

TENDÊNCIAS PARA O CONTROLE DE PESO DE VEÍCULOS NAS RODOVIAS

Luciano Bruno Faruolo¹, José Luiz Fernandes D.Sc², Marina Rodrigues Brochado D.Sc³

¹ Inmetro Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial, Duque de Caxias, RJ, Brasil, e CEFET-RJ Centro Federal de Educação Tecnológica, Rio de Janeiro, Brasil lbfaruolo@inmetro.gov.br

² CEFET-RJ Centro Federal de Educação Tecnológica, Rio de Janeiro, Brasil, jlfernandes@cefet-rj.br

³ CEFET-RJ Centro Federal de Educação Tecnológica, Rio de Janeiro, Brasil, marina@cefet-rj.br

Resumo: Este artigo visa abordar as novas tecnologias utilizadas no controle e na fiscalização do excesso de peso de veículos nas rodovias. Na introdução, são comentados os principais assuntos relativos à importância da pesagem dinâmica de veículos nas rodovias, tais como aspectos econômicos e de segurança para os usuários das estradas, e apresentados os fatores que indicam a utilização de equipamentos mais modernos na atividade de controle de peso de veículos de transporte rodoviário. Em seguida, são comentados os fatores com as respectivas justificativas do incremento tecnológico aos instrumentos de pesagem dinâmica destes veículos nas rodovias, destacando-se a capacidade de identificar: o veículo, tipo de veículo em relação à composição de eixos, a distância entre eixos, a carga por eixo, o peso total e a velocidade dos veículos rodoviários. É considerado o controle do peso dos veículos chamados bitrens, com sete eixos e limite de peso de 57t, legalmente permitidos pela resolução CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito, N° 184 de 2005. Na sequência, são apresentados alguns parâmetros que contribuirão para o aperfeiçoamento da fiscalização metrológica dos instrumentos de pesagem dinâmica de veículos, que possibilitarão um avanço tecnológico, e, conseqüentemente, um melhor rendimento da atividade de fiscalização e controle do excesso de peso dos veículos. Por fim, são feitas considerações sobre o impacto nas rodovias do uso de modernos instrumentos de pesagens, com o devido controle metrológico realizado pelo governo, através do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Inmetro, e a da Rede Brasileira de Metrologia Legal e Qualidade Inmetro - RBMLQ-I.

Palavras chave: pesagem, medição, peso, veículos, rodovias.

1. INTRODUÇÃO

O controle do peso dos veículos nas rodovias sob concessão é atribuição da Agência Nacional de Transportes Terrestre ANTT, nas outras a fiscalização é realizada pela polícia rodoviária federal, ou polícia rodoviária estadual, conforme a jurisdição da rodovia ou delegação dos departamentos de trânsito[1].

O sistema de controle de peso de veículos conta com instrumentos de pesagem em movimento, também chamadas de balanças rodoviárias dinâmicas, os quais medem o peso em condições controladas de velocidade e locais de instalação, bem definidos. Os modelos destes instrumentos, para o uso em fiscalização, devem ser homologadas pelo Inmetro, o qual avalia se o mesmo atende às condições de exatidão e funcionamento exigidas, segundo a Portaria Inmetro N° 236/94, no caso de instrumentos de funcionamento não automático. Em uso, estes instrumentos sofrem a fiscalização metrológica por parte do Instituto[2].

O processo de pesagem de veículos nas rodovias é influenciado por vários fatores, como a vibração do veículo, a temperatura ambiente e a velocidade de operação [3]. Portanto, durante o processo de calibração de instrumentos de medição dinâmica de peso tais aspectos de incertezas de medição são considerados [4].

Faz-se necessário a instalação de sistema de pesagem capaz de identificar o tipo de veículo utilizado, a distância entre eixos, o peso por eixo e o peso total dos veículos, inclusive os chamados bitrens, com sete eixos.

Este trabalho visa apresentar as novas tendências para o controle de peso dos veículos nas rodovias. Através de modernas técnicas de monitoramento de veículos por satélite e pela imagem digitalizada, são feitas a identificação e o registro dos infratores, das legislações de trânsito, além de armazenar dados importantes para o monitoramento dos efeitos de desgaste das estradas. Em seguida, são apresentadas algumas inovações tecnológicas aplicadas à fiscalização de veículos. Na sequência, são apresentados os pesos de um grupo de veículos no ensaio realizado em uma balança dinâmica instalada na rodovia BR 316, em Teresina, Piauí, sendo realizada a comparação entre a medição destes veículos em movimento em relação ao valor de referência da pesagem estática, e comprovada a importância de se utilizar instrumentos com mais recursos metrológicos. Por fim, são feitas considerações sobre o impacto nas rodovias pelo uso de modernos instrumentos de pesagens, com o devido controle metrológico realizado pelo governo, através do Inmetro, e a RBMLQ-I.

2 NOVAS TECNOLOGIAS

Segundo[5], são utilizados instrumentos individuais instalados em veículos para o acompanhamento via satélite dos efeitos danosos causados na rodovia. Os efeitos do desgaste provocados pelos veículos são dependentes dos fatores relacionados: quantidade de veículos, tipo de veículo, tipo de pneus, suspensão, distância entre eixos, condições ambientais da rodovia, tipo de pavimento e espessura do pavimento. São instalados sistemas de monitoramento destes itens, onde a cópia eletrônica das informações é feita pela autoridade fiscal competente, a qual analisa as informações e compara com as normas estabelecidas pela legislação apropriada. Na Alemanha, o monitoramento é feito via satélite, onde as informações são transmitidas e atualizadas, a posição do veículo e a distância percorrida pelo veículo são registradas através de mapas digitalizados, e o pagamento da tarifa pelo uso da rodovia é proporcional ao trajeto percorrido em relação ao peso estimado do veículo. Na Holanda, Bélgica e Alemanha através da informação sobre o caminho percorrido pelo veículo é possível verificar se o mesmo trafegou em vias apropriadas, de acordo com a capacidade de carga do veículo. O mesmo autor[5] constatou que um veículo de seis eixos com 44 toneladas provoca 75 vezes mais danos do que sem carregamento, ou seja, vazio, e um veículo de cinco eixos com 40 toneladas causa duas vezes mais danos que um veículo de seis eixos, com a mesma carga e comprimento.

Segundo[6], os dados transmitidos por instrumentos de medição à distância necessitam de uma fiscalização metrológica específica quanto à segurança e confiabilidade das informações por eles transmitidos. As informações são enviadas usando-se diferentes tecnologias, quanto ao sinal utilizado e velocidade de processamento. Considerando que um sinal analógico é convertido em sinal digital, e as velocidades de transmissão podem ser diferentes para as várias informações transmitidas, estes fatores podem gerar problemas de interferência e interpretação dos resultados.

Os mais avançados sistemas de pesagem desenvolvidos no mercado internacional de pesagens e monitoramento de tráfego apresentam características funcionais de identificação do tipo de veículo, velocidade, composição em relação à distância entre eixos, carga por eixo, carga por conjunto de eixos e o peso total do veículo. Alguns destes instrumentos funcionam com o uso de extensômetros e outros com sistemas piezoelétricos. Estão sendo desenvolvidos cada vez mais instrumentos capazes de identificar os fatores relacionados ao desgaste das rodovias, de forma informatizada e automática. As aplicações destes instrumentos metrológicos visam à segurança do cidadão usuário das estradas e à conservação do pavimento das rodovias.

Conforme[7], os instrumentos de pesagem dinâmica rodoviária, chamados WIM, *Weigh-In-Motion* na língua inglesa, são classificados em quatro grupos, os quais correspondem à utilização conforme as aplicações para a numeração constante na tabela 1, em tipos descritos a seguir:

- Tipo I - Intervalo de velocidades de 16km/h a 130km/h, para coleta de dados e estimar a força dos pneus, suspeitos de excesso de peso, para uso em processo seletivo de encaminhamento para outro instrumento mais exato, e utilização temporária para armazenamento de dados e encaminhamento para central de análise, referentes aos itens 1,5,6,8,9,10 e 11.
- Tipo II - Intervalo de velocidades de 24km/h a 130km/h, para coleta de dados e utilização para todos os itens exceto o primeiro.
- Tipo III - Intervalo de velocidades de 16km/h a 130km/h, identificar os veículos e os suspeitos de excesso de peso ou carga, conforme os limites estabelecidos em leis, utilização para todos os itens exceto 7,12 e 13.
- Tipo IV - Intervalo de velocidade de 3km/h a 16km/h, ainda não permitido nos E.U.A, mas desenvolvido para uso na fiscalização do limite de peso dos veículos rodoviários, para uso em todos os itens exceto 7, 9,12 e 13.

Tabela 1 - Funções utilizadas nos instrumentos WIM – [7].

Item	Descrição das funções de utilização
1	Carga por roda
2	Carga por eixo
3	Carga por grupo de eixos
4	Carga total do veículo
5	Velocidade
6	Distância, de centro a centro, entre eixos
7	Classe do veículo (via composição dos eixos)
8	Local de identificação por código
9	Faixa ou direção de viagem
10	Data e hora de passagem
11	Número de registro seqüencial do veículo
12	Maior distância entre eixos, considerando do primeiro até o último eixo do veículo
13	Eixo único equivalente de carga
14	Código de violação

Tabela 2 – Desempenho da função requerida para o WIM – [7].

Tolerância de 95% probabilidade de conformidade.					
Função	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	
				Valores em kg	±kg
Carga por roda	±25%		±20%	2300	100
Carga por eixo	±20%	±30%	±15%	5400	200
Carga por grupo de eixos	±15%	±20%	±10%	11300	500
Carga total do veículo	±10%	±15%	±6%	27200	1100
Velocidade	±2km/h				
distância entre eixos	±0,15m				

A exatidão dos respectivos instrumentos está descrita na tabela 2, onde cada classe corresponde a uma faixa de valores percentuais, ou em kg para a classe IV. As classes, diferenciadas principalmente pelo nível de exatidão e pela indicação de utilização, apresentam limites de velocidade

parecidos em torno dos 130 km/h. Entretanto, a exatidão dos instrumentos varia entre valores de 6% a 30%. Sendo os valores maiores para uso em coleta de dados e a mais exata, em limite percentual, para uso na identificação de veículos suspeitos de excesso de peso.

Conforme [8], recomenda-se que os sistemas de pesagem de veículos em movimento atendam às classes estabelecidas em níveis de exatidão, com valores diferenciados para a verificação metrológica inicial e em serviço.

Tabela 3 – Variação das classes de exatidão para massa total - [8]

Classe de exatidão para a massa total	Percentual do valor convencional da massa total do veículo	
	Verificação inicial (\pm)	Inspecção em serviço (\pm)
0,2	0,10	0,20
0,5	0,25	0,50
1	0,50	1,00
2	1,00	2,00
5	2,50	5,00
10	5,00	10,00

De acordo com [9], temos:

- verificação inicial: a verificação de instrumento de medição, que não foi verificado anteriormente.
- Inspecção de um instrumento de medição: exame de instrumento de medição para constatar todos ou alguns dos itens:
 1. marca de verificação e/ou certificado é valido,
 2. nenhuma marca de selagem foi danificada,
 3. após a verificação o instrumento não sofreu modificações evidentes,
 4. seus erros não ultrapassam os erros máximos admissíveis em serviço.

3. METODOLOGIA

Com objetivo de comprovar a necessidade de se considerar os fatores relativos à composição do veículo e às condições dos pneus dos veículos nas estradas, foram realizados ensaios de pesagem dinâmica de caminhões em uma balança instalada na rodovia BR 316, no estado do Piauí, onde foi realizado o trabalho em uma rodovia simples, de duas faixas de rolamento, em 2005.

Para a realização das medições foram considerados diferentes tipos de veículos, abordando a maioria das classificações da frota nacional. Foram feitas análises do comportamento dos novos tipos de veículos de maior capacidade, com permissão normal de uso, no momento da medição, onde foram considerados:

- Pista simples: largura = 7,20 m (em duas faixas de 3,60m/cada); acostamentos: Tipo I - largura = 5,00m (2,50m de cada lado);
- Veículo: para caracterizar a maioria dos tipos de veículos utilizados para o transporte de carga rodoviária na frota nacional, foram utilizados cinco tipos de veículos, conforme a descrição seguinte e a figura 1:

1. 3C -Três eixos - truck leve.
2. 3C - Três eixos (com carregamento superior ao anterior) – truck pesado.
3. 2S3 - Cinco eixos – com reboque – carreta.
4. 3T4 - Sete eixos – com reboque e engate.- bitrem para carga à granel.
5. 3T4 - Sete eixos – bitrem tanque para cargas líquidas.

- Carga: com o objetivo de analisar a capacidade de medição do equipamento em diferentes níveis de utilização, tendo como referência a resolução do Contran – Conselho Nacional de Trânsito [10], que sobre os limites de peso e dimensões dos veículos, foram divididos os carregamentos com valores em toneladas nas faixas:

1. 12t a 16t,
2. 22t a 26t
3. 32t a 36t
4. 42t a 46t
5. 52t a 56t

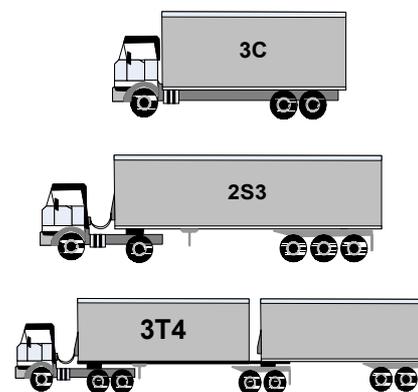


Figura 1 - Representação dos tipos de veículos utilizados no teste.

Os veículos passaram sobre o instrumento de pesagem com velocidade controlada de até 12km/h, estabelecendo uma comparação entre a média das medições e os valores de referência, obtidos em um instrumento de pesagem estática, para cada tipo de veículo utilizado. Para verificar a característica de reprodutibilidade da medição, foi considerado o desvio padrão de cada conjunto de medições. Desta forma, obteve-se os resultados expressos na tabela 3.

Tabela 3 – Diferentes veículos utilizados no teste

Veículos	V1	V 2	V 3	V 4	V 5
Média kg	12109,3	23004	34797,3	41713	51730,7
\bar{Sx} kg	466,46	188,21	306,98	1355,1	611,94
\bar{Sx} %	3,85	0,81	0,88	3,24	1,18
Referência	12340kg	22840kg	34560kg	46340kg	52870kg
Erros %	1,87	0,72	0,69	9,99	2,15

V1 – veículo com tres eixos

V2 – veículo com tres eixos pesado
V3- veículo com cinco eixos
V4- veículo com sete eixos graneleiro
V5- veículo com sete eixos transporte de carga líquida.

$$\bar{x} = \text{média} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (1)$$

n = numero de medições para cada veículo = 15

X_i = valor individual de cada medição

\bar{Sx} = desvio padrão em relação à média

Erro relativo percentual:

$$\text{erro}\% = \frac{\text{média} - \text{referência}}{\text{referência}} 100 \quad (2)$$

Referência= valor de medição obtido em uma balança estática.

Os valores mostram a utilização de veículos de diferentes composições, dois deles são de sete eixos, os chamados bitrens, um de carga líquida e outro com carregamento a granel, o veículo V5 carregado com água e o V4 com terra seca.

Através da aplicação das equações (1) e (2) foram geradas as informações com relação aos valores de erros e médias, de forma a apresentar a variação entre os tipos de veículos. O V4 com problemas de pressão de ar em um dos pneus, apresentou alto desvio padrão percentual 3,24, em relação à média dos valores de medição da soma de todos os eixos do mesmo veículo, e o percentual de aproximadamente 10% em relação da média entre o valor de referência. Entretanto, o V2 apresentou os melhores resultados. Porém, considerando os demais veículos, o funcionamento do instrumento de pesagem registrou erros que indicaram a necessidade de ajustes. O Inmetro, através do IMEPI (Instituto de Metrologia do Estado do Piauí) integrante da RBMLQ-I, instituto conveniado com o Inmetro, solicitou a correção da falha observada no instrumento de pesagem.

4- DISCUSSÃO

Os dados obtidos na medição em campo na instalação referida, conforme demonstrado no item anterior, comprovam a necessidade de utilização de sistemas de pesagem com instrumentos capazes de identificar o tipo de veículo, as condições dos pneus, a composição de carga, os valores por eixos, conjunto de eixos, além da massa total do veículo. A diferença apresentada em relação a cada tipo de veículo mostra que o uso destes instrumentos deve ser dimensionado e controlado, para as diferentes situações de pesagem. Instrumentos de pesagem com melhores tecnologias contribuirão mais para a obtenção mais

adequada das informações necessárias para os parâmetros de estudo do desgaste das rodovias, para a fiscalização do limite de peso, para os programas de prevenção de acidentes e para a melhoria das condições de segurança das estradas.

O uso de sistemas de acompanhamento via satélite é capaz de registrar a trajetória percorrida e dimensionar o valor da tarifa a ser paga, correspondente ao uso da via relacionado ao peso do veículo estimado e à distância percorrida. O sistema de monitoramento via imagem é utilizado para a fiscalização e policiamento das rodovias, os dados são transmitidos e atualizados, de maneira a proporcionar o controle pelos agentes responsáveis.

No Brasil existem tecnologias aplicadas às empresas transportadoras para efeito de segurança dos veículos, onde são medidas a velocidade e as trajetórias dos veículos.

Entretanto, estão sendo analisadas as alternativas para a aplicação das novas tecnologias pelas autoridades relativas à fiscalização do peso dos veículos, e quanto à fiscalização metrológica e infra-estrutura das estradas. Estes estudos estão sendo desenvolvidos para a utilização de instrumentos em conformidade com as necessidades de confiabilidade dos valores obtidos.

5- CONCLUSÃO

A tendência do setor de controle de peso é investir em tecnologias avançadas de monitoramento do tráfego e controle do valor de tarifa relacionado ao peso do veículo nas rodovias. Os modernos instrumentos de pesagem irão contribuir para a fiscalização do limite de peso e estudos dos outros fatores de desgaste das estradas. Uma base de dados maior e a melhoria no processo de monitoramento do tráfego de veículos, realizado pelos instrumentos de supervisão de tráfego, refletirão em melhores condições de segurança para os usuários das rodovias. Portanto, sendo interessante que os usuários dos veículos diversificados da frota nacional possam desfrutar de melhores condições de segurança, e pagar pelo valor justo do sistema de tarifas pelo uso das rodovias. Através de um controle metrológico ativo sobre as novas tecnologias a serem implementadas no país realizado pelo Inmetro e pela Rede de Metrologia Legal, os instrumentos de pesagem passarão a disponibilizar serviços mais confiáveis.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à DIMAS - Divisão de Instrumentos de Medição de Massa, da Diretoria de Metrologia Legal do Inmetro - Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial, e ao Imepi - Instituto de Metrologia do Estado do Piauí, que viabilizaram a realização dos ensaios necessários a este trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] Código de Trânsito Brasileiro, Lei 9.503 de setembro de 1997.
- [2] Faruolo, Luciano Bruno, Análise do Sistema de Medição de Massa em Veículos em Movimento nas Estradas, ENQUALAB, São Paulo, 2005.
- [3] Faruolo, L. B. e Fernandes, J. L. “Medição de Massa em Movimento Utilizando Extensômetros”, VIII COTEQ, Salvador, 2005.
- [4] Faruolo, L. B. e Fernandes, J. L. “A Importância do Ensino de Metrologia com Foco na Incerteza de Medição na Formação de Engenheiros”, XXXIII Cobenge 2005, Campina Grande, PB.
- [5] Dadoo, Nii Amoo and Thorpe Neil “A New Approach for Allocating Pavement Damage Between Heavy Goods Vehicles for Road-user Charging”, Elsevier, 2005.
- [6] Walter Fasel “On Line Traffic Surveillance” OIML – International Organization of Legal Metrology, Legal Bulletin Volume XLV- number 4- 2004 .
- [7] ASTM–E1318-02, Standard Specification for Highway Weigh-In-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Methods, 2002.
- [8] Minuta da Recomendação Internacional – 134 - OIML – Organização Internacional de Metrologia Legal , 2005.
- [9] Portaria Inmetro n 163 – Vocabulário Internacional de termos de Metrologia Legal, de 06 de setembro de 2005.
- [10] Resolução do CONTRAN –184 de 21 de outubro de 2005.