

EFEITO DO EXCESSO DE PESO DOS VEÍCULOS COMERCIAIS DE CARGA A PARTIR DE UMA ANÁLISE EMPÍRICO-MECANÍSTICA

OVERLOAD EFFECT ON FREIGHT COMERCIAL VEHICLES FROM AN EMPIRICAL-MECHANISTIC ANALYSIS

Thaís Ferrari Réus¹, Carlos Alberto Prado da Silva Júnior², Heliana Barbosa Fontenele³

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid – PR 445-Km 380 – Campus Universitário. E-mail: thaisferrariereus@hotmail.com

² Professor Doutor do Programa Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid – PR 445-Km 380 – Campus Universitário. E-mail: cprado@uel.br

³ Professora Doutora do Programa Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid – PR 445-Km 380 – Campus Universitário. E-mail: heliana@uel.br

RESUMO

Atualmente observa-se uma tendência da substituição dos métodos empíricos de dimensionamento de pavimentos flexíveis pelos empíricos mecanicistas. O objetivo deste trabalho foi verificar a adequação das cargas de tráfego às regulamentações referentes ao limite de peso, bem como a quantificação do efeito danoso proveniente de tal carregamento. Para tanto foram realizadas simulações no programa ELSYM5 para a determinação das deformações estruturais do pavimento e posterior cálculo do Fator de Equivalência de Carga (FEC) empírico-mecanístico. Foram utilizados dados de pesagem obtidos no ano de 2009 nos postos de pesagem localizados nas rodovias BR-153 e BR-369, bem como as cargas máximas permitidas por eixo, sem considerar a tolerância. Por fim, a partir da comparação dos FEC com os FEC_{máximo} foi possível quantificar o efeito danoso proveniente do carregamento em termos de equivalência ao do eixo padrão de 8,2 t e perceber o quanto o excesso de peso afeta o desempenho final do pavimento.

Palavras-chave: Excesso de carga, ELSYM5, pavimentos flexíveis.

ABSTRACT

Currently there is an inclination to replace the empirical methods of design of flexible pavements by empirical-mechanistic methods. The aim of this study was to verify the adequacy of traffic loads to the regulations regarding the weight limit, and also quantify the harmful effect of the loading. Both simulations were performed in the ELSYM5, software for the determination of structural deformations of the pavement and then calculate the empirical-mechanistic Load Equivalency Factor (FEC). For this analysis it was used weight data obtained in 2009 in two weigh stations located in the BR-153 and BR-369, as well as the axle loads allowed, without considering the tolerance. Finally from the comparison between the FEC and FEC_{maximum} it was possible to quantify the harmful effect from the overload found in terms of equivalence to the standard axis of 8.2t, and to realize how the weight excess affects the final performance of the pavement.

Keywords: Overload, ELSYM5, flexible pavements.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil aproximadamente 60% do transporte de cargas é realizado pelo modal rodoviário, pois este apresenta maior flexibilidade, com veículos de tamanhos e capacidades diversificados e também atinge quase a totalidade do território nacional.

Segundo relatório do Sistema de Gerenciamento de Pavimentos (SGP) do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT (2011), dos 1.712.517,3 km de rodovias brasileiras,

apenas 214.413,5 km são pavimentados, ou seja, 12,5%. Em uma avaliação qualitativa realizada em 96.707 km da malha de rodovias pavimentadas, 46% foi classificada em condição que variava entre o estado regular a péssimo (CNT, 2012). Sendo que a malha pesquisada corresponde a, aproximadamente, 45% das rodovias nacionais pavimentadas. Este fato torna-se preocupante, pois a qualidade do pavimento é fundamental para manter os níveis de desempenho da rodovia, podendo comprometer a segurança dos usuários além de aumentar o tempo e o custo das viagens.

Um dos motivos para o mau estado que se encontram as rodovias brasileiras é o excesso de peso dos veículos comerciais de carga. Este efeito destrutivo do excesso de peso pode ser percebido no dimensionamento dos pavimentos por meio do Fator de Equivalência de Carga (FEC), que relaciona cada tipo de eixo ou conjunto de eixos ao eixo padrão, e é utilizado na determinação do número equivalente de operações do eixo padrão (N), que representa todo o tráfego de forma simplificada.

Devido ao excesso de carga, conforme Fernandes Júnior (1994), a evolução da deterioração dos pavimentos torna-se muito acentuada, comprometendo, em curto período de tempo, o conforto e a segurança do tráfego e aumentando os custos de operação dos veículos.

A carga por eixo dos veículos é considerada no cálculo dos FEC, que podem ser determinados por meios empíricos ou empíricos-mecanísticos. Os métodos empíricos utilizam correlações desenvolvidas pela American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) e United States Army Corps of Engineers (USACE), na década de 60. Já os empíricos mecanísticos relacionam o empirismo com ensaios experimentais de campo ou laboratório, levando em consideração as respostas estruturais do pavimento, sendo assim mais indicados para representar a situação em campo.

O FEC tem sido muito utilizado como medida de desempenho estrutural de pavimentos porque mede comparativamente ao eixo padrão, os efeitos que os excessos de carga por eixo causam na estrutura do pavimento, como os estudos realizados por Fontenele, Zanuncio e Da Silva Júnior (2011), Fernandes Júnior (2007) e Albano (2005).

Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi quantificar o efeito danoso do excesso de peso dos veículos comerciais, no Lote 1 do Anel de Integração do Paraná, do ponto de vista empírico-mecanístico.

2. TRANSMISSÃO DE CARGA AO PAVIMENTO

A carga por eixo, dividida entre o número de rodas, é transmitida por meio do contato dos pneus com o pavimento, sendo inicialmente absorvida pelo revestimento. Em seguida a tensão se propaga e se espalha pelas camadas proporcionalmente a rigidez dos materiais empregados em sua constituição, e considerando o pavimento um meio elástico, isotrópico e homogêneo, ocorre uma diminuição da força por área, ou seja, da tensão atuante, conforme apresentado na Figura 1.

Para tirar o máximo proveito desse tipo de propagação de tensões as camadas são dispostas em ordem decrescente de capacidade de carga. Desta forma o material com maior resistência, e consequentemente mais caro, é utilizado para compor as faixas de rolamento na parte superior, e os que apresentam menor capacidade de suporte e menor custo são utilizados nas camadas inferiores (WAPA, 2013).

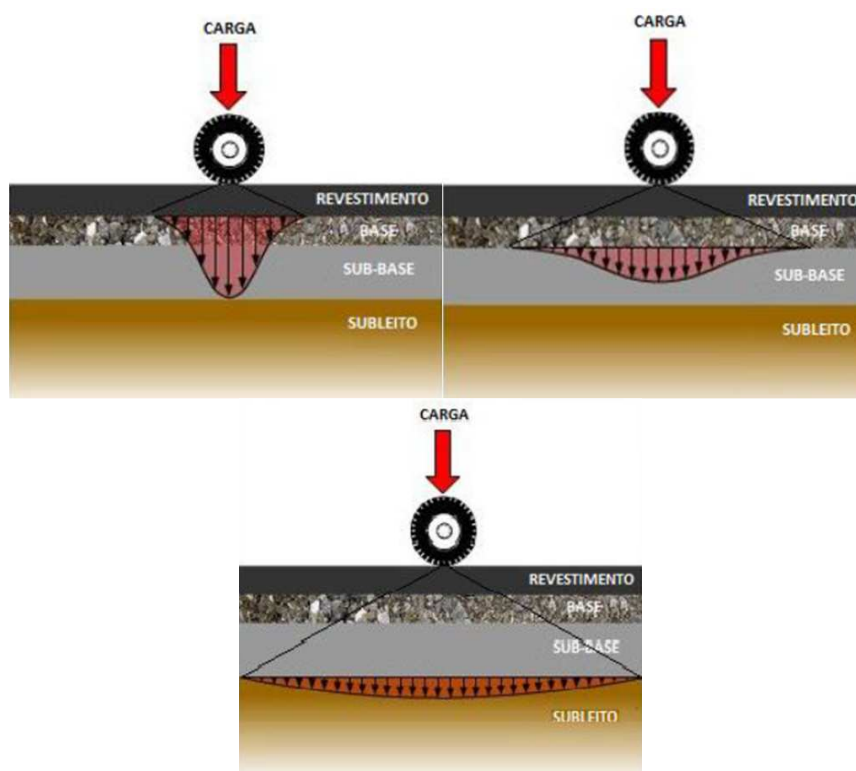


Figura 1 - Transmissão de carga ao pavimento flexível

Fonte: Adaptado de Wappa (2013).

3. EQUIVALÊNCIA DE CARGAS

A partir da observação do efeito causado por veículos diferentes em estruturas idênticas de pavimentos fez com que surgisse o conceito de equivalência de cargas. Os Fatores de Equivalência de Cargas permitem a conversão de aplicações de diferentes solicitações em um número equivalente de solicitações do eixo padrão. Isto possibilita o dimensionamento e a previsão do desempenho de pavimentos para o tráfego, considerando toda a gama de veículos que o compõe.

O eixo padrão foi definido por estudos desenvolvidos pela AASHTO Road Test no final dos anos 1950. Trata-se de um eixo simples com rodado duplo com carga de 82 kN (18.000 lb) e 563 kPa (80 psi) de pressão de inflação dos pneus.

3.1. Fator de equivalência de carga empírico mecanístico

Os modelos empíricos-mecanísticos são baseados nas relações de causa e efeito, ou seja, por meio das solicitações se determinam as respostas estruturais do pavimento e a partir disto procura-se entender os mecanismos de deterioração que são observados em campo.

Fernandes Júnior (1994) enfatizou que os FEC empíricos-mecanísticos são os mais indicados para a previsão de desempenho, pois expressam melhor as situações em campo e podem ser obtidos por meio da Equação 1.

$$FEC = \left(\frac{\rho_i}{\rho_0} \right)^b \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

- ρ_i = Resposta estrutural correspondente à solicitação em análise;
- ρ_0 = Resposta estrutural correspondente à solicitação padrão;
- b = Expoente associado à forma de deterioração, à resposta estrutural considerada, ao tipo de ensaio e à estrutura analisada;

4. EXCESSOS DE CARGA

A estrutura do pavimento, a segurança, conforto e a fluidez do tráfego, entre outros fatores, são diretamente afetados pelos excessos de carga. Porém os excessos de carga continuam sendo praticados pela inexistência dos sistemas de pesagem na maioria das rodovias e das vantagens econômicas na relação entre o valor dos fretes e das multas aplicadas pela sobrecarga (Fontenete, Zanuncio e Da Silva Júnior, 2011). Além disso, os excessos de carga por eixo são vistos pelos transportadores como forma de aumentar a produtividade dos fretes, desta forma, mesmo quando há a fiscalização e a autuação pelo sobrepeso, a relação frete/multa é economicamente vantajosa.

Segundo reportagem do portal de notícias G1 (2013) um levantamento realizado pela Controladoria Geral da União constatou um prejuízo de R\$ 1,6 bilhões por ano com a recuperação de pavimentos devido à degradação pelo excesso de peso dos veículos, praticados principalmente pela falta de fiscalização. Foi ressaltado também que em 2012 o DNIT notificou 528 mil motoristas em rodovias federais por circularem com excedente de carga.

Os excessos de carga podem trazer vários efeitos como a redução da velocidade de tráfego, o comprometimento da segurança e o aumento do risco de acidentes e a redução da vida útil do pavimento.

Fontenete, Zanuncio e Silva Júnior (2011) verificaram em seu trabalho que o excesso de 1,0 t no peso por eixo simples, tandem duplo e tandem triplo geram, respectivamente, um aumento de mais de 80%, 35% e 25% do FEC, ocasionando a degradação acelerada do pavimento e intervenções antes do tempo previsto em projeto.

Albano (2005) constatou por meio da determinação do FEC empírico-mecanístico, com base nas deflexões calculadas no ELSYM5, que quando há um excesso de 20% no peso do rodado duplo do simulador de tráfego utilizado, considerando o expoente $b=5,959$, houve uma redução de 65,2% na vida útil prevista para o pavimento espesso e de 73,7% no pavimento delgado. Quando considerado o expoente $b=4,32$ para o cálculo do FEC a redução foi de 53,4% para o pavimento espesso e de 62,0% para o delgado.

4.1. Limites legais no país

Conforme determinado no Código de Trânsito Brasileiro (CTB) o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) é o órgão responsável por regulamentar o transporte rodoviário, por meio de resoluções. No que tange o transporte de carga as Resoluções nº 210 (CONTRAN, 2006) e a nº 211 (CONTRAN, 2006b) estabelecem os limites de peso e dimensões para os veículos que transitem por vias terrestres e os requisitos necessários à circulação de Combinações de Veículos de Carga (CVC), respectivamente.

No que diz respeito ao Peso Bruto Total (PBT) e Peso Bruto Total Combinado (PBTC) a Lei nº 7.408 de 1985 (BRASIL, 2013) estabeleceu uma tolerância percentual de 5% atribuída ao limite máximo permitido devido à imprecisão dos equipamentos de verificação de peso. Porém, quanto ao peso por eixo, admitiu-se uma alteração da tolerância de 5% para 7,5%, conforme Resolução nº 102/99 (CONTRAN, 1999) e 104/99 do CONTRAN (1999b), revogadas pela Resolução nº 258 de 30 de novembro de 2007 (CONTRAN, 2007). Na Resolução nº 258/07 a tolerância para os excessos de peso por eixo foi alterada para 5%, porém essa redução só será efetivamente aplicada pela resolução 467/13 (CONTRAN, 2013), que passou a vigorar em 30 de julho de 2014.

Peterlini (2006) ressaltou em seu trabalho a necessidade da redução da tolerância de 7,5%, uma vez que esta não leva em conta o caráter danoso aos pavimentos, além de que os transportadores consideram essa tolerância como um ganho real de sobrecarga e não como uma tolerância do próprio equipamento de pesagem.

5. MECANISMOS DE DETERIORAÇÃO DO PAVIMENTO

Neste trabalho são considerados apenas dois mecanismos de deterioração do pavimento, as trincas por fadiga e os afundamentos nas trilhas de rodas, por se tratarem dos principais defeitos oriundos da ação do tráfego.

Conforme abordado anteriormente, quando se tem a aplicação das cargas de tráfego no pavimento, considerando este como um meio elástico, isotrópico e homogêneo, há uma propagação de tensões com o aumento da profundidade e a consequente diminuição das solicitações. Este carregamento aplicado ao pavimento gera deformações em sua estrutura, tratadas também como respostas estruturais, como a deformação horizontal de tração na fibra inferior do revestimento ($\varepsilon_{ht,1}$) e deformação vertical de compressão no topo do subleito ($\varepsilon_{vc,m}$), as quais foram consideradas neste trabalho.

6. MATERIAIS E MÉTODO

Neste item apresentam-se os materiais e método aplicados no desenvolvimento do trabalho. Os dados utilizados foram coletados nas pesagens diárias no ano de 2009 de duas balanças localizadas na região norte do Estado do Paraná, tendo como objetivo principal verificar o excesso de carga nas rodovias no lote 1 do anel de integração viário.

O trecho estudado conta com dois pontos de pesagem fixa (PPVs), um localizado na BR 369, km 10, no município de Cambará e outro no km 5 da BR 153, no município de Jacarezinho. Os dois PPVs possuem balanças dinâmicas, que possibilitam realizar o controle de peso e dimensões de todos os veículos de transporte de cargas que trafegam pelo lugar, por 24h.

Os dados concedidos pela empresa concessionária foram os mesmos passados ao Departamento de Estradas e Rodagens (DER) e fornecidos em forma de planilhas, sendo divididos entre os dois PPVs. Tais informações são as seguintes: quantidade de veículos pesados, dia a dia, mês a mês; os veículos autuados e o valor total em UFIR, divididos entre veículos com placas do Paraná e de outros estados; quantidade de veículos com excesso no PBT e os valores médios dos excessos nos eixos em toneladas. Nas planilhas percebeu-se que a forma de agrupamento das classes dos veículos feita pela empresa é a apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação de veículos utilizada pela concessionária

Classificação	Descrição	Número de Eixos
Carreta	Caminhões tratores + Reboque/semirreboque	4 a 6
Caminhões	Caminhões tratores	2 a 3
Veículos especiais	Caminhões tratores + Reboque/semirreboque	mais de 7
Ônibus	Todos	

Para cada carga por roda correspondente à média mensal dos pesos que excederam o limite de peso dos eixos simples (rodas duplas), tandem duplo e triplo foram calculadas as respostas do pavimento e posteriormente aplicada a Equação 1 para obter os valores referentes aos FEC de cada tipo de eixo. O mesmo foi feito para as cargas máximas admissíveis por eixo (sem considerar a tolerância).

Para o cálculo dos correspondentes $FEC_{trincas}$ e $FEC_{afundamento}$ pela Equação 1, foram considerados, respectivamente, a maior $\varepsilon_{ht,1}$, com o expoente 3,291, bem como a maior $\varepsilon_{vc,m}$, com o

expoente igual a 4. Estes expoentes são os mesmos utilizados por Fontenele (2011) e estão relacionados ao tipo de estrutura analisada, à resposta estrutural e com a forma de deterioração.

Para o cálculo das deformações ($\epsilon_{ht,1}$ e $\epsilon_{vc,m}$) no programa ELSYM5, a estrutura hipotética do pavimento adotada foi a mesma utilizada por Fontenele (2011), e está apresentada na Tabela 2.

No processamento considerou-se a distância entre centros das superfícies de carregamento no ESRD igual a 33 cm e no ETD e ETT de 120 cm. Na Tabela 3 encontram-se as localizações das cargas e dos pontos de análise para cada tipo de eixo.

Tabela 2 - Características do pavimento hipotético

Camadas	Espessura (cm)	Módulo de Elasticidade (MPa)	Coef. Poisson
1	12,5	4000	0,30
2	20	400	0,40
3	25	200	0,40
Subleito	∞	70	0,45

Tabela 3 - Localizações usadas no ELSYM5 para cálculo das respostas estruturais

Eixo	Localização das Cargas (cm)		Localização de Análise (cm)	
	x	y	x	y
ESRD	0	0	0	0
	33,30	0	16,66	0
ETD	0	0	0	0
	33,30	0	16,66	0
	0	119,99	0	60,96
	33,30	119,99	16,66	60,96
ETT	0	0	0	0
	33,30	0	16,66	0
	0	119,99	0	60,96
	33,30	119,99	16,66	60,96
	0	239,98	0	119,99
	33,30	239,98	16,66	119,99

De acordo com Fernandes Júnior et al. (2007) a pressão de enchimento média utilizada no Brasil é de 844 kPa (120 psi), que foi adotada para a determinação das respostas estruturais deste trabalho. A única exceção foi para obtenção das deformações referentes às solicitações do eixo padrão, para o qual a pressão de enchimento foi a convencionalmente adotada, de 563 kPa (80 psi).

7. RESULTADOS

7.1. Configuração do tráfego circulante

No PPV da BR-153 em 2009 houve uma operação regular ao longo do ano, porém pode-se perceber que no primeiro semestre o volume de veículos pesados foi de 768 veículos por mês, significativamente menor que o do segundo semestre, que atingiu 1.178 veículos fiscalizados por mês.

Pode-se notar que caminhões aparecem com maior frequência, representando em média 40% dos veículos fiscalizados, porém, praticamente empatados com as carretas que tiveram em média 38%. Os veículos especiais aparecem com 19% e os ônibus com cerca de 2% de representatividade.

No PPV da BR-369 no ano de 2009 perceberam-se dois períodos distintos. Um representado pelo primeiro semestre onde houve um volume significativamente baixo de pesagem, com média de 302 veículos por mês, e o segundo semestre onde se teve um fluxo de operação maior, cuja média foi de 2.979 veículos por mês. Este fato foi decorrente da manutenção das balanças realizada no primeiro semestre o que impossibilitou a operação em alguns meses ou fez com que houvesse a operação parcial do posto de pesagem nos outros.

Em relação às configurações do tráfego pode-se notar em média 46% de frequência de caminhões, 39% de carretas, 15% de ônibus e 1% de veículos especiais.

7.2. Excessos de carga

O maior número de excessos no PBT ocorreu nos meses de setembro a dezembro, época de safra na região. Em média 16% das carretas apresentaram sobrepeso, 12% dos caminhões e dos ônibus e 11% dos veículos especiais. Também é possível verificar que o valor mais expressivo para os excessos de carga é referente aos ônibus no mês de outubro, quando 70% dos veículos fiscalizados trafegavam acima do limite de carga permitido.

Na BR-369 os caminhões foram os que apresentaram maior incidência de sobrepeso. Os excessos de peso foram constatados com mais frequência entre os meses de julho e setembro. Em média 14% dos veículos especiais apresentaram sobrepeso, 11% dos caminhões, 10% das carretas e dos ônibus.

Os excessos de carga por eixo, constatados no PPV da BR-153, variaram de 1.180 kg a 4.045 kg, sendo que o menor foi verificado para o eixo simples de rodas duplas e o maior para o eixo tandem triplo. Na Figura 2 pode-se visualizar a distribuição dos excessos de carga ao longo dos meses é praticamente regular para os ESRD e ETD.

Os excessos de peso registrados no PPV da BR-369 variaram de 350 kg a 4.350 kg. O menor excesso verificado foi para o ESRD e o maior para o ETD. A distribuição dos excessos de carga não se deu uniformemente ao longo do ano, como pode ser percebido na Figura 3, e o maior número de excessos foram constatados no período em que houve a operação plena do PPV, mesmo período em que as pesagens foram realizadas apenas em caráter estatístico.

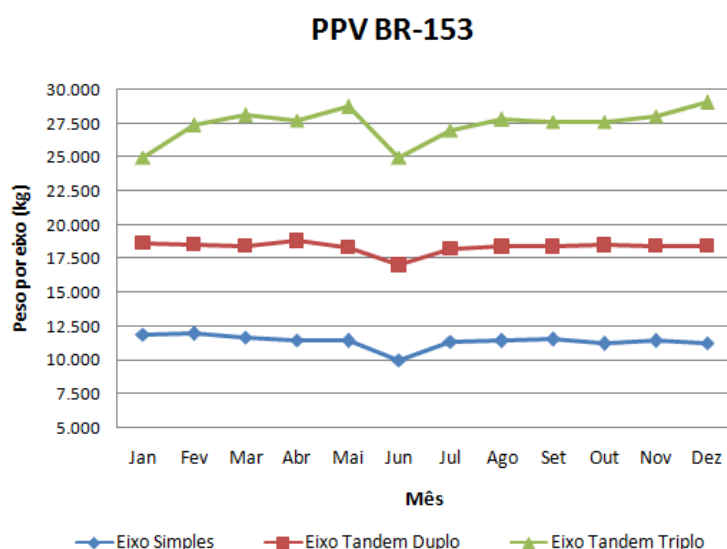


Figura 2- Porcentagem excesso de carga por tipo de eixo no PPV da BR-153 em 2009

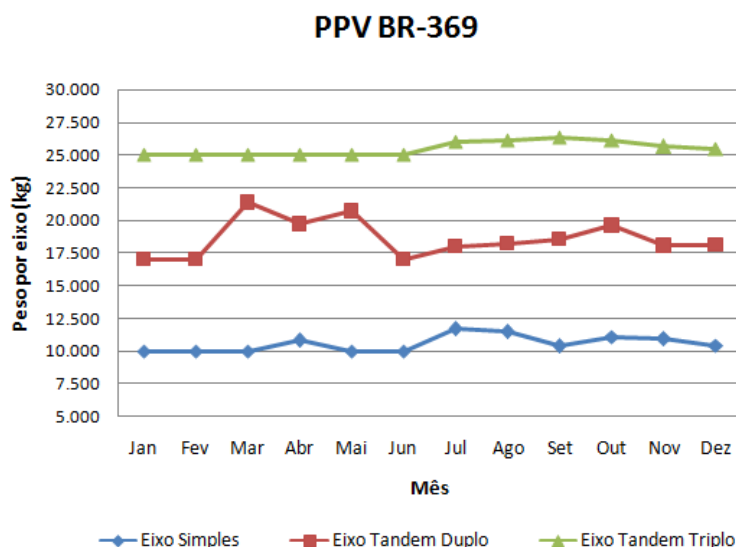


Figura 3 - Porcentagem excesso de carga por tipo de eixo no PPV da BR-369 em 2009

7.3. FEC empírico-mecânico

Com base nos resultados das análises estruturais do ELSYM5 calcularam-se os FEC empírico-mecânicos. Para a averiguação dos efeitos danosos dos excessos de carga para o pavimento, determinaram-se os FEC para os limites máximos de carga permitidos pela legislação brasileira para cada tipo de eixo, sendo estes apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - FEC empírico-mecânico máximos por eixo

FEC _{máximo}	ESRD	ETD	ETT
FEC _{trincas}	2,42	1,52	1,51
FEC _{afundamentos}	3,00	1,88	1,87

Foi verificado que os FEC_{afundamento} apresentaram-se mais danosos que os de FEC_{trincas} em cerca de 25%, bem como a evolução do efeito danoso de acordo com o aumento da carga por eixo. Nas Figuras 4, 5 e 6 verifica-se a distribuição dos FEC calculados ao longo dos meses.

Nas Figuras 4 a 9 observa-se que no PPV da BR-153 os FEC obtidos para o carregamento real foram cerca de 40% maiores que os FEC_{máximo} relativos às trincas e afundamentos para o ESRD e 25% para o ETD. No ETT verificou-se que para trincas os FEC apresentaram-se aproximadamente 25% acima do máximo e para o afundamento cerca de 30%. Enquanto que no posto de pesagem da BR-369 no primeiro semestre os FEC foram calculados em função da carga limite, pois não houve operação da balança. No segundo foi possível observar FEC de trinca e de afundamento cerca de 20% maiores que os máximos para o ESRD e de 5% para o ETT. Quanto ao ETD verificou-se FEC cerca de 30% maiores para trincas e de 40% para o afundamento nas trilhas de roda.

Pelos gráficos também se pode perceber que houve uma redução do dano causado ao pavimento, em relação às solicitações do eixo padrão, do ESRD para o ETD e também do ETD para o ETT, fato que pode ser explicado pela melhor distribuição da carga ao pavimento.

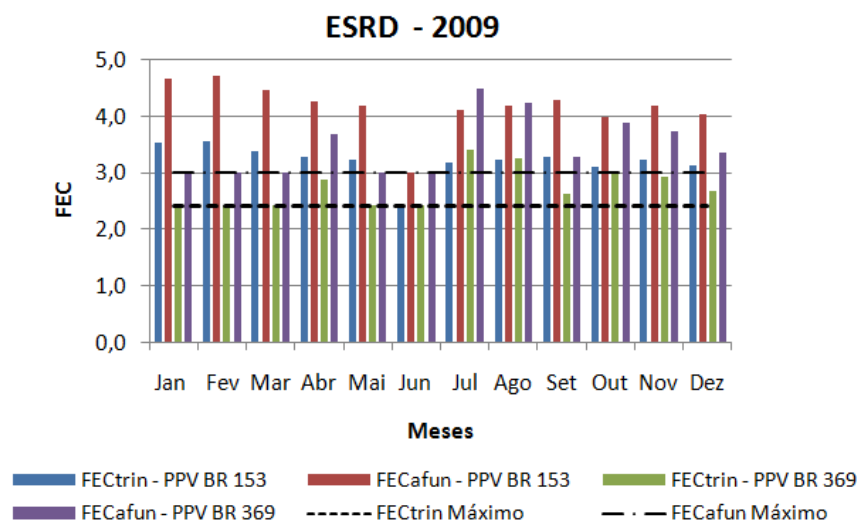


Figura 4 – Valores de FEC por tipo de eixo em 2009

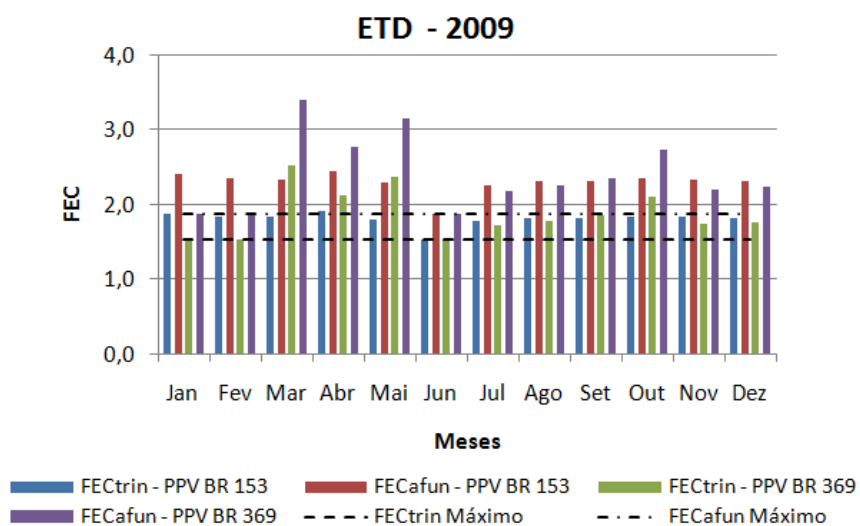


Figura 5 – Valores de FEC por tipo de eixo em 2009

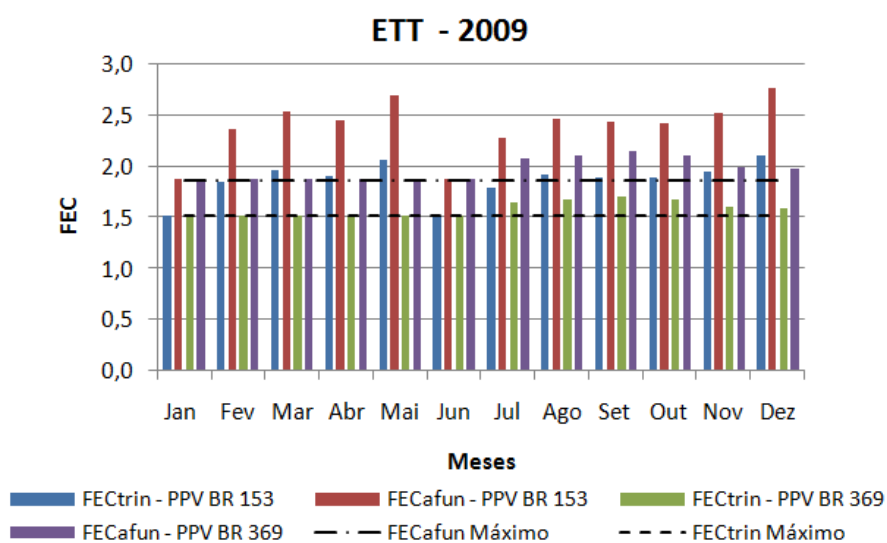


Figura 6 – Valores de FEC por tipo de eixo em 2009

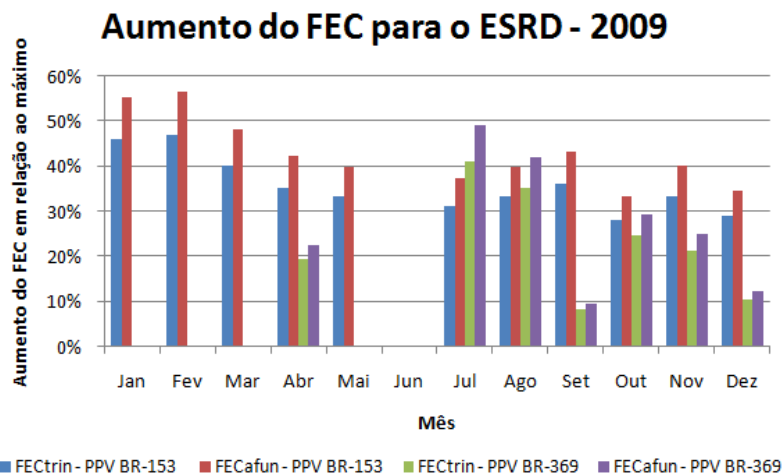


Figura 7 – Aumento do FEC em relação ao FECmáximo em 2009

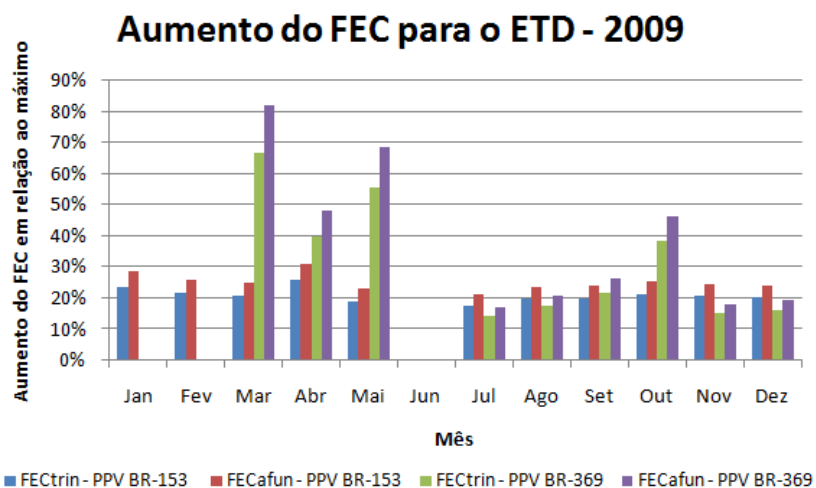


Figura 8 - Aumento do FEC em relação ao FECmáximo em 2009

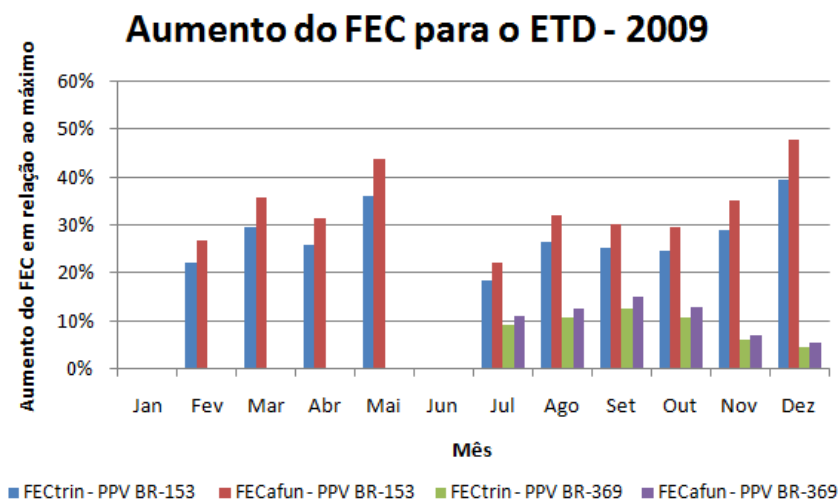


Figura 9 - Aumento do FEC em relação ao FECmáximo em 2009

8. CONCLUSÕES

Foi possível perceber que a circulação de caminhões e carretas é predominante no Lote 1 do Anel de Integração do Paraná. Sendo que as carretas são mais frequentes no primeiro semestre e os caminhões no segundo em ambos os PPVs.

Quanto aos excessos de carga no PBT foi constatado que, de forma geral, os caminhões apresentam maior média de sobrepeso durante o ano. Os resultados obtidos demonstram a necessidade de uma fiscalização mais rigorosa uma vez que o tráfego com carga excedente é corriqueiro, além disso, também se percebeu a importância da fiscalização dos ônibus, uma vez que cerca de 70% circulavam com carga acima do limite permitido.

Tratando-se dos excessos de carga por eixo constatou-se que para o PPV da BR-153 os maiores ocorreram para o ETT enquanto na BR-369 para o ETD.

Os valores de FEC encontrados demonstram o quão prejudicial é o excesso de peso para a vida útil do pavimento, sendo que, com os dados utilizados no estudo, o aumento do FEC chegou a 80% em relação ao máximo, calculado com o limite de carga permitido pela legislação sem considerar a tolerância.

Outro fato importante foi que o FEC referente ao afundamento nas trilhas de roda apresentou-se 25% maior que o referente às trincas por fadiga, explicando assim uma das principais deteriorações encontradas nas rodovias da região.

Estes resultados mostram a grande necessidade de um estudo sobre a forma que está sendo feita a fiscalização no Brasil. Atualmente não há nenhuma intensificação das operações nos meses críticos do ano.

Através da análise dos resultados encontrados, conclui-se que o cenário do carregamento das vias é preocupante, já que os excessos de carga praticados pelos transportadores são muito frequentes, não havendo consciência por parte destes dos danos causados ao pavimento. Este fato leva a necessidade de intervenção para a recuperação do pavimento em tempos cada vez menores. Sendo assim a fiscalização deve ser intensificada e a autuação dos veículos precisa ser realizada com frequência para que o excesso de carga seja inibido.

9. REFERÊNCIAS

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.

BRASIL. Lei n.º 7.408 de 25 de novembro de 1985. Permite a tolerância de 5% (cinco por cento) na pesagem de carga em veículos de transporte. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília DF, 24 set. 1997. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7408.htm >. Acesso em: 01 maio 2013.

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 210/06 de 13/11/2006. *Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres e dá outras providências*. Brasília, 2006. 7p.

CONTRAN. Resolução nº 211/06 de 13/11/2006. *Requisitos necessários à circulação de Combinações de Veículos de Carga – CVC, a que se referem aos arts. 97, 99 e 314 do Código de Trânsito Brasileiro*. Brasília, 2006b. 7p.

CONTRAN. Resolução nº 258/07 de 30/11/2007. *Regulamenta os artigos 231, X e 323 do Código de Trânsito Brasileiro, fixa metodologia de aferição de peso de veículos, estabelece percentuais de tolerância e dá outras providências*. Brasília, 2007b. 5p.

CONTRAN. Resolução nº 467/13 de 11/12/2013. *Altera o prazo previsto no artigo 17 da Resolução CONTRAN nº 258/2007, com redação dada pelas Resoluções nº 365/2010 e 403/2012, que regulamenta os artigos 231, X e 323 do Código de Trânsito Brasileiro, fixa metodologia de aferição de peso de veículos, estabelece percentuais de tolerância e dá outras providências*. Brasília, 2013. 2p.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT. *Relatório pesquisa CNT de rodovias 2012*. Brasília, 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE - DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Cordenção Geral de Estudos de Pesquisa. *Relatório dos levantamentos funcionais das rodovias federais*. Rio de Janeiro, 2011.

FERNANDES JUNIOR, J. L.; PAES, J. C.; PEREIRA, P. A. A. Avaliação dos efeitos das solicitações do tráfego sobre o desempenho de pavimentos flexíveis portugueses e brasileiros. *Revista Pavimentação*, Ano II, n. 5, pp. 28-38. Associação Brasileira de Pavimentação – ABPv, Rio de Janeiro, 2007.

FERNANDES JUNIOR, J. L. *Investigação dos Efeitos das Solicitações do Tráfego sobre o Desempenho de Pavimentos*. 1995. 293 f. Tese (Doutorado) – Pós-graduação em Engenharia Civil – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 1994.

FONTENELE, H. B.; ZANUNCIO, C. E. M.; DA SILVA JUNIOR, C. A. P.; O excesso de peso nos veículos rodoviários de carga e seu efeito. *Teoria e Prática na Engenharia Civil*, Novembro de 2011, n. 18, pp. 95-103. Editora, CIDADE, ano.

FONTENELE, H. B. *Representação do tráfego de veículos rodoviários de carga através de espectros de carga por eixo e seu efeito no desempenho dos pavimentos*. 2011. 287 p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

G1, Portal de notícias. *Excesso de peso de caminhões causa prejuízo de R\$1,6 bilhão em estradas*. Disponível em: <<http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2013/04/excesso-de-peso-de-caminhoes-causa-prejuizo-de-r-16-bilhao-em-estradas.html>>. Acesso em: 5 de junho de 2013.

PETERLINI, P. S. *Cargas por Eixo e Fatores de Veículos obtidos em Rodovias Federais Concessionadas do Estado do Paraná*. Florianópolis, SC, 2006. xxi, 192 p. Ilust.

WAPA. Washington Asphalt Pavement Association. *Asphalt Pavement Guide*. Disponível em: <<http://www.asphaltwa.com>>. Acesso em: 5 junho 2013.