

Resumo

No Brasil, atualmente, além de não existir um centro de ensaios obrigatórios, são poucos os trabalhos que visam determinar o desempenho dos tratores agrícolas. Os testes de desempenho dos espécimes são feitos pelos fabricantes e, por não ser exigida a divulgação oficial dos relatórios, os consumidores só dispõem de informações do próprio fabricante. Diante disso, objetivou-se com o presente trabalho avaliar as condições de tração dos tratores agrícolas em relação a quatro faixas de potência e tipo de tração. Para isso, foram analisados de um universo de 191 tratores, os seguintes parâmetros: força de tração máxima estimada na barra de tração (BT) e relação força de tração/peso. Alguns desses parâmetros foram avaliados em diferentes condições de solo e lastragem. Os resultados demonstraram que os modelos de tratores na faixa de potência de 147 kW e tração 4x2 TDA apresentam os melhores valores para força de tração máxima estimada. A força de tração máxima é maior para tratores da faixa de 147 kW, e tração 4x2 TDA.

Palavras chave: Desempenho, Máquinas agrícolas, Tração.

Condições de tração dos tratores agrícolas fabricados e comercializados no Brasil

Paula Cristina Natalino Rinaldi¹

Cleyton Batista de Alvarenga²

Haroldo Carlos Fernandes³

Mauri Martins Teixeira³

Paulo Roberto Cecon³

Traction conditions for agricultural tractors manufactured and marketed in Brazil

Abstract

In Brazil today, beyond there is no mandatory testing center, there are few studies aiming to determine the performance of agricultural tractors. Performance tests of the specimens are made by manufacturers, and because the official reports disclosure is not required, consumers have information only from the own manufacturer. Thus, this study aimed to evaluate the performance the conditions tractor of the agricultural tractors with manufactured and/or sold tires in Brazil in relation to power ranges and type of traction. To do so, from 191 agricultural tractors, we calculated the following parameters maximum traction force at DB and relative traction force/weight. Some of these parameters were evaluated under different soil and ballast conditions. The results showed that the power range 147 kW and 4x2 TDA traction type present the best values for estimated maximum traction power. It can be concluded that the maximum traction force is higher for the range tractors 147 kW, power over and traction type 4x2 TDA backed.

Key words: farm machinery, performance, traction.

Received at: 30/09/14

Accepted for publication at: 12/11/15

1 Enga. Agrícola. Dra. Profa. Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG). Universidade Federal de Uberlândia -UFU, Campus Monte Carmelo. Email: paularinaldi@ufu.br;

2 Eng. Agrônomo, Dr. Prof. Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG). Universidade Federal de Uberlândia -UFU, Campus Monte Carmelo. Email: cleyton@iciag.ufu.br

3 Eng. Agrônomo, Dr. Prof. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-Mg. Email: haroldo@ufv.br; mauri@ufv.br; Cecon@ufv.br

Condições de tração para tratores agrícolas fabricados e comercializados no Brasil

Resumen

En la actualidad no hay en Brasil un centro de pruebas obligatorias y son pocos los estudios que visan determinar el rendimiento de los tractores agrícolas. Las pruebas de rendimiento son hechas por los fabricantes, y por no se exigir la divulgación oficial de los informes, los consumidores sólo tienen la información del fabricante. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar las condiciones de tracción de los tractores agrícolas en relación con cuatro rangos de potencia y el tipo de tracción. Para esto, se analizó en un universo de 191 tractores, los siguientes parámetros: fuerza de tracción máxima estimada en la barra de tracción (BT) y la relación de fuerza de tracción/peso. Algunos de estos parámetros fueron evaluados en diferentes condiciones de suelo y de lastre. Los resultados mostraron que los modelos de tractores en la gama de potencia de 147 kW y 4x2 de tracción TDA presentan los mejores valores de fuerza de tracción máxima prevista. La fuerza de tracción máxima es superior para tractores en la banda de 147 kW y tracción 4x2 TDA.

Palabras clave: Rendimiento, Maquinaria agrícola, Tracción.

Introdução

O trator é a principal fonte móvel de potência utilizada para realizar as diversas tarefas necessárias nos processos de produção agrícola. Conhecer bem o desempenho do trator permite aos fabricantes desenvolverem produtos mais eficientes, de tal forma que os agricultores obtenham melhor proveito das características operacionais dessa máquina (GABRIEL FILHO et al., 2008).

A indústria disponibiliza no mercado brasileiro, vários tipos e modelos de tratores agrícolas, em faixas de potência de 15 a 320 kW. Segundo ANFAVEA (2012), a fabricação dos principais fabricantes em 2012 foi assim distribuída: Massey Ferguson (17.085 unidades), Agrale (1.987 unidades), Case (1.529 unidades), New Holland (16.391 unidades), John Deere (10.933 unidades) e Valtra (14.784 unidades), totalizando 62.709 unidades de tratores agrícolas.

A avaliação dos parâmetros de desempenho dos tratores agrícolas é essencial para gerar informações que possibilitem ao agricultor conhecer a máquina e fazer o adequado dimensionamento do conjunto mecanizado para otimização dos recursos. Além do correto dimensionamento do conjunto trator-implemento, é fundamental escolher o momento adequado para intervir no solo e garantir regulagens corretas do regime do motor, da relação de transmissão da caixa de velocidades, da pressão de insuflagem dos pneus e do lastro do trator (SERRANO, 2007).

Os produtores, devido aos programas de

financiamento do governo para aquisição de tratores agrícolas, estão optando em adquirir tratores de potência intermediária. Isso foi comprovado por GIMENEZ e MILAN (2007) que constataram que, nos últimos 30 anos, a potência dos tratores adquiridos pelos produtores aumentou mais de 100%, passando de 40 kW para 81 kW.

O uso da Tração Dianteira Auxiliar (TDA) em tratores de duas rodas motrizes (2RM) com potência acima de 75 kW disseminou-se no Brasil a partir da década de 1980. Essa tendência alcançou, mais tarde, tratores de menor potência. A eficácia da TDA nesses tratores tem sido comprovada por diversos pesquisadores (MACHADO et al., 2010).

Diante disso, objetivou-se com o presente trabalho avaliar as condições de tração dos tratores agrícolas em relação às faixas de potência e tipo de tração.

Material e Métodos

O ensaio foi conduzido pela equipe do Laboratório de Mecanização no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. Os dados foram coletados de 191 tratores agrícolas de pneus fabricados ou comercializados no Brasil das marcas Agrale, Case, Green Horse, John Deere, Landini, Massey Ferguson, New Holland, Tramontini, Valtra e Yanma. O levantamento dos dados foi realizado no período de julho de 2010 a maio de 2013 consultando as especificações técnicas dos fabricantes, relatórios de ensaios e medições "in loco" de espécimes.

Os tratores foram separados em grupos estratificados de quatro faixas de potência (kW), segundo ANFAVEA (2012), denominadas, respectivamente, como leves (≤ 36 kW), médios ($37 \leq P \leq 73$ kW), pesados ($74 \leq P \leq 146$ kW) e super pesados (≥ 147 kW), aqui descritos como faixas de potência I, II, III e IV, respectivamente.

A força de tração máxima estimada na barra de tração visando à estabilidade do trator foi determinada pela equação 1, nas condições com e sem lastro, estabelecida pela ABNT NBR 10.400 (1997).

$$"FTM \leq "0,8 PDE DEE"/"HB" \quad (1)$$

Onde

FTM= Força de tração máxima estimada (N);

PDE= Peso dianteiro estático (N);

DEE= Distância entre eixos (m);

HB= Altura da barra de tração a partir do plano de apoio até a face superior da barra de tração (m).

Os fabricantes não disponibilizam o Peso Dianteiro Estático (PDE) dos tratores, e como não foi possível pesar o eixo dianteiro dos 191 modelos analisados, recorreu-se aos resultados de ensaios oficiais e observou-se que em média o PDE era cerca de 35 e 40% do peso total para tratores 4x2 e 4x2 TDA, respectivamente; esse percentual foi utilizado para os tratores com e sem lastro.

A relação entre a força de tração e o peso foi determinada, em porcentagem, com e sem lastro e comparada de acordo com CENEA (1982), que considera uma relação abaixo de 65% inaceitável, entre 65 a 75% baixa, entre 75 a 85% razoável e acima de 85% boa. Esta relação, também conhecida como eficiência de tração, é função da distribuição dos pesos nos eixos, tipos de pneus e condições de superfície e representa a capacidade do trator em utilizar seu peso em prol da força de tração (Equação 2).

$$"R" _{("FTM"/"PT") } = " "FTM"/"PT" \quad (2)$$

Onde

RFTM/PT= Relação força de tração/peso (%);

FTM= Força de tração máxima estimada (N);

PT= Peso do trator com lastro e sem lastro, (N).

No Brasil, muitos fabricantes de tratores não disponibilizam nos catálogos informações essenciais que auxiliam na seleção adequada do espécime.

Os técnicos e agricultores não tendo acesso a estas informações, que muitas vezes são difíceis de serem medidas na propriedade, em função da estrutura necessária, fazem uma avaliação superficial para decidir por este ou aquele modelo, por exemplo, é difícil imaginar no Brasil que os produtores tenham um dinamômetro na oficina, para ensaio de força máxima na Tomada de Potência (TDP). Deste modo, o número de tratores para cada característica variou em função da disponibilidade de informações necessárias para sua estimação.

Os dados foram analisados utilizando-se ferramentas da estatística descritiva e foi baseado no total dos tratores que continham as informações necessárias e os resultados apresentados pela média, desvio padrão e coeficiente de variação.

Resultados e Discussão

Os resultados indicaram que a força de tração máxima aumenta com a potência do trator. O desvio padrão reduziu nas menores faixas de potência, já o coeficiente de variação em todas as faixas de potência oscilou entre 21,51 a 40, 48%, sendo que o menor CV com e sem lastro foi obtido na faixa de tratores com maior potência. A variabilidade dos dados, com relação às faixas de potência, foi menor na faixa IV, com e sem lastro (Tabela 1).

A força de tração máxima de tratores que se enquadraram na faixa de potência IV, por exemplo, foi maior com e sem lastro. Isto ocorreu devido ao fato de os tratores daquela faixa apresentarem tração dianteira auxiliar. O aumento da faixa de potência está diretamente relacionado ao incremento da potência disponível para qualquer condição do solo. Sendo assim, é justificável o aumento da força de tração máxima com a elevação da faixa de potência. Avaliando as condições da superfície do solo, GABRIEL FILHO et al. (2010a) concluíram que esta interferiu na capacidade do trator em desenvolver a tração, pois a maioria dos parâmetros relacionados com desempenho apresentaram variações significativas ao longo dos ensaios.

Os resultados demonstraram que uma das finalidades do lastro é aumentar a força de tração máxima. Pois foi constatado que com a adição de lastro, os valores de FTM foram superiores para todas as faixas de potência em relação aos tratores sem lastro. Estes resultados corroboraram MONTEIRO et al. (2009 e 2011), que estudaram a influência da variação do lastro líquido no pneu para a pista com

Tabela 1. Força de tração máxima com lastro e sem lastro, em função da faixa de potência dos tratores.

Faixa	n	FTM \pm sx (N)	CV (%)
		com lastro	
I	20	23.868,81 \pm 7.818,74	32,76
II	70	49.483,74 \pm 16.316,85	32,97
III	30	104.238,02 \pm 39.558,62	37,95
IV	12	219.805,15 \pm 47.282,85	21,51
sem lastro			
I	20	20.086,24 \pm 8.131,05	40,48
II	74	39.366,67 \pm 11.679,29	29,67
III	33	83.288,80 \pm 32.620,63	39,16
IV	12	163.043,64 \pm 46.699,99	28,64

(n) número de tratores; (FTM) força de tração máxima; (sx) desvio padrão e (CV) coeficiente de variação.

superfície mobilizada, na força de tração, tendo obtido menores valores de força na barra de tração na condição sem lastro, sendo que as outras condições (40 e 75% de água) não diferiram entre si; resultados semelhantes também foram obtidos por BARBOSA et al. (2005).

O tipo de tração presente no espécime interfere na força de tração máxima disponível. Os resultados demonstraram que 79% dos tratores analisados apresentaram tração dianteira auxiliar; corroborando a afirmação de que houve nos últimos anos um aumento expressivo no número de tratores produzidos e/ou comercializados no Brasil que apresenta esta transmissão. A força de tração máxima foi maior nos tratores equipados com TDA e o desvio padrão e coeficiente de variação em relação a está

variável foram menores do que nos espécimes com tração 4x2. A força de tração máxima nos tratores com tração 4x2 apresentou menor variabilidade em relação aos de tração 4x2 TDA, talvez devido ao menor número de espécimes presente na amostra. A força de tração máxima para tratores com a opção de tração dianteira auxiliar é maior quando comparados àqueles sem tração no eixo dianteiro, podendo atingir valores ainda mais elevados com a adição de lastros. Estes resultados interferiram na transferência de peso do eixo dianteiro para o eixo traseiro que foi maior nos tratores 4x2 TDA, obviamente, por isso, a força máxima disponível para esse grupo foi consideravelmente maior.

A transformação ocorrida nos tratores em relação à tração, saindo de 4x2 para 4x2 TDA, resultou em um incremento de 56,6% e 54,7% para a força

Tabela 2. Força de tração máxima com e sem lastro, em função do tipo de tração dos tratores.

Tração	n	FTM \pm sx (N)	CV (%)
		com lastro	
4x2	33	46.166,28 \pm 17.412,29	37,42
4x2 TDA	101	81.488,03 \pm 65.467,52	80,34
sem lastro			
4x2	33	35.349,19 \pm 12.824,38	36,28
4x2 TDA	106	64.654,61 \pm 48.826,54	75,52

(n) número de tratores; (FTM) força de tração máxima; (sx) desvio padrão e (CV) coeficiente de variação.

de tração com e sem lastro, respectivamente. Os valores encontrados foram superiores aos obtidos por SPAGNOLO et al. (2010 e 2013). Porém, os tratores analisados neste trabalho estavam equipados com pneus de maior largura, o que pode explicar tais resultados. Neste sentido, MIALHE (1996), afirmou que as dimensões dos pneus sua área de contato juntamente com a carga sobre os rodados e o tipo de solo, influenciam a força potencial máxima na barra de tração.

A relação entre a força de tração e o peso do trator foi maior para espécimes com potência mais elevada; isto ocorreu, a medida que a potência foi maior para todos os tratores estudados. O desvio padrão acompanhou este comportamento e aumentou com a faixa de potência, já o coeficiente de variação da relação força de tração e peso do trator foi maior na faixa de potência de 37 a 73 kW com e sem lastro (Tabela 3).

A avaliação da relação força de tração pelo peso, com e sem lastro, é considerada boa, pois todos os valores estão acima da referência, que é 85%, de acordo com CENEA (1982). Pode-se observar que todos os valores foram acima de 100%. Isso significa que os tratores nas quatro faixas de potência, com e sem lastro, conseguem tracionar um valor superior ao próprio peso. Uma justificativa para esse acréscimo pode ser função da maior força de tração com o aumento da faixa de potência.

A variabilidade dos dados, com relação a espécimes de potência menor que 36 kW, da relação força de tração peso do trator foi menor, com e sem lastro. Os tratores agrícolas são expostos a esforços extremos em condições de trabalho, as operações de preparo do solo e semeadura, talvez sejam as que mais exigem boa relação entre a força de tração e

o peso do trator. As semeadoras podem demandar aproximadamente 10 cv por linha, e atualmente, encontram-se disponíveis no mercado máquinas de até 42 linhas de plantio, resultados semelhantes aos obtidos por ŠMERDA e ČUPERA (2010); PALMA et al. (2010). Um dos fatores que mais contribuíram com o maior peso das semeadoras foi o advento da semeadura direta na palha, exigindo máquinas mais pesadas para cortar palha, abrir sulco e depositar as sementes. No preparo do solo, as operações de subsolagem e aração profunda são aquelas que demandam maior esforço tratório, dependendo do teor de água no solo. Trabalhos conduzidos por SALVADOR et al. (2009) e SERRANO et al. (2003), demonstraram que as operações de preparo do solo, podem proporcionar maior desempenho do motor e da eficiência trativa.

A relação entre a força de tração e o peso do trator foi maior nos espécimes com tração dianteira auxiliar. O desvio padrão e o coeficiente de variação dos dados observados também foram menores quando o trator apresentou tração auxiliar com e sem lastro (Tabela 4).

A relação força de tração pelo peso é maior nos tratores com a opção da tração dianteira auxiliar. Isso provavelmente ocorre pelo fato de serem tratores com maior disponibilidade de potência e maior força de tração máxima. Os rodados são componentes importantes nesta relação, nos espécimes com tração 4x2 TDA, o aumento absoluto da força de tração e do peso, é um dos responsáveis pela maior relação, corroborando resultados obtidos por GABRIEL FILHO et al. (2010b). A maior aderência obtida nos tratores com tração dianteira é também um dos parâmetros que afetam esta relação, induzindo a

Tabela 4. Relação força de tração pelo peso do trator, com e sem lastro, em função do tipo de tração dos tratores.

Tração	n	FI/PT ± sx (%)	CV (%)
		com lastro	
4x2	33	140,41 ± 34,12	24,30
4x2 TDA	101	151,77 ± 29,52	19,45
		sem lastro	
4x2	33	137,91 ± 33,42	24,23
4x2 TDA	106	149,02 ± 27,98	18,78

(n) número de tratores; (FI) força de tração; (PT) peso do trator; (sx) desvio padrão e (CV) coeficiente de variação.

relação a favor da força de tração. A adição do lastro em determinadas condições de trabalho, permite maior aderência e rendimento operacional do trator, MONTEIRO et al. (2013), também obtiveram conclusões semelhantes.

Conclusões

A força de tração máxima é maior para tratores com potência acima de 147 kW e tração 4x2 TDA com lastro.

A adição de lastro pode melhorar o desempenho dos tratores agrícolas de pneus fabricados e/ou comercializados no Brasil.

A metodologia utilizada foi eficiente para a determinação dos parâmetros de desempenho dos tratores.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro que possibilitou a realização desta pesquisa.

Referências

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10.400. Trator agrícola. Determinação do desempenho na barra de tração. Método de ensaio. São Paulo: ABNT, 1997. 4p.
- ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Anuário estatístico. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br>. Acesso em: 10 de agosto de 2014.
- CENEA - Centro Nacional de Engenharia Agrícola. Parâmetros para seleção adequada de tratores agrícolas de rodas. 1982. 23p. (Boletim Técnico, 1).
- BARBOSA, J. A.; VIEIRA, L. B.; DIAS, G. P.; DIAS JUNIOR, M. S. Desempenho operacional de um trator agrícola equipado alternadamente com pneus radiais e diagonais. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 474-480, 2005. DOI: 10.1590/S0100-69162005000200021
- GABRIEL FILHO, A.; LANÇAS, K. P.; LEITE, F.; ACOSTA, J. J. B.; JESUINO, P. R. Desempenho do trator agrícola em três superfícies de solo e quatro velocidades de deslocamento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 3, p. 333-339, 2010a. DOI: 10.1590/S1415-43662010000300015
- GABRIEL FILHO, A.; MONTEIRO, L. A.; LANÇAS, K. P.; GUERRA, S. P. S.; JESUINO, P. R. Influência da altura das garras dos pneus de um trator em área de plantio direto. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 10, 2010b. DOI: 10.1590/S1415-43662010001000015
- GABRIEL FILHO, A.; LANÇAS, K. P.; GUERRA, S. P.; PAULA, C. A.; MONTEIRO, L. A. UMEB - Unidade Móvel para Ensaio da Barra de Tração. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 782-789, 2008. DOI: 10.1590/S0100-69162008000400018
- GIMENEZ, L. M.; MILAN, M. Diagnóstico da mecanização em uma região produtora de grãos. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 210-219, 2007. DOI: 10.1590/S0100-69162007000100015
- MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V.; MACHADO, R. L. T. Tratores para agricultura familiar: Guia de referência. 1ª Ed. Pelotas: Ed. Universitária, UFPEL, 2010. 124p.
- MIALHE, L. G. Máquinas Agrícolas: Ensaio & Certificação. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 1996. 723p.
- MONTEIRO, L. A.; LANÇAS, K. P.; GABRIEL FILHO, A. Desempenho de um trator agrícola em função do tipo construtivo do pneu e da lastragem líquida em três velocidades de deslocamento na pista com superfície firme. Energia na Agricultura, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 68-84, 2009. DOI: 10.1590/S0100-69162011000300015
- MONTEIRO, L. A.; LANÇAS, K. P.; GUERRA, S. P. S. Desempenho de um trator agrícola equipado com pneus radiais e diagonais com três níveis de lastros líquidos. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 551-560, 2011. DOI: 10.1590/S0100-69162011000300015

MONTEIRO, L. A.; ALBIERO, D.; SOUZA, F. H.; MELO, R. P.; CORDEIRO, I. M. Rendimento na barra de tração de um trator agrícola com diferentes relações de peso e potência. *Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.44, n.1, p.70-75, 2013. DOI: 10.1590/S1806-66902013000100009

PALMA, M. A. Z.; VOLPATO, C. E. S.; BARBOSA, J. A.; SPAGNOLO, R. T.; BARROS, M. M.; VILAS BOAS, L. A. Efeito da profundidade de trabalho das hastes sulcadoras de uma semeadora-adubadora na patinagem, na força de tração e no consumo de combustível de um trator agrícola. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, vol.34, n.5, p.1320-1326, 2010. DOI: 10.1590/S1413-70542010000500034

SALVADOR, N.; MION, R. L.; BENEZ, S. H. Consumo de combustível em diferentes sistemas de preparo periódico realizados antes e depois da operação de subsolagem. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 33, n. 3, p. 870-874, 2009. DOI: 10.1590/S1413-70542009000300029

SERRANO, J. M. P. R. Desempenho de tratores agrícolas em tração. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 7, p. 1021-1027, 2007. DOI: 10.1590/S0100-204X2007000700015

SERRANO, J.M.; PEÇA, J.O.; PINHEIRO, A.; CARVALHO, M.; NUNES, M.; RIBEIRO, L.; SANTOS, L. Ensaio de campo de tração: contribuição para a otimização do desempenho do trator agrícola. *Gazeta das Aldeias*, Lisboa, v.30, n. 96, p. 29-36, 2003.

ŠMERDA, T.; ČUPERA, J. Tire inflation and its influence on drawbar characteristics and performance – Energetic indicators of a tractor set. *Journal of Terramechanics*, v. 47, n. 6, p. 395-400, 2010. DOI: 10.1016/j.jterra.2010.02.005

SPAGNOLO, R. T.; BERTOLDI, T. L.; OLDONI, A.; MACHADO, A. L.; REIS, A. V. Quantificação do esforço máximo de tração em trator com potência inferior a 20 kW. 2010. Disponível em: www.ufpel.edu.br/cic/2010/cd/pd/CA/CA_0011.pdf. Acesso em: 11 de julho de 2014.

SPAGNOLO, R. T.; PALMA, M. A. Z.; VOLPATO, C. E. S.; BARBOSA, J. A.; NUNES, R. A. Operational performance of an agricultural tractor as a function of weight, inflation pressure and tire life. *Engenharia Agrícola*, Viçosa, v.21, n.4, p.379-386, 2013. DOI: 10.13083/1414-3984.v21n04a07