

A INFLUÊNCIA DA SOBRECARGA NOS PAVIMENTOS E A IMPORTÂNCIA DA FISCALIZAÇÃO DE PESAGEM VEICULAR NAS RODOVIAS BRASILEIRAS

THE INFLUENCE OF OVERHEAD ON PAVEMENTS AND THE IMPORTANCE OF VEHICULAR WEIGHING SUPERVISION ON BRAZILIAN HIGHWAYS

Rodrigo André Klamt ¹, Luciano Pivoto Specht ², Jaelson Budny ³, Luciële da Silva Knierim ⁴

¹ Professor, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Frederico Westphalen/RS.

E-mail: rodrigoklamt@outlook.com

² Professor, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS. E-mail: luspecht@ufsm.br

³ Professor, Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete/RS. E-mail: jaelsonbudny@unipampa.edu.br

⁴ Engenheira Civil, Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete/RS. E-mail: luh_knierim@hotmail.com

RESUMO

O Brasil tem passado por um processo de crescimento acelerado da frota de veículos que, por consequência, traz danos negativos a sua infraestrutura rodoviária. Em consequência da matriz de transportes ser altamente dependente do sistema rodoviário os pavimentos do país estão em estado de conservação precário. Além disso, o excesso de peso, e consequente degradação das rodovias, vêm do descaso e falta de fiscalização de carga rodoviária. Buscou-se neste artigo discutir sobre a influência da sobrecarga dos veículos comerciais nos pavimentos e da importância da fiscalização de cargas rodoviárias no país, além de mostrar a importância da caracterização discreta do tráfego pelos sistemas de pesagem em movimento (WIM). Fica evidente que o conhecimento das cargas atuantes é essencial para subsidiar projetos de implantação e restauração de pavimentos em nossa malha rodoviária. Além disso, foi possível verificar que o sistema de balanças de pesagem veicular no país está falho, no entanto, o incentivo a implantação de balanças é válido, pois as mesmas induzem, indiretamente, a legalidade de cargas nas rodovias. Ainda, a pesquisa proporcionou numerar as vantagens do sistema de pesagem em movimento, de modo a obter dados de cargas nas rodovias do país, fazendo com que se possa dimensionar o pavimento para a real solicitação a qual o pavimento será submetido, minimizando a degradação precoce e maximizando os recursos investidos.

Palavras-chave: Sobrecarga. Fiscalização de cargas. Pesagem em movimento. Caracterização do tráfego. Dimensionamento de pavimentos.

ABSTRACT

Brazil has undergone a process of accelerated growth of the fleet of vehicles that, consequently, causes negative damages to its road infrastructure. As a consequence of the transport matrix being highly dependent on the road system, the country's pavements are in a precarious state of conservation. In addition, the excess weight, and consequent degradation of the highways, comes from the neglect and lack of road load inspection. The aim of this article was to discuss the influence of overload of commercial vehicles on pavements and the importance of road cargo control in the country, as well as show the importance of discrete traffic characterization by WIM. It is evident that the knowledge of the active loads is essential to subsidize projects of implantation and restoration of pavements in our road network. In addition, it was possible to verify that the system of weighing vehicles in the country is flawed, however, the incentive to the implantation of scales is valid, since they indirectly induce the legality of loads on the highways. In addition, the research allowed us to number the advantages of the moving weighing system in order to obtain load data on the country's highways, so that the pavement can be sized for the actual request to which the pavement will be subjected, minimizing degradation Precocious and maximizing the resources invested.

Keywords: Overload. Inspection of loads. Weight in motion. Traffic characterization. Scaffolding.

1. INTRODUÇÃO

Percebe-se, com o passar dos anos, o quão grande é o crescimento da frota de veículos no Brasil. Para se ter ideia, no ano 2000, o país possuía 29.722.950 veículos trafegando pelas suas rodovias, sendo que destes, 1.397.247 eram caminhões. Após 13 anos, em dezembro de 2013, o Brasil já possuía 81.600.729 veículos, sendo 2.488.680 caminhões. Neste período teve-se um aumento de aproximadamente 175% no volume total de veículos e de 78% mais caminhões nas estradas brasileiras (DENATRAN, 2014). Em contrapartida, nos últimos anos, aparentemente o número de veículos tem estabilizado, em função da crise econômica no país.

O transporte desempenha papel essencial dentro da sociedade, sendo primordial aos serviços básicos de saúde, educação, energia, alimentação, entre outros. Segundo o Ministério dos Transportes (2007), pelo Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT), 58% do transporte de carga no Brasil é realizado por rodovias. Já, no ano de 2015, em pesquisa realizada pela Confederação Nacional dos Transportes (CNT, 2015), o modal rodoviário representa 61,1% do transporte de cargas do país.

Esta desproporcionalidade do modal rodoviário aos demais, tem propiciado um agravamento no transporte de carga por rodovias. Dada a importância do modal rodoviário para o crescimento econômico brasileiro, a construção e a conservação (manutenção) da malha rodoviária se tornam primordiais. Dessa forma, o Governo Federal vem intensificando os projetos de construção de malhas rodoviárias a fim de atender a grande demanda do transporte de carga.

Mesmo que maior parte do transporte de carga passe pelas rodovias brasileiras, o país apresenta um complexo problema em sua malha viária. Segundo a Confederação Nacional dos Transportes (CNT, 2016), conforme Figura 1, indicações gerais mostram que, no ano de 2016, 48,3% das rodovias do país estão classificadas como: regulares, ruins ou péssimas. A mesma fonte (Figura 1) apresenta a classificação das rodovias com o passar dos anos, de 2009 até 2016, e demonstra que nos últimos anos o somatório da classificação das rodovias em estado péssimo, ruim e regular ficou entre 45,9% e 54,2%. Portanto, em torno de 50% das rodovias estão em estado regular à péssimo, o que mostra a ineficiência da gestão rodoviária no país.

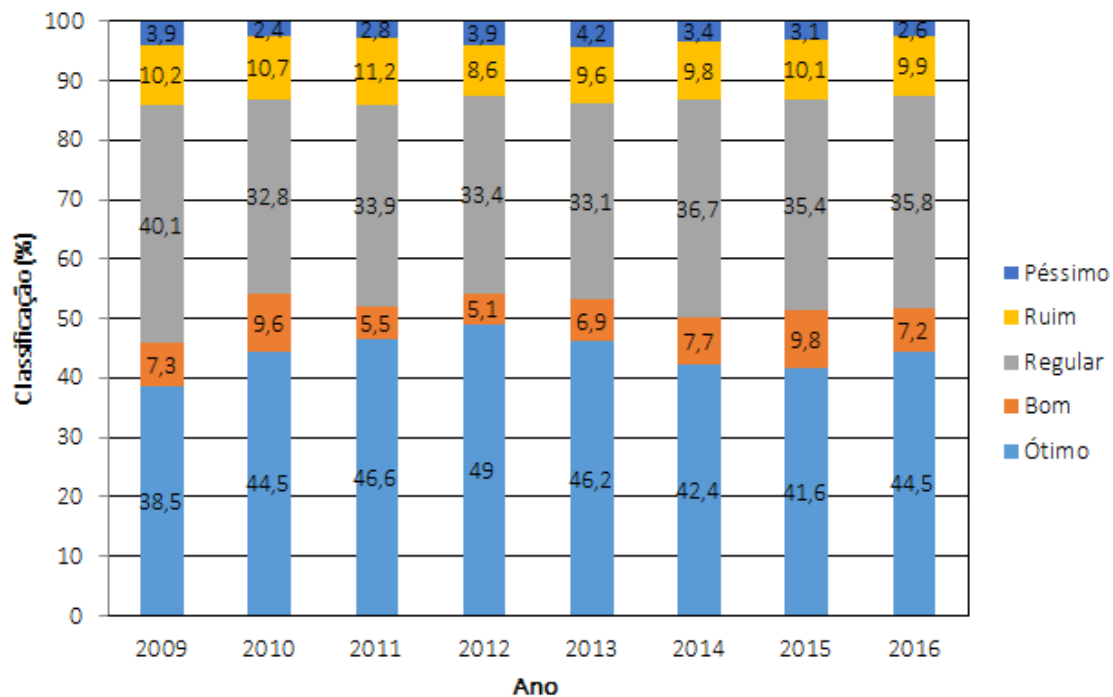


Figura 1 - Classificação das rodovias – evolução da malha pavimentada no período de 2009 a 2016 (CNT, 2016).

O significativo aumento de veículos, aliado ao excesso de peso dos eixos rodoviários, vêm impondo severas dificuldades à manutenção das vias de tráfego, elevando os custos decorrentes de sua conservação. Logo, como consequência, tem-se agravado a deterioração das rodovias, que são causas dos esforços não previstos no dimensionamento de pavimentos e de seus complementos, as obras de artes especiais (pontes e viadutos).

O excesso de peso, e consequente degradação das rodovias, vêm do descaso e falta de fiscalização de carga rodoviária. Maior parte dos postos de fiscalização de cargas das rodovias encontra-se desativado. Além disso, onde há presença de balanças de fiscalização os veículos de carga com sobrepeso desviam a rota, a fim de evitar a infração/penalização. Com isso, as balanças de fiscalização de pesagem acabam por ser ineficientes para um país de território e malha viária tão grande como o Brasil.

Em vista disto, este artigo busca fazer uma revisão sobre a influência da sobrecarga dos veículos comerciais nos pavimentos e da importância da fiscalização de cargas rodoviárias no país, a fim de identificar a eficiência do sistema. Além disso, busca-se apresentar o sistema de pesagem dinâmica, designado como *weight in motion* (WIM), uma sistemática que tende a aumentar o desempenho e precisão no controle de peso, além de atuar com elemento classificador dos veículos quanto a carga.

2. A INFLUÊNCIA DA SOBRECARGA NOS PAVIMENTOS

O tráfego de veículos tem extrema importância no dimensionamento de pavimentos, bem como na representação do desempenho ao longo da vida útil do mesmo. A característica do tráfego afeta diretamente a durabilidade e qualidade do pavimento, podendo ocasionar degradações prematuras como deformações permanentes, trincas e perda de material da superfície de rolamento.

Para evitar a degradação precoce há necessidade de um adequado dimensionamento, sendo para isso necessário a identificação correta das cargas que solicitarão o pavimento ao longo do período de projeto. No entanto, sabe-se que a estimativa do carregamento real atuante no pavimento é de grande complexidade, onde se tem um tráfego bastante heterogêneo, apresentando variações relativas aos tipos de veículos e cargas transportadas (cargas aleatórias), várias configurações de eixo e de rodas, velocidades variáveis, posição de solicitação variável, entre outros (Brito e Bock, 2013).

Todas estas variações das condições do tráfego refletem-se em dificuldades no dimensionamento do pavimento, sendo as principais relacionadas à previsão da evolução do tráfego ao longo do tempo e a avaliação do poder de destruição que as várias cargas exercem no pavimento.

Em vista destas dificuldades vários estudos têm surgido nos últimos anos no interesse de representar de forma mais próxima à realidade do carregamento dos veículos comerciais no pavimento, bem como seus reflexos nos mesmos.

Estes estudos, na busca por melhores soluções em termos de pavimentos, se apoiam na busca de estruturas eficientes que proporcionem um comportamento adequado e previsível diante às inúmeras solicitações do tráfego para o período de projeto (Fontenele, 2011).

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 62.127/68 que aprovou o Código Nacional de Trânsito. A partir deste, uma série de decretos e leis introduziram modificações na legislação original.

Por último, no ano de 2014, a CONTRAN regulamentou, através da Resolução nº. 489, de 5 de junho de 2014, novas regras para o carregamento de veículos comerciais. Na nova resolução, a tolerância de sobrecarga por eixo passa a ser de 10%, isso quando o veículo está dentro dos 5% de limite para o Peso Bruto Total (PBT). Quando o veículo estiver acima deste limite, a tolerância é 7,5%.

É importante lembrar que o veículo pode ser autuado duas vezes em uma única passagem pela balança rodoviária, uma pelo excesso de peso do Peso Bruto Total (PBT) e outra pelo excesso nos eixos. Para melhor interpretação da nova resolução é apresentada a Tabela 1.

Tabela 1 – Limites de carga (Resolução nº. 489 da CONTRAN, 2014).

PBT, PBTC ou CMT	Tolerância por eixo	
Abaixo de 5,0% não será autuado	Tolerância de 10,0%	Abaixo de 10,0% não será autuado
		Acima de 10,0% será autuado
Acima de 5,0% será autuado	Tolerância de 7,5%	Abaixo de 7,5% não será autuado
		Acima de 10,0% será autuado pela segunda vez

A resolução atesta ainda que para quem estiver com até 5% de excesso em peso bruto, só haverá transbordo ou remanejamento a partir de 12,5% de excesso nos eixos. Até este limite, o veículo será apenas multado. Para quem estiver com excesso acima de 5% de peso bruto, valem as regras antigas.

Fontenele (2011) destaca que 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.

No Brasil, infelizmente os limites legais de cargas não são observados por parte dos transportadores, por fabricantes de veículos e nem pelas autoridades responsáveis em aprovar projetos de novos veículos. Fernandes Jr., Sória e Widmer (1995) indicam que os fabricantes de implementos, para se tornarem mais competitivos no mercado, admitem a construção de reforços nos veículos, produzindo veículos com capacidade de carga acima dos limites legais.

Em vista disso, alguns estudos são apresentados e comentados a fim de verificar a situação das cargas nas rodovias brasileiras. Um dos primeiros estudos feitos no país, relatado por Fernandes Jr. (1994), referindo a pesquisa sobre o inter-relacionamento dos Custos Rodoviários desenvolvida entre 1976 e 1981 pela Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT, 1997), aponta que foram levantados os dados apresentados na Tabela 2.

Na Tabela 2 é possível verificar que os veículos com excesso de peso, no caso mais crítico, são com relação ao eixo tandem triplo, onde 30% dos veículos apresentaram sobrecarga. Além disso, é importante destacar que a porcentagem de excesso de peso chegou a 50% no eixo tandem duplo. Esses valores mostram o quão danoso os veículos de carga podem ser para os pavimentos.

Tabela 2 – Excesso de peso por eixo praticado no Brasil (GEIPOT, 1997).

Tipo de Eixo	Veículos com Excesso de Peso (%)	Valor da Sobrecarga	
		Excesso/Limite Legal (kN)	% de Excesso
Dianteiro	3,0	3,0/60,0	5,0
Simples (roda dupla)	25,0	20,0/100,0	20,0
Tandem Duplo	15,0	85,0/170,0	50,0
Tandem Triplo	30,0	115,0/225,0	45,0

Em outro estudo, Martins e Miranda (1995) referem que a consequência imediata da destruição dos pavimentos, com base em levantamentos no Estado de Mato Grosso, é o aumento imediato dos custos de transporte, estimado em até 58% no excesso do consumo de combustível, 30%

no desgaste da frota e 100% no tempo de percurso. Os autores exemplificam o excesso de carga com base nos dados colhidos no posto de pesagem dinâmica da BR 174 em Cáceres e na BR 163. No primeiro identificou-se um excesso de carga em 20% nos eixos pesados e no segundo 30% dos eixos apresentavam excesso de carga.

Em estudos mais atuais, Martins e Serravalle (2007) realizaram uma pesquisa nas rodovias federais e estaduais da Bahia, onde foi constatado que 85% dos veículos estavam com excesso de peso por eixo e os veículos com maior frequência de infrações eram os do tipo 2C (ônibus ou caminhão de 2 eixos, sendo o traseiro de roda dupla), 3C (caminhão simples com 3 eixos), 3S3 (veículo trator com 3 eixos + semirreboque com 3 eixos).

Um estudo de extrema relevância foi realizado no Sul do país, na BR 290-RS, na Freeway. Este estudo foi desenvolvido por uma parceria entre ANTT e CONCEPA, no ano de 2009, onde se buscou analisar os efeitos de excesso de cargas no desempenho de pavimentos típicos da região Sul.

Na balança localizada na pista Norte foram pesados 41.537 veículos comerciais, com um total de 163.171 eixos. Já na balança Sul foram pesados 61.820 veículos comerciais, totalizando 308.004 eixos. Nestas pesagens foram obtidos o PBT (Peso Bruto Total) para os eixos simples, tandem duplo e tandem triplo, apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Análise de cargas BR-290/Rs (adaptado de Núñez et al., 2010).

Balança Norte				
% de veículos com PBT superior ao PBT limite	17%	Carga máxima (tf)		
% de eixos simples com carga superior ao limite	14%	ES	ETD	ETT
% de eixos tandem duplos com carga superior ao limite	5%	17,16	29,21	56,04
% de eixos tandem triplos com carga superior ao limite	2%			
Balança Sul				
% de veículos com PBT superior ao PBT limite	14%	Carga máxima (tf)		
% de eixos simples com carga superior ao limite	11%	ES	ETD	ETT
% de eixos tandem duplos com carga superior ao limite	7%	17,50	29,57	57,58
% de eixos tandem triplos com carga superior ao limite	6%			

Dentre os principais resultados obtidos por Núñez et al. (2010) destaca-se a realidade encontrada nas rodovias, em termos de excesso de carga, sendo que 14% e 17% dos veículos pesados nas balanças Sul e Norte, respectivamente, apresentaram PBT superior ao limite, com sobrecarga semelhante nos dois sentidos da rodovia. Além disso, as maiores sobrecargas foram observadas nos eixos simples, sendo 14% na balança Norte e 11% na balança Sul. As menores incidências de sobrecarga são nos eixos tandem duplos (7% na balança Sul e 5% na balança Norte) e triplos (6% na balança Sul e 2% na balança Norte).

De acordo com o estabelecimento no AASTHO e reforçado por Chou (1996), a relação entre a carga do tráfego e a deterioração do pavimento obedece a Lei da quarta potência, ou seja, um eixo de carga duas vezes mais carregado que outro causará 16 vezes mais danos ao mesmo pavimento. Para melhor exemplificar o efeito da sobrecarga no pavimento, Widmer (2002) afirma que o aumento de carga de 20% acima dos limites atuais implicará na redução da vida útil da estrutura em 50%. Albano (2004) complementa que os 2,5% a mais na tolerância sobre a carga por eixo é responsável por uma redução de 10 a 15 % na vida de projeto prevista para o pavimento. É importante destacar que os danos supracitados se referem a todos os veículos estudados pelos autores.

Além disso, baseado na Lei da quarta potência, Brito et al. (2013) afirma que um pavimento projetado para uma vida útil de 15 anos, com sobrecargas de 5%, 7,5% e 10% terá sua vida útil reduzida significativamente. Para um aumento de 5% na carga por eixo há um dano relativo de 20% à

estrutura, reduzindo a vida útil em até 3 anos. Para aumentos na sobrecarga de 7,5% e 10% o nível do dano provocado é na ordem de 26,7% e 35%, respectivamente, com redução na vida útil de 4 anos e 5,3 anos.

Quanto ao dano ao pavimento vale destacar os seguintes aspectos relatados por Núñez et al. (2010) em seu estudo: a máxima carga medida no eixo simples foi de 17,5 tf, que de acordo com a AASHTO causa o mesmo efeito que 26,9 cargas do eixo padrão; a maior carga de eixo tandem duplo pesado no estudo foi de 29,5 tf, correspondendo a aproximadamente 16,2 cargas do eixo padrão; a maior carga de eixo tandem triplo foi de 57,58 tf, que causa o mesmo dano que 48,5 cargas de eixo padrão.

Paralelo aos dados já apresentados buscou-se analisar de forma objetiva a influência da sobrecarga no dimensionamento de pavimentos, mais especificamente no número NUSACE, principal fator que leva em conta o número de veículos e a carga dos mesmos (caracterização do tráfego). Para esta análise foram criados cenários de carregamento, a partir de um perfil de tráfego (volume) da BR 116 – apresentados na Tabela 4 – para Praça de Pedágio de Retiro. Maiores detalhes podem ser encontrados em Klamt (2014). Os cenários de carregamento foram estipulados, a fim de verificar apenas a influência da quantidade de veículos com sobrecarga e da sobrecarga nos mesmos. A Tabela 5 apresenta os cenários criados para análise.

Analizando a Tabela 5, se comparar o Cenário 1 (menor carregamento) com o Cenário 16 (maior carregamento) a influência da sobrecarga é perceptível, sendo que o número N passa de $6,40E+07$ para $1,14E+08$, o que equivale a uma diferença de 43,59% no número N, ou seja, a solicitação no pavimento seria o dobro, para o mesmo número de veículos circulantes na via, com a sobrecarga analisada. Considerando a Lei da quarta potência o dano ao pavimento seria 16 vezes maior para o carregamento considerado.

Se analisar somente a variação da sobrecarga dentro de um mesmo número de veículos carregados, comparando, por exemplo, os cenários 2 e 4 (aumento de 10% para 30% da sobrecarga), o aumento da solicitação no pavimento é na ordem de 10,58%. Já, para maiores porcentagens de veículos sobrecarregados, fazendo-se a mesma analogia, o aumento da solicitação nos pavimentos é de 18,66%, 25,03%, 30,18% e 34,44% para os cenários com 10%, 15%, 20% e 25% de veículos com sobrecarga. Ou seja, para um mesmo aumento de sobrecargas nos veículos, quanto maior o número de veículos sobrecarregados maior será o dano ao pavimento. Vale ressaltar que estes são cenários hipotéticos, sendo que em casos específicos, nas rodovias não fiscalizadas, o dano pode ser ainda maior.

Pode-se também fazer uma análise pela curva de percentual de sobrecarga por eixo versus redução da vida útil, proposto por Pinto e Preussler (2002). Ao fazer análise dos dados expostos anteriormente com a curva proposta pelos autores percebe-se que para o cenário de maior carregamento (Cenário 16 – 25% dos veículos com sobrecarga de 30%) teve-se um aumento no carregamento no pavimento de 43,59%, havendo uma tendência de redução da vida útil do pavimento de 10 anos para 2,5 anos. Portanto, esta hipótese acarretaria em uma precoce deterioração do pavimento, bem como a necessidade de manutenção precocemente.

Portanto, ao analisar o assunto exposto, percebe-se que a importância do conhecimento do tráfego rodante nas rodovias é fundamental para um bom gerenciamento de projeto. Dados reais das cargas circulantes nas rodovias geram subsídios para os projetistas de pavimentos, auxiliando na diminuição do dano ao pavimento, bem como podendo evitar a deterioração precoce do mesmo.

Tabela 4 – Número de veículos comerciais do ano de 2013 – BR-116 – Retiro (adaptado de Klamt, 2014).

CAT2	Caminhão leve, furgão, caminhão trator (2 eixos)	217.749
CAT4	Caminhão, caminhão-trator com semi-reboque, ônibus (3 eixos)	228.612
CAT6	Caminhão com reboque e caminhão trator com semi-reboque (4 eixos)	43.999
CAT7	Caminhão com reboque e caminhão trator com semi-reboque (5 eixos)	156.135
CAT8	Caminhão com reboque e caminhão trator com semi-reboque (6 eixos)	225.244
CAT 10	Caminhão com reboque e caminhão trator com semi-reboque (7 eixos)	22.584
CAT 11	Caminhão com reboque e caminhão trator com semi-reboque (8 eixos)	551
CAT 12	Caminhão com reboque e caminhão trator com semi-reboque (9 eixos)	8.698
CAT 15	Caminhão com reboque e caminhão trator com semi-reboque (10 eixos)	12

Tabela 5 – Cenário de carregamento.

Cenários	% Veículos com CML	% Veículos c/ SC	% SC	N acumulado (10 anos)	Aumento da solicitação
1 - Referência	100	0	0	6,40E+07	0,00%
2	95	5	10	6,61E+07	3,14%
3	95	5	20	6,93E+07	7,57%
4	95	5	30	7,39E+07	13,39%
5	90	10	10	6,82E+07	6,09%
6	90	10	20	7,45E+07	14,07%
7	90	10	30	8,38E+07	23,61%
8	85	15	10	7,03E+07	8,87%
9	85	15	20	7,98E+07	19,71%
10	85	15	30	9,37E+07	31,68%
11	80	20	10	7,24E+07	11,49%
12	80	20	20	8,50E+07	24,66%
13	80	20	30	1,04E+08	38,20%
14	75	25	10	7,44E+07	13,96%
15	75	25	20	9,03E+07	29,04%
16	75	25	30	1,14E+08	43,59%

CML - Carga Máxima Legal; SC – Sobrecarga

3. A IMPORTÂNCIA DA FISCALIZAÇÃO DE CARGAS NO BRASIL

Os fatores mais importantes para a gerência da malha viária e para o controle de mecanismos de degradação dos pavimentos são o controle e a fiscalização das cargas transportadas nas rodovias. No entanto, atualmente ainda se observa uma carência de informações reais sobre as cargas transportadas nas rodovias do Brasil, visto a ineficiência dos planos de operação dos postos de pesagem, com inadequado controle de cargas e aplicação incorreta da legislação relacionada à fiscalização do sobrepeso.

Essa ineficiência é comprovada em postos de pesagem veicular inoperantes, restrições de operação em horário comercial ou períodos reduzidos, problemas de infraestrutura e rotas de fugas são alguns exemplos dos problemas enfrentados pela fiscalização de cargas transportadas nas rodovias brasileiras.

A defasagem nos dados de pesagem do país é comprovada pela desatualização dos dados do próprio DNIT, onde a última atualização mais precisa se deu no ano de 2010. Analisando detalhadamente os dados apresentados pelo DNIT, do ano de 2010, são apresentados na Tabela 6 os postos operando e não operando por região do Brasil.

Tabela 6 – Postos de pesagem em operação e não operando no Brasil (adaptado de DNIT, 2010).

Postos de pesagem	Centro-Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul
Postos fixos em operação	3	4	1	14	6
Postos fixos não operando	3	1	4	5	4
Postos móveis em operação	1	6	6	3	3
Postos móveis não operando	3	8	0	3	0
Atualizado em 22 de janeiro de 2010.					

Pela obtenção de dados do DNIT, referente a última atualização, no ano de 2010, o total de balanças instaladas, entre móveis e fixas, são 78. Do total das balanças instaladas, 31 não estão operando, o que corresponde a aproximadamente 40% do total de balanças instaladas.

Um parecer do cenário de controle e fiscalização de cargas nas rodovias do país foi apresentado pela Confederação Nacional dos Transportes, no ano de 2013, onde havia apenas 117 balanças de pesagem em operação para mais de 60 mil quilômetros de rodovias federais, além das mesmas não possuírem controle de desvios.

Já de acordo com o DNIT, no ano 2015, haviam 73 PPVs (Postos de Pesagem Veicular) em funcionamento no país, que foram construídos na década de 1970 e fazem o controle de pesagem manual, por meio de agentes de trânsito. Deste total em funcionamento, 41 são fixos e 32 móveis.

No ano atual, 2017, conforme informações do DNIT (2017b) – comunicação via e-mail - os postos fixos de pesagem do DNIT deixaram de operar em junho de 2014. Atualmente, três balanças portáteis estão realizando a fiscalização por excesso de peso em rodovias, sob orientação do DNIT.

Já, para os postos de pesagem e fiscalização administrados pela ANTT (2016), observa-se a ocorrência de 21 PPVs, porém sem nenhuma informação quanto ao funcionamento dos mesmos. Estes PPVs estão localizados somente nas regiões Sul e Sudeste do país.

Não apenas a questão relacionada à quantidade de postos em operação deve ser observada, mas também se deve levar em consideração a adequada localização desses postos. Muitos postos têm seus dados comprometidos pela existência da possibilidade (e utilização) de rotas de fuga, assunto este comprovado por Chou (1996). O autor aponta que as cargas excedentes afetam tanto o cumprimento

da lei como também a precisão dos fatores de carga dos veículos e, conseqüentemente, a equivalência de carga por eixo padrão, item primordial para o dimensionamento de pavimentos.

No entanto, embora há precariedade na fiscalização de cargas do Brasil, mesmo havendo possibilidade de rota de fuga em algumas balanças, a existência por si só do sistema do pesagem vem a trazer benefícios as rodovias, pois nas vias em que há balanças, as mesmas passam a ser uma medida educativa indireta, pois o transportador que utilizará da via não estará com sobrecarga e, por conseqüência, haverá tendência de diminuição do dano ao pavimento e redução da degradação precoce do mesmo. Portanto, a balança induz ao transportador não andar com excesso de peso.

4. CARACTERIZAÇÃO DISCRETA DO TRÁFEGO

Pelos fatos citados anteriormente é perceptível que a fiscalização de cargas no Brasil é problemática e sabe-se que parte da evolução necessária no desenvolvimento dos postos de pesagem poderá vir com o aumento dos sistemas automatizados, como o WIM (*weight in motion*). Além disso, com o uso de sistemas de monitoramento constante, estima-se que o nível de observância dos limites legais aumente, já que com um sistema eficiente de controle, que seja atuante 24 horas, 7 dias na semana, só terá de elevar a tendência ao comprometimento das transportados com os limites legais devido às possíveis sanções que sofrerão.

No sistema de pesagem dinâmica a pesagem ocorre através de balanças com veículos em movimento, designada como WIM. Este sistema foi introduzido de maneira a tentar aumentar o desempenho e precisão no controle de peso, além de reduzir custos. Os equipamentos do sistema WIM podem ser utilizados isoladamente, ou em conjunto com um posto de pesagem estática com finalidade de elemento classificador dos veículos com excesso de peso (Albano e Lindau, 2008).

O sistema WIM tem como vantagens pesar automaticamente os veículos e obter os valores de carga por eixo ou total acima do limite. Os sistemas estáticos, por serem amostrais, não conseguem coibir de maneira apropriada a prática dos pesos abusivos em veículos comerciais, já que os transportadores possuem vários artifícios para evitar a fiscalização.

Albano e Lindau (2008) e Brito e Bock (2013) retratam inúmeras vantagens do sistema de pesagem em movimento se comparado ao sistema de pesagem estática: permite o controle de peso e dimensões de todos os veículos de transporte de carga que transitam pelo lugar, sem produzir filas ou demoras desnecessárias; permite a medição do PBT (Peso Bruto Total) e da carga por eixo com o veículo em movimento, permitindo assim a classificação dos veículos e o controle dos limites; há ganho de tempo do usuário que não está com excesso de peso; permite cumprir funções de estatística diária e mensal de todos os veículos circulantes da rodovia, referindo-se a pesos, velocidade e classificação dos mesmos; infraestrutura mais barata do que a implantação de postos de pesagem estática; operação automática sem necessidade de agentes de pesagem; velocidade operacional da via, sem necessidade de desvios; custo de operação global reduzido.

Segundo estudo realizado pelo DNIT (2008) foi relatado que na Europa e nos Estados Unidos a tecnologia de pesagem em movimento WIM é, geralmente, associada à tecnologia de vídeo para dar suporte à fiscalização na pré-seleção de veículos suspeitos para a fiscalização móvel. Além disso, a tecnologia acaba servindo como uma abordagem pró-ativa para o controle do sobrepeso.

Na Europa, no que tange à fiscalização, o WIM é usado predominantemente para dar suporte à pré-seleção de veículos para a fiscalização móvel e, também, para a adoção de ações preventivas. Dessa maneira, os países europeus tem abordado estatisticamente a fiscalização de peso, utilizando muitas instalações móveis e poucas instalações fixas, favorecendo a relação custo-benefício do sistema (DNIT, 2008).

Dentre os sistemas WIM utilizados na Europa alguns merecem destaque. Por exemplo, na Suíça, utilizam-se sensores de piezo-quarto e laço indutivo conjuntamente. Este sistema permite pré-selecionar veículos suspeitos, que ao serem detectados são escoltados pela polícia até o posto fixo de

pesagem mais próximo para aferição. Se houver infração, o veículo é multado e retido até a realização do transbordo (Brito e Bock, 2013).

Os autores, Brito e Bock (2013), ainda relatam que na Holanda, além da tecnologia de pesagem em movimento, são utilizados dados históricos de pesagem para programar hora e local da fiscalização, ou seja, é determinado o local e a maior atividade de veículos sobrecarregados.

Na França o sistema de pesagem em movimento (WIM) está sendo utilizado para dar suporte ao controle de dimensões e peso dos veículos de carga. Além disso, o sistema HS-WIM (sistema de pesagem em movimento de alta velocidade) é utilizado na pré-seleção em tempo real dos veículos a serem submetidos à fiscalização e na prevenção de motoristas reincidentes. Se ocorrer reincidência, os motoristas ou transportadoras são identificadas e advertidas.

A Suíça, França, Holanda e Alemanha contam com sistemas bastante semelhantes, com sensores piezoelétricos conjugados com laços indutivos para classificação de veículos. No entanto, ocorre que a maioria dos sistemas implementados ou são de baixa velocidade ou apresentam baixa precisão de leitura, isto remete a necessidade de equipes de abordagem para posterior de veículos com área de checagem. No que tange aos sensores utilizados, em geral, são de quartzo, cerâmico e polímero (DNIT, 2008).

Nos Estados Unidos, por sua vez, durante duas décadas, entre 1984 e 2004, os sistemas de pesagem em movimento foram usados como coletadores de dados de peso com a finalidade de fundamentar o projeto e a monitoração do desempenho dos pavimentos. A fiscalização da sobrecarga e sobredimensão eram tipicamente feitas através de postos fixos de pesagem estática. No entanto, nos últimos anos o uso destes sistemas está se expandindo para o controle de fronteiras e suporte à fiscalização de peso (DNIT, 2008).

No Brasil o controle do excesso de carga no transporte comercial rodoviário vem sendo estudado a fim de passar por uma renovação. A pesagem em movimento de baixa velocidade (LS-WIM) já foi implementado pelo governo em 1975, sendo que seu funcionamento iniciou-se em 1978. O sistema utilizado na época tratava-se de um WIM tipo *bending plate* para pré-seleção a 60 km/h e um sistema WIM do tipo *load-cell* para fiscalização a 10 km/h (DNIT, 2008).

A implementação desse sistema de pesagem proporcionou, na época, uma redução da sobrecarga média nas estradas brasileiras de 4,9 toneladas em 1981 para 0,69 toneladas em 1994. No início dos anos 2000 o sistema ainda estava operando, mas foi reconhecida a necessidade de reavaliação para a modernização do mesmo (DNIT, 2008).

A experiência brasileira com o LS-WIM foi uma boa referência para o país. Atualmente o governo tem investido na expansão dos sistemas de monitoramento de cargas pesadas nas rodovias. As pesquisas realizadas pelo DNIT e UFSC e pela CONCEPA e ANTT são as principais referências técnicas para o projeto governamental.

Apesar de já haver alguns estudos desenvolvidos com relação à pesagem em movimento, não se tem acesso a informação de que haja uma implantação com vista a análise do espectro de cargas. A constante mudança nos veículos no país, associado a crescente demanda de transportes de cargas, apresenta-se como um novo cenário.

Diante da retomada do PNCT (Plano Nacional de Contagem de Tráfego), o DNIT estabeleceu inúmeras frentes de ação, buscando cobrir o maior número de informações sobre a malha rodoviária federal brasileira. Sendo assim, estão vigentes contratos para a contagem de tráfego permanente em pontos específicos e cooperação para a execução de pesquisa origem e destino.

As contagens de tráfego permanente estão baseadas na instalação de equipamentos de contagem de tráfego em que o volume de veículos que passa em determinado ponto da rodovia será contabilizado e classificado. Além disso, são medidos parâmetros como Peso Bruto Total – PBT, peso por eixo, distância entre eixos e velocidade instantânea do veículo. Ao todo, desde 2013, 320 pontos monitorados estão sendo implantados (DNIT, 2017a).

Ainda, segundo o DNIT (2017a), o novo sistema de pesagem permite fiscalizar veículos em movimento, na velocidade de operação definida no segmento a ser fiscalizado através de uma

pesagem rápida na pré-seleção dos veículos de carga. Com isso, a frota de veículos de carga e ônibus, que hoje trafegam dentro do limite de peso permitido, não precisará reduzir a velocidade para ser fiscalizado. Somente veículos com sobrepeso serão dirigidos ao pátio de fiscalização.

Os postos estão sendo instalados o mais próximo possível das regiões geradoras de carga, a fim de impedir que veículos trafeguem com excesso de peso e danifiquem o pavimento das rodovias. Este novo modelo evita a perda de tempo dos caminhoneiros que trafegam com cargas dentro dos limites permitidos pela legislação e possibilita a operação sem a presença física do agente de trânsito. A tecnologia do sistema de pesagem garante mais agilidade no controle do excesso de carga ao fiscalizar os veículos sem a necessidade de reduzir a velocidade (DNIT, 2017a).

Portanto, além de todas as vantagens supracitadas, por fim, vale destacar um fator mais importante no sistema de pesagem em movimento, que além de servir com controle de cargas, produz um banco de dados de volume de veículos e de cargas por eixo que irão servir de subsídio para os projetos, a fim de melhorar a qualidade do pavimento, evitando a degradação precoce do mesmo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos fatos apresentandos ao longo do artigo é perceptível a grande importância da caracterização discreta do tráfego para um possível subsídio em projetos rodoviários. Os dados de volume de tráfego e, principalmente, de cargas em veículos comerciais são essenciais para novos projetos e restaurações.

Mesmo que o Brasil apresente um sistema de fiscalização de pesagem precário há necessidade do incentivo da implantação de balanças de pesagem de cargas no país, visto que a mesmas induzem, de forma indireta, a legalidade de cargas nas rodovias, proporcionando inúmeras vantagens para o desempenho do pavimento, principalmente quanto ao dano ao pavimento e redução da degradação precoce do mesmo.

Mas, ainda de mais importância, é a implementação de novas tecnologias de pesagem que vem sendo testadas no país, como a pesagem em movimento (WIM), mesmo que de maneira a não autuar o infrator, mas como uma metodologia de obtenção de dados de cargas em veículos. A obtenção dos dados de cargas em veículos nas rodovias brasileiras é de fundamental importância para subsidiar projetos rodoviários, de modo que possa se dimensionar o pavimento para a solicitação real que o pavimento será submetido, visando a minimização sua degradação precoce dos pavimentos bem como otimizando os recursos públicos empregados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). Postos de pesagem. Disponível em: <http://portal.antt.gov.br/index.php/content/view/21327/Postos_de_Pesagem.html?naoincluirheader>. Atualizado em 2016. Acesso em: 05 jul. 2017.

ALBANO, J. F. Excessos de carga e pesagem de veículos rodoviários de carga. III SEMANA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E TRANSPORTES. Porto Alegre: UFRGS. Anais... 2004.

ALBANO, J. F; LINDAU, L. A. Revisando as tecnologias para pesagem de veículos. Publicações da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/295_Revisando%20as%20tecnologias%20para%20pesagem%20de%20veiculos.pdf>. Porto Alegre/RS, 2008. Acesso em: 10 set. 2017.

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.

BRITO, L.; BOCK, A. Estudo do espectro de cargas dos veículos comerciais rodantes na BR 290/RS, Freeway, através do uso da técnica do Weight in Motion (WIM). Porto Alegre/RS, Abril de 2013.

BRITO, L., CERATTI, J. A. P., NÚÑEZ, W. P., BOCK, A., VITORELLO, T., HIRSCH, F., CRONST, F., CEZIMBRA, R., TIEFENSEE, M. D., MATTA, H.A.N. Implantação de um sistema de pesagem em movimento em alta velocidade na rodovia BR-290/RS, FreeWay, para estudo de espectro de cargas comerciais rodantes. Revista Estradas, nº18, pag 22-28, out. 2013.

CHOU, C. J. Effect of overloaded heavy vehicles on pavement and bridge design. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. Washington, D. C., n. 1539, p. 58-65. 1996.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE (CNT). Pesquisa CNT de rodovias 2013. Disponível em <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br>>. Acesso em: 01 jul. 2017.

_____. Pesquisa CNT de rodovias 2015. Disponível em <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br>>. Acesso em: 01 jul. 2017.

_____. Pesquisa CNT de rodovias 2016. Disponível em <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br>>. Acesso em: 01 jul. 2017.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN. Resolução N.º 489, de 05 de junho de 2014. Altera os artigos 5º e 9º da Resolução nº 258, de 30 de novembro de 2007, do Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN, que regulamenta os artigos 231 e 323 do Código de Trânsito Brasileiro, fixa metodologia de aferição de peso de veículos, estabelece percentuais de tolerância e dá outras providências. Brasília, 2014. 2p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE – DNIT. Postos de pesagem. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/Pesagem/postos/index.html>>. Atualizado em 22 de janeiro de 2010. Acesso em: 02 jul. 2017.

_____. Reportagem: Operações rodoviárias – pesagem. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviaras/pesagem>>. Publicado 08/06/2010, atualizado em 28/05/2015. Acesso em: 21 jun. 2017a.

_____. Identificação de Sistemas de Pesagem em Movimento Utilizados no Continente Europeu. Convênio TT 102/2007. Rio de Janeiro, Dez. de 2008.

_____. Solicitação SIC DNIT - Rodrigo Klamt - Dados Postos de Pesagem Veicular [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <sic@dnit.gov.br> em 21 de agosto de 2017b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (DENATRAN). Pesquisa Frota de Veículos no Brasil. Disponível em <<http://www.denatran.gov.br/frota2013.htm>>. Acesso em: 5 jul. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES (GEIPOT). Relatório Intermediário: Resultados e análises preliminares – Pesquisa ICR. Brasília, DF. 1997.

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/SP.

FERNANDES JR., J. L.; SÓRIA, M. H. A.; WIDMER, J. A. Efeitos das solicitações do tráfego sobre os custos de construção, manutenção e utilização de rodovias. In: 29ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO. Cuiabá: ABPv, 1995. Anais... p266-284.

FONTENELE, H. B. Representação do tráfego de veículos rodoviários de carga através de espectros de carga por eixo e seu efeito no desempenho de pavimentos. 2011. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo. São Carlos/SP.

KLAMT, R. A. Influência da ação do tráfego no custo de construção e restauração de pavimentos asfálticos. 2014. 172 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Santa Maria/RS.

MARTINS, E. R. C.; MIRANDA, L. M. Controle de carga na rede pavimentada de Mato Grosso. In: 29ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO. Cuiabá: ABPv, 1995. Anais... p141-173.

MARTINS, R.; SERRA VALE, A. Gerenciamento do controle de pesagem dos veículos de carga nas rodovias estaduais do estado da Bahia: o futuro de nossas rodovias. In: 38ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO/ 12º ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA. Manaus. ABPv. Anais... 2007.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Plano Nacional de Logística e Transporte 2007. Disponível em: < <http://www.transportes.gov.br/>>. Acesso em: 28 jun. 2017.

NÚÑEZ, W. P; CERATTI; J. A. P.; BRITO, L.; BOCK, A. Relatório Final de Pesquisa – Análise dos efeitos de excessos de cargas e de alterações na composição de misturas asfálticas no desempenho de pavimentos flexíveis típicos da região sul do país. Porto Alegre/RS. Abril de 2010. 143p.

PINTO, S.; PREUSSLER, E. Pavimentação Rodoviária: Conceitos Fundamentais sobre Pavimentos Flexíveis. Rio de Janeiro, 2002. 269p.

WIDMER, J. A. Compatibilidade de Tráfego de bitrens de 25 m com a infraestrutura viária brasileira. In: 2º COLÓQUIO INTERNACIONAL DE SUSPENSÕES E 1º COLÓQUIO DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS DA SAE-Brasil. Caxias do Sul/RS. Anais... 2002.