

# PATINAMENTO DE PNEUS DIAGONAIS DE UM TRATOR 4x2, EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DA PRESSÃO INTERNA E CARGA NA BARRA DE TRAÇÃO

FERREIRA, Mauro F.<sup>1</sup>; SCHLOSSER, José F.<sup>2</sup>; NEUJAHN, Eduardo B.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UFPEL / FAEM / Depto. de Eng. Rural. Cx. postal 354, CEP 96010-970, Tel. (53) 2757259, Pelotas, RS. E\_mail: maurof@ufpel.tche.br

<sup>2</sup>UFMS / CCR / Depto de Eng. Rural. Tel: (53) 552208158, Santa Maria, RS. E\_mail: schlosse@ccr.ufsm.br

<sup>3</sup>COOCAM. Cooperativa de Campos Novos. R. Marechal Deodoro, 365. Campos Novos, SC. CEP: 89620-000, Tel:495440043. (Recebido para publicação em 20/07/2000)

## RESUMO

*Pelas pesquisas as maiores perdas de energia ocorrem no contato roda-solo, assim, o comportamento de um trator agrícola 4x2 foi analisado quanto aos níveis de patinamento em função de diferentes cargas impostas a barra de tração e diferentes pressões internas dos pneus. O objetivo foi conhecer as pressões internas mais adequadas nos pneus motrizes do trator, proporcionando os menores patinamentos. Com pneus de tração diagonais, testou-se sete pressões internas e três cargas na barra de tração do trator. A pressão interna recomendada pelo fabricante, de 110kPa, proporcionou os melhores desempenhos em solo firme e em solo solto. Pressões internas mais baixas reduziram o patinamento na maioria dos casos estudados.*

*Palavras-chave: Pressão interna, pneus agrícolas, tração, patinamento.*

## ABSTRACT

*SLIP PERFORMANCE ON BIAS-PLY TIRES OF THE 2WD TRACTOR UNDER SEVERAL INFLATION PRESSURES AND DRAWBAR PULL. The data of the world research showing that loss energy in contact tire-surface. The performance of the 2WD tractor was studied, as slip varying drawbar pull and inflation pressures. The objective of the work was to know the better inflation pressures used in a tire tractor, with less slipping. Was used bias-ply tires, seven inflation pressures and three drawbar pull. The results showed that better performance with inflation pressure of the 110kPa in both surfaces conditions. Less inflation pressures showed less slip in vary cases studied.*

*Key words: Inflation pressure, agricultural tires, traction, slip.*

## INTRODUÇÃO

A perda de energia no sistema de tração pneu-solo vem sendo estudada por diversos autores, como SCHLOSSER (1996), NEUJAHN (1999) e FERREIRA (1999). O principal motivo deste estudo é os resultados da pesquisa mundial, que apresentam perdas de energia entre 20 e 55% nos elementos de tração, ou seja, no contato roda solo.

Segundo REIS *et al.* (1999), um trator 4x2, apresenta duas rodas motrizes, sendo utilizado quando for necessário velocidades de deslocamento entre 2,0 e 18,0km/h e forças de tração entre 9,8 e 31,4kN. A força de tração na barra expressa a capacidade do trator tracionar implementos acoplados por um, dois ou três pontos. O patinamento representa, em termos percentuais, o deslizamento da banda de rodagem dos pneus motrizes do trator sobre uma superfície de apoio.

A tração é uma força proveniente da interação entre um dispositivo de autopropulsão, tal como a roda e o meio no

qual age este dispositivo. A tração dos tratores depende fundamentalmente das características dos rodados e do solo agrícola, devendo ser suficiente para vencer a resistência oferecida para a movimentação do próprio trator, bem como deslocar a carga imposta a barra de tração, nas velocidades requeridas para o trabalho (MIALHE, 1980).

Segundo BARGER (1966) a tração pode ser aumentada pela diminuição da pressão interna dos pneus. Com o decréscimo da pressão diminui o afundamento do pneu no solo, reduzindo a resistência ao rolamento. Isto é válido para condições em que seja acentuado o afundamento no solo.

REMPFER & SCHWANGHART (1996) estudaram os benefícios de uma correta adaptação da pressão interna em pneus agrícolas. Utilizando um trator na atividade de aração, reduziram a pressão interna de 130kPa para 40kPa, reduzindo o patinamento de 16% para 6,5%.

Sob condições agrícolas, por exemplo, em solos arenosos ou arados, poderia-se aceitar uma pressão interna mínima, dentro dos limites do pneu. Estas pressões mínimas podem dar substanciais melhoramentos, segundo RUTHERFORD (1983) tais como: efeitos no solo e na cultura e uma extra eficiência em tratores e máquinas.

ZOMBORI (1967) estudou o efeito da pressão interna sobre a tração na barra de tração e eficiência de tração. Observou-se que a um patinamento constante, a diminuição da pressão interna causa um aumento da tração na barra de tração. Com a tração na barra constante, a diminuição da pressão interna causa a redução do patinamento, a qual resulta em significativo aumento na eficiência de tração.

Segundo LINARES (1996), o índice de cone constitui um parâmetro do terreno desenvolvido para caracterizar o comportamento de um veículo em condições de locomoção fora de estrada. Uma condição limite de locomoção considera a possibilidade de passar ou não pelo terreno sem ficar imobilizado. Em locomoção fora de estrada, a profundidade que se mede o índice de cone é de 15cm, pois nesse intervalo se encontra a camada crítica afetada pela roda.

SCHLOSSER (1996a) caracterizou a trafegabilidade do solo em relação as suas condições como: boa para terreno seco e duro, com penetração no solo imperceptível, índice de cone se aproxima de 2000kPa; média para terreno em condições de ser lavrado, a roda do trator forma um pequeno rastro, índice de cone se aproxima de 400kPa; pobre para terreno úmido lavrado ou terreno durante uma operação de preparo secundário do solo, existem problemas de tração e patinamento, rastros dos pneus profundos, índice de cone em 250kPa; e má, para terreno em condições de trabalho inviáveis, índice de cone se aproxima de 150kPa.

Objetivou-se estudar o comportamento do patinamento das rodas motrizes de um trator 4x2, através da variação das pressões internas dos pneus e da modificação das cargas

impostas a barra de tração (BT) do trator em superfície firme (sem preparo) e solta (solo arado e gradeado).

**MATERIAL E MÉTODOS:**

Os testes foram realizados no Campus da Universidade Federal de Santa Maria, RS. Foram utilizadas duas condições de superfície para as análises: solo firme, sem preparo, com cobertura de aveia roçada e com índice de cone de 2053kPa e solo com superfície preparada através de aração com arado de discos a uma profundidade de 20cm, seguido de duas gradagens de discos, com um índice de cone de 234kPa. Essas condições de superfície estavam planas e adjacentes. O penetrômetro de cone utilizado foi da marca Soilcontrol SC-60 até 15cm de profundidade. As umidades gravimétricas das duas condições de superfícies ficaram em 19,0% para a condição solta e de 15,7% para a condição firme.

O trator utilizado foi da marca trator Massey Ferguson, modelo 275 4x2 com massa de 2413kg, sem lastração por água ou contrapesos no rodado traseiro, e com cinco contrapesos de 25kg no suporte dianteiro, totalizando uma massa de 2538kg. Os pneus de tração foram da marca BF Goodrich, seis lonas, de carcaça diagonal, com designação 18.4-30 e banda de rodagem R2. O trator foi utilizado na 3.<sup>a</sup> marcha reduzida e com rotação no motor de 1800rpm. O trator de freio utilizado foi um trator Massey Ferguson modelo 295 4x2 com massa total de 3550kg. As marchas e a rotação utilizadas no motor do trator de freio variaram as cargas impostas a barra de tração do trator de teste, conforme apresentado em FERREIRA *et al.* (2000).

Para aumentar as pressões internas dos pneus foi utilizado compressor de ar marca Wayne modelo W10/50 SD, e a diminuição das pressões foi feita atuando-se diretamente nas válvulas dos pneus. Para a aferição das pressões foi utilizado calibrador mecânico convencional de precisão de 6,894kPa. Foram utilizadas sete pressões internas nos pneus de tração: 95, 110, 125, 140, 150, 165 e 180kPa.

A área de contato do pneu/solo, foi determinada, de acordo com a metodologia apresentada em FERREIRA *et al.* (2000) e NEUJHR, *et al.*, (1998).

Para a determinação da força de tração foi utilizada a instrumentação eletrônica Alfa Instrumentos para a aquisição dos dados, com uma célula de carga de 50kN, entre os tratores de teste e de freio.

A determinação do patinamento das rodas motrizes foi determinada através da distância percorrida em cinco voltas das rodas na condição de tração, e comparada, com a distância percorrida pela roda nas mesmas condições das superfícies usada nos testes, sem desenvolver tração na BT. O patinamento foi calculado, segundo SCHLOSSER (1997), através da equação (1):

$$P_{( \% )} = \frac{d_0 - d_1}{d_0} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

P = Patinamento (%);

d<sub>0</sub> = Distância percorrida pelas rodas sem carga na BT (m);

d<sub>1</sub> = Distância percorrida pelas rodas com carga na BT (m).

A análise estatística foi realizada através do software SISTANVA<sup>1</sup>, utilizando um experimento bifatorial, com delineamento experimental em blocos ao acaso. O número de níveis do fator A (pressão interna) foi de sete e do fator B (patinamento) três, totalizando 21 tratamentos. Os contrastes entre os fatores e entre os níveis dos fatores foi realizado através do teste de Duncan 5%.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para a condição de solo firme, os dados do comportamento do patinamento em função das forças de tração impostas a barra de tração, estão apresentados na tabela 1.

TABELA 1 - Comportamento das pressões internas no patinamento dos pneus em função das cargas impostas a barra de tração na condição de solo firme.

| Carga 1 na BT = 4,11kN |                     | Carga 2 na BT = 9,11kN |                      | Carga 3 na BT = 13,18kN |                     |
|------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|
| Pressão interna (kPa)  | Patinamento (%)     | Pressão interna (kPa)  | Patinamento (%)      | Pressão interna (kPa)   | Patinamento (%)     |
| 95                     | 3,63 <sup>a</sup>   | 180                    | 10,86 <sup>a</sup>   | 165                     | 29,71 <sup>a</sup>  |
| 110                    | 2,67 <sup>ab</sup>  | 150                    | 10,80 <sup>ab</sup>  | 180                     | 29,06 <sup>ab</sup> |
| 125                    | 2,58 <sup>abc</sup> | 140                    | 10,66 <sup>ab</sup>  | 150                     | 28,26 <sup>b</sup>  |
| 140                    | 2,41 <sup>bc</sup>  | 95                     | 10,44 <sup>ab</sup>  | 140                     | 27,97 <sup>b</sup>  |
| 150                    | 2,04 <sup>bc</sup>  | 125                    | 10,31 <sup>abc</sup> | 125                     | 26,71 <sup>c</sup>  |
| 180                    | 1,52 <sup>c</sup>   | 165                    | 9,72 <sup>bc</sup>   | 95                      | 25,97 <sup>c</sup>  |
| 165                    | 1,46 <sup>c</sup>   | 110                    | 9,21 <sup>c</sup>    | 110                     | 24,59 <sup>d</sup>  |

Médias com mesmo índice não diferem significativamente pelo teste de Duncan 5%.

Para solo firme, com o trator de teste tracionando cargas baixas (4,11kN), o uso de pressões internas de 125, 140, 150,

165 e 180kPa, proporcionaram os menores índices de patinamento, não variando significativamente entre si, em nível de 5%. Para cargas médias (9,11kN), o uso de pressões internas 110, 125 e 165kPa, proporcionaram os menores patinamentos, e estes não variaram entre si,

<sup>1</sup>EMBRAPA - CNPT.

significativamente. Altas cargas na BT do trator de teste (13,18kN), proporcionaram um desempenho variável, em relação as pressões internas testadas, sendo que o menor índice de patinamento, foi obtido com a pressão interna de 110kPa e os maiores índices foram obtidos, com as maiores pressões internas, 165 e 180kPa.

Para a condição de solo solto, com o trator de teste tracionando cargas baixas (5,48kN), o uso de pressões internas 110, 140 e 180kPa, proporcionaram menores patinamentos, sendo que, as pressões internas 95, 125, 150 e 165kPa, resultaram nos maiores patinamentos. Para cargas médias (7,83kN), as menores pressões internas proporcionaram os menores índices de patinamento (95, 110 e 125kPa), não variando significativamente entre si em nível de 5%. Altas cargas na BT do trator de teste (11,55kN), proporcionaram patinamentos menores, com o uso das mais baixas pressões internas, de forma semelhante ao caso das

cargas médias, conforme apresentado em REMPFER & SCHWANGHART (1996) e RUTHERFORD (1983), sendo que o menor patinamento ocorreu com a pressão interna de 110kPa.

Nas condições de solo firme e solo solto, os patinamentos variaram significativamente pelo teste de Duncan a 5% dentro de cada pressão interna testada, o que demonstra, a correta quantidade de carga aplicada a BT do trator de teste, fato semelhante foi demonstrado em relação as forças de tração aplicadas a BT do trator, por FERREIRA *et al.* (2000).

O coeficiente de variação do experimento em solo firme ficou em 5,13% e para a condição de solo solto em 3,47%, demonstrando uma boa precisão do experimento realizado.

Para a condição de solo solto, os dados do comportamento do patinamento em função das forças de tração impostas a barra de tração, estão apresentados na tabela 2.

TABELA 2 - Comportamento das pressões internas no patinamento dos pneus em função das cargas impostas a barra de tração na condição de solo solto.

| Carga 1 na BT = 5,48kN |                     | Carga 2 na BT = 7,83kN |                      | Carga 3 na BT = 11,55kN |                     |
|------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|
| Pressão interna (kPa)  | Patinamento (%)     | Pressão interna (kPa)  | Patinamento (%)      | Pressão interna (kPa)   | Patinamento (%)     |
| 165                    | 12,35 <sup>a</sup>  | 150                    | 18,81 <sup>a</sup>   | 165                     | 32,81 <sup>a</sup>  |
| 150                    | 11,66 <sup>ab</sup> | 165                    | 18,25 <sup>a</sup>   | 140                     | 32,21 <sup>ab</sup> |
| 95                     | 10,88 <sup>b</sup>  | 140                    | 17,63 <sup>ab</sup>  | 150                     | 32,12 <sup>ab</sup> |
| 125                    | 10,47 <sup>b</sup>  | 180                    | 17,46 <sup>abc</sup> | 180                     | 32,03 <sup>ab</sup> |
| 180                    | 8,82 <sup>c</sup>   | 110                    | 16,31 <sup>bcd</sup> | 125                     | 31,40 <sup>b</sup>  |
| 140                    | 8,73 <sup>c</sup>   | 125                    | 16,11 <sup>cd</sup>  | 95                      | 29,02 <sup>c</sup>  |
| 110                    | 7,73 <sup>c</sup>   | 95                     | 15,61 <sup>d</sup>   | 110                     | 27,18 <sup>d</sup>  |

Médias com mesmo índice não diferem significativamente pelo teste de Duncan 5%.

## CONCLUSÕES

Na condição de solo firme conclui-se que:

a pressão interna recomendada pelo fabricante (110kPa) proporciona os menores índices de patinamento para cargas médias e altas na BT do trator, enquanto que, para baixas cargas na BT, as maiores pressões internas, proporcionaram os menores índices de patinamento;

Na condição de solo solto conclui-se que:

as menores pressões internas, incluindo a pressão interna recomendada pelo fabricante (110kPa), proporciona os menores índices de patinamentos para todas as cargas na BT do trator.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARGER, E. L. **Tratores e seus Motores**. Ed Edgard Blücher Ltda.: São Paulo, SP, 1966. p.206-231.
- FERREIRA, M.F. **Estudo da relação cinemática entre eixos motrizes na eficiência em tração de um trator agrícola de rodas equipado com dois tipos de pneumáticos**. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 1999. 126p. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração, máquinas agrícolas).
- FERREIRA, M.F.; NEUJHR, E.B.; SCHLOSSER, J.F. *et al.*

**Influência da pressão interna em pneus diagonais na força de tração de um trator 4x2 em duas condições de superfície**. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, RS, v.6, n.º 1, p.66-70, jan-abr 2000.

LINARES, P. **Teoría de la tracción de tractores agrícolas**. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. 1996, p.157.

MIALHE, L. G. **Máquinas Motoras na Agricultura V.2.2**. EPU: Editora da Universidade de São Paulo, 1980. São Paulo. p.140-221.

NEUJHR, E.B. **Comportamento em tração e flutuação de pneus agrícolas radiais e diagonais**. Santa Maria, RS. Universidade Federal de Santa Maria, 1999. 120p. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração, máquinas agrícolas).

NEUJHR, E.B.; FERREIRA, M.F.; SCHLOSSER, J.F. *et al.* **Comportamento da área de contato e raio dinâmico de um pneu agrícola diagonal em função da pressão interna**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, 1998, Poços de Caldas, MG. *Anais ...* Poços de Caldas: 1998. p.241-243.

SCHLOSSER, J.F. **Influencia del avance cinemático de las ruedas delanteras motoras en la eficiencia en tracción de los tractores agrícolas**. Madrid, Espanha: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. 1996. 236p.

SCHLOSSER, J.F. **Locomoção em terrenos de baixa capacidade de suporte**. In: MACHADO, A.L.T.; ALONÇO, A. dos S.; DALLMEYER, A.U. **2º Workshop sobre mecanização agrícola na região de clima temperado** (2.:27-29 Nov. 1996: Pelotas). 1996a, p.63-78.

- \_\_\_\_. **Motores e tratores agrícolas.** Caderno didático. DER / CCR / UFSM. 1997. Parte 2, p.41.
- SISTANVA. **Sistema de análise de variância-PC.** Setor de informática, CNPTrigo, EMBRAPA. Versão2.0.
- REIS, Â. V. dos; MACHADO, A. L. T.; TILLMANN, C. A. da C.; *et al.* **Motores, tratores, combustíveis e lubrificantes.** Pelotas: Universitária UFPel, 1999. 315p.
- REMPFER, M. & SCHWANGHART, H. **Economic and ecological benefits of central tire inflation systems on agricultural vehicles.** Institute of Agricultural machinery, Technical University of Munich, Germany, 1996. AGENG Madrid 96. Paper n.o 96A-068. 8p.
- RUTHERFORD, I. & MCALLISTER, M. **Tyres and traction.** NIAE, 1983. 12p.
- ZOMBORI, J. **Drawbar pull tests of various traction devices on sandy soils.** *JournalTerramechanics.* v.4, n.1, p. 9-17, 1967.