



AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DO EXCESSO DE PESO POR EIXO EM VEÍCULOS NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS

Marcelo Bavier Marcos ¹
Jessica Venel Alves ²

RESUMO

Com a discussão sobre o fim da fiscalização do excesso de peso por eixo em veículos rodoviários de carga, pelo Ministério da Infraestrutura, é fundamental verificar o impacto e as possíveis consequências que essa alteração na fiscalização traria. Com o objetivo de avaliar a situação atual os possíveis impactos com o fim da fiscalização, realizou-se levantamento bibliográfico e busca por dados junto à Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT. Foram analisadas 29.585 infrações, segregando-as por tipo de excesso de peso constatado, com destaque aos registros por excesso exclusivo nos eixos. Foram utilizadas ferramentas de coletas de dados e procedimentos técnicos de revisão bibliográfica e pesquisa documental, incluindo revisão em bases internacionais de pesquisa. O escopo da abordagem se restringiu à carga que passaria a circular sem a pesagem por eixo, resultando em um montante aproximado de 100 mil toneladas anuais de peso que hoje são retirados de circulação por meio de transbordo da carga e que passariam a circular livremente nas rodovias federais concedidas. A expansão da pesquisa torna-se fundamental para adequada análise dos impactos de uma possível mudança na legislação, incluindo fatores sociais, ambientais, de segurança viária e em relação às concessões rodoviárias.

Palavras-chave: Pesagem veicular, Peso por eixo, Excesso de peso.

INTRODUÇÃO

No primeiro semestre de 2020 novamente entrou em pauta a possibilidade de suspensão da pesagem veicular por eixo, dessa forma, passaria a ser verificado somente o Peso Bruto Total (PBT) / Peso Bruto Total Combinado (PBTC) dos veículos, segundo o atual Ministro da Infraestrutura, “Está na hora de fazermos uma mudança e acabarmos com a pesagem por eixo, passando a pesar o peso bruto total”, conforme publicado por Rodrigues (2020).

Ainda no mesmo seminário virtual com investidores do banco Santander na manhã do dia 25/05/2020, o ministro explanou que é sabido que o impacto sobre o pavimento se dá pela repetição da carga por eixo, porém percebe-se dificuldade operacional para fazer a pesagem por eixo.

¹ Engenheiro de Produção, Mestrando em Engenharia de Transportes, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ, marcelobavier@ufrj.br ;

² Engenheira de Produção, Mestranda em Engenharia Urbana, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ– Poli/UFRJ, jessicavenel@poli.ufrj.br



Destaca-se que, de acordo com relatório apresentado pela Confederação Nacional de Transportes, cerca de 52,4% das rodovias brasileiras apresentam problemas no pavimento, cujos pontos críticos referem-se principalmente a buracos grandes e erosão da pista. Tais inadequações impactam diretamente nos custos logísticos do país, elevando-os em torno de 28,5% (CNT, 2019).

Ghisolfi et al. (2018) avaliou a relação entre o excesso de peso no transporte rodoviário de cargas e os custos associados às suas externalidades negativas, indicando que o excesso de peso por eixo aumenta a produtividade e os lucros da indústria do transporte, mas por outro lado gera ônus para a sociedade como a rápida deterioração dos pavimentos, aumento de gastos na manutenção viária e do índice de acidentes, causando insegurança nas viagens.

Um dos principais motivos para a degradação da malha rodoviária e aceleração do desgaste do pavimento é a carga excessiva em veículos, aponta Réus et al. (2014). O controle de peso dos veículos é uma medida para prevenir a sobrecarga e, conseqüentemente, promover o aumento de vida útil dos pavimentos e evitar acidentes (Faruolo et al., 2019), sendo o monitoramento ininterrupto e coibição permanente do excesso de peso fundamentais para o desenvolvimento e sustentabilidade do modal rodoviário (Bock e Brito, 2018).

Diante da necessidade de expor parte do impacto causado pela interrupção da fiscalização de peso por eixo em veículos rodoviários, desenvolveu-se esse trabalho com o objetivo de avaliar o quantitativo de carga excedente que passaria a transitar livremente e o valor da perspectiva de arrecadação que o Governo Federal deixaria de receber. As hipóteses a serem testadas serão: Diminuição da perspectiva de arrecadação do governo com multas aplicadas por excesso por eixo e o aumento do esforço transmitido ao pavimento caso deixe de ser fiscalizado o peso por eixo.

O escopo da pesquisa se restringirá aos dados obtidos de parte dos postos de pesagem localizados em rodovias federais concedidas. A amostra é de 29.585 autos de infração por excesso de peso lavrados entre novembro de 2019 e fevereiro de 2020, sendo estipulado o impacto no sistema federal concedido por aproximação.

Sendo uma análise pontual, não entra no escopo de pesquisa o aumento do custo de manutenção viária e dos veículos, o impacto no pavimento, fatores ambientais, a possibilidade do aumento do número de acidentes e o valor a ser reequilibrado nos contratos de concessão rodoviária pelos danos não previstos em contrato, o que será incluído como sugestão de pesquisa.



Para desenvolvimento do artigo, foi realizada uma análise bibliométrica internacional nas bases de dados *Web of Science*, *Science Direct* e *Scopus*, chegando às três palavras chaves que apresentaram maior recorrência, sendo: “Pesagem em movimento”, “Peso em veículos” e “Peso por eixo”. Por fim, houve o levantamento bibliográfico e documental e obtenção de dados da fiscalização de peso por meio de consulta direta à Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT.

Por se tratar de uma abordagem recente por parte do Ministério da Infraestrutura, não foram localizados no material pesquisado trabalhos que trouxessem aspectos sobre a ausência de fiscalização de peso por eixo e os impactos que essa modificação na metodologia de controle viário traria na atualidade, enfatizando a relevância e interesse público da presente pesquisa.

A análise tem por objetivo geral avaliar o impacto que as infrações por excesso de peso em eixos possuem no contexto geral do sistema de monitoramento e controle de peso em veículos rodoviários, visto que, conforme declarações do Ministro da Infraestrutura, se planeja interromper esse tipo de verificação.

A segregação da amostra, classificação das infrações e validação das hipóteses serão os objetivos específicos do artigo.

METODOLOGIA

A abordagem é uma análise prioritariamente quantitativa, apesar da possibilidade de utilização do modelo qualitativo em algumas abordagens.

A parte introdutória do texto possui direcionamento descritivo, expondo o contexto que se encontra o sistema de controle de peso e fornecendo uma visão geral sobre a questão do excesso de peso em eixos. Utilizou-se também da abordagem explicativa para contextualização.

Quanto aos procedimentos técnicos, foi utilizada uma mescla de métodos de pesquisa, iniciando com vasta revisão bibliográfica sobre o tema, sendo direcionada pela análise bibliométrica desenvolvida primariamente. Outras técnicas de pesquisa também foram utilizadas no decorrer dos estudos, como a pesquisa documental, a pesquisa por estudo de caso e a pesquisa Expost-Facto.

A amostra de pesquisa é o conjunto rodoviário federais sob concessão administradas pela ANTT, que em 2020 correspondem a 21 concessões, totalizando aproximadamente 10.134 km (ANTT, 2020).



Para cumprimento dos objetivos, foram lançados instrumentos de coleta de dados, a descrição das atividades realizadas mapeadas por observação. Para entender melhor a motivação e perspectiva dos gestores públicos no que se refere às definições de projetos de implantação de postos, estudos realizados e modelos de operação, foram abordados alguns fatores por meio de formulário encaminhado ao Coordenador de Fiscalização da ANTT no Rio de Janeiro.

A compilação dos dados obtidos foi realizada por meio de banco de dados digitais que possibilitem o uso de ferramentas computacionais, propiciando elaborar diagnósticos de acordo com o lapso temporal desejado e com os dados extraídos de forma simplificada.

REFERENCIAL TEÓRICO

Muito se debate sobre a pesagem veicular no modo rodoviário, sendo amplamente discutida a utilização de metodologias alternativas que possibilitem aprimorar o modelo que já é usado há décadas, uma das abordagens focam nos sistemas de pesagem em movimento, que são sensores instalados em pavimentos ou pontes para controle da sobrecarga em veículos, minimizando seus efeitos adversos na infraestrutura rodoviária, conforme tratado por Rys (2019).

Observa-se que os procedimentos e métodos não são excludentes, a fiscalização por HsWin possibilita a leitura dos pesos por eixo de forma similar ao processo de pesagem tradicional, em sete publicações que tratam da pesagem em alta velocidade, nenhum deles indica a impossibilidade de fiscalização de eixos, até pelo motivo que o peso bruto total é apurado exatamente pela somatória da pesagem dos eixos.

Os autores de artigos internacionais (Burnos, P., & Gajda, J. (2020); Feng, M. Q., Leung, R. Y., & Eckersley, C. M. (2020); Gajda, J., et al (2012); Guo, T., et al (2012); Jacob, B., & Cottineau, L. M. (2016); Oskarbski, J., & Kaszubowski, D. (2016) e Xiong, H., & Zhang, Y. (2019)) trataram volumosamente sobre a pesagem em alta velocidade, contudo não demonstraram ou trouxeram evidências de que a fiscalização por eixo é excludente com o HS-Win, conforme abordado pelo Ministro da Infraestrutura.

Albano (2005) já concluía que quanto maior for o nível de carga por eixo, maior é o valor da deflexão para cada nível de pressão de inflação considerado, evidenciando assim a potencialidade do surgimento de danos ao pavimento pelo excesso no eixo.



Conforme trazido por Burnos (2017), os estudos demonstraram que a precisão da pesagem nos sistemas em movimento depende do comportamento do pavimento e dos sensores. No caso de sistemas de alta velocidade, o pavimento constitui uma parte do sistema de medição e as propriedades do mesmo afetam a precisão do resultado da pesagem. Assim, a precisão do sistema WIM não deve ser descrita exclusivamente pela precisão do próprio sensor, mas pelas propriedades conjuntas do pavimento e dos sensores.

Foi possível observar de acordo com o levantamento realizado que, apesar da evolução tecnológica dos equipamentos, sensores e sistemas utilizados para medição de peso em alta velocidade, não é possível no momento a adoção integral do modelo em substituição ao sistema de aferição existente, ficando exposto pelo relatório apresentado pelo CNT (2019), que mais da metade da malha rodoviária já apresenta problemas no pavimento sem o incremento de carga, sendo necessária a manutenção da infraestrutura viária de forma sustentável para que a vida útil da estrada seja como planejada, segundo Helmi, A. Wardani, S.P.R. e Riyanto, B. (2019).

DOS DADOS COLETADOS

Para avaliação inicial, foi realizada coleta de dados de autos de infrações (AIs) da ANTT, onde foi estabelecido como quantitativo mínimo de registro aproximadamente 15% do total anual, possibilitando uma avaliação para períodos maiores, no caso de uma amostra que propiciasse melhor exposição do número real a ser projetado quando expandida.

Segundo Agranonik e Hirakata (2011), o tamanho da amostra depende de diversos fatores: da variável de interesse no estudo, do tipo de variável (quantitativa ou qualitativa), da existência ou não de comparação entre grupos (objetivo do estudo) e da quantidade de grupos envolvidos. Para definição da amostra, o percentual de 14,54% atende os parâmetros para um nível de confiança superior a 98%.

De acordo com Marcos (2020), a base de dados foi extraída dos relatórios de pesagem dos postos de pesagem veicular de Resende-RJ, Paracambi-RJ, Serra-ES, Tanguá-RJ, Queluz-SP e Garuva-SC entre os meses de novembro de 2019 e fevereiro de 2020, totalizando 29.585 registros de autuações, o que corresponde a 14,54% do total de 203.395 autuações em todo o ano de 2019.

Os dados extraídos foram segregados em sete filtros distintos para uma melhor observação e diagnóstico na caracterização do impacto que a suspensão da fiscalização do excesso de peso em eixos pode causar, sendo:



- Quanto à caracterização do excesso: só no PBT; simultâneo no PBT e Eixos; somente excesso nos eixos.
- Quanto à medida tomada: autuado e liberado; remanejamento da carga no mesmo veículo; transbordo da carga excedente para outro veículo e liberado pelo fiscal.

	Novembro de 2019				Dezembro de 2019			
	nov/19	% AIs	Valor (R\$)	% valor	dez/19	% AIs	Valor (R\$)	% valor
AIs	7696		R\$ 1.846.355,93		7037		R\$ 1.784.737,41	
Só PBT	788	10,24%	R\$ 141.356,51	7,66%	727	10,33%	R\$ 133.331,38	7,47%
PBT+Eixo	1055	13,71%	R\$ 449.807,74	24,36%	1102	15,66%	R\$ 499.929,79	28,01%
Só Eixo	5853	76,05%	R\$ 1.255.191,68	67,98%	5208	74,01%	R\$ 1.151.476,23	64,52%
	AIs	% AIs	Kg	%Kg	% AIs	% AIs	Kg	%Kg
Autuado e liberado	1.640	21,31%	423.680	6,90%	1.259	17,89%	347.963	5,70%
Remanejamento	4.401	57,19%	3.669.074	59,75%	4.111	58,42%	3.629.769	59,44%
Transbordo	1.569	20,39%	1.987.427	32,36%	1.603	22,78%	2.092.822	34,27%
Liberdo pelo fiscal	86	1,12%	60.615	0,99%	64	0,91%	35.930	0,59%
Total	7.696	100,00%	6.140.796	100%	7.037	100,00%	6.106.484	100%

	Janeiro de 2020				Fevereiro de 2020			
	jan/20	% AIs	Valor (R\$)	% valor	fev/20	% AIs	Valor (R\$)	% valor
AIs	8179		R\$ 1.984.972,07		6673		R\$ 1.634.348,11	
Só PBT	788	9,63%	R\$ 142.136,15	7,16%	553	8,29%	R\$ 101.310,01	6,20%
PBT+Eixo	1125	13,75%	R\$ 501.403,37	25,26%	854	12,80%	R\$ 387.550,38	23,71%
Só Eixo	6266	76,61%	R\$ 1.341.432,55	67,58%	5266	78,92%	R\$ 1.145.487,72	70,09%
	AIs	% AIs	Kg	%Kg	AIs	% AIs	Kg	%Kg
Autuado e liberado	1.837	22,46%	434.011	6,62%	1.621	24,29%	434.182	8,12%
Remanejamento	4.600	56,24%	3.953.201	60,26%	3.821	57,26%	3.359.139	62,85%
Transbordo	1.570	19,20%	2.035.031	31,02%	1.110	16,63%	1.469.838	27,50%
Liberdo pelo fiscal	172	2,10%	137.887	2,10%	121	1,81%	81.199	1,52%
Total	8.179	100,00%	6.560.130	100%	6.673	100,00%	5.344.358	100%

	Consolidação				
	AIs Período	% AIs	Valor (R\$)	% valor	Média de valor
AIs	29.585		R\$ 7.250.413,52		R\$ 245,07
Só PBT	2.856	9,65%	R\$ 518.134,06	7,15%	R\$ 181,42
PBT+Eixo	4.136	13,98%	R\$ 1.838.691,28	25,36%	R\$ 444,56
Só Eixo	22.593	76,37%	R\$ 4.893.588,18	67,49%	R\$ 216,60
	AIs	% AIs	Kg	%Kg	Média de excesso em Kg
Autuado e liberado	6.357	21,49%	1.639.836	6,79%	257,96
Remanejamento	16.933	57,24%	14.611.183	60,50%	862,88
Transbordo	5.852	19,78%	7.585.118	31,41%	1.296,16
Liberdo pelo fiscal	443	1,50%	315.631	1,31%	712,49
Total	29.585	100,00%	24.151.768	100%	816,35

Tabela 1: Amostra dos registros de autos de infração por excesso de peso

Fonte: Autores

Após a obtenção da amostra satisfatória, com boa representatividade para expandir o comportamento em um cenário anual, foi realizada a proporção direta dos valores com o total de AIs lavrados pela ANTT em 2019 por excesso de peso veicular.



Projeção Brasil por ano (base 2019)					
	Als Período	% Als	Valor (R\$)	% valor	Média de valor
Als	203.395		R\$ 49.846.133,42		R\$ 245,07
Só PBT	19.635	9,65%	R\$ 3.562.138,80	7,15%	R\$ 181,42
PBT+Eixo	28.435	13,98%	R\$ 12.640.886,00	25,36%	R\$ 444,56
Só Eixo	155.325	76,37%	R\$ 33.643.108,61	67,49%	R\$ 216,60
	Als	% Als	Kg	%Kg	Média de excesso em Kg
Autuado e liberado	43.704	21,49%	11.268.451	6,79%	257,84
Remanejamento	116.413	57,24%	100.427.234	60,50%	862,68
Transbordo	40.232	19,78%	52.093.794	31,41%	1.294,83
Liberdo pelo fiscal	3.046	1,50%	2.150.525	1,31%	706,11
Total	203.395	100%	165.946.519	100%	815,88

Tabela 2: Expansão da amostra de autos de infração
Fonte: Autores

Batioja et al. (2018), destaca o desafio das instituições em lidar com o excesso de carga em veículos, particularmente em relação aos danos associados ao pavimento, porém não se pode restringir-se ao tópico sem tentar expandir a observação de forma sistêmica, pois o excesso de peso tem uma elevada gama de consequências indesejadas, conforme já mencionado anteriormente.

Os autos de infração por excesso de peso somente em eixos correspondem a 76,37% do total de infrações lavradas pela ANTT, sendo 67,49% do valor total de multas aplicadas. Em valores, observa-se uma perspectiva de arrecadação anual de mais de 33 milhões de reais, sendo 155.325 autuações por esse motivo.

Conforme exposto pelo CONTRAN (2007), independente da natureza da carga, o veículo não deve prosseguir viagem sem remanejamento ou transbordo, se os excessos aferidos em cada eixo ou conjunto de eixo sejam simultaneamente superiores a 12,5%, o que corresponde aos veículos autuados e liberados.

Portanto, os veículos com indicação de remanejamento da carga são aqueles que possuem excesso nos eixos e que ultrapassam o excesso de 12,5% estipulado, sendo necessário readequar a carga para retirar o excesso de esforço transmitido ao pavimento, deixando de danificar a via pela qual transita.

O volume de peso retirado de circulação em rodovias federais concedidas, somente por excesso de peso em eixos, é de aproximadamente 100 mil toneladas por ano, destacando que esse quantitativo de carga excedente transitaria por longos trechos rodoviários das malhas estaduais, municipais e federal não concedida, demonstrando não ser um problema local restrito à rodovia onde o posto de pesagem se localiza.

Considerando uma lotação média de trinta toneladas por veículo, estima-se que haveria a supressão de aproximadamente 3.347 viagens de transporte rodoviário de carga caso o excesso retirado de circulação se tornasse permitido.



Observa-se que entraria em circulação mais de 60% de todo excesso de peso retirado das rodovias pelo modelo atual de fiscalização, uma vez que todas as demais ocorrências, incluindo os excessos no PBT/PBTC, representam menos de 40% do total de AIs.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A prática do excesso de peso em veículos prejudica a segurança dos usuários das rodovias, compromete a durabilidade da infraestrutura de pavimentos e de pontes e resulta em impactos negativos à concorrência leal entre operadores e modais de transportes (Jacob e La Beaumelle, 2010).

Conforme já trazido por Ghisolfi et al. (2019), apesar do excesso de peso aumentar a produtividade e os lucros da indústria do transporte de forma imediata, gera ônus para a sociedade com a deterioração das rodovias, aumento de gastos com manutenção viária, além da insegurança nas viagens, causada pelo aumento no índice de acidentes.

Eventual mudança na metodologia de verificação de peso e da legislação aplicada merece especial análise e cuidado, buscando evitar que os impactos negativos advindos da alteração sobressaiam sobre os aspectos positivos que inicialmente foram vislumbrados.

Albuquerque, et al. (2019) salientou que os caminhões representam os principais agentes deterioradores dos pavimentos, definindo ainda que as deformações dependem não somente da magnitude da carga aplicada, mas também das características dos do pavimento, da geometria do carregamento e da pressão de enchimento dos pneus, a figura que segue ilustra uma estrutura de pavimento e as respectivas solicitações advindas da passagem do tráfego.

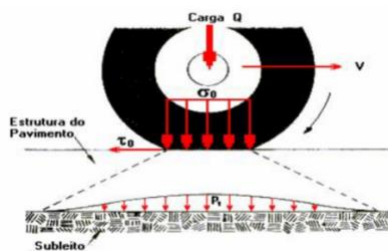


Figura 1: Cargas no Pavimento
Fonte: Albuquerque, et al. (2019)

A necessidade de desburocratização dos sistemas de fiscalização rodoviária, garantindo maior fluidez do tráfego com menor tempo de parada dos veículos é fundamental, para isso estão em andamento algumas ações que podem contribuir para a diminuição do custo no Brasil ligado ao sistema de infraestrutura, como a conversão da documentação de transporte para meio digital, integração de bancos de dados governamentais, pesagem em alta velocidade, ou em



inglês *Hight Speed Weigh-in-Motion* (Hs-Wim), pesagem por agente remoto e automatização dos processos de fiscalização de carga por pórticos rodoviários.

Além da discussão sobre fiscalizar ou não o excesso de peso em eixos, torna-se fundamental a ampliação da análise envolvendo todo escopo tributário e de transporte que tanto geram excessivas burocracias ao setor de transporte, onerando substancialmente a movimentação de bens no território nacional e subutilizando o material rodante disponível com o excesso de interrupções das viagens para checagens que muitas vezes são repetitivas.

Para mensuração dos danos causados por esforços ao pavimento considera-se a repetição de passagens de eixos com uma carga estabelecida, Oliveira et al. (2016) indicaram que os fatores de carga de roda equivalentes geralmente se referem ao efeito da tensão vertical sobre camada inferior do pavimento, a tração na camada inferior do pavimento asfáltico ou na sua deflexão, o que é diretamente relacionado à fadiga da estrutura. Os fatores mais comuns são estabelecidos pelos métodos de projeto de pavimentos da *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) e o *United States Army Corp of Engineers* (USACE).

Com base na bibliografia analisada e nos dados coletados, é perceptível que existe impacto direto ao pavimento dos veículos com excesso de peso nos eixos isoladamente, sendo elevado o percentual da incidência desse tipo de infração, correspondendo a 76,37% do total de infrações constatadas e mais de 67% de todo o excesso de peso circulante nos trechos analisados, sendo fundamental que qualquer decisão relacionada ao tema seja amplamente discutida e tecnicamente debatida, possibilitando mensurar o impacto que eventual isenção da fiscalização por eixo traria ao sistema de transporte rodoviário.

A redução da vida útil do pavimento tem estreita relação com o número de vezes que aquela superfície foi submetida a um esforço, contudo essa relação não é diretamente proporcional, um pequeno aumento de peso já representa uma significativa redução da vida útil e aumento da necessidade de manutenções.

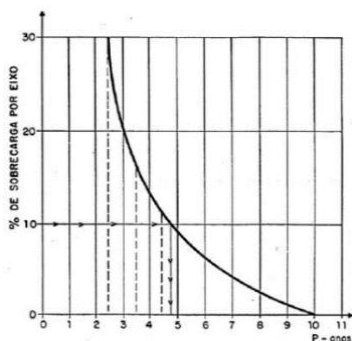


Figura 2: Curva de sobrecarga por eixo versus a redução da vida útil de pavimentos
Fonte: Pinto e Preussler, 2002



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram analisados dados extraídos de 29.585 registros de autuações nos meses de novembro 2019 a fevereiro de 2020, o que corresponde a 14,54% do total de infrações constatadas em todo o ano de 2019, servindo para mensurar o acréscimo de carga por uma possível interrupção da fiscalização de peso por eixos nas rodovias administradas pela ANTT, chegando-se a um valor aproximado anual de 100 mil toneladas de peso que passariam a transitar pelas malha rodoviária que hoje são expurgadas pelo controle de peso em balanças rodoviárias.

Como os dados são de postos que funcionam ininterruptamente em rodovias com grande cobertura de fiscalização, estima-se que o diagnóstico para as instalações do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e demais instituições em nível estadual seja ainda mais impactante, o que torna fundamental a expansão da pesquisa para um melhor entendimento dos impactos que a suspensão de fiscalização de peso por eixos traria ao sistema nacional de viação.

Apesar da restrição de escopo do presente trabalho, limitando à análise do incremento de carga em decorrência da circulação de veículos que hoje têm o excesso de peso retirado ou ajustado, observa-se pelo levantamento bibliográfico realizado que os impactos negativos relativos ao carregamento irregular de veículos de carga transcendem os aspectos de trânsito e transporte, permeando questões de saúde pública, ambientais, de seguridade social, distribuição de renda e aumento do custo Brasil.

Fica notório o incremento de carga que passaria a transitar nas rodovias em caso de interrupção do controle do excesso de peso por eixo, influenciando diretamente nos custos de manutenção e na vida útil do pavimento, o que impacta nos contratos de concessão e nas despesas do Estado para manter um nível de serviço adequado da infraestrutura viária.

Em relação às questões ambientais, em especial às mudanças climáticas decorrente do aquecimento global, estudos sobre os impactos de temperaturas e chuvas extremas sobre o pavimento de rodovias e infraestrutura de transportes também são importantes numa visão de médio e longo prazo.

É fundamental a expansão da pesquisa para conseguir avaliar outros fatores de suma importância para a tomada de decisão, dentre eles: o custo de manutenção viária e dos veículos, o impacto no nível de serviço do pavimento, a possibilidade do aumento do número de acidentes



e o valor a ser reequilibrado nos contratos de concessão rodoviária pelos danos não previstos inicialmente em contrato.

REFERÊNCIAS

- Agranonik, M.; Hirkata, V. (2011). Cálculo de tamanho de amostra: proporções. *CLINICAL & BIOMEDICAL RESEARCH*. 31. 382-388.
- Albano, J. F. (2005). Efeitos dos excessos de carga sobre a durabilidade de pavimentos. Tese de Doutorado Em Engenharia Civil - Programa de Pós-Graduação Em Engenharia de Produção Da Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, 232.
- Albuquerque, B. C. P. e, Pereira, V. Q., Perim, L. R., Hoffmann, I. C. S., Resende, C. R. L. P., & Campos, D. J. F. de. (2019). Metodologia para avaliação do impacto do sobrepeso nos custos da manutenção rodoviária. *Anais do 33º Congresso ANPET, Balneário Camboriú - SC*, 1431-1442.
- Batioja, D.; Kazemi, S. F.; Hajj, E.; Siddharthan, R.; Hand, A. (2018). Statistical Distributions of Pavement Damage Associated with Overweight Vehicles: Methodology and Case Study. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*. 10.1177/0361198118793243.
- Bock A. L.; Brito L. A. T. (2018) Fiscalização de cargas rodoviárias: estudo comparativo entre posto de pesagem veicular móvel e um sistema WIM implantado na rodovia BR-290/RS – Freeway. *Anais do 32º Congresso ANPET, Gramado - RS*, p 3550-3561.
- BRASIL (1997) Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997- Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Brasília: DF. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19503.htm Acesso em 11 Mar. 2020.
- Burnos, P.; Rys, D. (2017) "The Effect of Flexible Pavement Mechanics on the Accuracy of Axle Load Sensors in Vehicle Weigh-in-Motion Systems." *Sensors* 17, no. 9: 2053. <https://doi.org/10.3390/s17092053>.
- Burnos, P., & Gajda, J. (2020). Optimised autocalibration algorithm of weigh-in-motion systems for direct mass enforcement. *Sensors (Switzerland)*, 20(11). <https://doi.org/10.3390/s20113049>
- CNT (2019) Pesquisa CNT de rodovias 2019. Confederação Nacional de Transportes, Brasília - DF. Disponível em https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/resumo_de_imprensa.pdf Acesso em 11 Mar. 2020.
- CONTRAN (2006) Resolução nº 210, de 13 de novembro de 2006 - Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres e dá outras providências. Conselho Nacional de Trânsito, Ministério da Infraestrutura, Brasília, DF.
- CONTRAN (2007) Resolução nº 258, de 30 de novembro de 2007 - Regulamenta os arts. 231, X e 323 do Código Trânsito Brasileiro, fixa metodologia de aferição de peso de veículos, estabelece percentuais de tolerância e dá outras providências. Conselho Nacional de Trânsito, Ministério da Infraestrutura, Brasília, DF.
- Faruolo, L. B.; P. R. M. Silva e D. S. Gaspareto (2019) Avaliação do impacto regulatório da pesagem de veículos direta na rodovia. *Anais do X Congresso Brasileiro de Metrologia, CBM, Florianópolis*, 8 p.
- Feng, M. Q., Leung, R. Y., & Eckersley, C. M. (2020). Non-Contact vehicle Weigh-in-Motion using computer vision. *Measurement*, 153, 107415. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107415>



- Gajda, J., Sroka, R., Stencel, M., Zeglen, T., Piwowar, P., & Burnos, P. (2012). Analysis of the temperature influences on the metrological properties of polymer piezoelectric load sensors applied in Weigh-in-Motion systems. 2012 IEEE I2MTC - International Instrumentation and Measurement Technology Conference, Proceedings, May, 772–775. <https://doi.org/10.1109/I2MTC.2012.6229482>
- Ghisolfi V.; G. M. R.; Filho R. D. O.; Chaves G. L. D.; Hoffmann I. C. S.; Júnior L. A. R. T. L. R. (2018) Avaliação de impactos do excesso de peso no transporte rodoviário de cargas. Anais do 32º Congresso ANPET, Gramado, p 576-587
- Guo, T., Frangopol, D. M., & Chen, Y. (2012). Fatigue reliability assessment of steel bridge details integrating weigh-in-motion data and probabilistic finite element analysis. *Computers and Structures*, 112–113, 245–257. <https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2012.09.002>
- Helmi, A. & Wardani, S.P.R. & Riyanto, B. (2019). Analysis of cost of road infrastructure maintenance caused by overweight goods transportation in primary arterial roads. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 10. 1526-1545.
- Jacob, B.; Feypell-De La Beaumelle, V. (2010) - Improving truck safety: Potential of weigh-in-motion technology. *IATSS research*, v. 34, n. 1, p. 9-15.
- Jacob, B., & Cottineau, L. M. (2016). Weigh-in-motion for Direct Enforcement of Overloaded Commercial Vehicles. *Transportation Research Procedia*, 14(0), 1413–1422. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.214>
- Marcos, M. B. (2020) Informações sobre a Pesagem [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <marcelobavier@gmail.com> em 09 julho de 2020
- Oliveira, L. P., Paiva, C. L., Ferreira, A. (2016). Impact assessment in the pavement life cycle due to the overweight in the axle load of commercial vehicles. 4th international conference on road and rail infrastructure (pp. 23–25). Sibenik.
- Oskarbski, J., & Kaszubowski, D. (2016). Implementation of Weigh-in-Motion System in Freight Traffic Management in Urban Areas. *Transportation Research Procedia*, 16(March), 449–463. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.042>
- PINTO, S.; PREUSSLER E. (2002). Pavimentação rodoviária – conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis. Copiarte. RJ, Rio de Janeiro.
- Réus, T. F.; Júnior, C. A. P. S.; Fontenele, H. B. (2014) Dano pelo sobrepeso de veículos comerciais ao pavimento flexível. *Revista Tecnologia*, v. 35, n. 1/2, p. 55 - 65.
- Rodrigues, A. - Agência Brasil (2020) Ministro da Infraestrutura defende fim da pesagem por eixo. Publicado em 25/05/2020 Disponível em <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-05/ministro-da-infraestrutura-defende-fim-da-pesagem-por-eixo> Acesso em 30 de julho de 2020.
- Rys, D. (2019) "Investigation of Weigh-in-Motion Measurement Accuracy on the Basis of Steering Axle Load Spectra." *Sensors* 19, no. 15: 3272. doi: 10.3390/s19153272.
- Xiong, H., & Zhang, Y. (2019). Feasibility study for using piezoelectric-based weigh-in-motion (WIM) system on public roadway. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(15). <https://doi.org/10.3390/app9153098>