

# PRESSÃO E TIPO DE PNEUS NA FROTA DE VEÍCULOS DE CARGA

**João Fortini Albano**

**Luis Antonio Lindau**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - UFRGS

## RESUMO

O presente artigo descreve o planejamento, a execução e apresenta os resultados de uma pesquisa de campo realizada junto ao Posto de Pedágio da rodovia estadual RS/240. Os levantamentos foram executados com a finalidade de constatar os valores da pressão de inflação de pneus praticados por veículos pesados, bem como avaliar o percentual de pneus de fabricação radial e convencional utilizados. Investigou-se também dados sobre o tamanho e marcas de pneus, profundidade dos sulcos da banda de rodagem e tipo de veículos. Ao final, apresenta-se uma análise das informações obtidas.

## ABSTRACT

This paper describes the planning, execution and evaluates the results of a field data collection executed at a toll plaza along the RS/240 state roadway. The experiment aimed at detecting the inflation pressure and the incidence of radial and bias tyres used by heavy vehicles. The investigation also contemplated the type of vehicle and the size, grooving condition and manufacturer of tyres. It ends by presenting an interpretation of the results.

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho descreve parte de uma dissertação de mestrado cuja finalidade é determinar os efeitos simultâneos da carga por eixo, pressão de inflação e tipo de pneus sobre pavimentos (Albano, 1998). As informações disponíveis sobre pressão de enchimento e tipos de pneus utilizados na frota de veículos pesados não foram suficientes para subsidiar a referida pesquisa. Fernandes Jr. (1994) também comenta a inexistência de maiores elementos disponíveis sobre o assunto.

Um dos raros trabalhos de levantamento de pressões de inflação de pneus foi desenvolvido por Pereira (1985), através do qual o citado autor estabelece uma relação linear entre pressão de inflação e carga incidente sobre uma roda, a partir de pesagens e medições de pressões em pneus executadas na BR/277, trecho Curitiba - Paranaguá.

Também no exterior, a quantidade de levantamentos de dados de pressões e tipo de pneus ainda é pequena. Destacam-se as pesquisas realizadas nos EUA por Middleton *et al.* (1986) no Texas, Kim *et al.* (1989) e Bell *et al.* (1996) no Oregon.

Assim, definiu-se a realização de uma pesquisa de campo para a coleta das informações desejadas. Os objetivos básicos da pesquisa programada foram duplos e direcionados no sentido da obtenção de respostas às seguintes questões:

- a) Qual a pressão de enchimento de pneus que os veículos de carga estão praticando quando efetivamente em circulação?
- b) Qual é a distribuição percentual do universo de pneus relativamente ao tipo de fabricação?

## 2. DESCRIÇÃO DA PESQUISA

Para a escolha do local mais adequado para a pesquisa, definiu-se que o mesmo deveria atender os seguintes requisitos mínimos:

- rodovia com VDM alto (acima de 10.000 veículos/dia), com tráfego heterogêneo e o mais representativo possível da atividade econômica de determinada região;
- local com facilidades para parada de veículos pesados sem ocasionar congestionamentos e,
- proximidade de bases do DAER e da Polícia Rodoviária Estadual para apoio aos trabalhos de coleta de dados.

A consideração das condicionantes levou à escolha do Posto de Pedágio localizado no km 12 da RS/240, como o local mais adequado. O referido posto está posicionado no extremo oeste do segmento Vila Scharlau - Rincão do Cascalho, no município de Portão, Região Metropolitana de Porto Alegre, RS. Trata-se de uma rodovia com obras de duplicação em fase de conclusão. O trecho possui um VDM em torno de 16.000 veículos/dia dos quais, aproximadamente, 30% são de carga. A RS/240 integra a principal ligação da serra gaúcha com a capital do Estado e constitui-se na melhor alternativa para veículos que demandam à região sudeste do país, via BR/101.

O local definido oferece a vantagem da disponibilidade de uma faixa de tráfego, utilizada somente em ocasiões de maior pico de veículos no posto. Há também agregado um núcleo da Polícia Rodoviária Estadual que opera no local, cuja colaboração foi indispensável para o desenvolvimento dos trabalhos. A 100 m de distância contou-se com o apoio de um Escritório de Fiscalização de obras do DAER onde foi recrutada parte do pessoal envolvido na pesquisa, complementado com funcionários da empresa operadora do Pedágio.

Em função das características de rodado e do carregamento diferenciado, programou-se dividir a amostra total de pneus em duas: os pneus dianteiros e os pneus dos eixos não-dianteiros.

Além dos citados objetivos básicos do levantamento, definiu-se, também, desenvolver uma análise estatística com a finalidade de identificar fatores com significância no valor da pressão de enchimento. Assim, foram anotados dados adicionais referentes ao tipo de veículo, tamanho e fabricante de pneus. Complementarmente, julgou-se útil registrar, a profundidade do sulco da banda de rodagem, para avaliação das condições de segurança.

Com o objetivo de reter o veículo pesquisado o mínimo tempo, decidiu-se pela facilidade de colher e anotar somente elementos relativos aos pneus dianteiros e pneus externos dos eixos não-dianteiros, atuando simultaneamente com duas turmas de pesquisadores.

Diante dos pressupostos delineados, criou-se uma planilha para registro dos dados, individualizada para cada veículo. A planilha está composta por três blocos. O primeiro contém informações gerais: discriminação do local da pesquisa, data, horário, nome dos pesquisadores e condições do clima. O segundo bloco refere-se a elementos pertinentes ao veículo: placas, marca, classificação, mercadoria transportada e relação de trabalho do motorista. O terceiro bloco, reservado somente para os dados de pneus, com o registro da: pressão de inflação, tipo de construção, rodagem, profundidade do sulco e fabricante (marca). Por último, reservou-se um espaço destinado a anotações de alterações na rotina de trabalho e a situações especiais.

Com relação ao tamanho da amostra a ser pesquisada, tomou-se como base os estudos e cálculos estatísticos desenvolvidos por Bell *et al.* (1996) para levantamentos similares executados em cinco rodovias do Estado do Oregon, EUA. Aqueles pesquisadores utilizaram parâmetros de apoio obtidos em levantamentos anteriores para um tamanho de amostra grande ( $n > 30$ ) e a distribuição normal como modelo do processo. Com base nos citados estudos e para um nível de confiança de 95%, os cálculos indicaram que uma amostra de 291 caminhões com erro de até 3,0 %, seria de tamanho bastante razoável, tendo em vista o escopo do trabalho.

No final do segundo dia da pesquisa atingiu-se o número de 275 veículos, avaliado suficiente, face ao alto custo da mobilização do pessoal envolvido. Para o nível de confiança considerado, a amostra inspecionada dá uma margem de erro próxima a 3,5%.

### **3. COLETA DE DADOS**

A equipe de trabalho esteve constituída por duas turmas, cada uma integrada por três pesquisadores. Contou-se com um inspetor, que auxiliou a coordenação. A segurança de tráfego e a captação dos caminhões esteve a cargo de dois policiais militares do Batalhão da Polícia Rodoviária Estadual, que revezaram-se em turnos de duas horas.

Precedendo a coleta de dados oficial, realizou-se um treinamento com as turmas de pesquisadores. O treinamento mostrou-se indispensável, pois encaminhou uma série de soluções para questões não previstas. Acertou-se também uma mecânica de atuação do pessoal na abordagem e diálogo com cada motorista. O desempenho da equipe em termos de produção foi crescente. O trabalho de campo foi realizado nos dias 3 e 4 de setembro e o treinamento no dia 29 de agosto de 1997. Atuou-se nos horários das 8 às 12 h e das 14 às 18 h, informado como sendo os de maior volume de tráfego, em dias úteis.

Explicou-se a cada motorista de veículo da amostra as razões da pesquisa, obtendo-se, de forma praticamente unânime, autorização para coleta e anotações dos dados. As raras negativas de colaboração deram-se por atrasos acumulados no tempo de viagem.

As informações relativas a cada veículo de carga foram colhidas por observações diretas e entrevistas com motoristas. Os dados de pneus foram obtidos por leitura nas inscrições existentes nos costados. A pressão de inflação foi medida a quente, por manômetros calibradores com as seguintes especificações: tipo 66/1, rosca 1/8 BSP, escala 0 - 170 psi, marca Schrader, devidamente aferidos por bomba de pressão estática. A profundidade do sulco foi medida sempre no meio da banda de rodagem, através de um paquímetro de profundidade, conhecido comercialmente como calibrador da rodagem, com precisão de 0,1 mm.

A temperatura ambiente foi anotada a cada hora através de um termômetro posicionado no sol a 40 cm de altura do pavimento. A variação da temperatura foi de 23 a 31° C no dia 03/9/97 e de 22 a 35° C no dia 04/9/97. As temperaturas estavam elevadas para a época, no Rio Grande do Sul.

As alterações de rotina de maior porte foram: algumas calotas nos pneus dianteiros, as quais impediram a tomada da pressão de enchimento e Central de Inflação de Pneus em 25,5% dos

veículos. Nestes casos procedeu-se a verificação da pressão nos manômetros localizados nas cabinas, adotando-se estes valores como corretos.

Foram inspecionados 275 veículos de carga que trafegavam no sentido São Sebastião do Caí - Portão, coincidente com o funcionamento das cabinas de cobrança de pedágio e colhidos dados de 1.815 pneus.

#### 4. RESULTADOS OBTIDOS

Nesta seção apresentam-se os dados coletados após tabulação e tratamento estatístico básico. Os resultados estão relacionados por ordem de prioridade, de acordo com os objetivos da pesquisa.

**Tabela 1:** Pressão de inflação na amostra de *pneus dianteiros*

Amostra	Pressão Média kPa (psi)	Desvio Padrão	Tamanho da Amostra	Maior Pressão kPa (psi)	Menor Pressão kPa (psi)
Pneus de Lonas	620 (90)	84(12,3)	226	868 (126)	262 (38)
Pneus Radiais	689 (100)	68(9,9)	228	875 (127)	510 (74)
Total de Pneus	655 (95)	84(12,2)	454	875 (127)	262 (38)

**Tabela 2:** Pressão de inflação na amostra de *pneus não-dianteiros*

Amostra	Pressão Média kPa (psi)	Desvio Padrão	Tamanho Amostra	Maior Pressão kPa (psi)	Menor Pressão kPa (psi)
Pneus de Lonas	668 (97)	101 (14,7)	393	854 (124)	208 (30)
Pneus Radiais	744 (108)	81 (11,7)	844	978 (142)	303 (44)
Total de Pneus	717 (104)	94 (13,6)	1237	978 (142)	208 (30)

**Tabela 3:** Tipos de pneus

	Radial	Convencional	Total
Quantidade	1129	686	1815
%	62,2	37,8	100

**Tabela 4:** Composição da amostra por tamanho e tipo de Pneus

Tamanho	Radial	Convencional	Total	%
8.25x20		6	6	0,3
9.00x20		283	283	15,6
9.00R20	145		145	8,0
10.00x20		205	205	11,3
10.00R20	402		402	22,1
11.00x22		192	192	10,6
11.00R22	496		496	27,3
12.00R22.5	10		10	0,6
11.00R24.5	22		22	1,2
275/80R22.5	16		16	0,9
295/80R22.5	38		38	2,1
Total	1129	686	1815	100

**Tabela 5:** Composição da amostra por tipo de veículo

Classificação (Medina, 1997)	Número de Veículos	%
2C	73	26,5
3C	124	45,1
2S1	1	0,4
2S2	4	1,4
2S3	64	23,3
3S3	9	3,3
Total	275	100

**Tabela 6:** Distribuição das profundidades dos sulcos da rodagem dos pneus dianteiros

Intervalo (mm)	Número de Pneus	%	% Acumulada
0 - 2	15	2,7	2,7
2,1 - 4	47	8,6	11,3
4,1 - 6	84	15,3	26,6
6,1 - 8	117	21,4	48,0
8,1 - 10	118	21,5	69,5
10,1 - 12	92	16,8	86,3
12,1 - 14	73	13,3	99,6
14,1 - 16	2	0,4	100,0
Total	548	100	

**Tabela 7:** Distribuição das profundidades dos sulcos da rodagem dos pneus não-dianteiros

Intervalo (mm)	Número de Pneus	%	% Acumulada
0 - 2	92	7,3	7,3
2,1 - 4	150	11,9	19,2
4,1 - 6	230	18,2	37,4
6,1 - 8	214	17,0	54,4
8,1 - 10	201	15,9	70,3
10,1 - 12	182	14,4	84,7
12,1 - 14	133	10,6	95,2
14,1 - 16	52	4,1	99,3
> 16	7	0,6	100,0
Total	1261	100	

**Tabela 8:** Divisão da amostra por fabricante de pneus

Fabricante	Número de Pneus	%
Goodyear	552	30,4
Michelin	392	21,6
Firestone	307	16,9
Pirelli	240	13,2
Kumho	106	5,8
Fate	42	2,3
Hankook	29	1,6
Dunlop	27	1,5
FUNSA	18	1,0
Taurus	17	1,0
Continental	15	0,8
Marshal	14	0,8
Outros*	55	3,1
Total	1814	100

\* Outros: CEATVG, Double, General, Jet Star, Tauser, Toyo, Tube Bye, Wallo, Wanli, Yelow, Yokohama.

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Preliminarmente é importante destacar que a presente análise está limitada ao âmbito da amostra constituída por veículos pesados que servem à região da serra gaúcha, caracterizada por uma economia centrada em atividades industriais e agricultura de minifúndios.

As pressões médias de enchimento de 655 kPa (95 psi) e 717 kPa (104 psi) obtidas nas amostras de pneus dianteiros e não-dianteiros, respectivamente, enquadram-se na ordem de grandeza das pressões medidas em pesquisas similares nos EUA, onde verificou-se uma elevação da pressão média dos pneus em relação àquela praticada nas décadas de 60 que oscilava em torno de 552 kPa (80 psi) (National Research Council, 1990).

Os resultados também confirmam observações de Kim *et al.* (1989), de que pneus radiais tem pressões de inflação maiores. A incidência de 62,2% de pneus com fabricação radial na frota de caminhões demonstra o crescimento deste tipo de pneu no mercado.

A constatação de pressões de inflação maiores do que as previstas nos procedimentos de dimensionamento e análise de pavimentos indica necessidades de atualização destes métodos. O atual Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis (DNER, 1979) considera a pressão de enchimento de 552 kPa (80 psi). Mattos(1991) ao comentar o método do DNER indica também a necessidade de revisão dos métodos precursores (AASHTO e Corpo de Engenheiros).

Por razões similares, os procedimentos DNER - PRO 11/79 (DNER, 1994c) e DNER - PRO 10/79 (DNER, 1994b) também deveriam ser reavaliados. As determinações de deflexões com a Viga Benkelman, executadas de acordo com o Método de Ensaio DNER-ME 24/94 (DNER, 1994a), discrimina que os pneus de tamanho e tipo 10.00x20 ou 9.00x20, do veículo de ensaio, devem ser calibrados à pressão de 552 kPa (80 psi). Como se observa, os pneus

especificados são do tipo convencional e a pressão de enchimento é inferior às médias determinadas nas amostras da pesquisa.

Com a finalidade de constatar a significância do tamanho do pneu, do tipo de veículo e da marca do pneu sobre a pressão de inflação executou-se, com a amostra de pneus não-dianteiros, três análises de variância do tipo “one-way”, Comparação de Vários Grupos (Ribeiro, 1995), tendo-se, para cada situação:

- a) Fator Controlável: *tamanho do pneu*. Níveis do fator: pressões em pneus de maior tamanho da amostra 11.00R22 (27,3%), 10.00R20 (22,1%) e 9.00x20 (15,6%);
- b) Fator Controlável: *tipo de veículo*. Níveis do fator: pressões em pneus dos tipos de veículos com maior incidência na amostra 3C (45,1%), 2C (26,6%) e 2S3 (23,7%);
- c) Fator Controlável: *marca do pneu*. Níveis do fator: pressões em pneus de fabricantes com marcas preponderantes na amostra Goodyear (30,4%), Michelin (21,6%), Firestone (16,9%) e Pirelli (13,2%).

O Teste de comparação da estatística F, desenvolvido por intermédio da Tabela ANOVA indicou, por ordem, que os níveis dos fatores *tamanho do pneu* e *tipo de veículo* têm significância no valor da resposta pressão de enchimento. Por outro lado, os cálculos indicaram que a marca do pneu *não tem efeito significativo* sobre a pressão de inflação.

**Tabela 9:** Parâmetros da comparação entre grupos de um mesmo fator

Comparação entre:	valor-P	F calculado	F crítico
Tipos de Veículos	1,043E-07	16,307924	3,0037342
Tamanho de Pneus	3,09E-33	81,942878	3,0064413
Marcas de Pneus	1,8533482	1,8533482	2,6137315

Sob o ponto de vista do tamanho, observa-se na amostra pneus com maior diâmetro, confirmando as informações obtidas com frotistas quanto a tendência atual de uso de pneus de maior tamanho e do tipo radial. As mesma fontes relatam um decréscimo nas compras de pneus de tamanho e tipo 9.00x20 e 10.00x20. Göktan e Mitsche (1995) indicam que pneus de maior tamanho produzem menos danos aos pavimentos do que pneus menores, quando submetidos ao mesmo carregamento.

As medições de profundidade dos sulcos da rodagem permitiram avaliar como *boas* as condições de segurança referentes ao desgaste da banda de rodagem dos pneus referida ao valor mínimo de 1,6 mm previsto na Resolução N.º 558/80 do CONTRAN (1980).

Reitera-se o destaque quanto à ocorrência do veículo tipo 3C (45,1%), conhecido popularmente como “truque” e aos fabricantes de pneus Goodyear (30,4%) e Michelin (21,6%), este último produzindo somente pneus do tipo radial. Detectou-se também uma grande variedade de marcas de pneus importados disputando um espaço no mercado.

## 6. CONCLUSÕES

- I. a pesquisa de campo na rodovia RS/240, organizada para colher dados e informações de pneus em veículos de carga, constatou que **25,5%** dos caminhões possuem Central de Inflação de Pneus, com manômetros localizados na cabina;
- II. a amostra de pneus dianteiros, com 454 pneus, apresentou uma média da pressão de enchimento de **655 kPa (95 psi)**. Nesta amostra, os pneus radiais e os de lonas estavam com média de pressão de inflação de **689 kPa (100 psi)** e **620 kPa (90 psi)**, respectivamente;
- III. a amostra de pneus não-dianteiros, com 1237 unidades, apresentou uma média da pressão de inflação de **717 kPa (104 psi)**. Na mesma amostra, pneus radiais e de lonas apresentaram, respectivamente, pressões médias de enchimento de **744 kPa (108 psi)** e **668 kPa (97 psi)**;
- IV. a composição percentual da amostra de todos pneus examinados foi de 62,2% de pneus de fabricação radial e 37,8% de pneus do tipo convencional ou lonas;
- V. cálculos estatísticos desenvolvidos somente com a amostra de pneus não-dianteiros demonstram que os fatores **tamanho do pneu e tipo do veículo** tem significância sobre a **pressão de enchimento** dos pneus. Verificou-se que a **marca de pneu** não é significante no valor da pressão de inflação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albano, J. F. (1998) *Efeitos da variação da carga por eixo, pressão de inflação e tipo de pneu na resposta elástica de um pavimento*. Porto Alegre, 144p. Dissertação de Mestrado em Transportes, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia da UFRGS.
- Bell, C. A.; Randhawa, S. U.; Xu, Z. K. (1996) Impact of high-pressure tires and single-tired axles in Oregon *Transportation Research Record*, Washington, n.1540, p.132-141.
- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1979) *Método de projeto de pavimentos flexíveis*. Rio de Janeiro: DNER - Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 31p.
- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1994a) *Coletânea de normas*. Rio de Janeiro, 8v. Determinação das deflexões no pavimento pela viga Benkelman: ME 24/94. v.1 6p.
- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1994b) *Coletânea de Normas*. Rio de Janeiro, 8v. Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis: Procedimento 010/79. v.6 31p.
- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1994c) *Coletânea de Normas*. Rio de Janeiro, 8v. Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis: Procedimento 011/79. v.6, 16p.
- Conselho Nacional de Trânsito (1980) *Resolução N.º 558*, de 15 de abril de 1980. Fabricação e reforma de pneumático com indicadores de profundidade. Brasília, DF.
- Fernandes Júnior, J. L. (1994) *Investigação dos efeitos das solicitações do tráfego sobre o desempenho de pavimentos*. São Carlos, 313p. Tese de Doutorado em Transportes - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.
- Göktan, A.; Mitschke, M. (1995) Road damage caused by heavy duty vehicles. *Journal of Vehicle Design*, v.16, n.1 p.54-70.
- Kim, O.; Bell, C. A.; Wilson, J. F. (1989) Effect of increased truck tire pressure on asphalt concrete pavement. *Journal of Transportation Engineering*, v.115, n.4, p.329-350.
- Mattos, A. B. G. de. (1991) Ajustagem do Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do DNER de 1966 In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 25, São Paulo. *Anais...* São Paulo: ABPv, p.933-1083.
- Medina, J. de. (1997) *Mecânica dos pavimentos*. Rio de Janeiro: UFRJ, 380p.
- National Research Council (Estados Unidos) (1990) Committee for the Truck Weight Study. *Truck Weight limits: issues and options*. Washington: Transportation Research Board, 307p. (TRB. Special Report, 225).
- Pereira, A. M. (1985) *Análise crítica dos fatores de equivalência adotados pelo DNER e sua adequação às rodovias de tráfego pesado*. Curitiba: ABPv, 330p. Tese para concurso de Prof. Titular da Universidade Federal do Paraná.