

ATENÇÃO

**AS INFORMAÇÕES CONSTANTES DESTES
ARTIGOS PODERÃO SER UTILIZADAS EM
OUTROS TRABALHOS, DESDE QUE SEJAM
CITADAS ESTA FONTE E OS AUTORES**

40^a RAPv – Reunião Anual de Pavimentação

Rio de Janeiro, RJ - 26 a 28 de outubro de 2010

ANÁLISE DE AMOSTRA DE PESAGENS DE UMA FROTA DE VEÍCULOS COMERCIAIS QUANTO A DISTRIBUIÇÃO DE CARGA POR EIXOS

Antonio Fortunato Marcon¹; Mônica Sayoco Nishibe Moraes²

RESUMO

A frota de veículos comerciais possui substancial influência no desenvolvimento do país, uma vez que os transportes aquaviários e ferroviários tomam pequena parcela de participação no transporte de cargas e passageiros. É através dos caminhões que a grande maioria dos bens é transportada, sejam produções agrícolas ou da pecuária, sejam produtos industrializados. A análise de dados provenientes de balanças às margens das rodovias permite avaliar como esses produtos e bens estão sendo transportados. Novos veículos com diversas configurações estão em circulação, como os denominados bitrens e rodotrens, entretanto os veículos com as configurações tradicionais ainda ocupam grande volume na frota nacional. Neste trabalho estão apresentadas frequências observadas nas contagens dos diversos tipos de veículos comerciais na balança dinâmica de Queluz, situada no quilômetro 0+800, na pista norte da Rodovia Presidente Dutra. Os veículos foram analisados de acordo com os seus valores de peso bruto total e verificados também os excessos em relação às cargas máximas legais por eixo, cuja indicação consta da Lei da Balança. Foram também analisados os dados das cargas que foram pesadas separadamente em cada eixo de cada veículo e, desta forma, foi possível observar as condições de carregamento dos veículos que transitam pela rodovia. Histogramas ilustram as médias e as modas das ocorrências observadas nas pesagens dos caminhões, de maneira a possibilitar a caracterização das cargas reais transportadas. Cargas em eixos similares, mas em veículos diferentes também são avaliadas de forma a verificar oscilações de valores para caminhões de configurações diferentes.

PALAVRAS-CHAVE: carga, veículos comerciais, configurações de eixo, tráfego.

ABSTRACT

The commercial vehicles fleet has substantial influence on country's development, since waterway and railway take small portion of contribution on goods transportation. Through trucks is the most of goods are transported, the agricultural crops or livestock products and industrialized issues. The data analysis from weighing stations along the highways can assess how these products and goods are being transported. New vehicles with various settings are in circulation, such as bitrens and rodotrens, however vehicles with traditional settings still occupies a large volume in the national fleet. In this paper presents the frequencies of various types of commercial vehicles observed at the weighing in

¹ Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, Rua João Pio Duarte Silva, s/n - Córrego Grande, CEP 88040-970 - Caixa Postal: 476. Fone: (48) 3331-9370, fax: (48)331-9939, e-mail: marcon@ecv.ufsc.br

² Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, Rua João Pio Duarte Silva, s/n - Córrego Grande, CEP 88040-970 - Caixa Postal: 476. Fone: (48) 3331-9370, fax: (48)331-9939, e-mail: monicarish@gmail.com

motion station near Queluz (SP) town, localized at km 0+800 of Presidente Dutra Highway. The vehicles were analyzed according to their values of total weight and also checked the excesses in relation to maximum legal axle loads, whose appointment comes from the Law of Balance. It was also processed data from the loads that were weighed separately each axle of each vehicle and thus it was possible to observe the loading conditions of vehicles passing through the highway. Histograms illustrate means and modes of occurrences observed in weighing the trucks, enabling the characterization of the loads carried nowadays. Similar axle loads but in different vehicles are also evaluated in order to check values in different trucks settings.

KEY WORDS: load, commercial vehicles, axle configuration, traffic.

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo apresentar os resultados dos estudos realizados para a caracterização da frota de veículos comerciais quanto às cargas transportadas em suas diversas configurações, a partir da análise de dados amostrais provenientes de pesagens de veículos na balança dinâmica de Queluz, situada no quilômetro 0+800, na pista norte da Rodovia Presidente Dutra. As pesagens consideradas são do período de outubro a dezembro de 2009.

Cabe salientar que os resultados ora apresentados fazem parte de uma pesquisa de mestrado em andamento.

FROTA DE VEÍCULOS ESTUDADA

Os veículos foram classificados de acordo com a nova nomenclatura, que considera as novas configurações de veículos atualmente em circulação no território nacional. Esta nomenclatura atende a publicação normativa do DNIT (2009).

Dos veículos pesados no período de 13 de outubro de 2009 a 31 de dezembro de 2009 foi possível identificar as percentagens de cada tipo de veículo em relação ao total da frota circulante. No total, foram avaliadas 377.081 pesagens na balança dinâmica de Queluz, situada na Rodovia BR-116, pista norte.

De acordo com Albano (2005), a pesagem através de balanças com veículos em movimento, cresceu durante os últimos anos como tentativa de aumentar o desempenho e precisão no controle de peso além de reduzir os custos. Estes equipamentos podem ser usados isoladamente ou em conjunto com um posto de pesagem estática onde pode funcionar como elemento classificador dos veículos com excesso, desviando-os para pesagem estática, se for o caso.

Destes veículos, foram destacados para a análise, aqueles que compunham mais de 1% da frota total. Segundo esta premissa, os veículos considerados e os respectivos percentuais de participação na frota avaliada, foram os seguintes:

Veículo	Porcentagem (%)
3C	32,77
2S3	20,83
2C	12,23
2S2	11,95
3S3	10,82
3D4	3,54
3I3	1,94
2C2	1,66
Total	95,74

Nota-se que os dois veículos de maior ocorrência na amostra são os caminhões com 3 eixos e os semi-reboques com 5 eixos. No estudo desenvolvido pela Land Transportation Standards Subcommittee (1997) são apresentados como os veículos de maior ocorrência no Canadá, semi-reboques com 5 eixos (51%) e semi-reboques com 6 eixos (18,5%). Nos EUA são os semi-reboques com 5 eixos (42,2%) seguidos de caminhões de 2 eixos (35,5%) e, no México, semi-reboques com 6 eixos (37,3%) e semi-reboques com 5 eixos (35,2%).

Para todos os veículos foram consideradas as pesagens de peso bruto total (PBT) e os pesos em cada eixo para cada veículo.

ANÁLISE DO PESO BRUTO TOTAL (PBT)

O peso bruto total variou em função do tipo de veículo que estava sendo avaliado. Os valores máximos admissíveis apresentados na Tabela 2 estão de acordo com as Resoluções 210 (2006) e 353 (2010) do CONTRAN.

Tabela 2 – Limites Máximos de PBT

Veículo	PBT (t)	PBT + tolerância 5% (t)
2C	16	16,800
3C	23	24,150
2S2	33	34,650
2C2	36	37,800
2S3	41,5	43,575
3S3	45/48,5	47,250/50,925
3I3	45/53	47,250/55,650
3D4	45/57	47,250/59,850

Para estes veículos selecionados, foram elaborados histogramas de ocorrência de cargas nos meses de avaliação. Estes histogramas estão apresentados nas Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

Nessas figuras, são observados os valores de moda de carga. Em nenhum deles há simetria no comportamento de distribuição das cargas, o que indica não haver distribuição normal. A assimetria não é sempre para o mesmo lado e, algumas distribuições mostram a ocorrência de duas modas.

A Tabela 3 mostra o resumo de informações observadas nestes diagramas:

Tabela 3 – Parâmetros Gerais de Cargas Totais

Veículo	Lado da Assimetria	Número de Modas	Faixa da Moda Principal	Faixa da Moda Secundária	Média de Valores
2C	Direita	2	5t a 6t	8t a 9t	8,09t
3C	Esquerda	1	22t a 23t	-	18,28t
2S2	Direita	2	18t a 19t	29t a 30t	21,61t
2C2	Direita	1	18t a 19t	-	20,04t
2S3	Esquerda	2	40t a 41t	35t a 36t	34,69t
3S3	Esquerda	2	47t a 48t	42t a 43t	43,77t
3I3	Esquerda	2	52t a 53t	44t a 45t	48,56t
3D4	Esquerda	2	56t a 57t	49t a 50t	54,80t

O gráfico para veículos 2C, embora tenha sido indicada a ocorrência de 2 modas, pode ser também interpretado por distribuição praticamente homogênea de valores entre 4t e 10t. Não se efetiva por completo desta forma por ter uma ligeira queda de quantidade de veículos na faixa entre 7t e 8t. Foram pesados veículos 2C até a faixa entre 20t e 21t, mas com poucas ocorrências de veículos acima no peso permitido, em relação a quantidade total de caminhões desta classificação.

Os veículos 3C e 2C2 tem diagramas que apresentam moda singela. No caso dos caminhões 3C, que representam mais de 30% da frota, verifica-se moda entre 22t e 23t para o máximo de 24,15t sem atuação. Estes caminhões foram pesados, apresentando ocorrências variando entre 4t e 40t. Dos caminhões que trafegavam com excesso de peso, a maioria estava com peso entre 24t e 27t.

Já no caso dos veículos 2C2, nota-se maior contribuição dos caminhões com cargas superiores a moda do que menores que ela. Contudo, quase todos os veículos passaram abaixo da carga máxima legal (CML) com tolerância de 5%. Mesmo assim, foi registrada a passagem de um veículo com PBT entre 45t e 46t.

Os semi-reboques 2S2 apresentam grande incidência de pesagens entre 13t e 31t. Foram observadas pesagens também até a faixa de 45t a 46t com raras ocorrências acima da CML. Os semi-reboques 2S3 tiveram pesagens entre 10t e 57t. Os excessos estão na maioria entre 43t e 46t. Os semi-reboques 3S3 apresentam carregamentos significativos entre 16t e 53t com pesagens de 12t a 63t. Os excessos se concentram na faixa entre 51t a 53t.

Pesagens entre 18t e 65t foram encontradas para veículos 3I3. A maioria dos veículos passou com pesos entre 44t e 55t e os excessos concentram-se entre 56t e 59t. Finalmente, para os veículos 3D4, a faixa de pesagens ficou entre 17t e 80t. Sendo o limite de 47,25t para caminhões abaixo de 19,80m de comprimento e 59,85t para caminhões com comprimentos superiores a 19,80m, nota-se média de valores em 54,8t e modas principal e secundária nas faixas 56t a 57t e 49t a 50t, respectivamente. Os excessos situam-se na maioria entre 60t e 63t, considerado o limite para veículos com comprimento superior a 19,80m.

A maioria dos veículos apresenta duas classes de modas. Indicadas como moda principal e moda secundária. Na Tabela 3 estão apresentadas as classes onde ocorreram as maiores incidências de veículos. Desta forma, para veículos 2C e 2S2, as modas principais estão em faixas de cargas menores que as modas secundárias e as demais possuem moda principal com intervalos de cargas maiores que as secundárias. Pressupõe-se nestes casos que os veículos estão trafegando com pesos

**Distribuição de PBT para caminhões 2C
Out+Nov+Dez 2009**

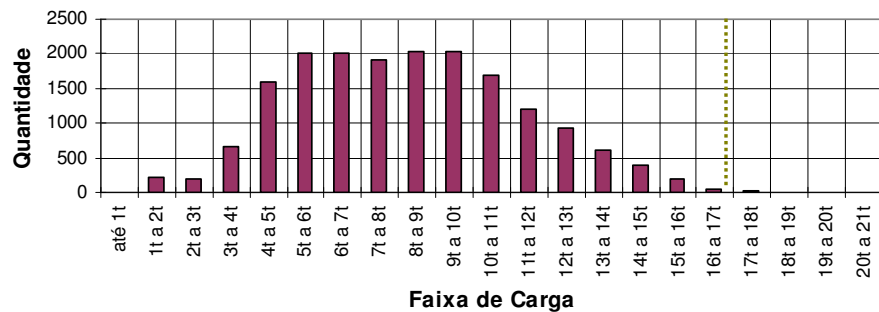


Figura 1 – Peso Bruto Total nos Veículos 2C

**Distribuição de PBT para caminhões 3C
Out+Nov+Dez 2009**

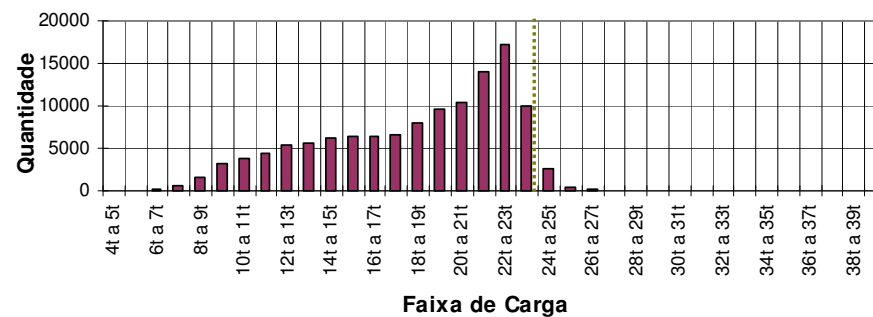


Figura 2 – Peso Bruto Total nos Veículos 3C

**Distribuição de PBT para caminhões 2S2
Out+Nov+Dez 2009**

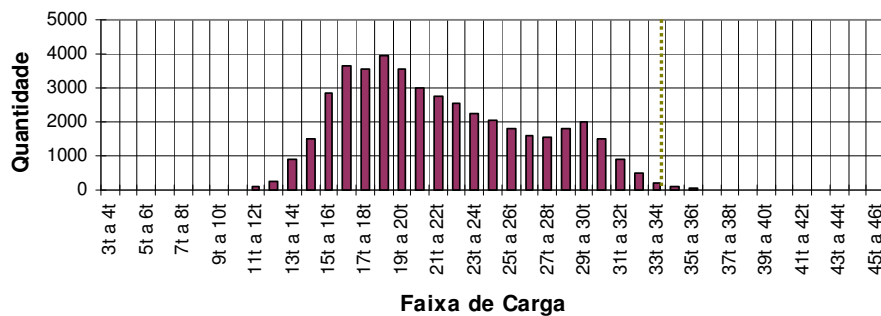
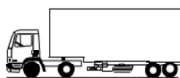


Figura 3 – Peso Bruto Total nos Veículos 2S2

**Distribuição de PBT para caminhões 2C2
Out+Nov+Dez 2009**

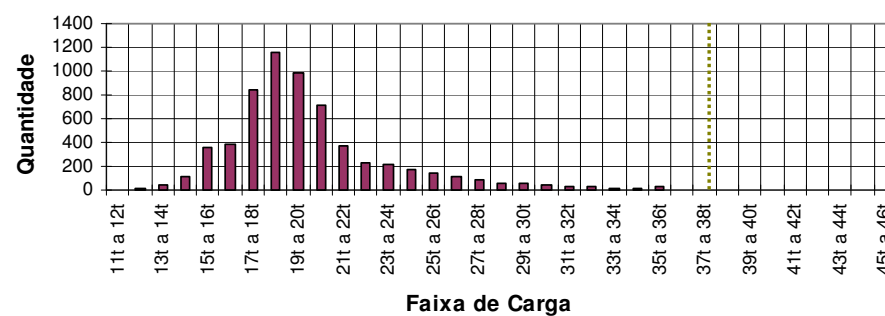


Figura 4 – Peso Bruto Total nos Veículos 2C2

Distribuição de PBT para caminhões 2S3
Out+Nov+Dez 2009

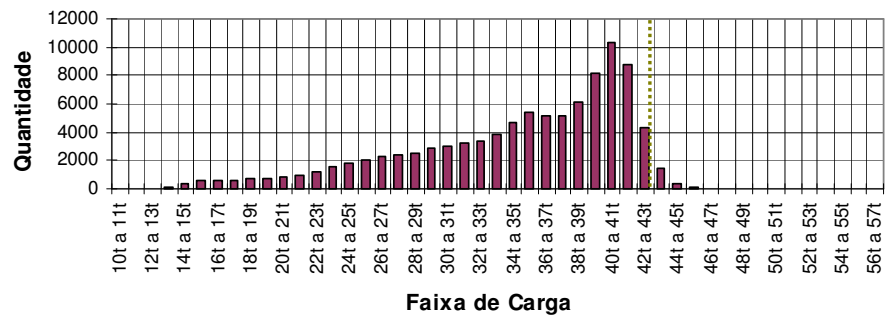


Figura 5 – Peso Bruto Total nos Veículos 2S3

Distribuição de PBT para caminhões 3S3
Out+Nov+Dez 2009

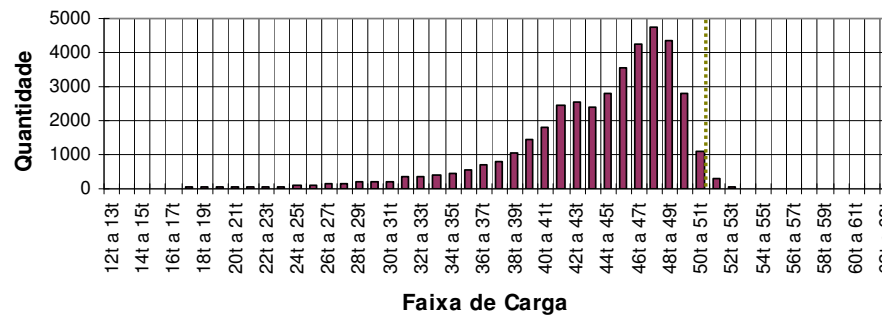


Figura 6 – Peso Bruto Total nos Veículos 3S3

Distribuição de PBT para caminhões 3I3
Out+Nov+Dez 2009

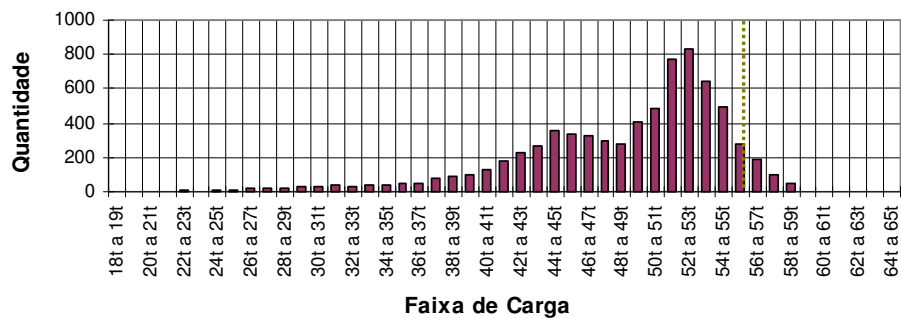
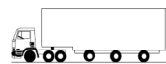


Figura 7 – Peso Bruto Total nos Veículos 3I3

Distribuição de PBT para caminhões 3D4
Out+Nov+Dez 2009

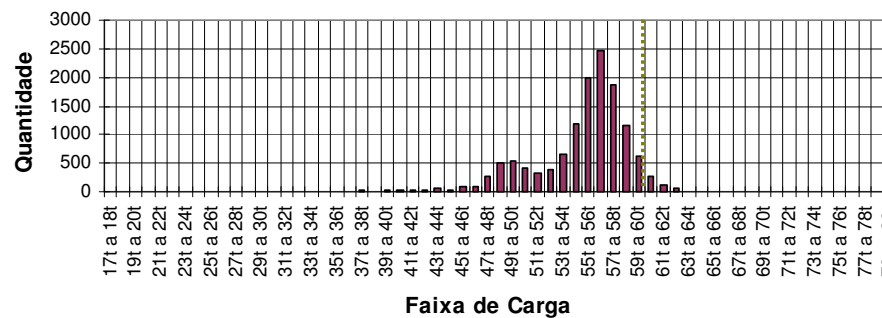


Figura 8 – Peso Bruto Total nos Veículos 3D4

brutos totais próximos aos correspondentes à carga plena, na maioria dos casos. A maioria destes veículos tem extensões maiores e a outra parcela destes veículos possui comprimentos menores, trafegando com limites menores de PBT.

ANÁLISE DO PESO POR EIXO

A análise das cargas considerou também os pesos determinados por eixo, de acordo com as configurações de cada veículo.

A Tabela 4 apresenta os valores limites de carga por eixo, de acordo com a legislação adotada pelo CONTRAN (2006).

Tabela 4 – Limites Máximos de Carga por Eixo

Tipo de Eixo		Limite Máximo (t)	Limite Máximo + tolerância 7,5% (t)
ESRS	Eixo simples de rodas simples	6	6,4500
ESRD	Eixo simples de rodas duplas	10	10,7500
ETD	Eixo tanden duplo	17	18,2750
ETT	Eixo tanden triplo	25,5	27,4125

Os diagramas apresentados na seqüência ilustram as percentagens de veículos e suas classes de cargas transportadas em cada eixo, em suas configurações.

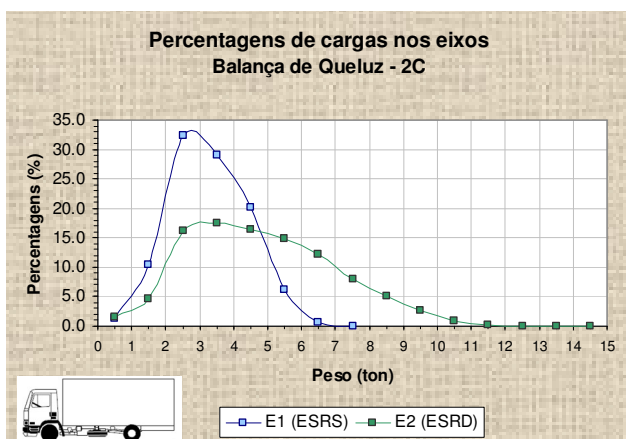


Figura 9 – Percentagens para Veículos 2C

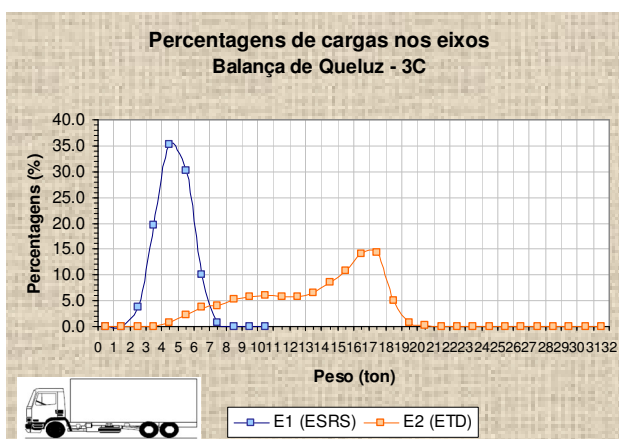


Figura 10 – Percentagens para Veículos 3C

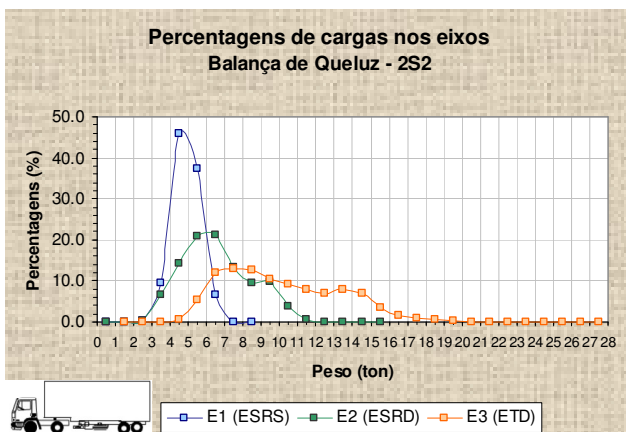


Figura 11 – Percentagens para Veículos 2S2

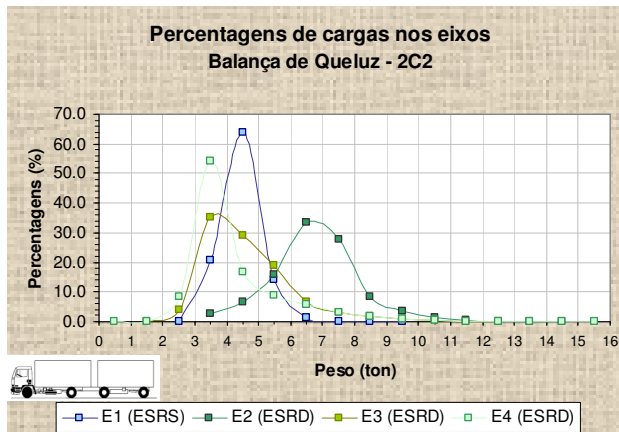


Figura 12 – Percentagens para Veículos 2C2

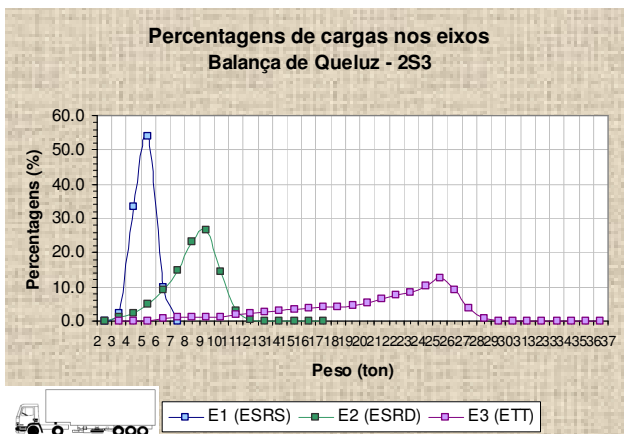


Figura 13 – Percentagens para Veículos 2S3

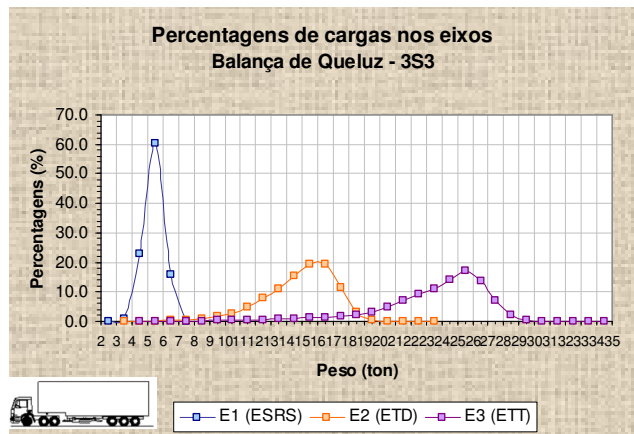


Figura 14 – Percentagens para Veículos 3S3

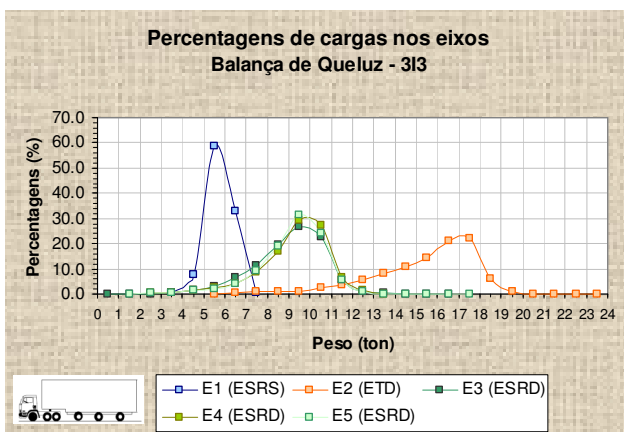


Figura 15 – Percentagens para Veículos 3I3

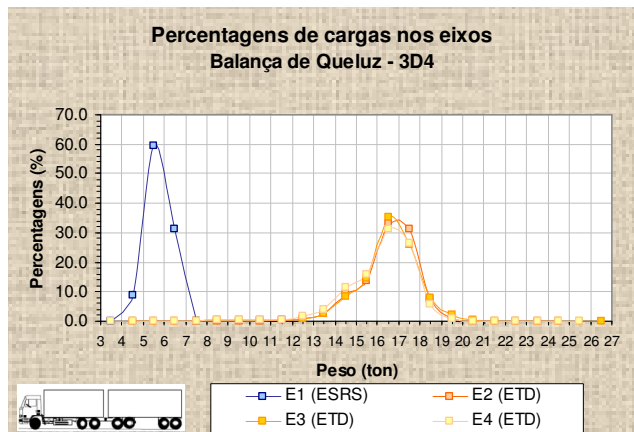


Figura 16 – Percentagens para Veículos 3D4

Valem os seguintes comentários a respeito dos diagramas:

Caminhões 2C

A percentagem maior dos pesos dos eixos dianteiros (ESRS) está no entorno de 2,5t. Possui assimetria a direita com muita contribuição percentual entre 3t e 5t. Para os eixos traseiros (ESRD) a maior percentagem de valores de pesos por eixo está entre 3t e 4t. Também apresenta assimetria para a direita com significativa parcela de eixos entre 4t e 8t. Este veículo está apresentado na Figura 9.

Caminhões 3C

A percentagem maior de cargas por eixo dos eixos dianteiros (ESRS) encontra-se no entorno de 4,5t. Possui assimetria a direita com muita contribuição percentual entre 5t e 7t. Para os eixos traseiros (ETD) a maior percentagem de cargas por eixo está entre 17t e 18t. Apresenta assimetria para a esquerda com percentuais de cargas quase uniformemente distribuídas entre 5t e 14t. Este veículo está apresentado na Figura 10.

Semi-Reboques 2S2

A percentagem maior de valores de cargas dos eixos dianteiros (ESRS) está no entorno de 4,5t. Possui assimetria a direita com muita contribuição percentual dos pesos dos eixos entre 5t e 6t. Para os eixos traseiros (ESRD) a maior percentagem de pesos por eixo está entre 6t e 7t. Também apresenta assimetria para a direita com patamar menor de pesos por eixo entre 9t e 10t. Os eixos traseiros (ETD) têm sua maior percentual pesos por eixo entre 6t e 9t, com assimetria a direita e patamar inferior de cargas entre 13t e 15t. As características de carga por eixo deste veículo estão apresentadas na Figura 11.

Reboques 2C2

A percentagem maior de carga dos eixos dianteiros (ESRS) está no entorno de 4,5t. Possui ligeira assimetria a direita. Este veículos possuem 3 eixos do tipo ESRD, sendo que a maior percentagem de carga do primeiro está entre 6t e 7t, no caso do segundo e do terceiro entre 3t e 4t. Todos apresentam ligeira assimetria para a direita. As características de carga por eixo deste veículo estão apresentadas na Figura 12.

Semi-Reboques 2S3

A percentagem maior de carga dos eixos dianteiros (ESRS) está no entorno de 5,5t. Possui assimetria à esquerda. Para os eixos traseiros (ESRD) a maior percentagem de carga está entre 9t e 10t. Também apresenta assimetria para a esquerda. Para os eixos traseiros (ETT) a maior percentagem de cargas por eixo está entre 25t e 26t, com assimetria acentuada a esquerda. As características de carga por eixo deste veículo estão apresentadas na Figura 13.

Semi-Reboques 3S3

A percentagem maior de carga dos eixos dianteiros (ESRS) está no entorno de 5,5t. Para os eixos traseiros (ETD) a maior percentagem de carga está entre 15t e 17t. Apresenta assimetria para a esquerda. Os eixos traseiros (ETT) têm sua maior contribuição entre 25t e 26t, com assimetria a esquerda. As características de carga por eixo deste veículo estão apresentadas na Figura 14.

Semi-Reboques 3I3

A percentagem maior de carga dos eixos dianteiros (ESRS) está no entorno de 5,5t. Possui ligeira assimetria a direita. Este veículos possui mais 4 eixos, o primeiro do tipo ETD e os demais, ESRD. O ETD tem moda em 17,5t de carga com grande contribuição de cargas menores, como mostra pela assimetria da curva para a esquerda. Os três eixos ESRD têm comportamentos muito semelhantes e trafegam na maioria com cargas entre 9t e 11t. As curvas possuem assimetria a esquerda indicando contribuições de cargas inferiores. As características de carga por eixo deste veículo estão apresentadas na Figura 15.

Reboques 3D4

A percentagem maior de cargas nos eixos dianteiros (ESRS) também está no entorno de 5,5t. Possui assimetria a direita, indicando contribuição de pouco mais de 30% das cargas entre 6t e 7t. Este veículos possui mais 3 eixos do tipo ETD, com comportamentos muito semelhantes. Têm moda com cargas no entorno de 16,5t, mas há uma grande concentração de veículos com cargas entre 17 e 18t. As características de carga por eixo deste veículo estão apresentadas na Figura 16.

As cargas por eixo também foram avaliadas comparando-se os resultados para cada tipo de eixo, independentemente do veículo, ou seja, foram agrupados os eixos dianteiros dos veículos considerados, constituindo-se desta forma 4 grupos de eixos: ESRS, ESRD, ETD e ETT.

Esta avaliação fornece informações importantes, dada a resposta que o pavimento dá em função da variação de cargas que por ele trafegar. De acordo com Uhimeyer (2006), a relação entre pesos nos eixos e o dano ao pavimento não é linear e sim exponencial. Por exemplo, um eixo simples de rodas simples, carregado com 18.144kg (40.000lbs) causa 16 vezes mais dano que um eixo simples de rodas simples carregando 9.072kg (9.072lbs).

Para os ESRS foram elaboradas as Figuras 17 e 18, cujas curvas mostram que as maiores percentagens de cargas variam em função do limite de PBT de cada veículo. É mostrada uma linha vertical indicando o valor da carga máxima por lei para o eixo ESRS. Os veículos mais leves (2C) apresentaram maioria de eixos trafegando com carga no entorno de 2,5t. Os veículos 3C, 2S2 e 2C2, que tem PBT limite entre 20t e 40t apresentaram maiores frequências de carga na classe entre 4t e 5t. Veículos com cargas acima de 40t indicaram maior percentual de eixos trafegando com aproximadamente 5,5t. A maioria dos veículos passou com cargas inferiores ao limite de 6.450kg.

As Figuras 19 e 20 mostram os eixos ESRD. Entre 3t e 4t, situam-se os maiores percentuais de veículos 2C e os 2 últimos eixos do veículo 2C2. Entre 6t e 7t, encontra-se a moda dos veículos 2S2 e o primeiro eixo do 2C2. Para os 2S3 os eixos com cargas entre 9t e 10t são a maioria. Há uma parcela de veículos 2S3 que passaram com carga acima do permitido.

No que se refere aos veículos com ETD, o mais leve que é o 3C tem moda na classe de 7t a 8t. Os demais veículos apresentam as maiores percentagens entre 16t e 18t. Destaca-se a ocorrência de eixos que passaram com cargas superiores àquelas determinadas como carga máxima legal com a tolerância.

Os 3 eixos ESRD do veículo 3I3 também tem maioria de valores de carga por eixo na faixa de 9t a 10t. Nestes eixos também se observa cargas superiores ao limite legal.

Finalmente para os eixos ETT, foram avaliados nos veículos 2S3 e 3S3. Os dois eixos possuem comportamento semelhante, como ligeira variação de percentual da moda que está na classe entre 25t e 26t.

Eixos Simples de Rodas Simples – ESRS (eixo dianteiro)

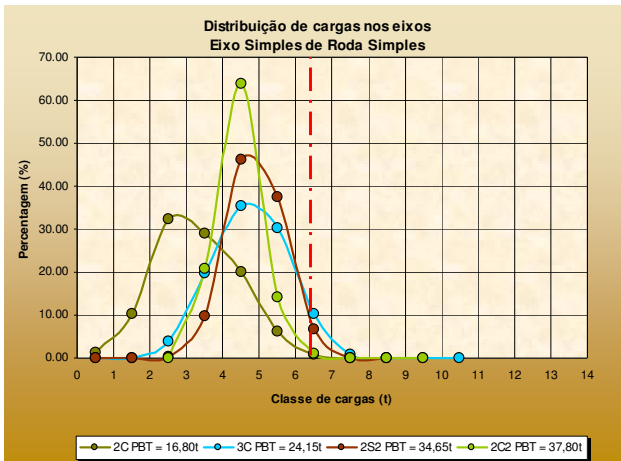


Figura 17 – ESRS para veículos com PBT menor que 40t

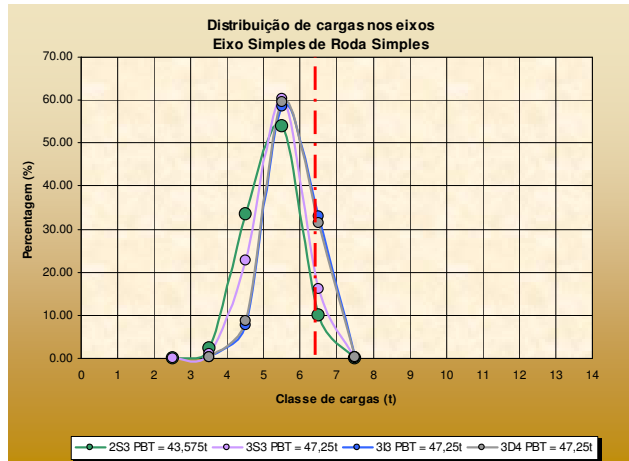


Figura 18 – ESRS para veículos com PBT maior que 40t

Eixos Simples de Rodas Duplas – ESRD (eixo traseiro)

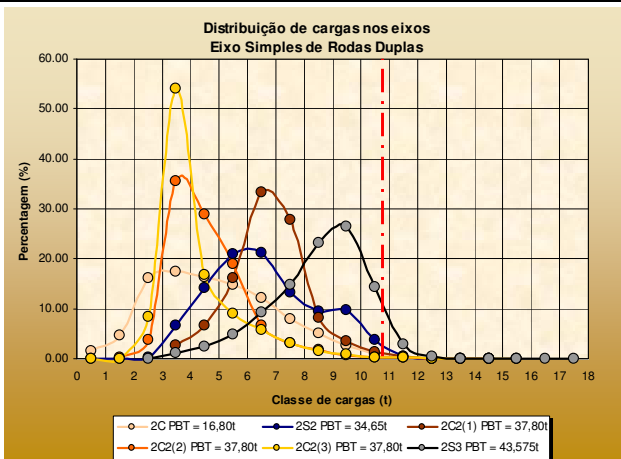


Figura 19 – ESRD para veículos com PBT menor que 45t

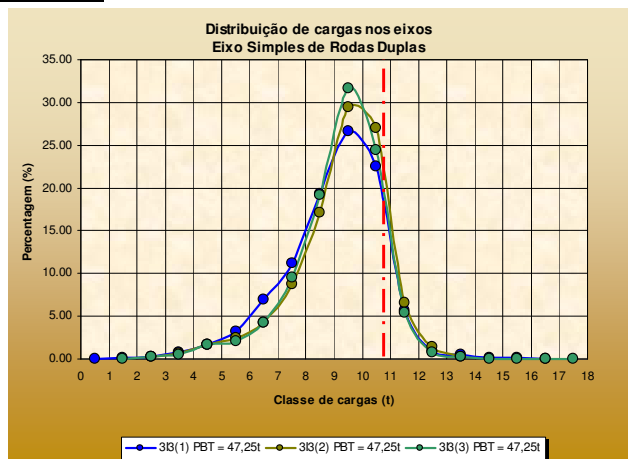


Figura 20 – ESRD para veículos com PBT maior que 45t

Eixos Tandem Duplo – ETD (eixo traseiro)

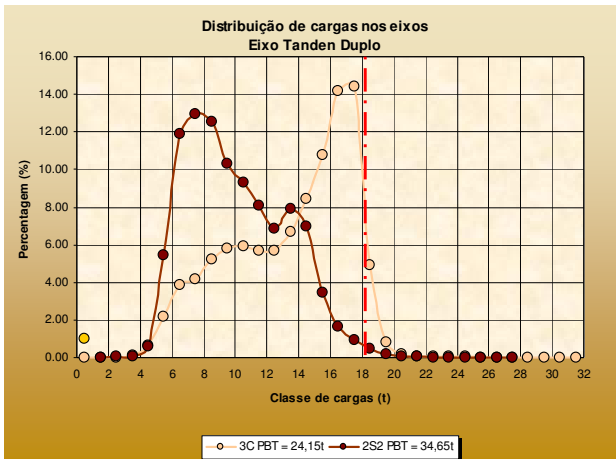


Figura 21 – ETD para veículos com PBT menor que 40t

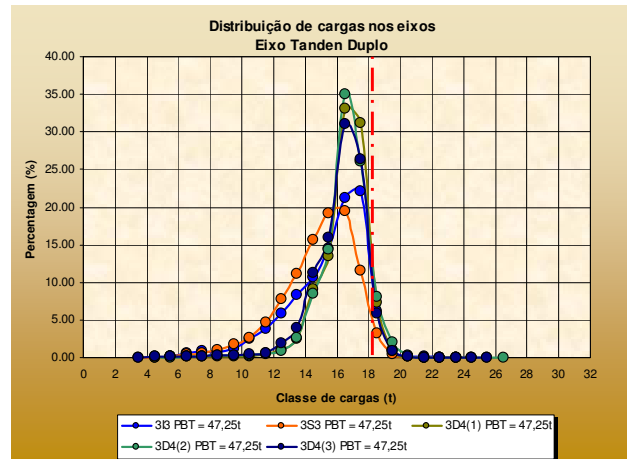


Figura 22 – ETD para veículos com PBT maior que 40t

Eixos Tandem Triplo – ETT (eixo traseiro)

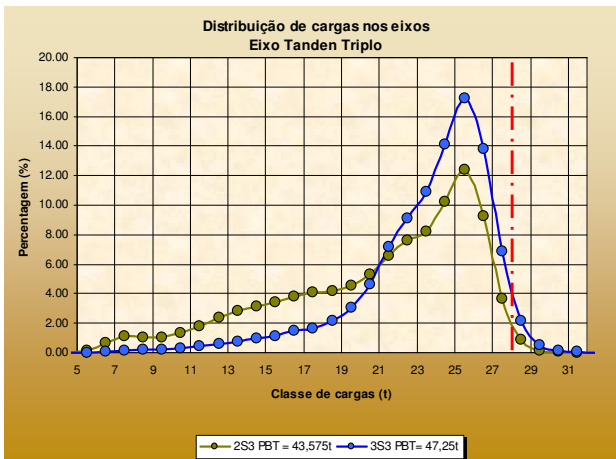


Figura 23 – ETT

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A distribuição dos valores de PBT nos veículos com maior número de passagens pela balança de Queluz no período de outubro a dezembro de 2009 indica histogramas com assimetrias, não obedecendo ao comportamento da curva normal. As assimetrias nem sempre são para o mesmo lado e não possuem a mesma tendência de comportamento. A maioria dos veículos aponta a ocorrência de duas modas, sugerindo que os veículos nem sempre estão trafegando a carga plena.

Os excessos de carga ocorrem em todos os tipos de veículos. Estes excessos geralmente ficam em faixas contíguas àquela do limite da CML, estando a maioria dos veículos nesta condição com 1 a 2 toneladas acima da CML.

Eixos de mesma configuração constituintes de um mesmo veículo tendem a apresentar comportamentos semelhantes no que se refere aos pesos das cargas transportadas. A exceção ficou para o 2C2 onde o segundo eixo simples de rodas duplas apresentou percentagem de ocorrência de carga em faixa maior do que a faixa de as cargas dos demais.

Eixos de mesma configuração, mas encontrados em veículos diferentes tendem a apresentar modas em cargas menores nos veículos cujo PBT limite são menores. Desta forma, embora o limite de

carga para uma determinada configuração (ESRS, ERSD, ETD ou ETT) seja sempre o mesmo valor, as modas de carregamentos flutuam para mais ou para menos dependendo da capacidade que o veículo tem de carga.

Os excessos de cargas ocorrem principalmente nos eixos traseiros. Atribui-se este fato ao modo de distribuição das cargas adotadas pelos transportadores ou operadores dos veículos. Destacam-se excessos em eixos ESRD que chegam a mais de 6% no caso dos veículos 3I3.

AGRADECIMENTO

Agradecimentos a Concessionária NovaDutra pelo apoio e auxílio dispensados.

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado ao Dr Armando Martins Pereira (in memoriam), pelo grande homem que foi e pela extraordinária contribuição deixada à humanidade. São inúmeros os trabalhos que realizou, contribuindo de forma inestimável à área de pavimentação de vias. Dentre os grandes trabalhos que realizou, destacam-se as metodologias DNER PRO-008 (atual DNIT 006/2003 PRO) para avaliação de superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos, DNER PRO-10 para dimensionamento de reforços de pavimentos e também o trabalho Análise crítica dos fatores de equivalência adotados pelo DNER e sua adequação às rodovias de tráfego pesado. Este trabalho de tese foi apresentado para ingresso como professor titular do Departamento de Transportes, Universidade Federal do Paraná em 1985 e foi publicado no Boletim Técnico número 11 da ABPv.

BIBLIOGRAFIA

ALBANO, J.F., Efeitos dos Excessos de Cargas sobre a Durabilidade de Pavimentos – Tese de Doutorado pela UFRGS, 2005, Brasil.

CONTRAN – “Resolução 210 de 13 de novembro de 2006”, Conselho Nacional de Trânsito – Ministério das Cidades, novembro de 2006, Brasil.

CONTRAN – “Resolução 353 de 24 de junho de 2010”, Conselho Nacional de Trânsito – Ministério das Cidades, junho de 2010, Brasil.

DNIT - “Quadro de Fabricantes de Veículos”, Coordenação Geral de Operações Rodoviárias – Diretoria de Infra-estrutura Viária, outubro de 2009, Brasil.

Land Transportation Standards Subcommittee, Working Group 2, North American Free Trade Agreement, Harmonization of Vehicle Weight and Dimension Regulations Within NAFTA Partnership, Report, October, 1997, EUA.

PEREIRA, A. M. Análise crítica dos fatores de equivalência adotados pelo DNER e sua adequação às rodovias de tráfego pesado. Tese (Professor Titular) – Departamento de Transportes, Universidade Federal do Paraná, 1985, Brasil.

UHIMEYER, J.S. et alii. Legal Loads Limits, Overweight Loads and Pavements and Bridges, WSDOT, June, 2006, EUA.