dos excessos foram respectivamente: 1,83%, 4,94%, 5,43% e 1,97% e considerando-se a tolerância de 7,5%, permitida pela Resolução nº. 102 de 20/09/1999 do CONTRAN, os valores médios dos excessos foram respectivamente: 0,35%, 1,97%, 0,81% e 0,22%. Nos eixos de tração, considerando-se somente a carga legal sem tolerância os valores médios dos excessos foram respectivamente: 89,05%, 43,47%, 80,85% e 7,48% e considerando-se a tolerância de 7,5%, permitida pela Resolução nº. 102 de 20/09/1999 do CONTRAN, os valores médios dos excessos foram respectivamente: 74,10%, 6,70%, 27,58% e 0,76%. Nos eixos dos semi-reboques (ETT) dos caminhões 2S3 e 3S3, considerando-se somente a carga legal sem tolerância os valores médios dos excessos foram respectivamente: 39,38% e 9,85% e considerando-se a tolerância de 7,5%, permitida pela Resolução nº. 102 de 20/09/1999 do CONTRAN os valores médios dos excessos foram respectivamente: 3,65% e 1,40%. Nos eixos dos semi-reboques (ETD) do caminhão 3D4, considerando-se somente a carga legal sem tolerância os valores médios dos excessos no 1º e 2º eixo foram respectivamente: 39,75% e 27,93% considerando-se a tolerância de 7,5% os valores médios dos excessos no 1º e 2º eixo foram respectivamente: 2,64% e 3,73%.

- Em resumo, os eixos direcionais dos caminhões 2S3, 3C, 3D4 e 3S3 não apresentam grandes excessos de cargas, tanto na carga legal sem tolerância bem como com a tolerância de 7,5%. Nos eixos de tração, pelo contrário, os excessos foram consideráveis, principalmente nos caminhões 2S3 e 3D4, esse último com elevado valor de Peso Bruto Total a ser tracionado por um único sistema de eixo de 4 rodas, a chamada tração 6x2, permitida pela Resolução nº. 184 de 21/10/2005 do CONTRAN. A disposição física da transmissão da carga à superfície do pavimento é de elevado esforço tangencial nas situações de aceleração do veículo e nas rampas em aclave,

que concentra os riscos de arrancamento dos granulares do concreto asfáltico, acarretando desagregação dessa camada, da base ou da capa do pavimento antigo, no caso de ter havido recapeamento de concreto asfáltico. Ocorrido o descolamento, as condições assumidas nos dimensionamentos dos pavimentos realizados pelos métodos de abordagens mecânicas estarão alteradas, com a conseqüente alteração do estado de tensões e deformações. O pavimento entra em rápido processo de deterioração e colapso. O elevado esforço tangencial concentrado sob o pneu trator desses veículos, conduz ao processo de formação das ondulações da camada da superfície do pavimento, ocorrendo geralmente nos segmentos em alicates das rodovias. O presente fenômeno, agravado com as temperaturas mais altas e também com a redução da velocidade dos veículos, faz com que o concreto asfáltico escoe por fluidez (fluência), diminuindo as espessuras das camadas do pavimento, que mais esbeltas diminuem também a capacidade de suporte da estrutura do pavimento. Por conseqüência, o defeito produz redução da capacidade de resistência da estrutura com um todo, alterando as condições de superfície produzindo deformações permanentes com o aparecimento do afundamento das trilhas de rodas que afetam sobremaneira a segurança da estrada já que o acúmulo de água nessas trilhas provoca elevadíssimos riscos de hidroplanagem, quer seja nas poças de águas formadas, quer nas corredeiras de água que ocorrem nos segmentos. Infelizmente a chamada tração dupla (6x4) somente será exigida a partir de outubro de 2010 e mesmo assim para os novos veículos. Os veículos licenciados até esta data continuarão trafegando até o total sucateamento não sendo difícil imaginar os danos que causarão aos pavimentos.

- As pesquisas mostraram claramente que os transportadores carregaram seus veículos considerando a tolerância de 7,5% permitida pela Resolução nº. 102/99 do CONTRAN como ganho real de sobrecarga e não como tolerância do próprio equipamento de pesagem. O pior de tudo isso é que a Resolução nº. 104 de 21/12/1999 ainda isentou de multas os excessos nos eixos, considerando somente o Peso Bruto Total com tolerância de 5% permitida pela Lei nº. 7408 de 25/11/1985.

- Um eficiente sistema de fiscalização dos excessos de pesos, graças aos PPV operados pelas empresas concessionárias inibiu os abusos nos excessos de cargas, preservando os pavimentos rodoviários e aumentando a sua vida útil.
- A aplicação do programa computacional MEPDG do Guia AASHTO/2002 na análise paramétrica de um pavimento construído concluiu-se tratar de uma nova e poderosa ferramenta no dimensionamento geral de estruturas de pavimentos (flexíveis, semi-rígidos e rígidos, novos ou reforços) e disponível à comunidade rodoviária do mundo todo através da internet. De entendimento amigável na sua aplicação a tendência da popularização de seu uso, a médio e longo prazo é muito grande, principalmente pelo detalhamento dos dados de entrada exigidos e principalmente pela confiabilidade dos resultados gerados.

6.2 RECOMENDAÇÕES PARA NOVAS PESQUISAS OU ESTUDOS

- Continuidade das pesquisas de pesagens em rodovias concessionadas e não concessionadas das cargas por eixos e dos fatores de veículos. Estes por um bom tempo ainda servirão de base para o cálculo do número N nos dimensionamentos estruturais de pavimentos no Brasil.
- Com o aperfeiçoamento do programa computacional MEPDG do Guia AASHTO/2002, recomenda-se elaborar pesquisas no sentido de adaptá-lo às condições brasileiras, visando uma gradual efetivação desse novo procedimento nos dimensionamentos de pavimentos no país.
- Imediata revogações das Resoluções n^os 102, 104 e 184 do CONTRAN por nunca terem levado em conta que as permissividades legais oriundas destes procedimentos autorizados, pudessem ser tão maléficis aos interesses da preservação dos pavimentos rodoviários no Brasil.

- E por fim o imediato estabelecimento de um plano diretor a nível nacional, de um eficiente sistema de pesagens de veículos, com instalações de balanças nos principais corredores rodoviários do país tanto federais como estaduais, visando à fiscalização e punição dos abusos nos excessos de pesos que tanto contribuem para degradação desse imenso patrimônio público brasileiro que são as rodovias nacionais.

REFERÊNCIAS

AASHTO (1993): Guide for design of pavement structures. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993.

AASHTO (2002): Guide for design of pavement structures. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2002.

ALBANO, J. F. **Efeitos da Variação da Carga por Eixo, Pressão de Inflação e Tipo de Pneu na Resposta Elástica de um Pavimento**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ALBANO, J. F.; LINDAU, L. A. Pressão e tipo de pneus na frota de veículos de carga. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 12., 1998, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza: ANPET, 1998. p. 100-107.

ALBANO, J. F. **Efeitos dos Excessos de Carga sobre a durabilidade dos pavimentos**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BALBO, J. T. **Análise de Tráfego para Finalidades de Projeto de Pavimentos**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo-Engenharia Civil, 1997.

BRASIL. Decreto nº 62.127 de 16/01/1968. Aprovou o Regulamento do Código Nacional de Trânsito e estabeleceu as condicionantes para o transporte de cargas rodoviárias no Brasil. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 22/01/1968.

BRASIL. Lei nº 7.408 de 25/11/1985. Estabeleceu uma tolerância máxima de 5% sobre o Peso Bruto Total (PBT) e Peso Bruto Total Transmitido por Eixo (PBTE). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 26/11/1985.

BRASIL. Decreto nº 98.933 de 07/02/1990. Alterou o limite de Peso Bruto Total Transmitido pelo Eixo Simples de Roda Simples (ESRS) e regulamentou o eixo tandem constituído por dois eixos com seis rodas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 08/02/1990.

BRASIL. Lei nº 8987 de 13/02/1995. Institui a Concessões de Serviços Públicos no Brasil. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 14/02/1985.

BRASIL. Lei nº 9277 de 10/05/1996. Autorizou a União a Delegar aos Municípios, Estados da Federação e ao Distrito Federal a Exploração de Rodovias Federais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 11/06/1996a.

BRASIL. Portaria nº 368 de 11/09/1996. O Ministério dos Transportes regulamentou a Delegação de Rodovias Federais aos Municípios, Estado da Federação e ao Distrito Federal objetivando concessões. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, p.178, Seção I, 18063, 12/09/1996b.

BRASIL. Lei nº 9503 de 23/09/1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, p.1-64, 24/09/1997.

CELAURO, C.; KHAZANOVIC, L. The 2002 Mechanistic-Empirical Design Procedure for Flexible Pavements: How to Implement it in Italy. Dipartimento di Ingegneria di Infrastrutture Viarie, Università degli Studi di Palermo, Italy and Department of Civil Engineering. USA: University of Minnesota, 2005. 14 p.

CERATTI, J. A .P. **Mecânica dos Pavimentos Rodoviários Flexíveis**. Curso de Extensão da Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. 87p.

CONTRAN. **Resolução nº 012/98 de 12/02/1998**. Estabeleceu os limites de peso e dimensões para veículos que transitam por vias terrestres. Brasília, 1998a. 4p.

CONTRAN. **Resolução nº 062/98 de 21/05/1998**. Regulamentou o uso de pneus extralargos e define seus limites de peso de acordo com o parágrafo único do artigo 100 do CTB. Brasília, 1998b. 4p.

CONTRAN. **Resolução nº 062/98 de 23/09/1998**. Estabelece os requisitos de segurança necessários à circulação de CVC's. Brasília, 1998c. 5p.

CONTRAN. **Resolução nº 102/99 de 20/09/1999**. Dispõe sobre a tolerância máxima de 7,5% sobre o peso bruto transmitido por eixo de veículos das vias públicas. Brasília, 1999a. 1p.

CONTRAN. **Resolução nº 104/99 de 21/12/1999**. Dispõe sobre a tolerância máxima de peso bruto de veículos e estabelece critérios para aplicação de multas. Brasília, 1999b. 2p.

CONTRAN. **Resolução nº 108/99 de 21/12/1999**. Dispõe sobre a responsabilidade pelo pagamento de multas. Brasília, 1999c. 1p.

CONTRAN. **Resolução nº 114/00 de 05/05/2000**. Complementa a Resolução nº 104/99 e autoriza uma tolerância de 5,0% sobre o peso declarado na nota fiscal. Brasília, 2000. 1p.

CONTRAN. Resolução nº 164/04 de 10/09/2004. Dispensa de Autorização Especial de Trânsito para veículos com PBTC superior a 45,0 tf e inferior a 57,0 tf, desde que tenham no máximo 7 eixos e comprimento máximo de 19,8 m e mínimo de 17,5 m. Brasília, 2004. 2p.

CONTRAN. **Resolução nº 184/04 de 21/10/2005**. Alteração das Resoluções 12 e 68/98 do CONTRAN e revoga a Resolução 76/98 do CONTRAN. Brasília, 2005. 3p.

DNER. **Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis do Engº Murilo Lopes de Souza**. 2.ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1979. 34p.

DNER/ECEX. **Informativo do Sistema de Pesagens de Veículos**. Rio de Janeiro, 1982. 13p.

DNER. **Tabela de Fatores de Veículos**. Rio de Janeiro, 1988. 194p.

DNER. Diretoria de Planejamento- Divisão de Estudos e Projetos. **Projeto de Engenharia de Restauração da BR-277/PR**: subtrecho Curitiba – Campo Largo (km 97,5 ao km 119,5). Memória Justificativa. Rio de Janeiro, 1989.

DNER. **DNER – PRO 269/94**: Projeto de Restauração de Pavimentos flexíveis – TECNAPAV. Rio de Janeiro, 1994

DNER. Divisão de Pesagem. **Relatório de Atividades da Diretoria de Operações**. Brasília, 1995. 120p.

DNER. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico/IPR, Divisão de Capacitação Tecnológica. **Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos**. Rio de Janeiro, 1998. 327p.

DNER. Diretoria de Concessões e Operações Rodoviárias. **Quadro de Fabricantes de Veículos**. Brasília, 2001. 65p.

FERNANDES JR., J. L. **Investigação dos Efeitos das solicitações do tráfego sobre o desempenho de pavimentos**. 1994. Tese (Doutorado em Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.

FHWA. Freight Management and Operations – Commercial Vehicle Size and Weight Program. Disponível em: <<http://www.ops.fhwa.dot.gov/freight/overview/index.htm>>
Acesso em: outubro/2006.

MEDINA, J. de. **Mecânica dos Pavimentos**. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1997. 380p.

MICHAEL, P.; WILD, P. Heavy Vehicle Mass – Measurement Allowances and Breakpoints. Disponível em: <http://www.nrtc.gov.au/place/hv-masslimits_1.asp?lo=legis> Acesso em: outubro de 2006.

MICHELIN Fabricante de pneus. Disponível em: <<http://www.michelin.com.br>>
Acesso em: dezembro/2004.

NCHRP – GUIDE: National Cooperative Highway Research Program. Project 1 – 37 A using mechanistic principles to improve pavement design. Disponível em: <www.2002designguide.com>

PEREIRA, A. M. **Análise Crítica dos Fatores de Equivalência adotado pelo DNER e sua adequação às Rodovias de Tráfego Pesado**. 1985. Tese (Concurso professor titular do Departamento de Transportes, Setor de Tecnologia) Universidade Federal do Paraná, Curitiba,

PEREIRA, D. R. A. M. **Contribuição ao Estudo de Fatores de Equivalência de Cargas**. 1992. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

PINTO, S.; PREUSSLER, E. **Pavimentação Rodoviária: Conceitos Fundamentais sobre Pavimentos Flexíveis**. Rio de Janeiro, 2002. 269p.

SALES, E. P.; SOBRINHO, J. J. S.; GONDIM, Y. C. Pesagens de veículos no Norte e Nordeste – Análises e Recomendações. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 22., 1987, Maceió. **Anais...** Maceió: Associação Brasileira de Pavimentação / ABPv, 1987.

SENÇO, W de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. São Paulo: Pini, 1997. v.1. 746p.

SIMEPAR – Tecnologia e Informações Ambientais do Estado do Paraná. Disponível em: <<http://simepar.br>> Acesso em: novembro/2005.

STATGRAPHICS PLUS – versão 5 (dezembro/2001) – Statistical Graphics Corporation. Magnugistics Incorporation of Rockville, MD – USA. Disponível em: <<http://www.statgraphics.com>> Acesso em: julho/2004.

TRB – Transportation Research Board: programa computacional mechanistic-empirical pavement design guide. Disponível em: <[http:// www.trg.org/mepdg](http://www.trg.org/mepdg)> Acesso em: julho/2005.

TRICHÊS, G. **Notas de aula da disciplina ECV 3132: dimensionamento de pavimentos do Programa de Pós Graduação, área de Infra-Estrutura e Gerência Viária da UFSC**. Florianópolis, 2002a. p. 223 – 230.

TRICHÊS, G. **Notas de aula da disciplina ECV 3132: dimensionamento de pavimentos do Programa de Pós Graduação, área de Infra-Estrutura e Gerência Viária da UFSC**. Florianópolis, 2002b. p. 231 – 239.

TURNBUL, W. J.; FOSTER, C. R.; AHLVIN, R. G. **Design of Flexible considering Mixed Loads and Traffic Volume**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE STRUCTURAL DESIGN OF ASPHALT PAVEMENTS, Michigan, 1962.

WEIGTS and dimensions of vehicles. Regulations of Motor Vehicle – Canada. Disponível em: <<http://www.gov.ns.ca/regulations/regs/mvwd.htm>>. Acesso em: outubro/2006.

YODER, E. J.; WITCZAK, M. W. **Principles of Design**. 2.ed. New York: John Wiley and Sons, 1975.

Vehicle Class Distribution

(Level 1, Site Specific Distribution)

AADTT distribution by vehicle class

Class 4	4.0%
Class 5	7.0%
Class 6	27.0%
Class 7	0.0%
Class 8	1.0%
Class 9	28.0%
Class 10	8.0%
Class 11	0.0%
Class 12	0.0%
Class 13	25.0%

Hourly truck traffic

by period beginning:

00:00	1.8%	Noon	5.4%
1:00 am	1.5%	1:00	5.8%
2:00 am	1.1%	2:00	6.1%
3:00 am	1.0%	3:00	6.5%
4:00 am	1.2%	4:00	6.6%
5:00 am	2.1%	5:00	6.8%
6:00 am	3.5%	6:00	6.1%
7:00 am	4.7%	7:00	5.2%
8:00 am	5.4%	8:00	4.0%
9:00 am	5.7%	9:00	3.4%
10:00	5.7%	10:00	2.8%
11:00 am	5.6%	11:00 pm	2.0%

Traffic Growth Factor

Vehicle Class	Growth Rate	Growth Function
Class 4	3.0%	Compound
Class 5	3.0%	Compound
Class 6	3.0%	Compound
Class 7	3.0%	Compound
Class 8	3.0%	Compound
Class 9	3.0%	Compound
Class 10	3.0%	Compound
Class 11	3.0%	Compound
Class 12	3.0%	Compound
Class 13	3.0%	Compound

Traffic -- Axle Load Distribution Factors

Level 1: Site Specific

Traffic -- General Traffic Inputs

Mean wheel location (inches from the lane marking):	18
Traffic wander standard deviation (in):	10
Design lane width (ft):	12

Number of Axles per Truck

Vehicle Class	Single Axle	Tandem Axle	Tridem	Quad Axle
Class 4	1.22	0.78	0.00	0.00
Class 5	2.00	0.00	0.00	0.00
Class 6	1.00	1.00	0.00	0.00
Class 7	1.00	0.26	0.83	0.00
Class 8	2.00	1.00	0.00	0.00
Class 9	2.00	0.00	1.00	0.00
Class 10	1.00	1.00	1.00	0.00
Class 11	4.29	0.26	0.06	0.00
Class 12	3.52	1.14	0.06	0.00
Class 13	1.00	3.00	0.00	0.00

Axle Configuration

Average axle width (edge-to-edge) outside dimensions,ft):	8.5
Dual tire spacing (in):	12

Axle Configuration	
Single Tire (psi):	120
Dual Tire (psi):	120
Average Axle Spacing	
Tandem axle(psi):	51.6
Tridem axle(psi):	49.2
Quad axle(psi):	49.2
Climate	
icm file:	C:\DG2002\Projects\florida.icm
Latitude (degrees.minutes)	26.4
Longitude (degrees.minutes)	-80.09
Elevation (ft)	117
Depth of water table (ft)	10
Structure--Design Features	
Structure--Layers	
Layer 1 -- Asphalt concrete	
Material type:	Asphalt concrete
Layer thickness (in):	5
General Properties	
<u>General</u>	
Reference temperature (F°):	70
<u>Volumetric Properties as Built</u>	
Effective binder content (%):	5.7
Air voids (%):	4
Total unit weight (pcf):	142
<u>Poisson's ratio:</u>	0.35 (user entered)
<u>Thermal Properties</u>	
Thermal conductivity asphalt (BTU/hr-ft-F°):	0.67
Heat capacity asphalt (BTU/lb-F°):	0.23
Asphalt Mix	
Cumulative % Retained 3/4 inch	0
Cumulative % Retained 3/8 inch	16
Cumulative % Retained #4 sieve:	35
% Passing #200 sieve:	7
Asphalt Binder	
Option:	Conventional penetration grade
Viscosity Grade	Pen 60-70
A	10.6508 (correlated)
VTS:	-3.5537 (correlated)
Layer 2 -- Crushed stone	
Unbound Material:	Crushed stone
Thickness(in):	6
Strength Properties	
Input Level:	Level 3
Analysis Type:	ICM inputs (ICM Calculated Modulus)
Poisson's ratio:	0.35
Coefficient of lateral pressure,Ko:	0.5
Modulus (input) (psi):	55000

ICM Inputs

Gradation and Plasticity Index

Plasticity Index, PI: 0
 Passing #200 sieve (%): 6
 Passing #4 sieve (%): 53
 D60 (mm): 2

Calculated/Derived Parameters

Maximum dry unit weight (pcf): 134 (user input)
 Specific gravity of solids, Gs: 2.65 (user input)
 Saturated hydraulic conductivity (ft/hr): 37 (derived)
 Optimum gravimetric water content (%): 8.5 (user input)
 Calculated degree of saturation (%): 78 (calculated)

Soil water characteristic curve parameters: Default values

Parameters	Value
a	0.513
b	7.5
c	0.896
Hr.	0.235

Layer 3 -- Cement Stabilized

General Properties

Material type: Cement Stabilized
 Layer thickness (in): 7
 Unit weight (pcf): 148
 Poisson's ratio: 0.2

Strength Properties

Elastic/resilient modulus (psi): 970000

Thermal Properties

Thermal conductivity (BTU/hr-ft-F°): 1.25
 Heat capacity (BTU/lb-F°): 0.28

Layer 4 -- Crushed stone

Unbound Material: Crushed stone
 Thickness(in): 12

Strength Properties

Input Level: Level 3
 Analysis Type: ICM inputs (ICM Calculated Modulus)
 Poisson's ratio: 0.4
 Coefficient of lateral pressure, Ko: 0.5
 Modulus (input) (psi): 9000

ICM Inputs

Gradation and Plasticity Index

Plasticity Index, PI: 0
 Passing #200 sieve (%): 0
 Passing #4 sieve (%): 0
 D60 (mm): 2

Calculated/Derived Parameters

Maximum dry unit weight (pcf): 120 (user input)
 Specific gravity of solids, Gs: 2.5 (user input)
 Saturated hydraulic conductivity (ft/hr): 37 (derived)
 Optimum gravimetric water content (%): 7.3 (derived)
 Calculated degree of saturation (%): 78 (calculated)

Soil water characteristic curve parameters: Default values

Parameters	Value
a	0.513
b	7.5
c	0.896
Hr.	0.235

Layer 5 -- A-7-5

Unbound Material: A-7-5
 Thickness(in): Semi-infinite

Strength Properties

Input Level: Level 3
 Analysis Type: ICM inputs (ICM Calculated Modulus)
 Poisson's ratio: 0.45
 Coefficient of lateral pressure, Ko: 0.5
 Modulus (input) (psi): 8000

ICM Inputs

Gradation and Plasticity Index

Plasticity Index, PI: 17
 Passing #200 sieve (%): 77
 Passing #4 sieve (%): 100
 D60 (mm): 0.01

Calculated/Derived Parameters

Maximum dry unit weight (pcf): 106.2 (user input)
 Specific gravity of solids, Gs: 2.1 (user input)
 Saturated hydraulic conductivity (ft/hr): 3.25e-005 (derived)
 Optimum gravimetric water content (%): 27 (user input)
 Calculated degree of saturation (%): 87.9 (calculated)

Soil water characteristic curve parameters: Default values

Parameters	Value
a	83.4
b	1.13
c	0.67
Hr.	3450

Distress Model Calibration Settings - Flexible

AC Fatigue Level 3 (Nationally calibrated values)
 k1 0.0043
 k2 3.9492
 k3 1.281

AC Rutting		Level 3 (Nationally calibrated values)
	k1	-
	k2	1.5606
	k3	0.4791
	Standard Deviation Total Rutting (RUT):	$0.1587 * \text{POWER}(\text{RUT}, 0.4579) + 0.001$
Thermal Fracture		Level 3 (Nationally calibrated values)
	k1	5
	Std. Dev. (THERMAL):	$0.2474 * \text{THERMAL} + 10.619$
CSM Fatigue		Level 3 (Nationally calibrated values)
	k1	1
	k2	1
Subgrade Rutting		Level 3 (Nationally calibrated values)
Granular:		
	k1	1.673
Fine-grain:		
	k1	1.35
AC Cracking		
AC Top Down Cracking		
	C1 (top)	7
	C2 (top)	3.5
	C3 (top)	0
	C4 (top)	1000
	Standard Deviation (TOP)	$200 + 2300 / (1 + \exp(1.072 - 2.1654 * \log(\text{TOP} + 0.0001)))$
AC Bottom Up Cracking		
	C1 (bottom)	1
	C2 (bottom)	1
	C3 (bottom)	0
	C4 (bottom)	6000
	Standard Deviation (TOP)	$32.7 + 995.1 / (1 + \exp(2 - 2 * \log(\text{BOTTOM} + 0.0001)))$
CSM Cracking		
	C1 (CSM)	1
	C2 (CSM)	1
	C3 (CSM)	0
	C4 (CSM)	1000
	Standard Deviation (CSM)	$\text{CTB} * 1$
IRI		
IRI Flexible Pavements with GB		
	C1 (GB)	0.0463
	C2 (GB)	0.0011
	C3 (GB)	0.1834
	C4 (GB)	0.0038
	C5 (GB)	0.0073
	C6 (GB)	0.0011
	Std. Dev (GB)	0.387

IRI Flexible Pavements with ATB

	0.0099
C1 (ATB)	947
	0.0005
C2 (ATB)	183
C3 (ATB)	0.0023
C4 (ATB)	18.36
C5 (ATB)	0.9694
Std. Dev (ATB)	0.292

IRI Flexible Pavements with CSM

C1 (CSM)	0.0073
C2 (CSM)	0.0764
	0.0001
C3 (CSM)	449
C4 (CSM)	0.0084
	0.0002
C5 (CSM)	115
Std. Dev (CSM)	0.229

1.2 - Confiabilidade

Project: Análise Paramétrica Reliability Summary

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	123	90	90,1	90,67	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/500):	1000	90	24,5	81,86	Fail
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	40	90	41,5	45,92	Fail
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	1	99,999	Pass
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,5	90	0,66	11,5	Fail

ANÁLISES DOS DEFEITOS – itens 1.3 a 1.5

1.3 - Predicted distress: Project : Análise

Pavement age		Month	Logitudinal Cracking (ft/mi)	Alligator Cracking (%)	Reflective Cracking (% Area)	Transverse Cracking (ft/mi)	Subtotal AC Rutting (in)	Total Rutting (in)	IRI (in/mi)	Heavy Trucks (cumulative)	IRI at Reliability (in/mi)
mo	yr										
1	0,08	December	0,01	0,0748	0	0	0,021	0,222	61,6	273938	93,24
2	0,17	January	0,02	0,164	0	0	0,028	0,25	61,7	547875	93,31
3	0,25	February	0,03	0,262	0	0	0,035	0,27	61,8	821813	93,38
4	0,33	March	0,05	0,368	0	0	0,041	0,285	61,9	1095750	93,45
5	0,42	April	0,06	0,502	0	0	0,053	0,307	61,9	1369690	93,54
6	0,5	May	0,07	0,658	0	0	0,076	0,34	62	1643630	93,63
7	0,58	June	0,08	0,826	0	0	0,103	0,376	62,1	1917560	93,72
8	0,67	July	0,09	0,997	0	0	0,126	0,405	62,2	2191500	93,82
9	0,75	August	0,1	1,17	0	0	0,141	0,426	62,3	2465440	93,91
10	0,83	September	0,11	1,34	0	0	0,15	0,439	62,4	2739380	94
11	0,92	October	0,13	1,5	0	0	0,156	0,448	62,5	3013310	94,09
12	1	November	0,15	1,66	0	0	0,159	0,453	62,6	3287250	94,18
13	1,08	December	0,18	1,8	0	0	0,16	0,457	62,7	3569410	94,26
14	1,17	January	0,21	1,93	0	0	0,162	0,461	62,7	3851560	94,33
15	1,25	February	0,23	2,07	0	0	0,163	0,464	62,8	4133720	94,41
16	1,33	March	0,27	2,21	0	0	0,165	0,468	62,9	4415870	94,49
17	1,42	April	0,29	2,39	0	0	0,17	0,475	63	4698030	94,58
18	1,5	May	0,31	2,57	0	0	0,175	0,482	63,1	4980180	94,67
19	1,58	June	0,34	2,76	0	0	0,182	0,491	63,2	5262340	94,76
20	1,67	July	0,35	2,95	0	0	0,191	0,503	63,3	5544500	94,86
21	1,75	August	0,37	3,14	0	0	0,2	0,514	63,4	5826650	94,96
22	1,83	September	0,39	3,34	0	0	0,206	0,522	63,5	6108810	95,06
23	1,92	October	0,42	3,51	0	0	0,209	0,527	63,5	6390960	95,14
24	2	November	0,46	3,66	0	0	0,211	0,529	63,6	6673120	95,23
25	2,08	December	0,5	3,79	0	0	0,212	0,531	63,7	6963740	95,3
26	2,17	January	0,54	3,92	0	0	0,212	0,533	63,8	7254360	95,37
27	2,25	February	0,58	4,05	0	0	0,213	0,535	63,9	7544980	95,45
28	2,33	March	0,63	4,22	0	0	0,215	0,537	63,9	7835600	95,53
29	2,42	April	0,67	4,39	0	0	0,217	0,541	64	8126220	95,62
30	2,5	May	0,7	4,58	0	0	0,222	0,547	64,1	8416840	95,71
31	2,58	June	0,73	4,78	0	0	0,228	0,554	64,2	8707460	95,81
32	2,67	July	0,75	4,98	0	0	0,234	0,562	64,3	8998080	95,91
33	2,75	August	0,78	5,19	0	0	0,24	0,569	64,4	9288700	96,01
34	2,83	September	0,81	5,4	0	0	0,246	0,576	64,5	9579320	96,11
35	2,92	October	0,85	5,58	0	0	0,248	0,579	64,6	9869940	96,21
36	3	November	0,9	5,73	0	0	0,249	0,581	64,7	10160600	96,29
37	3,08	December	0,95	5,86	0	0	0,249	0,582	64,8	10459900	96,36
38	3,17	January	0,99	5,96	0	0	0,25	0,583	64,8	10759200	96,43
39	3,25	February	1,05	6,13	0	0	0,251	0,585	64,9	11058600	96,51
40	3,33	March	1,1	6,29	0	0	0,252	0,587	65	11357900	96,6
41	3,42	April	1,15	6,47	0	0	0,254	0,59	65,1	11657300	96,69
42	3,5	May	1,19	6,67	0	0	0,257	0,594	65,2	11956600	96,8
43	3,58	June	1,22	6,88	0	0	0,263	0,601	65,3	12255900	96,9

Pavement age		Month	Logitudi nal Cracking (ft/mi)	Alligator Cracking (%)	Reflective Cracking (%Area)	Transvers e Cracking (ft/mi)	Subtotal AC Rutting (in)	Total Rutting (in)	IRI (in/mi)	Heavy Trucks (cumulative)	IRI at Reliability (in/mi)
mo	yr										
44	3,67	July	1,26	7,09	0	0	0,268	0,607	65,4	12555300	97
45	3,75	August	1,29	7,31	0	0	0,274	0,615	65,5	12854600	97,11
46	3,83	September	1,31	7,53	0	0	0,282	0,624	65,6	13154000	97,21
47	3,92	October	1,36	7,72	0	0	0,285	0,627	65,7	13453300	97,32
48	4	November	1,41	7,89	0	0	0,286	0,629	65,8	13752600	97,4
49	4,08	December	1,48	8,04	0	0	0,287	0,63	65,9	14060900	97,48
50	4,17	January	1,53	8,19	0	0	0,288	0,632	66	14369300	97,56
51	4,25	February	1,6	8,35	0	0	0,289	0,633	66	14677600	97,64
52	4,33	March	1,66	8,54	0	0	0,291	0,636	66,1	14985900	97,74
53	4,42	April	1,72	8,72	0	0	0,292	0,638	66,2	15294200	97,85
54	4,5	May	1,76	8,93	0	0	0,296	0,642	66,3	15602500	97,95
55	4,58	June	1,8	9,15	0	0	0,3	0,648	66,5	15910900	98,06
56	4,67	July	1,83	9,36	0	0	0,307	0,655	66,6	16219200	98,16
57	4,75	August	1,86	9,59	0	0	0,313	0,662	66,7	16527500	98,27
58	4,83	September	1,91	9,8	0	0	0,316	0,666	66,8	16835800	98,37
59	4,92	October	1,96	10	0	0	0,318	0,669	66,9	17144100	98,48
60	5	November	2,03	10,2	0	0	0,319	0,67	67	17452500	98,56
61	5,08	December	2,1	10,3	0	0	0,319	0,671	67	17770000	98,64
62	5,17	January	2,18	10,4	0	0	0,32	0,672	67,1	18087600	98,72
63	5,25	February	2,25	10,6	0	0	0,32	0,673	67,2	18405200	98,81
64	5,33	March	2,33	10,7	0	0	0,321	0,674	67,3	18722700	98,89
65	5,42	April	2,4	10,9	0	0	0,322	0,676	67,4	19040300	99
66	5,5	May	2,45	11,1	0	0	0,326	0,68	67,5	19357900	99,1
67	5,58	June	2,48	11,3	0	0	0,333	0,688	67,6	19675400	99,21
68	5,67	July	2,51	11,6	0	0	0,341	0,696	67,7	19993000	99,32
69	5,75	August	2,55	11,8	0	0	0,347	0,703	67,8	20310600	99,42
70	5,83	September	2,6	12	0	0	0,35	0,707	67,9	20628100	99,56
71	5,92	October	2,65	12,2	0	0	0,352	0,71	68	20945700	99,64
72	6	November	2,73	12,4	0	0	0,354	0,712	68,1	21263300	99,75
73	6,08	December	2,81	12,5	0	0	0,354	0,713	68,2	21590400	99,83
74	6,17	January	2,89	12,7	0	0	0,355	0,714	68,3	21917500	99,91
75	6,25	February	2,98	12,8	0	0	0,355	0,715	68,4	22244600	100,02
76	6,33	March	3,06	13	0	0	0,356	0,716	68,5	22571700	100,11
77	6,42	April	3,13	13,2	0	0	0,358	0,719	68,6	22898800	100,22
78	6,5	May	3,2	13,4	0	0	0,361	0,722	68,7	23225900	100,32
79	6,58	June	3,26	13,6	0	0	0,364	0,725	68,8	23553000	100,43
80	6,67	July	3,3	13,8	0	0	0,368	0,731	68,9	23880000	100,54
81	6,75	August	3,35	14	0	0	0,373	0,736	69,1	24207100	100,68
82	6,83	September	3,4	14,2	0	0	0,376	0,74	69,2	24534200	100,78
83	6,92	October	3,48	14,4	0	0	0,378	0,742	69,3	24861300	100,89
84	7	November	3,57	14,6	0	0	0,379	0,743	69,4	25188400	100,98
85	7,08	December	3,66	14,7	0	0	0,379	0,744	69,5	25525300	101,06
86	7,17	January	3,75	14,9	0	0	0,38	0,744	69,5	25862200	101,15
87	7,25	February	3,84	15	0	0	0,38	0,745	69,6	26199200	101,24
88	7,33	March	3,94	15,2	0	0	0,381	0,746	69,7	26536100	101,35
89	7,42	April	4,03	15,4	0	0	0,382	0,748	69,8	26873000	101,46

Pavement age		Month	Logitudinal Cracking (ft/mi)	Alligator Cracking (%)	Reflective Cracking (%Area)	Transverse Cracking (ft/mi)	Subtotal AC Rutting (in)	Total Rutting (in)	IRI (in/mi)	Heavy Trucks (cumulative)	IRI at Reliability (in/mi)
mo	yr										
90	7,5	May	4,1	15,6	0	0	0,385	0,751	70	27209900	101,57
91	7,58	June	4,16	15,8	0	0	0,388	0,755	70,1	27546800	101,68
92	7,67	July	4,21	16	0	0	0,392	0,76	70,2	27883700	101,81
93	7,75	August	4,27	16,2	0	0	0,396	0,764	70,3	28220600	101,92
94	7,83	September	4,33	16,5	0	0	0,399	0,768	70,4	28557500	102,04
95	7,92	October	4,41	16,6	0	0	0,401	0,769	70,5	28894400	102,15
96	8	November	4,51	16,8	0	0	0,401	0,77	70,6	29231300	102,26
97	8,08	December	4,61	16,9	0	0	0,402	0,771	70,7	29578300	102,35
98	8,17	January	4,69	17	0	0	0,402	0,771	70,8	29925400	102,41
99	8,25	February	4,8	17,2	0	0	0,403	0,772	70,9	30272400	102,52
100	8,33	March	4,91	17,4	0	0	0,403	0,774	71	30619400	102,61
101	8,42	April	5	17,6	0	0	0,405	0,775	71,1	30966400	102,72
102	8,5	May	5,09	17,7	0	0	0,407	0,778	71,2	31313400	102,83
103	8,58	June	5,15	18	0	0	0,411	0,782	71,3	31660400	102,97
104	8,67	July	5,21	18,2	0	0	0,414	0,786	71,5	32007500	103,08
105	8,75	August	5,27	18,4	0	0	0,418	0,791	71,6	32354500	103,22
106	8,83	September	5,32	18,6	0	0	0,424	0,797	71,7	32701500	103,34
107	8,92	October	5,41	18,8	0	0	0,425	0,799	71,8	33048500	103,47
108	9	November	5,51	19	0	0	0,426	0,8	71,9	33395500	103,56
109	9,08	December	5,63	19,1	0	0	0,427	0,801	72	33752900	103,65
110	9,17	January	5,73	19,3	0	0	0,427	0,802	72,1	34110400	103,77
111	9,25	February	5,85	19,4	0	0	0,428	0,803	72,2	34467800	103,86
112	9,33	March	5,96	19,6	0	0	0,429	0,804	72,3	34825200	103,97
113	9,42	April	6,06	19,8	0	0	0,431	0,806	72,5	35182700	104,09
114	9,5	May	6,15	20	0	0	0,433	0,809	72,6	35540100	104,22
115	9,58	June	6,22	20,3	0	0	0,436	0,813	72,7	35897500	104,34
116	9,67	July	6,27	20,5	0	0	0,441	0,818	72,8	36254900	104,48
117	9,75	August	6,33	20,7	0	0	0,445	0,823	73	36612400	104,62
118	9,83	September	6,41	20,9	0	0	0,448	0,826	73,1	36969800	104,73
119	9,92	October	6,51	21,1	0	0	0,45	0,827	73,2	37327200	104,85
120	10	November	6,64	21,3	0	0	0,45	0,828	73,3	37684600	104,97
121	10,08	December	6,76	21,4	0	0	0,45	0,829	73,4	38052800	105,06
122	10,17	January	6,88	21,5	0	0	0,451	0,829	73,5	38420900	105,15
123	10,25	February	7	21,6	0	0	0,451	0,83	73,6	38789100	105,24
124	10,33	March	7,13	21,8	0	0	0,451	0,83	73,7	39157200	105,36
125	10,42	April	7,25	21,9	0	0	0,453	0,832	73,8	39525400	105,48
126	10,5	May	7,33	22,2	0	0	0,456	0,835	73,9	39893500	105,59
127	10,58	June	7,39	22,4	0	0	0,461	0,841	74,1	40261700	105,73
128	10,67	July	7,45	22,6	0	0	0,467	0,847	74,2	40629800	105,88
129	10,75	August	7,5	22,8	0	0	0,471	0,853	74,4	40998000	106,02
130	10,83	September	7,59	23,1	0	0	0,474	0,856	74,5	41366100	106,14
131	10,92	October	7,69	23,2	0	0	0,476	0,858	74,6	41734300	106,28
132	11	November	7,81	23,4	0	0	0,477	0,859	74,7	42102400	106,4
133	11,08	December	7,95	23,6	0	0	0,478	0,86	74,8	42481600	106,49
134	11,17	January	8,08	23,7	0	0	0,478	0,861	75	42860800	106,61
135	11,25	February	8,22	23,9	0	0	0,478	0,861	75	43240000	106,7

Pavement age		Month	Logitudinal Cracking (ft/mi)	Alligator Cracking (%)	Reflective Cracking (% Area)	Transverse Cracking (ft/mi)	Subtotal AC Rutting (in)	Total Rutting (in)	IRI (in/mi)	Heavy Trucks (cumulative)	IRI at Reliability (in/mi)
mo	yr										
136	11,33	March	8,36	24	0	0	0,479	0,862	75,2	43619200	106,82
137	11,42	April	8,48	24,2	0	0	0,481	0,864	75,3	43998400	106,94
138	11,5	May	8,58	24,4	0	0	0,483	0,867	75,4	44377600	107,09
139	11,58	June	8,68	24,6	0	0	0,485	0,869	75,5	44756800	107,21
140	11,67	July	8,76	24,8	0	0	0,489	0,874	75,7	45136000	107,35
141	11,75	August	8,83	25	0	0	0,493	0,878	75,8	45515200	107,49
142	11,83	September	8,92	25,2	0	0	0,496	0,881	76	45894400	107,64
143	11,92	October	9,05	25,4	0	0	0,497	0,882	76,1	46273600	107,76
144	12	November	9,19	25,6	0	0	0,498	0,883	76,2	46652700	107,88
145	12,08	December	9,34	25,7	0	0	0,498	0,884	76,3	47043300	107,98
146	12,17	January	9,48	25,8	0	0	0,498	0,884	76,4	47433900	108,07
147	12,25	February	9,62	25,9	0	0	0,499	0,885	76,5	47824500	108,19
148	12,33	March	9,78	26,1	0	0	0,499	0,886	76,6	48215000	108,32
149	12,42	April	9,91	26,3	0	0	0,5	0,887	76,8	48605600	108,44
150	12,5	May	10	26,5	0	0	0,503	0,89	76,9	48996200	108,58
151	12,58	June	10,1	26,7	0	0	0,505	0,893	77,1	49386700	108,73
152	12,67	July	10,2	26,9	0	0	0,509	0,896	77,2	49777300	108,85
153	12,75	August	10,3	27,1	0	0	0,512	0,9	77,3	50167900	109
154	12,83	September	10,4	27,3	0	0	0,514	0,903	77,5	50558400	109,15
155	12,92	October	10,5	27,5	0	0	0,516	0,904	77,6	50949000	109,27
156	13	November	10,7	27,7	0	0	0,516	0,905	77,7	51339600	109,39
157	13,08	December	10,8	27,8	0	0	0,517	0,906	77,8	51741900	109,52
158	13,17	January	11	27,9	0	0	0,517	0,906	77,9	52144200	109,59
159	13,25	February	11,1	28	0	0	0,517	0,907	78	52546400	109,72
160	13,33	March	11,3	28,2	0	0	0,518	0,908	78,2	52948700	109,84
161	13,42	April	11,4	28,4	0	0	0,519	0,909	78,3	53351000	109,99
162	13,5	May	11,6	28,6	0	0	0,521	0,911	78,4	53753300	110,11
163	13,58	June	11,7	28,8	0	0	0,524	0,915	78,6	54155600	110,26
164	13,67	July	11,8	28,9	0	0	0,527	0,918	78,7	54557900	110,41
165	13,75	August	11,9	29,2	0	0	0,53	0,922	78,9	54960200	110,56
166	13,83	September	11,9	29,4	0	0	0,535	0,927	79	55362400	110,71
167	13,92	October	12,1	29,6	0	0	0,537	0,929	79,2	55764700	110,86
168	14	November	12,2	29,7	0	0	0,538	0,93	79,3	56167000	110,99
169	14,08	December	12,4	29,8	0	0	0,538	0,93	79,4	56581400	111,11
170	14,17	January	12,6	30	0	0	0,538	0,931	79,5	56995700	111,22
171	14,25	February	12,8	30,1	0	0	0,539	0,932	79,6	57410100	111,35
172	14,33	March	12,9	30,3	0	0	0,54	0,933	79,8	57824400	111,5
173	14,42	April	13,1	30,5	0	0	0,541	0,935	79,9	58238800	111,62
174	14,5	May	13,2	30,7	0	0	0,543	0,937	80,1	58653100	111,78
175	14,58	June	13,3	30,9	0	0	0,547	0,94	80,2	59067500	111,93
176	14,67	July	13,4	31,1	0	0	0,551	0,945	80,4	59481900	112,1
177	14,75	August	13,5	31,3	0	0	0,554	0,949	80,5	59896200	112,26
178	14,83	September	13,6	31,5	0	0	0,557	0,952	80,7	60310600	112,41
179	14,92	October	13,7	31,7	0	0	0,558	0,953	80,8	60724900	112,54
180	15	November	13,9	31,8	0	0	0,559	0,954	81	61139300	112,69
181	15,08	December	14,1	31,9	0	0	0,559	0,954	81,1	61566100	112,8
182	15,17	January	14,3	32,1	0	0	0,559	0,955	81,2	61992900	112,9

Pavement age		Month	Logitudi nal Cracking (ft/mi)	Alligator Cracking (%)	Reflective Cracking (%Area)	Transvers e Cracking (ft/mi)	Subtotal AC Rutting (in)	Total Rutting (in)	IRI (in/mi)	Heavy Trucks (cumulative)	IRI at Reliability (in/mi)
mo	yr										
183	15,25	February	14,5	32,2	0	0	0,559	0,955	81,3	62419600	113,03
184	15,33	March	14,7	32,3	0	0	0,56	0,956	81,4	62846400	113,14
185	15,42	April	14,9	32,5	0	0	0,561	0,957	81,6	63273200	113,29
186	15,5	May	15	32,7	0	0	0,563	0,96	81,7	63700000	113,45
187	15,58	June	15,1	32,9	0	0	0,568	0,965	81,9	64126800	113,6
188	15,67	July	15,1	33,1	0	0	0,573	0,971	82	64553600	113,78
189	15,75	August	15,2	33,3	0	0	0,578	0,975	82,2	64980400	113,94
190	15,83	September	15,4	33,5	0	0	0,58	0,978	82,3	65407100	114,09
191	15,92	October	15,5	33,7	0	0	0,582	0,98	82,5	65833900	114,25
192	16	November	15,7	33,8	0	0	0,583	0,981	82,7	66260700	114,41
193	16,08	December	15,9	34	0	0	0,583	0,982	82,8	66700300	114,54
194	16,17	January	16,1	34,1	0	0	0,584	0,982	82,9	67139900	114,65
195	16,25	February	16,3	34,2	0	0	0,584	0,983	83	67579500	114,78
196	16,33	March	16,5	34,4	0	0	0,584	0,983	83,2	68019100	114,91
197	16,42	April	16,7	34,5	0	0	0,586	0,985	83,3	68458700	115,07
198	16,5	May	16,8	34,7	0	0	0,588	0,987	83,5	68898200	115,23
199	16,58	June	17	34,9	0	0	0,59	0,99	83,6	69337800	115,39
200	16,67	July	17,1	35,1	0	0	0,594	0,994	83,8	69777400	115,57
201	16,75	August	17,2	35,3	0	0	0,597	0,997	84	70217000	115,73
202	16,83	September	17,3	35,5	0	0	0,6	1	84,1	70656600	115,91
203	16,92	October	17,5	35,6	0	0	0,601	1,001	84,3	71096200	116,05
204	17	November	17,7	35,8	0	0	0,601	1,002	84,4	71535800	116,21
205	17,08	December	17,9	35,9	0	0	0,602	1,003	84,5	71988600	116,32
206	17,17	January	18,1	36	0	0	0,602	1,003	84,7	72441300	116,45
207	17,25	February	18,3	36,1	0	0	0,602	1,003	84,8	72894100	116,59
208	17,33	March	18,5	36,3	0	0	0,603	1,004	84,9	73346900	116,73
209	17,42	April	18,8	36,5	0	0	0,604	1,005	85,1	73799700	116,89
210	17,5	May	18,9	36,6	0	0	0,606	1,008	85,3	74252400	117,05
211	17,58	June	19,1	36,8	0	0	0,609	1,011	85,4	74705200	117,21
212	17,67	July	19,2	37	0	0	0,612	1,014	85,6	75158000	117,4
213	17,75	August	19,3	37,2	0	0	0,615	1,017	85,8	75610800	117,58
214	17,83	September	19,5	37,4	0	0	0,617	1,02	85,9	76063500	117,75
215	17,92	October	19,7	37,6	0	0	0,618	1,021	86,1	76516300	117,91
216	18	November	19,9	37,7	0	0	0,619	1,022	86,2	76969100	118,05
217	18,08	December	20,1	37,8	0	0	0,619	1,022	86,4	77435500	118,19
218	18,17	January	20,3	37,9	0	0	0,619	1,023	86,5	77901800	118,3
219	18,25	February	20,5	38	0	0	0,62	1,023	86,6	78368200	118,44
220	18,33	March	20,7	38,2	0	0	0,62	1,024	86,8	78834500	118,58
221	18,42	April	21	38,3	0	0	0,621	1,025	86,9	79300900	118,75
222	18,5	May	21,1	38,5	0	0	0,623	1,027	87,1	79767300	118,91
223	18,58	June	21,3	38,7	0	0	0,626	1,03	87,3	80233600	119,1
224	18,67	July	21,4	38,9	0	0	0,628	1,033	87,5	80700000	119,29
225	18,75	August	21,5	39,1	0	0	0,632	1,037	87,6	81166300	119,46
226	18,83	September	21,7	39,3	0	0	0,636	1,042	87,8	81632700	119,65
227	18,92	October	21,9	39,4	0	0	0,638	1,044	88	82099100	119,81

1.4 - Fatigue Cracking: Project Análise

			Top Down at Surface			Top Down at 0.5"			Bottom Up at h _c			Reliability	
Pavement		Month	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking (ft/mi)	Location (in)	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking (ft/mi)	Location (in)	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking (%)	Location (in)	Top Down Cracking (ft/mi)	Bottom Up Cracking (%)
mo	yr												
1	0,08	December	0,00748	0,01	1,2	0,00215	0	0	0,191	0,07	0	267	1,44
2	0,17	January	0,0153	0,02	1,2	0,00443	0	0	0,379	0,16	0	276	2,03
3	0,25	February	0,0227	0,03	1,2	0,00658	0	0	0,568	0,26	0	285	2,59
4	0,33	March	0,0303	0,05	1,2	0,00879	0,01	0	0,766	0,37	0	294	3,13
5	0,42	April	0,0367	0,06	1,2	0,0106	0,01	0	1	0,5	0	301	3,73
6	0,5	May	0,0408	0,07	1,2	0,0117	0,01	0	1,27	0,66	0	305	4,39
7	0,58	June	0,0437	0,08	1,2	0,0124	0,01	0	1,55	0,83	0	309	5,04
8	0,67	July	0,0463	0,09	1,2	0,0131	0,01	0	1,83	1	0	312	5,65
9	0,75	August	0,0491	0,1	1,2	0,0139	0,01	0	2,11	1,17	0	315	6,24
10	0,83	September	0,0533	0,11	1,2	0,0149	0,02	0	2,38	1,34	0	319	6,78
11	0,92	October	0,0583	0,13	1,2	0,0163	0,02	0	2,63	1,5	0	325	7,27
12	1	November	0,0648	0,15	1,2	0,018	0,02	0	2,87	1,66	0	332	7,73
13	1,08	December	0,0722	0,18	1,2	0,0201	0,03	0	3,08	1,8	0	339	8,12
14	1,17	January	0,0798	0,21	1,2	0,0222	0,03	0	3,28	1,93	0	347	8,48
15	1,25	February	0,087	0,23	1,2	0,0242	0,03	0	3,49	2,07	0	355	8,85
16	1,33	March	0,0944	0,27	1,2	0,0263	0,04	0	3,71	2,21	0	362	9,22
17	1,42	April	0,1	0,29	1,2	0,0278	0,04	0	3,96	2,39	0	368	9,66
18	1,5	May	0,105	0,31	0	0,0291	0,04	0	4,23	2,57	0	373	10,1
19	1,58	June	0,11	0,34	1,2	0,0303	0,05	0	4,5	2,76	0	378	10,5
20	1,67	July	0,113	0,35	1,2	0,0313	0,05	0	4,79	2,95	0	381	11
21	1,75	August	0,117	0,37	0	0,0322	0,05	0	5,07	3,14	0	385	11,4
22	1,83	September	0,121	0,39	1,2	0,0332	0,05	0	5,35	3,34	0	389	11,9
23	1,92	October	0,127	0,42	1,2	0,0348	0,06	0	5,6	3,51	0	395	12,2
24	2	November	0,135	0,46	1,2	0,0369	0,06	0	5,82	3,66	0	403	12,5
25	2,08	December	0,143	0,5	1,2	0,0392	0,07	0	6	3,79	0	410	12,8
26	2,17	January	0,15	0,54	1,2	0,0413	0,08	0	6,18	3,92	0	417	13,1
27	2,25	February	0,158	0,58	1,2	0,0436	0,08	0	6,38	4,05	0	425	13,3
28	2,33	March	0,166	0,63	0	0,0457	0,09	0	6,61	4,22	0	432	13,7
29	2,42	April	0,173	0,67	1,2	0,0476	0,09	0	6,85	4,39	0	439	14
30	2,5	May	0,178	0,7	1,2	0,049	0,1	0	7,12	4,58	0	444	14,4
31	2,58	June	0,183	0,73	1,2	0,0502	0,1	0	7,4	4,78	0	448	14,7
32	2,67	July	0,187	0,75	1,2	0,0513	0,11	0	7,69	4,98	0	452	15,1
33	2,75	August	0,191	0,78	1,2	0,0523	0,11	0	7,99	5,19	0	456	15,5
34	2,83	September	0,196	0,81	1,2	0,0533	0,11	0	8,28	5,4	0	460	15,9
35	2,92	October	0,202	0,85	1,2	0,055	0,12	0	8,54	5,58	0	466	16,2
36	3	November	0,21	0,9	1,2	0,0571	0,12	0	8,75	5,73	0	473	16,4
37	3,08	December	0,217	0,95	1,2	0,0593	0,13	0	8,93	5,86	0	479	16,7
38	3,17	January	0,224	0,99	1,2	0,0615	0,14	0	9,08	5,96	0	485	16,8
39	3,25	February	0,232	1,05	1,2	0,0637	0,15	0	9,31	6,13	0	492	17,1
40	3,33	March	0,24	1,1	1,2	0,0658	0,15	0	9,54	6,29	0	500	17,4
41	3,42	April	0,247	1,15	1,2	0,0676	0,16	0	9,8	6,47	0	506	17,7
42	3,5	May	0,253	1,19	1,2	0,0692	0,17	0	10,1	6,67	0	511	18
43	3,58	June	0,257	1,22	1,2	0,0703	0,17	0	10,4	6,88	0	514	18,4
44	3,67	July	0,262	1,26	1,2	0,0714	0,17	0	10,7	7,09	0	519	18,7
45	3,75	August	0,266	1,29	1,2	0,0724	0,18	0	11	7,31	0	522	19,1

			Top Down at Surface			Top Down at 0.5"			Bottom Up at h _{ac}			Reliability	
Pavement age		Month	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking (ft/mi)	Location (in)	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking (ft/mi)	Location (in)	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking (%)	Location (in)	Top Down Cracking (ft/mi)	Bottom Up Cracking (%)
mo	yr												
46	3,83	September	0,269	1,31	1,2	0,0731	0,18	0	11,3	7,53	0	525	19,4
47	3,92	October	0,276	1,36	1,2	0,0747	0,19	0	11,6	7,72	0	531	19,7
48	4	November	0,283	1,41	1,2	0,0767	0,19	0	11,8	7,89	0	537	20
49	4,08	December	0,291	1,48	1,2	0,079	0,2	0	12	8,04	0	543	20,2
50	4,17	January	0,299	1,53	1,2	0,0811	0,21	0	12,2	8,19	0	550	20,4
51	4,25	February	0,307	1,6	1,2	0,0834	0,22	0	12,4	8,35	0	557	20,7
52	4,33	March	0,314	1,66	1,2	0,0852	0,23	0	12,7	8,54	0	562	21
53	4,42	April	0,322	1,72	1,2	0,0872	0,24	0	13	8,72	0	569	21,3
54	4,5	May	0,327	1,76	1,2	0,0886	0,24	0	13,3	8,93	0	573	21,6
55	4,58	June	0,332	1,8	1,2	0,0897	0,25	0	13,6	9,15	0	577	21,9
56	4,67	July	0,336	1,83	1,2	0,0906	0,25	0	13,9	9,36	0	580	22,2
57	4,75	August	0,339	1,86	1,2	0,0916	0,25	0	14,2	9,59	0	583	22,5
58	4,83	September	0,345	1,91	1,2	0,0928	0,26	0	14,5	9,8	0	588	22,8
59	4,92	October	0,351	1,96	1,2	0,0945	0,27	0	14,8	10	0	593	23,1
60	5	November	0,36	2,03	1,2	0,0967	0,28	0	15	10,2	0	600	23,4
61	5,08	December	0,368	2,1	1,2	0,0991	0,29	0	15,2	10,3	0	606	23,5
62	5,17	January	0,376	2,18	1,2	0,102	0,3	0	15,4	10,4	0	612	23,7
63	5,25	February	0,385	2,25	1,2	0,104	0,31	0	15,6	10,6	0	620	24
64	5,33	March	0,393	2,33	1,2	0,106	0,32	0	15,8	10,7	0	626	24,1
65	5,42	April	0,401	2,4	1,2	0,109	0,33	0	16,1	10,9	0	632	24,4
66	5,5	May	0,406	2,45	1,2	0,11	0,34	0	16,4	11,1	0	636	24,7
67	5,58	June	0,41	2,48	1,2	0,111	0,34	0	16,7	11,3	0	639	25
68	5,67	July	0,413	2,51	1,2	0,112	0,34	0	17	11,6	0	641	25,3
69	5,75	August	0,417	2,55	1,2	0,112	0,35	0	17,3	11,8	0	644	25,6
70	5,83	September	0,422	2,6	1,2	0,114	0,35	0	17,7	12	0	648	25,9
71	5,92	October	0,428	2,65	1,2	0,115	0,36	0	17,9	12,2	0	653	26,2
72	6	November	0,436	2,73	1,2	0,117	0,37	0	18,2	12,4	0	659	26,4
73	6,08	December	0,445	2,81	1,2	0,12	0,38	0	18,4	12,5	0	665	26,6
74	6,17	January	0,454	2,89	1,2	0,122	0,39	0	18,6	12,7	0	672	26,8
75	6,25	February	0,462	2,98	1,2	0,125	0,41	0	18,9	12,8	0	678	27
76	6,33	March	0,471	3,06	1,2	0,127	0,42	0	19,1	13	0	685	27,2
77	6,42	April	0,478	3,13	1,2	0,129	0,43	0	19,4	13,2	0	690	27,5
78	6,5	May	0,484	3,2	1,2	0,131	0,44	0	19,7	13,4	0	694	27,8
79	6,58	June	0,49	3,26	1,2	0,132	0,44	0	20	13,6	0	699	28
80	6,67	July	0,495	3,3	1,2	0,133	0,45	0	20,3	13,8	0	702	28,3
81	6,75	August	0,499	3,35	1,2	0,134	0,45	0	20,7	14	0	705	28,6
82	6,83	September	0,504	3,4	1,2	0,135	0,46	0	21	14,2	0	709	28,8
83	6,92	October	0,512	3,48	1,2	0,137	0,47	0	21,3	14,4	0	715	29,1
84	7	November	0,52	3,57	1,2	0,14	0,48	0	21,5	14,6	0	720	29,3
85	7,08	December	0,529	3,66	1,2	0,142	0,5	0	21,7	14,7	0	727	29,5
86	7,17	January	0,538	3,75	1,2	0,145	0,51	0	21,9	14,9	0	733	29,7
87	7,25	February	0,546	3,84	1,2	0,147	0,52	0	22,1	15	0	739	29,9
88	7,33	March	0,555	3,94	1,2	0,149	0,54	0	22,4	15,2	0	745	30,1

			Top Down at Surface			Top Down at 0.5"			Bottom Up at h _{ac}			Reliability	
Pavement age		Month	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking (ft/mi)	Location (in)	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking (ft/mi)	Location (in)	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking (%)	Location (in)	Top Down Cracking (ft/mi)	Bottom Up Cracking (%)
mo	yr												
89	7,42	April	0,564	4,03	1,2	0,152	0,55	0	22,7	15,4	0	751	30,4
90	7,5	May	0,57	4,1	1,2	0,153	0,56	0	23	15,6	0	755	30,6
91	7,58	June	0,576	4,16	1,2	0,155	0,56	0	23,3	15,8	0	759	30,9
92	7,67	July	0,581	4,21	1,2	0,156	0,57	0	23,7	16	0	763	31,1
93	7,75	August	0,585	4,27	1,2	0,157	0,58	0	24	16,2	0	766	31,4
94	7,83	September	0,591	4,33	1,2	0,158	0,58	0	24,3	16,5	0	770	31,7
95	7,92	October	0,599	4,41	1,2	0,16	0,6	0	24,6	16,6	0	775	31,9
96	8	November	0,607	4,51	1,2	0,163	0,61	0	24,9	16,8	0	781	32,1
97	8,08	December	0,616	4,61	1,2	0,165	0,62	0	25,1	16,9	0	787	32,3
98	8,17	January	0,623	4,69	1,2	0,168	0,64	0	25,2	17	0	791	32,4
99	8,25	February	0,633	4,8	1,2	0,17	0,65	0	25,5	17,2	0	798	32,6
100	8,33	March	0,642	4,91	1,2	0,173	0,67	0	25,7	17,4	0	804	32,9
101	8,42	April	0,65	5	1,2	0,175	0,68	0	26	17,6	0	809	33,1
102	8,5	May	0,657	5,09	1,2	0,177	0,69	0	26,3	17,7	0	814	33,2
103	8,58	June	0,662	5,15	1,2	0,178	0,7	0	26,7	18	0	817	33,6
104	8,67	July	0,668	5,21	1,2	0,179	0,71	0	27	18,2	0	821	33,9
105	8,75	August	0,673	5,27	1,2	0,18	0,71	0	27,4	18,4	0	824	34,1
106	8,83	September	0,677	5,32	1,2	0,181	0,72	0	27,7	18,6	0	827	34,3
107	8,92	October	0,684	5,41	1,2	0,183	0,73	0	28,1	18,8	0	831	34,6
108	9	November	0,693	5,51	1,2	0,185	0,74	0	28,3	19	0	837	34,8
109	9,08	December	0,703	5,63	1,2	0,188	0,76	0	28,5	19,1	0	843	35
110	9,17	January	0,711	5,73	1,2	0,191	0,77	0	28,8	19,3	0	849	35,2
111	9,25	February	0,721	5,85	1,2	0,193	0,79	0	29	19,4	0	855	35,3
112	9,33	March	0,729	5,96	1,2	0,195	0,8	0	29,3	19,6	0	860	35,6
113	9,42	April	0,738	6,06	1,2	0,198	0,82	0	29,6	19,8	0	866	35,8
114	9,5	May	0,745	6,15	1,2	0,199	0,83	0	30	20	0	870	36
115	9,58	June	0,75	6,22	1,2	0,201	0,84	0	30,3	20,3	0	873	36,4
116	9,67	July	0,754	6,27	1,2	0,202	0,84	0	30,7	20,5	0	875	36,6
117	9,75	August	0,759	6,33	1,2	0,203	0,85	0	31,1	20,7	0	879	36,9
118	9,83	September	0,765	6,41	1,2	0,204	0,86	0	31,4	20,9	0	882	37,1
119	9,92	October	0,773	6,51	1,2	0,206	0,87	0	31,7	21,1	0	887	37,4
120	10	November	0,783	6,64	1,2	0,209	0,89	0	32	21,3	0	893	37,6
121	10,08	December	0,792	6,76	1,2	0,212	0,91	0	32,2	21,4	0	899	37,7
122	10,17	January	0,802	6,88	1,2	0,214	0,93	0	32,4	21,5	0	905	37,8
123	10,25	February	0,811	7	1,2	0,217	0,94	0	32,6	21,6	0	910	38
124	10,33	March	0,821	7,13	1,2	0,22	0,96	0	32,9	21,8	0	916	38,2
125	10,42	April	0,83	7,25	1,2	0,222	0,98	0	33,2	21,9	0	921	38,3
126	10,5	May	0,836	7,33	1,2	0,224	0,99	0	33,5	22,2	0	925	38,6
127	10,58	June	0,841	7,39	1,2	0,225	1	0	33,9	22,4	0	928	38,9
128	10,67	July	0,845	7,45	1,2	0,226	1	0	34,3	22,6	0	930	39,1
129	10,75	August	0,849	7,5	1,2	0,227	1,01	0	34,7	22,8	0	933	39,4
130	10,83	September	0,856	7,59	1,2	0,228	1,02	0	35	23,1	0	937	39,7
131	10,92	October	0,863	7,69	1,2	0,23	1,03	0	35,4	23,2	0	941	39,8
132	11	November	0,872	7,81	1,2	0,232	1,05	0	35,7	23,4	0	946	40,1
133	11,08	December	0,882	7,95	1,2	0,235	1,07	0	35,9	23,6	0	952	40,3

			Top Down at Surface			Top Down at 0.5"			Bottom Up at h _{ac}			Reliability	
Pavement age		Month	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking (ft/mi)	Location (in)	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking (ft/mi)	Location (in)	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking (%)	Location (in)	Top Down Cracking (ft/mi)	Bottom Up Cracking (%)
mo	yr												
134	11,17	January	0,892	8,08	1,2	0,238	1,09	0	36,2	23,7	0	958	40,4
135	11,25	February	0,902	8,22	1,2	0,241	1,11	0	36,4	23,9	0	963	40,6
136	11,33	March	0,912	8,36	1,2	0,244	1,13	0	36,7	24	0	969	40,8
137	11,42	April	0,92	8,48	1,2	0,246	1,14	0	37	24,2	0	973	41
138	11,5	May	0,928	8,58	1,2	0,248	1,15	0	37,4	24,4	0	978	41,2
139	11,58	June	0,934	8,68	1,2	0,249	1,17	0	37,7	24,6	0	981	41,5
140	11,67	July	0,94	8,76	1,2	0,251	1,18	0	38,1	24,8	0	985	41,7
141	11,75	August	0,945	8,83	1,2	0,252	1,18	0	38,5	25	0	987	41,9
142	11,83	September	0,952	8,92	1,2	0,254	1,2	0	38,9	25,2	0	991	42,2
143	11,92	October	0,96	9,05	1,2	0,256	1,21	0	39,2	25,4	0	996	42,4
144	12	November	0,97	9,19	1,2	0,258	1,23	0	39,5	25,6	0	1001	42,6
145	12,08	December	0,981	9,34	1,2	0,261	1,25	0	39,7	25,7	0	1007	42,7
146	12,17	January	0,99	9,48	1,2	0,264	1,27	0	39,9	25,8	0	1012	42,8
147	12,25	February	1	9,62	1,2	0,267	1,29	0	40,2	25,9	0	1018	43
148	12,33	March	1,01	9,78	1,2	0,27	1,32	0	40,5	26,1	0	1023	43,2
149	12,42	April	1,02	9,91	0	0,273	1,33	0	40,8	26,3	0	1028	43,4
150	12,5	May	1,03	10	1,2	0,274	1,35	0	41,2	26,5	0	1034	43,6
151	12,58	June	1,03	10,1	0	0,276	1,36	0	41,6	26,7	0	1034	43,9
152	12,67	July	1,04	10,2	0	0,277	1,37	0	41,9	26,9	0	1039	44,1
153	12,75	August	1,05	10,3	0	0,279	1,38	0	42,3	27,1	0	1044	44,3
154	12,83	September	1,05	10,4	0	0,28	1,39	0	42,7	27,3	0	1044	44,6
155	12,92	October	1,06	10,5	1,2	0,283	1,41	0	43	27,5	0	1050	44,8
156	13	November	1,07	10,7	1,2	0,285	1,43	0	43,3	27,7	0	1055	45
157	13,08	December	1,08	10,8	1,2	0,288	1,45	0	43,6	27,8	0	1060	45,1
158	13,17	January	1,09	11	1,2	0,291	1,47	0	43,7	27,9	0	1065	45,2
159	13,25	February	1,1	11,1	1,2	0,294	1,5	0	44	28	0	1070	45,4
160	13,33	March	1,11	11,3	1,2	0,297	1,52	0	44,3	28,2	0	1076	45,6
161	13,42	April	1,12	11,4	1,2	0,299	1,54	0	44,7	28,4	0	1081	45,8
162	13,5	May	1,13	11,6	1,2	0,301	1,56	0	45	28,6	0	1086	46
163	13,58	June	1,14	11,7	1,2	0,303	1,57	0	45,4	28,8	0	1091	46,3
164	13,67	July	1,14	11,8	0	0,304	1,58	0	45,8	28,9	0	1091	46,4
165	13,75	August	1,15	11,9	0	0,306	1,59	0	46,2	29,2	0	1096	46,7
166	13,83	September	1,15	11,9	0	0,307	1,6	0	46,6	29,4	0	1096	46,9
167	13,92	October	1,16	12,1	1,2	0,309	1,62	0	47	29,6	0	1101	47,2
168	14	November	1,17	12,2	1,2	0,312	1,64	0	47,3	29,7	0	1106	47,3
169	14,08	December	1,18	12,4	1,2	0,315	1,66	0	47,6	29,8	0	1111	47,4
170	14,17	January	1,19	12,6	1,2	0,318	1,68	0	47,8	30	0	1116	47,6
171	14,25	February	1,2	12,8	0	0,321	1,71	0	48,1	30,1	0	1121	47,7
172	14,33	March	1,21	12,9	1,2	0,323	1,73	0	48,5	30,3	0	1126	48
173	14,42	April	1,22	13,1	1,2	0,326	1,75	0	48,8	30,5	0	1131	48,2
174	14,5	May	1,23	13,2	1,2	0,328	1,77	0	49,2	30,7	0	1135	48,4
175	14,58	June	1,24	13,3	0	0,329	1,78	0	49,6	30,9	0	1140	48,6
176	14,67	July	1,24	13,4	0	0,331	1,79	0	50,1	31,1	0	1140	48,9
177	14,75	August	1,25	13,5	1,2	0,332	1,8	0	50,5	31,3	0	1145	49,1
178	14,83	September	1,26	13,6	0	0,334	1,81	0	50,9	31,5	0	1150	49,3
179	14,92	October	1,26	13,7	0	0,336	1,83	0	51,2	31,7	0	1150	49,5

		Top Down at Surface			Top Down at 0.5"			Bottom Up at h _{ac}			Reliability		
Pavement age		Month	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking (ft/mi)	Location (in)	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking (ft/mi)	Location (in)	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking (%)	Location (in)	Top Down Cracking (ft/mi)	Bottom Up Cracking (%)
mo	yr												
180	15	November	1,28	13,9	1,2	0,339	1,86	0	51,6	31,8	0	1159	49,6
181	15,08	December	1,29	14,1	1,2	0,342	1,89	0	51,8	31,9	0	1164	49,7
182	15,17	January	1,3	14,3	1,2	0,345	1,91	0	52	32,1	0	1169	50
183	15,25	February	1,31	14,5	0	0,349	1,94	0	52,3	32,2	0	1173	50,1
184	15,33	March	1,32	14,7	0	0,352	1,97	0	52,5	32,3	0	1178	50,2
185	15,42	April	1,33	14,9	1,2	0,354	1,99	0	52,9	32,5	0	1183	50,4
186	15,5	May	1,34	15	0	0,356	2,01	0	53,3	32,7	0	1187	50,6
187	15,58	June	1,34	15,1	0	0,358	2,02	0	53,7	32,9	0	1187	50,9
188	15,67	July	1,35	15,1	0	0,359	2,03	0	54,2	33,1	0	1192	51,1
189	15,75	August	1,35	15,2	0	0,36	2,04	0	54,6	33,3	0	1192	51,3
190	15,83	September	1,36	15,4	1,2	0,362	2,05	0	55	33,5	0	1196	51,5
191	15,92	October	1,37	15,5	1,2	0,364	2,07	0	55,4	33,7	0	1201	51,7
192	16	November	1,38	15,7	0	0,367	2,1	0	55,8	33,8	0	1205	51,9
193	16,08	December	1,39	15,9	1,2	0,37	2,12	0	56,1	34	0	1210	52,1
194	16,17	January	1,4	16,1	0	0,373	2,15	0	56,3	34,1	0	1215	52,2
195	16,25	February	1,41	16,3	0	0,376	2,18	0	56,6	34,2	0	1219	52,3
196	16,33	March	1,43	16,5	0	0,38	2,21	0	56,9	34,4	0	1228	52,5
197	16,42	April	1,44	16,7	1,2	0,382	2,23	0	57,3	34,5	0	1232	52,6
198	16,5	May	1,44	16,8	1,2	0,384	2,25	0	57,7	34,7	0	1232	52,9
199	16,58	June	1,45	17	1,2	0,386	2,27	0	58,1	34,9	0	1237	53,1
200	16,67	July	1,46	17,1	1,2	0,388	2,28	0	58,6	35,1	0	1241	53,3
201	16,75	August	1,47	17,2	1,2	0,389	2,29	0	59	35,3	0	1245	53,5
202	16,83	September	1,47	17,3	1,2	0,391	2,31	0	59,5	35,5	0	1245	53,7
203	16,92	October	1,48	17,5	1,2	0,394	2,33	0	59,8	35,6	0	1250	53,8
204	17	November	1,49	17,7	1,2	0,397	2,36	0	60,2	35,8	0	1254	54,1
205	17,08	December	1,51	17,9	1,2	0,4	2,39	0	60,4	35,9	0	1262	54,2
206	17,17	January	1,52	18,1	1,2	0,403	2,42	0	60,7	36	0	1267	54,3
207	17,25	February	1,53	18,3	0	0,407	2,45	0	61	36,1	0	1271	54,4
208	17,33	March	1,54	18,5	0	0,41	2,48	0	61,3	36,3	0	1275	54,6
209	17,42	April	1,55	18,8	1,2	0,413	2,51	0	61,7	36,5	0	1280	54,8
210	17,5	May	1,56	18,9	0	0,415	2,53	0	62,1	36,6	0	1284	54,9
211	17,58	June	1,57	19,1	1,2	0,417	2,55	0	62,5	36,8	0	1288	55,2
212	17,67	July	1,58	19,2	1,2	0,419	2,56	0	63	37	0	1292	55,4
213	17,75	August	1,58	19,3	1,2	0,42	2,58	0	63,5	37,2	0	1292	55,6
214	17,83	September	1,59	19,5	1,2	0,422	2,59	0	63,9	37,4	0	1296	55,8
215	17,92	October	1,6	19,7	1,2	0,425	2,62	0	64,3	37,6	0	1300	56
216	18	November	1,61	19,9	1,2	0,428	2,65	0	64,6	37,7	0	1304	56,1
217	18,08	December	1,62	20,1	1,2	0,431	2,68	0	64,9	37,8	0	1309	56,3
218	18,17	January	1,63	20,3	1,2	0,434	2,71	0	65,1	37,9	0	1313	56,4
219	18,25	February	1,65	20,5	0	0,438	2,74	0	65,4	38	0	1321	56,5
220	18,33	March	1,66	20,7	1,2	0,441	2,78	0	65,7	38,2	0	1325	56,7
221	18,42	April	1,67	21	1,2	0,444	2,8	0	66,1	38,3	0	1329	56,8
222	18,5	May	1,68	21,1	1,2	0,447	2,83	0	66,5	38,5	0	1333	57
223	18,58	June	1,69	21,3	1,2	0,448	2,84	0	67	38,7	0	1337	57,2
224	18,67	July	1,7	21,4	1,2	0,45	2,86	0	67,5	38,9	0	1340	57,5
225	18,75	August	1,7	21,5	0	0,452	2,88	0	67,9	39,1	0	1341	57,7

			Top Down at Surface			Top Down at 0.5"			Bottom Up at h _{ac}			Reliability	
Pavement age		Month	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking (ft/mi)	Location (in)	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking (ft/mi)	Location (in)	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking (%)	Location (in)	Top Down Cracking (ft/mi)	Bottom Up Cracking (%)
mo	yr												
226	18,83	September	1,71	21,7	1,2	0,453	2,89	0	68,4	39,3	0	1345	57,9
227	18,92	October	1,72	21,9	1,2	0,456	2,91	0	68,8	39,4	0	1348	58
228	19	November	1,73	22,1	1,2	0,459	2,95	0	69,2	39,6	0	1352	58,2
229	19,08	December	1,74	22,3	0	0,462	2,98	0	69,5	39,7	0	1356	58,3
230	19,17	January	1,75	22,6	1,2	0,466	3,01	0	69,8	39,8	0	1360	58,4
231	19,25	February	1,77	22,8	0	0,469	3,05	0	70,1	40	0	1368	58,7
232	19,33	March	1,78	23	1,2	0,472	3,08	0	70,5	40,1	0	1372	58,8
233	19,42	April	1,79	23,3	1,2	0,475	3,1	0	71	40,3	0	1376	59
234	19,5	May	1,8	23,4	0	0,477	3,13	0	71,4	40,5	0	1379	59,2
235	19,58	June	1,81	23,6	1,2	0,479	3,15	0	71,9	40,6	0	1383	59,3
236	19,67	July	1,81	23,7	1,2	0,481	3,16	0	72,4	40,8	0	1383	59,5
237	19,75	August	1,82	23,9	1,2	0,482	3,18	0	72,9	41	0	1387	59,7
238	19,83	September	1,83	24	1,2	0,484	3,2	0	73,3	41,2	0	1391	60
239	19,92	October	1,84	24,2	1,2	0,487	3,22	0	73,7	41,3	0	1394	60,1
240	20	November	1,85	24,5	1,2	0,49	3,26	0	74,1	41,5	0	1398	60,3

1.5 - Predicted Rutting: Project Analyse

Pavement age		Month	Maximum Rutting (inch)										
			AC1	Location (in)	GB2	SG3	SG4	SubTotal AC	SubTotal Base	SubTotal S G	Total	Location (in)	Total Rut Reliability
mo	yr												
1	0,08	December	0,021	2,3	0,0414	0,0214	0,138	0,021	0,04	0,16	0,22	0	0,3155
2	0,17	January	0,0283	2,3	0,0435	0,0238	0,1542	0,0283	0,04	0,18	0,25	0	0,35
3	0,25	February	0,0351	2,3	0,0451	0,0253	0,1641	0,0351	0,05	0,19	0,27	0	0,3743
4	0,33	March	0,0413	2,3	0,0464	0,0265	0,1715	0,0413	0,05	0,2	0,29	0	0,3937
5	0,42	April	0,0534	2,3	0,0485	0,0276	0,178	0,0534	0,05	0,21	0,31	0	0,42
6	0,5	May	0,0763	2,3	0,0515	0,0288	0,1839	0,0763	0,05	0,21	0,34	0	0,4595
7	0,58	June	0,1032	2,3	0,0539	0,0298	0,1891	0,1032	0,05	0,22	0,38	0	0,5017
8	0,67	July	0,1256	2,3	0,0555	0,0307	0,1937	0,1256	0,06	0,22	0,41	1,157	0,5363
9	0,75	August	0,1413	2,3	0,0565	0,0314	0,1974	0,1413	0,06	0,23	0,43	1,157	0,5608
10	0,83	September	0,1499	2,3	0,0569	0,0319	0,2005	0,1499	0,06	0,23	0,44	1,157	0,5755
11	0,92	October	0,1556	2,3	0,0571	0,0323	0,2032	0,1556	0,06	0,24	0,45	2,313	0,5861
12	1	November	0,1585	2,3	0,0572	0,0326	0,2053	0,1585	0,06	0,24	0,45	1,157	0,5924
13	1,08	December	0,1603	2,3	0,0572	0,0328	0,2072	0,1603	0,06	0,24	0,46	1,157	0,597
14	1,17	January	0,1616	2,3	0,0572	0,033	0,2089	0,1616	0,06	0,24	0,46	2,313	0,6008
15	1,25	February	0,1631	2,3	0,0573	0,0332	0,2106	0,1631	0,06	0,24	0,46	2,313	0,6047
16	1,33	March	0,165	2,3	0,0573	0,0334	0,2122	0,165	0,06	0,25	0,47	2,313	0,609
17	1,42	April	0,1699	2,3	0,0575	0,0337	0,2139	0,1699	0,06	0,25	0,47	2,313	0,6173
18	1,5	May	0,1754	2,3	0,0577	0,034	0,2156	0,1754	0,06	0,25	0,48	1,157	0,6262
19	1,58	June	0,1816	2,3	0,058	0,0343	0,2173	0,1816	0,06	0,25	0,49	2,313	0,6359
20	1,67	July	0,1911	2,3	0,0584	0,0346	0,219	0,1911	0,06	0,25	0,5	2,313	0,6496
21	1,75	August	0,1999	2,3	0,0587	0,0348	0,2206	0,1999	0,06	0,26	0,51	2,313	0,6623
22	1,83	September	0,2064	2,3	0,059	0,0351	0,222	0,2064	0,06	0,26	0,52	2,313	0,6718
23	1,92	October	0,2095	2,3	0,059	0,0353	0,2232	0,2095	0,06	0,26	0,53	2,313	0,6771
24	2	November	0,2109	2,3	0,059	0,0354	0,2243	0,2109	0,06	0,26	0,53	2,313	0,6801
25	2,08	December	0,2117	2,3	0,059	0,0355	0,2252	0,2117	0,06	0,26	0,53	2,313	0,6822
26	2,17	January	0,2124	2,3	0,059	0,0356	0,226	0,2124	0,06	0,26	0,53	2,313	0,684
27	2,25	February	0,2132	2,3	0,059	0,0357	0,2269	0,2132	0,06	0,26	0,53	2,313	0,6861
28	2,33	March	0,2149	2,3	0,0591	0,0358	0,2279	0,2149	0,06	0,26	0,54	2,313	0,6894
29	2,42	April	0,217	2,3	0,0591	0,0359	0,2289	0,217	0,06	0,26	0,54	2,313	0,6931
30	2,5	May	0,222	2,3	0,0593	0,0361	0,2299	0,222	0,06	0,27	0,55	2,313	0,7004
31	2,58	June	0,2276	2,3	0,0595	0,0363	0,231	0,2276	0,06	0,27	0,55	2,313	0,7084
32	2,67	July	0,234	2,3	0,0597	0,0365	0,2321	0,234	0,06	0,27	0,56	2,313	0,7174
33	2,75	August	0,2401	2,3	0,0599	0,0367	0,2331	0,2401	0,06	0,27	0,57	2,313	0,7258
34	2,83	September	0,2455	2,3	0,06	0,0368	0,2341	0,2455	0,06	0,27	0,58	2,313	0,7335
35	2,92	October	0,2477	2,3	0,06	0,0369	0,2349	0,2477	0,06	0,27	0,58	2,313	0,7371
36	3	November	0,2488	2,3	0,06	0,037	0,2355	0,2488	0,06	0,27	0,58	2,313	0,7393
37	3,08	December	0,2494	2,3	0,06	0,0371	0,2362	0,2494	0,06	0,27	0,58	2,313	0,7407
38	3,17	January	0,2497	2,3	0,06	0,0371	0,2367	0,2497	0,06	0,27	0,58	2,313	0,7417
39	3,25	February	0,2508	2,3	0,0601	0,0372	0,2374	0,2508	0,06	0,27	0,59	2,313	0,7438
40	3,33	March	0,2521	2,3	0,0601	0,0373	0,238	0,2521	0,06	0,28	0,59	2,313	0,7461
41	3,42	April	0,2542	2,3	0,0601	0,0374	0,2388	0,2542	0,06	0,28	0,59	2,313	0,7495
42	3,5	May	0,2573	2,3	0,0602	0,0375	0,2395	0,2573	0,06	0,28	0,59	2,313	0,7542
43	3,58	June	0,2631	2,3	0,0604	0,0376	0,2403	0,2631	0,06	0,28	0,6	2,313	0,762
44	3,67	July	0,2679	2,3	0,0605	0,0378	0,2411	0,2679	0,06	0,28	0,61	2,313	0,7686
45	3,75	August	0,2744	2,3	0,0607	0,0379	0,2419	0,2744	0,06	0,28	0,61	2,313	0,7772

Pavement age		Month	Maximum Rutting (inch)										Location (in)	TotalRutReliability
			AC1	Location (in)	GB2	SG3	SG4	SubTotal AC	SubTotalBase	SubTotalS G	Total			
mo	yr	Month	AC1	Location (in)	GB2	SG3	SG4	SubTotal AC	SubTotalBase	SubTotalS G	Total	Location (in)	TotalRutReliability	
46	3,83	September	0,2825	2,3	0,0609	0,0381	0,2427	0,2825	0,06	0,28	0,62	2,313	0,7878	
47	3,92	October	0,2851	2,3	0,061	0,0382	0,2433	0,2851	0,06	0,28	0,63	2,313	0,7916	
48	4	November	0,2862	2,3	0,061	0,0382	0,2439	0,2862	0,06	0,28	0,63	2,313	0,7936	
49	4,08	December	0,287	2,3	0,061	0,0383	0,2444	0,287	0,06	0,28	0,63	2,313	0,7951	
50	4,17	January	0,2877	2,3	0,061	0,0383	0,2449	0,2877	0,06	0,28	0,63	2,313	0,7966	
51	4,25	February	0,2887	2,3	0,061	0,0384	0,2454	0,2887	0,06	0,28	0,63	2,313	0,7984	
52	4,33	March	0,2907	2,3	0,061	0,0385	0,246	0,2907	0,06	0,28	0,64	2,313	0,8014	
53	4,42	April	0,2923	2,3	0,0611	0,0386	0,2465	0,2923	0,06	0,29	0,64	2,313	0,8039	
54	4,5	May	0,2956	2,3	0,0611	0,0387	0,2471	0,2956	0,06	0,29	0,64	2,313	0,8085	
55	4,58	June	0,3004	2,3	0,0612	0,0388	0,2478	0,3004	0,06	0,29	0,65	2,313	0,8149	
56	4,67	July	0,3069	2,3	0,0614	0,0389	0,2484	0,3069	0,06	0,29	0,66	2,313	0,8233	
57	4,75	August	0,3125	2,3	0,0615	0,039	0,2491	0,3125	0,06	0,29	0,66	2,313	0,8306	
58	4,83	September	0,316	2,3	0,0616	0,0391	0,2496	0,316	0,06	0,29	0,67	2,313	0,8355	
59	4,92	October	0,3181	2,3	0,0616	0,0392	0,2502	0,3181	0,06	0,29	0,67	2,313	0,8384	
60	5	November	0,3189	2,3	0,0616	0,0392	0,2506	0,3189	0,06	0,29	0,67	2,313	0,8399	
61	5,08	December	0,3193	2,3	0,0616	0,0393	0,251	0,3193	0,06	0,29	0,67	2,313	0,8409	
62	5,17	January	0,3197	2,3	0,0616	0,0393	0,2513	0,3197	0,06	0,29	0,67	2,313	0,8418	
63	5,25	February	0,3202	2,3	0,0616	0,0393	0,2517	0,3202	0,06	0,29	0,67	2,313	0,8428	
64	5,33	March	0,3208	2,3	0,0616	0,0394	0,2521	0,3208	0,06	0,29	0,67	2,313	0,844	
65	5,42	April	0,3223	2,3	0,0617	0,0394	0,2526	0,3223	0,06	0,29	0,68	2,313	0,8462	
66	5,5	May	0,3262	2,3	0,0617	0,0395	0,2531	0,3262	0,06	0,29	0,68	2,313	0,8514	
67	5,58	June	0,3329	2,3	0,0619	0,0396	0,2537	0,3329	0,06	0,29	0,69	2,313	0,8599	
68	5,67	July	0,3405	2,3	0,0621	0,0398	0,2543	0,3405	0,06	0,29	0,7	2,313	0,8695	
69	5,75	August	0,3467	2,3	0,0623	0,0399	0,2548	0,3467	0,06	0,29	0,7	2,313	0,8773	
70	5,83	September	0,3499	2,3	0,0623	0,0399	0,2553	0,3499	0,06	0,3	0,71	2,313	0,8816	
71	5,92	October	0,3524	2,3	0,0623	0,04	0,2558	0,3524	0,06	0,3	0,71	2,313	0,885	
72	6	November	0,3536	2,3	0,0624	0,0401	0,2562	0,3536	0,06	0,3	0,71	2,313	0,8869	
73	6,08	December	0,3543	2,3	0,0624	0,0401	0,2565	0,3543	0,06	0,3	0,71	2,313	0,8881	
74	6,17	January	0,3548	2,3	0,0624	0,0401	0,2568	0,3548	0,06	0,3	0,71	2,313	0,8891	
75	6,25	February	0,3554	2,3	0,0624	0,0402	0,2572	0,3554	0,06	0,3	0,71	2,313	0,8901	
76	6,33	March	0,3561	2,3	0,0624	0,0402	0,2575	0,3561	0,06	0,3	0,72	2,313	0,8915	
77	6,42	April	0,3581	2,3	0,0624	0,0403	0,258	0,3581	0,06	0,3	0,72	2,313	0,8943	
78	6,5	May	0,3608	2,3	0,0624	0,0403	0,2584	0,3608	0,06	0,3	0,72	2,313	0,8979	
79	6,58	June	0,3637	2,3	0,0625	0,0404	0,2588	0,3637	0,06	0,3	0,73	2,313	0,9018	
80	6,67	July	0,3684	2,3	0,0626	0,0405	0,2593	0,3684	0,06	0,3	0,73	2,313	0,9078	
81	6,75	August	0,373	2,3	0,0627	0,0406	0,2598	0,373	0,06	0,3	0,74	2,313	0,9136	
82	6,83	September	0,3764	2,3	0,0627	0,0406	0,2602	0,3764	0,06	0,3	0,74	2,313	0,918	
83	6,92	October	0,378	2,3	0,0627	0,0407	0,2606	0,378	0,06	0,3	0,74	2,313	0,9203	
84	7	November	0,3788	2,3	0,0627	0,0408	0,2609	0,3788	0,06	0,3	0,74	2,313	0,9217	
85	7,08	December	0,3792	2,3	0,0627	0,0408	0,2612	0,3792	0,06	0,3	0,74	2,313	0,9225	
86	7,17	January	0,3796	2,3	0,0627	0,0408	0,2614	0,3796	0,06	0,3	0,74	2,313	0,9231	
87	7,25	February	0,38	2,3	0,0627	0,0408	0,2617	0,38	0,06	0,3	0,75	2,313	0,9239	
88	7,33	March	0,381	2,3	0,0627	0,0409	0,2621	0,381	0,06	0,3	0,75	2,313	0,9255	
89	7,42	April	0,3821	2,3	0,0628	0,0409	0,2624	0,3821	0,06	0,3	0,75	2,313	0,9272	
90	7,5	May	0,385	2,3	0,0628	0,041	0,2628	0,385	0,06	0,3	0,75	2,313	0,931	
91	7,58	June	0,3883	2,3	0,0629	0,041	0,2632	0,3883	0,06	0,3	0,76	2,313	0,9353	
92	7,67	July	0,3922	2,3	0,0629	0,0411	0,2636	0,3922	0,06	0,3	0,76	2,313	0,9402	

Pavement age		Month	Maximum Rutting (inch)										Location (in)	TotalRutReliability
			AC1	Location (in)	GB2	SG3	SG4	SubTotal AC	SubTotal Base	SubTotal Surface	Total			
mo	yr	Month	AC1	Location (in)	GB2	SG3	SG4	SubTotal AC	SubTotal Base	SubTotal Surface	Total	Location (in)	TotalRutReliability	
93	7,75	August	0,396	2,3	0,063	0,0412	0,264	0,396	0,06	0,31	0,76	2,313	0,945	
94	7,83	September	0,3993	2,3	0,063	0,0413	0,2644	0,3993	0,06	0,31	0,77	2,313	0,9493	
95	7,92	October	0,4006	2,3	0,063	0,0413	0,2647	0,4006	0,06	0,31	0,77	2,313	0,9512	
96	8	November	0,4013	2,3	0,063	0,0413	0,265	0,4013	0,06	0,31	0,77	2,313	0,9524	
97	8,08	December	0,4017	2,3	0,063	0,0413	0,2652	0,4017	0,06	0,31	0,77	2,313	0,9531	
98	8,17	January	0,4019	2,3	0,063	0,0414	0,2654	0,4019	0,06	0,31	0,77	2,313	0,9535	
99	8,25	February	0,4025	2,3	0,063	0,0414	0,2657	0,4025	0,06	0,31	0,77	2,313	0,9546	
100	8,33	March	0,4033	2,3	0,063	0,0414	0,266	0,4033	0,06	0,31	0,77	2,313	0,9559	
101	8,42	April	0,4048	2,3	0,0631	0,0415	0,2663	0,4048	0,06	0,31	0,78	2,313	0,958	
102	8,5	May	0,4068	2,3	0,0631	0,0415	0,2667	0,4068	0,06	0,31	0,78	2,313	0,9606	
103	8,58	June	0,4106	2,3	0,0632	0,0416	0,267	0,4106	0,06	0,31	0,78	2,313	0,9654	
104	8,67	July	0,4138	2,3	0,0632	0,0417	0,2674	0,4138	0,06	0,31	0,79	2,313	0,9695	
105	8,75	August	0,4181	2,3	0,0633	0,0417	0,2678	0,4181	0,06	0,31	0,79	2,313	0,9748	
106	8,83	September	0,4236	2,3	0,0634	0,0418	0,2681	0,4236	0,06	0,31	0,8	2,313	0,9816	
107	8,92	October	0,4255	2,3	0,0634	0,0418	0,2685	0,4255	0,06	0,31	0,8	2,313	0,9842	
108	9	November	0,4263	2,3	0,0634	0,0419	0,2687	0,4263	0,06	0,31	0,8	2,313	0,9854	
109	9,08	December	0,4268	2,3	0,0634	0,0419	0,269	0,4268	0,06	0,31	0,8	2,313	0,9863	
110	9,17	January	0,4273	2,3	0,0634	0,0419	0,2692	0,4273	0,06	0,31	0,8	2,313	0,9871	
111	9,25	February	0,428	2,3	0,0634	0,042	0,2695	0,428	0,06	0,31	0,8	2,313	0,9882	
112	9,33	March	0,4294	2,3	0,0634	0,042	0,2697	0,4294	0,06	0,31	0,8	2,313	0,9901	
113	9,42	April	0,4306	2,3	0,0635	0,042	0,27	0,4306	0,06	0,31	0,81	2,313	0,9918	
114	9,5	May	0,4329	2,3	0,0635	0,0421	0,2703	0,4329	0,06	0,31	0,81	2,313	0,9949	
115	9,58	June	0,4364	2,3	0,0635	0,0421	0,2707	0,4364	0,06	0,31	0,81	2,313	0,9992	
116	9,67	July	0,4413	2,3	0,0636	0,0422	0,271	0,4413	0,06	0,31	0,82	2,313	1,0052	
117	9,75	August	0,4454	2,3	0,0637	0,0423	0,2714	0,4454	0,06	0,31	0,82	2,313	1,0103	
118	9,83	September	0,448	2,3	0,0637	0,0423	0,2717	0,448	0,06	0,31	0,83	2,313	1,0136	
119	9,92	October	0,4495	2,3	0,0637	0,0424	0,272	0,4495	0,06	0,31	0,83	2,313	1,0156	
120	10	November	0,4501	2,3	0,0637	0,0424	0,2722	0,4501	0,06	0,31	0,83	2,313	1,0166	
121	10,08	December	0,4504	2,3	0,0637	0,0424	0,2724	0,4504	0,06	0,31	0,83	2,313	1,0172	
122	10,17	January	0,4507	2,3	0,0637	0,0424	0,2726	0,4507	0,06	0,32	0,83	2,313	1,0177	
123	10,25	February	0,451	2,3	0,0637	0,0425	0,2728	0,451	0,06	0,32	0,83	2,313	1,0184	
124	10,33	March	0,4514	2,3	0,0637	0,0425	0,273	0,4514	0,06	0,32	0,83	2,313	1,0191	
125	10,42	April	0,4526	2,3	0,0637	0,0425	0,2733	0,4526	0,06	0,32	0,83	2,313	1,0208	
126	10,5	May	0,4556	2,3	0,0638	0,0425	0,2736	0,4556	0,06	0,32	0,84	2,313	1,0244	
127	10,58	June	0,4609	2,3	0,0639	0,0426	0,2739	0,4609	0,06	0,32	0,84	2,313	1,0309	
128	10,67	July	0,4667	2,3	0,064	0,0427	0,2743	0,4667	0,06	0,32	0,85	2,313	1,0379	
129	10,75	August	0,4715	2,3	0,0641	0,0428	0,2746	0,4715	0,06	0,32	0,85	2,313	1,0438	
130	10,83	September	0,474	2,3	0,0641	0,0428	0,2749	0,474	0,06	0,32	0,86	2,313	1,0469	
131	10,92	October	0,476	2,3	0,0641	0,0428	0,2751	0,476	0,06	0,32	0,86	2,313	1,0496	
132	11	November	0,477	2,3	0,0641	0,0429	0,2754	0,477	0,06	0,32	0,86	2,313	1,0509	
133	11,08	December	0,4776	2,3	0,0641	0,0429	0,2756	0,4776	0,06	0,32	0,86	2,313	1,0518	
134	11,17	January	0,4779	2,3	0,0641	0,0429	0,2758	0,4779	0,06	0,32	0,86	2,313	1,0525	
135	11,25	February	0,4784	2,3	0,0641	0,0429	0,276	0,4784	0,06	0,32	0,86	2,313	1,0532	
136	11,33	March	0,479	2,3	0,0641	0,043	0,2762	0,479	0,06	0,32	0,86	2,313	1,0541	
137	11,42	April	0,4808	2,3	0,0641	0,043	0,2764	0,4808	0,06	0,32	0,86	2,313	1,0564	
138	11,5	May	0,483	2,3	0,0642	0,043	0,2767	0,483	0,06	0,32	0,87	2,313	1,0592	

Pavement age		Month	Maximum Rutting (inch)										Location (in)	TotalRutReliability
			AC1	Location (in)	GB2	SG3	SG4	SubTotal AC	SubTotalBase	SubTotalS G	Total			
mo	yr	Month	AC1	Location (in)	GB2	SG3	SG4	SubTotal AC	SubTotalBase	SubTotalS G	Total	Location (in)	TotalRutReliability	
139	11,58	June	0,4853	2,3	0,0642	0,0431	0,277	0,4853	0,06	0,32	0,87	2,313	1,0622	
140	11,67	July	0,4891	2,3	0,0643	0,0431	0,2773	0,4891	0,06	0,32	0,87	2,313	1,0669	
141	11,75	August	0,4928	2,3	0,0643	0,0432	0,2776	0,4928	0,06	0,32	0,88	2,313	1,0714	
142	11,83	September	0,4955	2,3	0,0643	0,0432	0,2778	0,4955	0,06	0,32	0,88	2,313	1,0748	
143	11,92	October	0,4969	2,3	0,0644	0,0433	0,2781	0,4969	0,06	0,32	0,88	2,313	1,0766	
144	12	November	0,4975	2,3	0,0644	0,0433	0,2783	0,4975	0,06	0,32	0,88	2,313	1,0776	
145	12,08	December	0,4978	2,3	0,0644	0,0433	0,2785	0,4978	0,06	0,32	0,88	2,313	1,0781	
146	12,17	January	0,4981	2,3	0,0644	0,0433	0,2786	0,4981	0,06	0,32	0,88	2,313	1,0787	
147	12,25	February	0,4985	2,3	0,0644	0,0433	0,2788	0,4985	0,06	0,32	0,88	2,313	1,0793	
148	12,33	March	0,4992	2,3	0,0644	0,0434	0,279	0,4992	0,06	0,32	0,89	2,313	1,0804	
149	12,42	April	0,5002	2,3	0,0644	0,0434	0,2792	0,5002	0,06	0,32	0,89	2,313	1,0817	
150	12,5	May	0,5026	2,3	0,0644	0,0434	0,2795	0,5026	0,06	0,32	0,89	2,313	1,0848	
151	12,58	June	0,5054	2,3	0,0644	0,0435	0,2798	0,5054	0,06	0,32	0,89	2,313	1,0882	
152	12,67	July	0,5086	2,3	0,0645	0,0435	0,28	0,5086	0,06	0,32	0,9	2,313	1,0922	
153	12,75	August	0,5118	2,3	0,0645	0,0436	0,2803	0,5118	0,06	0,32	0,9	2,313	1,0961	
154	12,83	September	0,5145	2,3	0,0645	0,0436	0,2805	0,5145	0,06	0,32	0,9	2,313	1,0995	
155	12,92	October	0,5157	2,3	0,0645	0,0437	0,2808	0,5157	0,06	0,32	0,9	2,313	1,101	
156	13	November	0,5163	2,3	0,0645	0,0437	0,2809	0,5163	0,06	0,32	0,91	2,313	1,1019	
157	13,08	December	0,5166	2,3	0,0645	0,0437	0,2811	0,5166	0,06	0,32	0,91	2,313	1,1025	
158	13,17	January	0,5167	2,3	0,0645	0,0437	0,2813	0,5167	0,06	0,33	0,91	2,313	1,1027	
159	13,25	February	0,5173	2,3	0,0645	0,0437	0,2814	0,5173	0,06	0,33	0,91	2,313	1,1036	
160	13,33	March	0,5179	2,3	0,0645	0,0437	0,2816	0,5179	0,06	0,33	0,91	2,313	1,1046	
161	13,42	April	0,5192	2,3	0,0646	0,0438	0,2818	0,5192	0,06	0,33	0,91	2,313	1,1062	
162	13,5	May	0,5208	2,3	0,0646	0,0438	0,2821	0,5208	0,06	0,33	0,91	2,313	1,1083	
163	13,58	June	0,5241	2,3	0,0646	0,0439	0,2823	0,5241	0,06	0,33	0,91	2,313	1,1123	
164	13,67	July	0,5269	2,3	0,0646	0,0439	0,2826	0,5269	0,06	0,33	0,92	2,313	1,1157	
165	13,75	August	0,5305	2,3	0,0647	0,0439	0,2828	0,5305	0,06	0,33	0,92	2,313	1,1202	
166	13,83	September	0,5353	2,3	0,0648	0,044	0,2831	0,5353	0,06	0,33	0,93	2,313	1,1259	
167	13,92	October	0,537	2,3	0,0648	0,044	0,2833	0,537	0,06	0,33	0,93	2,313	1,128	
168	14	November	0,5376	2,3	0,0648	0,044	0,2835	0,5376	0,06	0,33	0,93	2,313	1,129	
169	14,08	December	0,5381	2,3	0,0648	0,0441	0,2837	0,5381	0,06	0,33	0,93	2,313	1,1296	
170	14,17	January	0,5385	2,3	0,0648	0,0441	0,2838	0,5385	0,06	0,33	0,93	2,313	1,1303	
171	14,25	February	0,539	2,3	0,0648	0,0441	0,284	0,539	0,06	0,33	0,93	2,313	1,1312	
172	14,33	March	0,5404	2,3	0,0648	0,0441	0,2842	0,5404	0,06	0,33	0,93	2,313	1,1329	
173	14,42	April	0,5415	2,3	0,0648	0,0442	0,2844	0,5415	0,06	0,33	0,93	2,313	1,1344	
174	14,5	May	0,5435	2,3	0,0648	0,0442	0,2846	0,5435	0,06	0,33	0,94	2,313	1,1369	
175	14,58	June	0,5466	2,3	0,0649	0,0442	0,2849	0,5466	0,06	0,33	0,94	2,313	1,1407	
176	14,67	July	0,5509	2,3	0,0649	0,0443	0,2851	0,5509	0,06	0,33	0,95	2,313	1,1458	
177	14,75	August	0,5545	2,3	0,065	0,0443	0,2854	0,5545	0,07	0,33	0,95	2,313	1,1501	
178	14,83	September	0,5568	2,3	0,065	0,0444	0,2856	0,5568	0,07	0,33	0,95	2,313	1,153	
179	14,92	October	0,5581	2,3	0,065	0,0444	0,2858	0,5581	0,07	0,33	0,95	2,313	1,1547	
180	15	November	0,5586	2,3	0,065	0,0444	0,286	0,5586	0,07	0,33	0,95	2,313	1,1555	
181	15,08	December	0,5589	2,3	0,065	0,0444	0,2861	0,5589	0,07	0,33	0,95	2,313	1,156	
182	15,17	January	0,5591	2,3	0,065	0,0444	0,2862	0,5591	0,07	0,33	0,95	2,313	1,1564	
183	15,25	February	0,5594	2,3	0,065	0,0445	0,2864	0,5594	0,07	0,33	0,96	2,313	1,1568	
184	15,33	March	0,5598	2,3	0,065	0,0445	0,2865	0,5598	0,07	0,33	0,96	2,313	1,1575	

Pavement age		Month	Maximum Rutting (inch)										
			AC1	Location (in)	GB2	SG3	SG4	SubTotal AC	SubTotal Base	SubTotal S G	Total	Location (in)	Total Rut Reliability
mo	yr												
185	15,42	April	0,5608	2,3	0,065	0,0445	0,2867	0,5608	0,07	0,33	0,96	2,313	1,1588
186	15,5	May	0,5634	2,3	0,065	0,0445	0,287	0,5634	0,07	0,33	0,96	2,313	1,162
187	15,58	June	0,5682	2,3	0,0651	0,0446	0,2872	0,5682	0,07	0,33	0,96	2,313	1,1677
188	15,67	July	0,5734	2,3	0,0652	0,0446	0,2875	0,5734	0,07	0,33	0,97	2,313	1,1739
189	15,75	August	0,5778	2,3	0,0653	0,0447	0,2877	0,5778	0,07	0,33	0,98	2,313	1,179
190	15,83	September	0,58	2,3	0,0653	0,0447	0,2879	0,58	0,07	0,33	0,98	2,313	1,1818
191	15,92	October	0,5818	2,3	0,0653	0,0447	0,2881	0,5818	0,07	0,33	0,98	2,313	1,184
192	16	November	0,5827	2,3	0,0653	0,0448	0,2883	0,5827	0,07	0,33	0,98	2,313	1,1852
193	16,08	December	0,5832	2,3	0,0653	0,0448	0,2884	0,5832	0,07	0,33	0,98	2,313	1,186
194	16,17	January	0,5835	2,3	0,0653	0,0448	0,2886	0,5835	0,07	0,33	0,98	2,313	1,1865
195	16,25	February	0,5839	2,3	0,0653	0,0448	0,2887	0,5839	0,07	0,33	0,98	2,313	1,1871
196	16,33	March	0,5844	2,3	0,0653	0,0448	0,2889	0,5844	0,07	0,33	0,98	2,313	1,1879
197	16,42	April	0,5861	2,3	0,0653	0,0449	0,2891	0,5861	0,07	0,33	0,99	2,313	1,19
198	16,5	May	0,5881	2,3	0,0653	0,0449	0,2893	0,5881	0,07	0,33	0,99	2,313	1,1924
199	16,58	June	0,5902	2,3	0,0654	0,0449	0,2895	0,5902	0,07	0,33	0,99	2,313	1,195
200	16,67	July	0,5936	2,3	0,0654	0,045	0,2897	0,5936	0,07	0,33	0,99	2,313	1,1992
201	16,75	August	0,5971	2,3	0,0654	0,045	0,2899	0,5971	0,07	0,33	1	2,313	1,2032
202	16,83	September	0,5995	2,3	0,0655	0,045	0,2901	0,5995	0,07	0,34	1	2,313	1,2062
203	16,92	October	0,6008	2,3	0,0655	0,0451	0,2903	0,6008	0,07	0,34	1	1,157	1,2075
204	17	November	0,6014	2,3	0,0655	0,0451	0,2905	0,6014	0,07	0,34	1	1,157	1,2086
205	17,08	December	0,6017	2,3	0,0655	0,0451	0,2906	0,6017	0,07	0,34	1	2,313	1,2096
206	17,17	January	0,6019	2,3	0,0655	0,0451	0,2907	0,6019	0,07	0,34	1	2,313	1,2096
207	17,25	February	0,6022	2,3	0,0655	0,0451	0,2909	0,6022	0,07	0,34	1	1,157	1,2097
208	17,33	March	0,6029	2,3	0,0655	0,0451	0,291	0,6029	0,07	0,34	1	1,157	1,2108
209	17,42	April	0,6038	2,3	0,0655	0,0452	0,2912	0,6038	0,07	0,34	1,01	1,157	1,2119
210	17,5	May	0,606	2,3	0,0655	0,0452	0,2914	0,606	0,07	0,34	1,01	2,313	1,2151
211	17,58	June	0,6086	2,3	0,0655	0,0452	0,2916	0,6086	0,07	0,34	1,01	2,313	1,2184
212	17,67	July	0,6116	2,3	0,0655	0,0453	0,2918	0,6116	0,07	0,34	1,01	2,313	1,2217
213	17,75	August	0,6145	2,3	0,0656	0,0453	0,292	0,6145	0,07	0,34	1,02	1,157	1,225
214	17,83	September	0,6171	2,3	0,0656	0,0453	0,2922	0,6171	0,07	0,34	1,02	2,313	1,2283
215	17,92	October	0,6181	2,3	0,0656	0,0454	0,2924	0,6181	0,07	0,34	1,02	1,157	1,2294
216	18	November	0,6187	2,3	0,0656	0,0454	0,2925	0,6187	0,07	0,34	1,02	2,313	1,2305
217	18,08	December	0,6189	2,3	0,0656	0,0454	0,2926	0,6189	0,07	0,34	1,02	1,157	1,2305
218	18,17	January	0,6191	2,3	0,0656	0,0454	0,2928	0,6191	0,07	0,34	1,02	2,313	1,2316
219	18,25	February	0,6196	2,3	0,0656	0,0454	0,2929	0,6196	0,07	0,34	1,02	1,157	1,2316
220	18,33	March	0,6202	2,3	0,0656	0,0454	0,2931	0,6202	0,07	0,34	1,02	2,313	1,2327
221	18,42	April	0,6213	2,3	0,0656	0,0454	0,2932	0,6213	0,07	0,34	1,03	1,157	1,2338
222	18,5	May	0,6229	2,3	0,0656	0,0455	0,2934	0,6229	0,07	0,34	1,03	1,157	1,236
223	18,58	June	0,626	2,3	0,0657	0,0455	0,2936	0,626	0,07	0,34	1,03	1,157	1,2393
224	18,67	July	0,6285	2,3	0,0657	0,0456	0,2938	0,6285	0,07	0,34	1,03	1,157	1,2426
225	18,75	August	0,632	2,3	0,0657	0,0456	0,294	0,632	0,07	0,34	1,04	2,313	1,247
226	18,83	September	0,6364	2,3	0,0658	0,0456	0,2942	0,6364	0,07	0,34	1,04	2,313	1,2524
227	18,92	October	0,638	2,3	0,0658	0,0457	0,2944	0,638	0,07	0,34	1,04	2,313	1,2546
228	19	November	0,6386	2,3	0,0658	0,0457	0,2945	0,6386	0,07	0,34	1,04	1,157	1,2547
229	19,08	December	0,639	2,3	0,0658	0,0457	0,2947	0,639	0,07	0,34	1,05	2,313	1,2557
230	19,17	January	0,6394	2,3	0,0658	0,0457	0,2948	0,6394	0,07	0,34	1,05	1,157	1,2558

Pavement age		Month	Maximum Rutting (inch)										
			AC1	Location (in)	GB2	SG3	SG4	SubTotal AC	SubTotal Base	SubTotal SG	Total	Location (in)	Total Rut Reliability
mo	yr	Month	AC1	Location (in)	GB2	SG3	SG4	SubTotal AC	SubTotal Base	SubTotal SG	Total	Location (in)	Total Rut Reliability
231	19,25	February	0,6399	2,3	0,0658	0,0457	0,2949	0,6399	0,07	0,34	1,05	1,157	1,2568
232	19,33	March	0,6413	2,3	0,0658	0,0457	0,2951	0,6413	0,07	0,34	1,05	2,313	1,259
233	19,42	April	0,6422	2,3	0,0658	0,0458	0,2952	0,6422	0,07	0,34	1,05	2,313	1,2601
234	19,5	May	0,6441	2,3	0,0658	0,0458	0,2954	0,6441	0,07	0,34	1,05	2,313	1,2623
235	19,58	June	0,647	2,3	0,0659	0,0458	0,2956	0,647	0,07	0,34	1,05	2,313	1,2656
236	19,67	July	0,6511	2,3	0,0659	0,0459	0,2958	0,6511	0,07	0,34	1,06	1,157	1,27
237	19,75	August	0,6546	2,3	0,0659	0,0459	0,296	0,6546	0,07	0,34	1,06	1,157	1,2744
238	19,83	September	0,6567	2,3	0,066	0,0459	0,2962	0,6567	0,07	0,34	1,07	2,313	1,2776
239	19,92	October	0,658	2,3	0,066	0,0459	0,2964	0,658	0,07	0,34	1,07	2,313	1,2787
240	20	November	0,6585	2,3	0,066	0,046	0,2965	0,6585	0,07	0,34	1,07	2,313	1,2798