

DESLIZAMENTO DOS RODADOS DE UM TRATOR 4X2 TDA DE PARÂMETROS TÉCNICOS E OPERACIONAIS

DANIEL MARIANO LEITE¹, MARCONI RIBEIRO FURTADO JÚNIOR², HAROLDO CARLOS FERNANDES³, ANDERSON CANDIDO DA SILVA², PAULO ROBERTO FORASTIERE⁴

¹ Lic. em Ciências Agrícolas, Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, e-mail: daniel.mariano@ufv.br

² Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa.

³ Engenheiro Agrícola, Professor Titular do Departamento Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa.

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: As características dos pneus e suas interações com o solo são fundamentais para avaliar o desempenho de um trator, como também dimensionar o deslizamento dos rodados adequado para cada atividade, buscando assim atingir um maior rendimento de tração. Desta forma objetivou-se com este trabalho, avaliar o deslizamento dos rodados de um trator 4x2 TDA, em função da velocidade do trator, da pressão interna e do tipo de construção dos pneus. Para cada tipo de construção de pneus (radial e diagonal) foi instalado um experimento utilizando o delineamento composto central rotacional, um fatorial 2³, incluindo 6 pontos axiais e 5 repetições no ponto central, totalizando 19 ensaios, a faixa avaliada de velocidade foi de 1,11 a 2,22 m s⁻¹, para os pneus diagonais a pressão interna foi a faixa entre 68,9 a 137,9 kPa e para os pneus radiais, entre 137,9 a 206,84 kPa. Foi constatado que o deslizamento dos rodados diagonais traseiros foi afetado por todas as variáveis analisadas, enquanto os dianteiros apenas pela velocidade de deslocamento e pressão interna dos pneus dianteiros. Quando o trator foi equipado com pneus radiais, o deslizamento dos rodados não foi influenciado pelos fatores avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: grade aradora, instrumentação, máquinas agrícolas

SLIP RUN A TRACTOR 4X2 FWD TECHNICAL AND OPERATIONAL PARAMETERS

ABSTRACT: The characteristics of the tires and their interactions with the soil are essential for assessing the performance of a tractor, as well as the sliding scale of appropriate rotated for each activity, thus seeking to achieve a higher yield of traction. Thus objective of this work was to evaluate the slip of the wheelsets of a tractor 4x2 FWD, according to the tractor speed, the internal pressure and the type of construction of the tires. For each type of tire construction (radial and diagonal) an experiment was conducted using a central composite design, factorial 2³, including 6 axial points and 5 repetitions at the central point, totaling 19 trials evaluated the speed range was 1.11 to 2.22 m s⁻¹, bias tires for the internal pressure range was between 68.9 to 137.9 kPa and radial tires, between 137.9 to 206.84 kPa. It was found that the slip of the front diagonal run, had a positive effect on the tractor speed and the internal pressure of the front tires, however the rear diagonal rotated expressed significant effect for all the independent variables. Both the front and rear radial tires, no influence of the evaluated factors.

KEYWORDS: harrow, instrumentation, agricultural machinery

INTRODUÇÃO: O deslizamento dos rodados é definido como a razão entre a distância percorrida pelo dispositivo de tração deslocando-se em uma superfície rígida durante uma revolução em determinada condição de operação, pela distância percorrida sob a condição específica (ASABE, 2009). Como observado em Zoz e Grisso (2003), o deslizamento das rodas em relação à superfície de contato depende da deformação dos rodados e do cisalhamento do solo. As características dos pneus e suas interações com o solo são fundamentais para avaliar o desempenho de um trator, como também dimensionar o deslizamento adequado para cada atividade, buscando assim atingir um melhor rendimento de tração (BARROS, 2012).

Neujahr e Schlosser (2001) avaliaram o comportamento de pneus radiais e diagonais em relação à tração, e observaram que o deslizamento dos rodados ocorreu em maior grandeza nos pneus diagonais do que com o uso de pneus radiais, para mesmos níveis de carga e condições de solo, sendo justificado devido ao menor contato pneu/solo ocorrido nos pneus diagonais. A eficiência de um trator para desenvolver esforço tratorio depende da interação entre o rodado e o solo.

Desta forma objetivou-se com este trabalho, avaliar o deslizamento dos rodados de um trator 4x2 TDA, em função da velocidade do trator, da pressão interna e do tipo de construção dos pneus.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido em uma área experimental pertencente à Universidade Federal de Viçosa, localizada no município de Viçosa-MG, à 20° 45' 16" latitude sul e 42° 50' 21" de longitude oeste, com altitude de 660 m. O solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico segundo a classificação da Embrapa (2013), com declividade média de 1%.

Seguindo a metodologia proposta por Embrapa (2011), o solo foi classificado como textura argilosa, contendo 53 dag Kg⁻¹ de argila em composição, no momento do trabalho o solo apresentou um teor de água no solo de 0,19 kg kg⁻¹, e densidade de 1,17, 1,22 e 1,16 g cm⁻³, respectivamente nas faixas de 0 – 0,10, 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m de profundidade.

Foi utilizado um conjunto mecanizado, composto por trator John Deere[®], modelo 5705 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA), com potência de 62,56 kW (85 cv) no motor a 2400 rpm, e uma grade aradora de dupla ação produzida pela Tatu Marchesan[®], modelo ATCR de 14 discos de 24", acoplada ao trator pela barra de tração, com os discos espaçados à 0,23 m, no momento dos ensaios foi mantido a abertura entre as seções na posição intermediária, o que proporcionou uma profundidade de trabalhando de 0,3 m.

O trator foi equipado com dois tipos de construção de pneus, sendo eles diagonais e radiais. Os pneus diagonais utilizados foram os modelos Goodyear[®] Dyna Torque II 12.4-24 no eixo dianteiro e Pirelli[®] TM 95 18.4-30 no eixo traseiro. Já, os radiais foram os modelos 320/85R24 no eixo dianteiro e o 460/85R30 no eixo traseiro, ambos da linha OPTITRAC da Goodyear[®].

Com auxílio de um sistema de aquisição de dados da marca Hottinger Baldwin Messtechnik (HBM), modelo Spider 8[®], gerenciado pelo software HBM Catman[®] 2.2 instalado em um computador portátil embarcado no trator, os dados adquiridos pelo computador foram armazenados para posterior processamento. Durante a execução dos ensaios o sistema foi gerenciado para uma taxa de amostragem de 50 Hz.

A velocidade desenvolvida pelo conjunto mecanizado durante a operação foi obtida com auxílio de um radar de efeito Doppler, da marca Dickey John[®], modelo Radar II.

Para mensuração da velocidade rotacional das rodas motrizes do trator foram utilizados transdutores indutivos da marca Autonics, modelo PRCM 18, posicionado juntamente a uma coroa disposta de aletas equidistantes em seu entorno, montando em um sistema de tipo encoder.

Com a finalidade de mensuração pressão interna dos pneus, foram utilizados transdutores de pressão, da marca Sensata Technologies[®], modelo 100CP7-1, acoplados em cada pneu do trator por meio de um rotor cinemático.

O deslizamento dos rodados foram obtido por meio da relação entre velocidade translacional e rotacional para cada um dos rodados da máquina, de acordo com a Equação 1.

$$\delta = \frac{V_r - V_t}{V_r} 100 \quad (1)$$

em que,

δ - Deslizamento dos rodados, %;

V_r - Velocidade rotacional, $m s^{-1}$; e,
 V_t - Velocidade translacional, $m s^{-1}$.

O trator utilizado foi lastrado com 75% de água nos pneus diagonais e 40% nos radiais, sendo que em todos os ensaios a tração dianteira auxiliar (TDA) foi mantida acionada, buscando alcançar a máxima tração possível do trator avaliado.

Cada unidade experimental apresentava 40,0 m de comprimento e 2,0 m de largura, sendo a área útil de 80 m^2 , demarcando-se 15,0 m entre as mesmas no sentido longitudinal para manobras, tráfego de implementos e estabilização do conjunto antes da aquisição de dados.

Para cada tipo de construção de pneus de foi montado um experimento. Os experimentos foram instalados utilizando o delineamento composto central rotacional (DCCR), um fatorial 2^3 , incluindo 6 pontos axiais e 5 repetições no ponto central, totalizando 19 ensaios, conforme as Tabela 1.

Tabela 1 – Valores utilizados no DCCR para os fatores em estudo.

Pneu	Variáveis	Código	-1,68	-1	0	1	1,68
Diagonal	Velocidade ($m s^{-1}$)	x_1	1,11	1,34	1,67	2,00	2,22
	Pressão dianteira (kPa)*	x_2	68,95	82,94	103,42	123,90	137,90
	Pressão traseira (kPa)*	x_3	68,95	82,94	103,42	123,90	137,90
Radial	Velocidade ($m s^{-1}$)	x_1	1,11	1,34	1,67	2,00	2,22
	Pressão dianteira (kPa)*	x_2	137,90	151,89	172,37	192,85	206,84
	Pressão traseira (kPa)*	x_3	137,90	151,89	172,37	192,85	206,84

* 68,95 kPa = 10,0 psi; 82,94 kPa = 12,0 psi; 103,42 kPa = 15 psi; 123,90 kPa = 18,0 psi; 137,90 kPa = 20,0 psi; 151,89 kPa = 22,0 psi; 172,37 kPa = 25,0 psi; 192,85 kPa = 28,0 psi e 206,84 kPa = 30,0 psi.

Os dados de cada experimento foram analisados por meio de análise de regressão. Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, no coeficiente de determinação, na falta de ajustamento e no comportamento do fenômeno em estudo. Para a realização destes procedimentos estatísticos foi utilizado o programa computacional R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O deslizamento dos rodados do trator empregando-se pneus radiais não foi influenciado pela velocidade de deslocamento e nem mesmo pela pressão internas dos rodados dianteiros e traseiros.

Por essa razão, foi representado pela equação da reta constituída por uma constante cujo valor correspondia à média aritmética dos valores de deslizamento, obtidos experimentalmente em todos ensaios (Tabelas 2 e 3).

Este comportamento pode ser compreendido por se tratar de uma forma construtiva, em que resulta em pneus mais maleáveis as irregularidades do solo, mas está falta de rigidez quando comparado com os diagonais, permite o deslocamento lateral do pneu, o que pode ter interferido na caracterização do comportamento do deslizamento frente aos tratamentos estabelecidos.

O deslizamento dianteiro (Tabela 2) foi alterado de forma considerável pela pressão interna dos rodados, tal fato ocorreu pela influência da pressão interna dos pneus ao raio de rolamento, nota-se que a influência da pressão interna ao deslizamento é positiva, ou seja, para cada unidade de pressão interna (kPa) nos pneus dianteiros, para mesma de velocidade de deslocamento, promove-se ao rodado dianteiro um acréscimo 0,0259% no deslizamento.

Tabela 2 – Equação de regressão ajustada para o deslizamento dos rodados dianteiros do trator

Pneu	Equação	R^2
Diagonal	$D_d = 3,148448^{**} + 3,21074^{*}V + 0,025948^{**}Pd$	0,6300
Radial	$D_d = 7,8031$	-

* e **- Significativo ao nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste t.. D_d - Deslizamento dos rodados dianteiros (%); V – Velocidade de deslocamento ($m s^{-1}$); Pd – Pressão interna dianteira e traseira (kPa).

Maior influência é promovida pela velocidade de deslocamento, elevando 3,2107% de deslizamento ao acréscimo de uma unidade de velocidade de deslocamento. Ao aumentar a velocidade de

deslocamento reduz a aderência do pneu ao solo, ocasionando em maiores níveis de deslizamento, tal efeito também foi evidenciado por Coelho et al. (2012), onde avaliou o efeito da velocidade operacional em diferentes formas de preparo do solo, independente da forma de operação o aumento da velocidade de deslocamento corroborou ao acréscimo de deslizamentos dos rodados.

Conforme observado nos rodados dianteiros, o maior efeito sobre o deslizamento dos rodados traseiros (Tabela 3) foi relacionado à velocidade de deslocamento, 2,9238% a cada unidade de velocidade de deslocamento, em segundo temos a pressão interna dos rodados dianteiros (0,0252%), o aumento da pressão interna nos pneus dianteiros que altera o raio de rolamento e assim o avanço cinemático, que por sua vez faz com que os rodados dianteiros exerçam uma maior tração promovendo desta forma o arraste dos rodados traseiros.

Tabela 3 – Equação de regressão ajustada para o deslizamento dos rodados traseiros do trator

Pneu	Equação	R ²
Diagonal	$D_t = 6,933591* + 2,923842*V + 0,025251**Pd - 0,02055**Pt$	0,6811
Radial	$D_t = 8,4036$	-

* e ** - Significativo ao nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste t. D_t – Deslizamento dos rodados traseiros (%); V – Velocidade de deslocamento (m s⁻¹); Pd e Pt – Pressão interna dianteira e traseira (kPa), respectivamente.

Observa-se também que a pressão interna dos pneus traseiros influencia de forma negativa ao deslizamento, ou seja, na medida em que se aumentam os patamares de pressão internas destes, decresce o percentual de deslizamento dos rodados, tal efeito ocorre em função do aumento da rigidez dos pneus que ao coagir sobre solo, favorecendo o deslocamento tangencial.

CONCLUSÕES: O deslizamento dos rodados diagonais traseiros foi afetado por todas as variáveis analisadas, enquanto os dianteiros apenas pela velocidade de deslocamento e pressão interna dos pneus dianteiros. Quando o trator foi equipado com pneus radiais, o deslizamento dos rodados não foi influenciado pelos fatores avaliados.

REFERÊNCIAS

- ASABE - AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS **General Terminology for Traction of Agricultural Traction and Transport Devices and Vehicles: ASABE Standard. S296.5:** 4p. 2009.
- BARROS, P. R. P. **Simulação da capacidade de tração de um trator 4 x 2 com tração dianteira auxiliar em diferentes condições de superfície.** 2012. 78f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.
- COELHO, H.; FERNANDES, H. C.; CAMPOS, D. S.; TEIXEIRA, M. M.; LEITE, D. M. Deslizamento de rodados de tratores de pneus em diferentes operações agrícolas. **Revista Ceres**, v.59, n.3, p. 407-410, 2012. ISSN 0034-737X.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 2 ed. Rio de Janeiro, 2011. 230p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 3 ed. Brasília, 2013. 353p.
- NEUJAHN, E. B.; SCHLOSSER, J. F. Comportamento de pneus agrícolas radiais e diagonais em relação à tração. **Engenharia Agrícola**, v.21, n.2, p.180-189, 2001. ISSN 0100-6916
- ZOZ, F., GRISSO, R.D. **Traction and tractor performance.** St Joseph: ASAE. 2003. 46p.