

DESEMPENHO DO TRATOR DE 157KW NA CONDIÇÃO MANUAL E AUTOMÁTICO DE GERENCIAMENTO DE MARCHAS

Tractor performance of power 157 kw on condition manual and automatic gears of management

Samir Paulo Jasper¹, Luciano de Souza Ribeiro Bueno², Máira Laskoski³, Camilla Weber Langhinotti³, Guilherme Luiz Parize³.

1. Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto A, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor de Ciências Agrárias (SCA), Departamento de Solos e Engenharia Agrícola (DSEA), (41) 3350 5624 - e-mail: samir@ufpr.br
2. Químico, Doutor em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR,
3. Engenheiros Agrônomos, Discentes no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solos na Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor de Ciências Agrárias (SCA), Departamento de Solos e Engenharia Agrícola (DSEA).

Artigo enviado em 30/08/2016, aceito em 01/12/2016 e publicado em 03/03/2017.

Resumo: O sistema de gerenciamento automático de marchas permite ao trator, na rotação de trabalho estabelecida no motor, extrair o máximo de desempenho de tração do trator. Neste trabalho, os benefícios de gerenciamento automático de marchas foram comprovados através da comparação da velocidade, patinagem, consumo horário de combustível, rendimento e potência na barra de tração, força e consumo específico durante deslocamento do trator nas condições manual e automática de gerenciamento de marcha. O experimento foi conduzido em delineamento em faixas, com dois tratamentos (marchas selecionadas manualmente e automaticamente) e cinco repetições. Os parâmetros foram determinados pelo método de comboio composto por dois tratores conduzidos em pavimento de concreto à velocidade de 8,0 km h⁻¹ e o segundo trator simulando carga de 40 kN na barra de tração. O gerenciamento automático e manual das marchas não resultou em diferença significativa na força e patinagem. Contudo, o gerenciamento automático de marchas permitiu que o trator atingisse maior velocidade com menor consumo específico e horário de combustível, com respectivo aumento na potência e rendimento na barra de tração.

Palavras-chave: Tratores agrícolas; caixa de câmbio; eficiência tratativa.

Abstract: The automatic management system allows the tractor, working rotation established without engine, extract the maximum traction performance to tractor, in this article, automatic gear management had its highest performance proven through its higher working speed, skating, fuel hourly consumption, yield and power in the drawbar, force and specific consumption during the work of the tractor in the manual and automatic conditions of gear management. The experiment was conducted in a lane design, with two treatments (Select gears manually and automatically) and five repetitions. The parameters were determined by the convoy method composed of two tractors driven on concrete pavement at a speed of 8.0 km h⁻¹ and the second tractor simulating a 40 kN load on the drawbar. As for the strength and skating n significant difference between the automatic and regular management. However, there was difference in speed, no time and specific consumption of fuel, and power and income in the draw bar. In the automatic gear condition management, the tractor reached higher speed with lower specific consumption and fuel schedule with respective increase in power and yield in the drawbar.

Keywords: Agricultural tractors; gearshift; traticve efficiency

INTRODUÇÃO

A utilização do trator dentro da propriedade agrícola é muito diversificada e a busca otimizada de seu desempenho se justifica pela necessidade cada vez mais atual em alto desempenho de máquinas agrícolas (VALE et al., 2011). A principal função do trator agrícola quando utilizado por agricultores é a utilização de implementos para a realização de trabalhos no campo, em tratores acima de 130 Kw essa utilização se dá em 90% dos casos pela barra de tração.

Para avaliar o desempenho desses tratores é necessário que se estabeleçam condições semelhantes àquelas em que os tratores são utilizados no campo, reproduzindo assim condições em que os tratores têm maior exigência de desempenho.

Em automóveis de passeio a modernização dos sistemas de transmissão é uma realidade bem difundida e aceita com a entrega de maior conforto, economia e desempenho. O sistema de transmissão automático largamente utilizada em automóveis está sendo adotado em tratores agrícolas no Brasil, e vem conquistando os proprietários e operadores por entregar maior conforto e durabilidade do sistema.

Na transmissão automatizada não é preciso acionar o pedal da embreagem para efetuar trocas de marchas precisas e suaves, a embreagem continua presente no sistema de transmissão, mas sem o comando do operador. Através de uma alavanca de cambio o operador pode escolher a troca de marchas automática ou aumentar e diminuir as marchas de modo sequencial.

O desempenho na barra de tração de um trator depende, principalmente, da potência do motor, dos mecanismos de transmissão, da distribuição de peso sobre os rodados, da altura e posição dos engates da barra e da superfície do solo. Entre os fatores que interferem na tração, a condição da superfície do solo também é importante e, dentre as propriedades do solo que afetam a eficiência de tração de um trator agrícola, pode-se mencionar a textura do solo, a umidade desse solo e as condições da superfície, dependendo da cobertura existente sobre o solo (Yanai et al., 1999).

Na transmissão de potência do motor para a barra de tração ocorrem perdas que, dependendo das condições de operação do trator, podem atingir níveis bastante comprometedores.

Ao avaliar a força na barra de tração, a velocidade do trator e calculando-se a potência disponível na barra de tração, é possível detectar quais são as condições de trabalho que oferecem maior e menor eficiência para o conjunto, entretanto, sem obter onde estão ocorrendo as perdas de torque e potência.

Os avanços da eletrônica aplicados aos tratores agrícolas na última década resultaram em maior

eficiência operacional aos operadores, aplicando um conceito de economia e desempenho em um setor tão importante para a sociedade.

O objetivo desse trabalho é avaliar se a automatização da transmissão resulta efetivamente em maior desempenho e economia aos produtores rurais.

MATERIAL E MÉTODOS

Trator e condições experimentais:

O ensaio foi realizado em pavimento de concreto, com declividade de 1%, com dois tratores conduzidos em comboio (MIALHE,1996). O delineamento adotado foi em faixas com 5 repetições. No primeiro tratamento, o trator testado foi conduzido com gerenciamento manual de marchas, na marcha selecionada N°9. No segundo tratamento, o trator testado foi conduzido no gerenciamento automático com a marcha selecionada N°9 mais a função AutoShift™ ligada, que possibilita o gerenciamento de troca automática de duas marchas acima ou abaixo da selecionada.

O trator testado foi um T7.245, da marca New Holland, com potência nominal de 157 Kw, transmissão Full PowerShift e gerenciamento automático de marchas. Durante o ensaio, o trator deslocou-se a 8,0 km.h⁻¹, com tração dianteira auxiliar (TDA) acionada e rotação máxima de 2230 rpm no motor. O trator utilizou pneus dianteiros radiais (420/90R30) com insuflagem de 166kPa e pneus traseiros duplados (520/85R42) com insuflagem de 124kPa nos pneus internos e 97kPa nos pneus externos, proporcionando uma antecipação de 1,5%. Para a adequação de lastragem no trator os pneus foram preenchidos com 40% de água (somente o pneu interno traseiro), acréscimo de 22 placas de 0,44 kN na dianteira e 8 anéis de 2,23 kN no eixo traseiro, conferindo ao trator peso de 118 kN, 37% na dianteira e 63% na traseira. O trator Magnum 340, da Case ih, potência nominal de 250kw e cambio full powershift, operando na marcha N°6, foi acoplado ao trator teste em comboio por meio de cabo de aço para oferecer força de tração de 40kN.

Parâmetros analisados e armazenamento dos dados:

A força de tração foi mensurada utilizando uma célula de carga (Bermann), com capacidade de 200kN e sensibilidade de 2,0+0,002 mV/V. A velocidade foi determinada através do radar da marca Vansco, modelo 740030A. O consumo de combustível foi mensurado por dois fluxômetros Flowmate OVAL MIII – LSF 45L0-M2, instalados, na linha de admissão de combustível pela bomba common rail e

na linha de retorno do combustível para o tanque. A patinação das rodas motrizes foi determinada através de encoders da marca Autonics, modelo E50S*, com 360 pulsos volta.

Os dados foram transferidos por um sistema de aquisição de dados (DAQ) de placa de circuito impresso (PCI) projetado em software Proteus 8.1 (Labcenter Electronics), confeccionado em fresadora LPKF Protomat 93s a um microcomputador modelo aTmega 2560, marca Atmel, com 16MHz de clock, conversor analógico digital de 10 bits e alimentação de 12Volts. A frequência de aquisição é de um hertz e os dados armazenados diretamente em disco rígido (HD externo).

A potência na barra de tração, rendimento na barra de tração e consumo específico foram calculados a partir da relação de grandezas mensuradas.

Tratamento estatístico:

Após a análise de variância (ANOVA), as médias das amostras foram submetidas ao “teste t – student” considerando o nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos (Tabela 01 e 02) indicam que o trator atingiu maior velocidade de deslocamento, menor consumo horário e específico de combustível no gerenciamento automático de marchas e, apresentou um aumento na potência e rendimento da barra de tração, atingindo conseqüentemente um melhor rendimento operacional.

Tabela 01. Síntese da análise de variância e do teste de médias para força média na barra de tração (F), velocidade (VEL), patinação (PAT), consumo horário de combustível (CO), potência na barra de tração (PBT), rendimento na barra de tração (RBT) e consumo de combustível específico (CCE). Pinhais/PR (2016).

	Gerenciamento da marcha		Teste F	CV (%)
	Automático	Manual		
F (Kn)	43,60	42,31	4,91 ^{NS}	2,02
VEL (kmh ⁻¹)	8,28 A	8,06 B	8,48*	1,41
PAT (%)	5,51	5,11	0,74 ^{NS}	12,13
PBT (kW)	100,31 A	94,7 B	2,03	2,03

RBT (%)	64,03 A	60,46 B	17,89**	2,03
---------	---------	---------	---------	------

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem, entre si, pelo “teste t”, a 5% de probabilidade. NS: Não significativo; *: Significativo (5%) e **: Significativo (1%). CV %: Coeficiente de variação.

Esses resultados corroboram as conclusões de Schlosser, Linhares e Márquez (2004), que constatou que a escolha correta da marcha nos tratores gera maior economia de combustível e aumento na eficiência operacional.

A patinação é a denominação dada ao movimento relativo entre a superfície da banda de rodagem e o solo e fator determinante para que ocorra tração (GAMERO; LANÇAS, 1996).

Neste trabalho, embora o trator tenha apresentado um valor de patinação ligeiramente maior sob gerenciamento automático do que sob gerenciamento manual, a diferença não foi significativa pelo teste F (Tabela 1). Nas duas condições o valor de patinação encontrado está dentro dos parâmetros normais, pois em ensaios de tração em superfície de concreto, a patinação é limitada no máximo a 15% (ZOZ; BRIXIUS, 1979; CENEA, 1985; OECD, 2012). Acima deste limite há muitas perdas de potência, em função da redução da velocidade de avanço do trator, além de haver dispêndio energético desnecessário e desgaste prematuro de pneus e demais componentes do trator (MÁRQUEZ, 2012).

Valores semelhantes de patinação no gerenciamento manual (5,11%) e automático (5,51%) foi relatado por Fioresse et al. (2015) que simulou em ensaio uma carga 30 kN na barra de tração, onde o trator apresentou patinação de 5,8%. Para um trator operar com máxima eficiência de tração, a patinação do rodado motriz deve estar entre 4 e 8% para superfície de concreto (ASAE EP496.2, 2003).

Nos tratores agrícolas, a patinação dos rodados ocorre devido a diversos fatores, entre eles o esforço de tração necessário para deslocar determinado implemento, tipo de superfície que está em contato com a banda de rodagem dos pneus motrizes, tipo de pneu, a pressão de inflação, carga sobre o rodado e tipo da banda de rodagem (LANÇAS; UPADHYAIA, 1997).

O tipo de pneu, a lastragem e a velocidade de deslocamento, alteram significativamente na interação e na capacidade de tração do trator agrícola e conseqüentemente na conversão energética final (CORDEIRO, 2000).

A força na barra de tração é definida como uma força de propulsão proveniente dos rodados interagindo diretamente com um ponto de ligação a ser traçado, e que o sistema de tração dos tratores

tem como finalidade converter a força rotativa dos rodados em forças lineares aos implementos (MIALHE, 1980).

A potência e o rendimento na barra de tração diferiram significativamente no gerenciamento automático de marchas apresentando valores respectivamente de (100,31kW) e (64,03%).

Em trabalhos realizado por Masiero (2010) e Sandi et al. (2014) analisando rendimento e potência na barra de tração em pista de concreto foram encontrados valores similares de potência e rendimento na barra de tração.

A potência é uma função de velocidade e força na barra de tração, pode se afirmar que o rendimento na barra de tração descreve em parte a habilidade de um trator para tracionar. (LILJEDAHN et al., 1996).

A força de tração deverá ser suficiente para vencer a resistência oferecida à movimentação do próprio trator, bem como deslocar a carga imposta à barra de tração de acordo com as velocidades impostas ao trabalho (MIALHE, 1980).

A força de tração transmitida aos rodados é conduzida por meio do sistema de transmissão (caixa de marcha, diferencial e conjunto de reduções finais) (MÁRQUEZ, 1980).

Em estudos realizados por Monteiro, Lanças e Gabriel Filho (2009) concluíram que a adição de peso ao trator obedecendo a critérios de relação entre peso e potência, proporcionam melhorias em termos de aumento da força na barra de tração e redução da patinagem.

A velocidade de deslocamento diferiu significativamente no gerenciamento de marchas automático (8,28 km.h⁻¹) e manual (8,06 km.h⁻¹).

Em trabalhos realizados por Lopes et al. (2003) e Gabriel filho et al. (2010) foi constatado que a velocidade de deslocamento altera o desempenho do trator visto que afeta diretamente no consumo de combustível. O aumento da velocidade de deslocamento reduziu o consumo de combustível específico.

Velocidade de deslocamento é um dos fatores de extrema importância no planejamento das operações agrícolas, influenciando diretamente no desempenho dos tratores.

A correta escolha da velocidade de deslocamento é fundamental para a qualidade das operações, monitoramento do requerimento de potência, desligamento das rodas motrizes e eficiência de tração (MOLIN et al., 2014).

De acordo com a Tabela 02, o consumo de combustível e o consumo de combustível específico também diferiam significativamente. Apresentando menor consumo no gerenciamento de marchas automático.

Tabela 02. Síntese da análise de variância e do teste de médias para consumo horário de combustível (CO) e consumo de combustível específico (CCE). Pinhais/PR (2016).

Gerenciamento da marcha	CO (L h ⁻¹)	CCE (g kW.h ⁻¹)
Automático	33,00 B	281,75 B
Manual	38,40 A	347,40 A
TESTE F	5,727*	11,016*
CV (%)	9,34	9,27

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem, entre si, pelo “teste t”, a 5% de probabilidade. NS: Não significativo; *: Significativo (5%) e **: Significativo (1%). CV %: Coeficiente de variação.

Conforme houve aumento da velocidade de deslocamento no gerenciamento automático de marchas, o consumo de combustível e o consumo de combustível específico diminuíram significativamente.

Em trabalho realizado por Juostas; Janulevicius (2008) obtiveram 5% de economia de combustível apenas alterando o regime de rotação do motor para desempenhar o mesmo trabalho em atividades de menor exigência de potência

Vale et al. (2011) e Frantz et al. (2014) constaram que quando o trator é operado em área considerada plana, o consumo operacional foi reduzido em 15,59%, quando comparado à área com declividade suave.

Avaliando o consumo de combustível de um trator agrícola em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho foi concluído que o uso de pneu tipo radial, condição de lastragem com 75 % de água nos pneus e velocidade de 4,8 km.h⁻¹ permitiram reduzir o consumo específico sem comprometer o desempenho do trator (LOPES et al., 2003).

Ao avaliar a relação de consumo específico de combustível conclui que os menores valores de consumo específico de combustível significam a otimização do desempenho do motor, da eficiência tratativa e da adequação do equipamento a fonte de potência (SALVADOR; MION; BENEZ, 2009).

Kim; Bashford; Sampson (2005) apontam que entre 1959 e 2000 ocorreu uma melhoria média de 23,4% no consumo de combustível dos tratores. Isso se deve aos avanços tecnológicos, de engenharia e de capacitação dos operadores alcançados no decorrer do tempo, que permitem ao trator trabalhar nas condições em que é mais eficiente.

A mensuração da quantidade de combustível consumida constitui-se um dos mais importantes aspectos da avaliação do rendimento de um motor (MIALHE, 1996).

O consumo de combustível do trator agrícola engloba um dos custos mais elevados nas operações agrícolas sendo que o total consumido está diretamente ligado a fatores como a adequação e condição do conjunto trator-equipamento, profundidade da operação, tipo e condição de solo, número total de operações utilizadas no processo de preparação do solo (MONTANHA et al., 2011).

Conhecer o rendimento útil dos tratores é uma ferramenta exigida para racionalizar as operações com conjunto ou sistema de máquinas de forma técnica e economicamente organizada, na execução das tarefas exigidas pela produção agrícola, visando obter o máximo de rendimento com o mínimo de dispêndio de energia, tempo e dinheiro (MIALHE, 1974).

CONCLUSÕES

O gerenciamento automático de marchas desempenhou maior velocidade de deslocamento, maior potência e rendimento da barra de tração e menor consumo de combustível quando comparado ao sistema manual.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. ASAE EP496.2: agricultural machinery management. ASAE Standards. St. Joseph, p. 366-372.09ª, 2003.

CENTRO NACIONAL DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. Ensaio CENEA. Sorocaba: Ministério da Agricultura/CENEA, 1985.

CORDEIRO, M. A. L. *Desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento*. Botucatu, FCA/UNESP, Tese Doutorado, p.153, 2000.

FIGLIARESE, D.A.; SANDI, J.; MARASCA, I.; FERREIRA, F. M.; SPADIM, E. R.; LANÇAS, K. P. Torque nos rodados motrizes de um trator agrícola submetidos à ensaios de tração. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 19, n.9, p. 903-909, 2015.

FRANTZ, U.G.; SCHLOSSER, J.F.; FARIAS, M. S.; FERRIGOLO, L. F.; EBERT, L.C. Eficiência energética de um trator agrícola utilizando duas configurações de tomada de potência. *Ciência Rural*, v. 44, n.7, p. 1219-1222 2014.

GABRIEL FILHO, A.; LANÇAS, K. P.; LEITE, F.; ACOSTA, J. J.; JESUINO, P. R. Desempenho de

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, 2010.

GAMERO, C. A.; LANÇAS, K. P. Ensaio e certificação das máquinas de mobilização periódica do solo. *Máquinas agrícolas: ensaio e certificação*. Piracicaba: CNPq-PADCT/TIB FEALQ, p.463-514, 1996.

JUOSTAS, A.; JANULEVICIUS, A. Investigation of tractor engine power and economical working conditions utilization during transport operation. *Transport: Research Journal of Vilnius Gediminas Technical University and Lithuanian Academy of Sciences*. V.23, p. 37-43, 2008.

KIM, K. U.; BASHFORD, L. L.; SAMPSON, B. T. Improvement of Tractor Performance. *Applied Engineering in Agriculture*, v.21, p.949-954, 2005.

LANÇAS, K. P.; UPADHYAYA, S. K. Pneus radiais para tratores: Guia para a seleção correta da pressão de inflação. *Revista Energia na Agricultura*, FCA/UNESP, Botucatu, 33p, Boletim Técnico n° 1, 1997.

LILJEDAHL, J. B.; TURNQUIST, P. K.; SMITH, D. W.; HOKI, M. Tractors and their power units. 4. ed. St. Joseph: *ASAE Textbook*, p.463, 1996.

LOPES, A.; LANÇAS, K. P.; FURLANI, C. E. A.; NAGAOKA, A. K.; CASTRO NETO, P.; GROTTA, D. C. C. Consumo de combustível de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2003.

MASIERO, F. C. *Determinação do rendimento na barra de tração de tratores agrícolas com tração dianteira auxiliar (4X2 TDA)*, Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

MARQUEZ, L. *Predicción del comportamiento de un tractor a la barra a partir Del ensayo de motor em banco*. (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Politécnica, p.420, 1980.

MÁRQUEZ, L. *Tractores Agrícolas: Tecnologías y utilización*. Madrid: *Bé&h Editores*, p.844, 2012.

MIALHE, L. A. *Máquinas motoras na agricultura*. São Paulo: EPU: USP, p.367, 1974.

MIALHE, L. G. Máquinas Motoras na Agricultura. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v. 2, p. 366, 1980.

MIALHE, L.G. Máquinas agrícolas: ensaios e certificação. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p. 722, 1996.

MOLIN, J. P.; SOUZA, A. B. M.; FONTANA, G.; NAGUMO, G. K.; SILVA, P. C. Avaliação de sensores de velocidade de deslocamento em diferentes superfícies, *Congresso Brasileiro de agricultura de Precisão*, Piracicaba, SP, ESALQ/USP, 2014.

MONTANHA, G. K.; GUERRA, S. P. S.; SANCHEZ, P. A.; CAMPOS, F. H.; LANÇAS, K. P. Consumo de combustível de um trator agrícola no preparo do solo para a cultura do algodão irrigado em função da pressão de inflação nos pneus. *Revista Energia na Agricultura* ISSN 1808-8759, 2011.

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. *Revista Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 68-84, 2009.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Code 2: OECD standard code for the official testing of agricultural and forestry tractor performance, p.90, 2012.

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. *Revista Ciência Agrotécnica*, v. 33, n. 03, p. 870-874, 2009.

SANDI, J.; SPADIM, E. R.; MARTINS, M. B.; FERNANDES, B. B.; LANÇAS, K. P. *Ensaio de barra de tração de dois tratores agrícolas em pista de concreto*. (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

SCHLOSSER, J. F.; LINARES, P.; MÁRQUEZ, L. Influência do avanço cinemático das rodas dianteiras sobre a eficiência em tração de tratores com quatro rodas motrizes não isodiamétricas. *Revista Ciência Rural*, v.34, p.1801-1805, 2004.

VALE, W.G.; GARCIA, R.F.; CORREA, D.J.; GRAVINA, G. A.; SOUZA, E. F. Desempenho operacional e energético de um trator agrícola durante

a operação de roçagem. *Global Science and Technology*, v.4, n.2, p. 68-75, 2011.

YANAI, K.; SILVEIRA, G.M.; LANÇAS, K.P.; CORRÊA, I.M.; MAZIERO, J.V.G. Desempenho operacional de trator com e sem acionamento da tração dianteira auxiliar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.34, n.8, p.1427-34,1999.

ZOZ, F. M.; BRIXIUS, W. W. Traction prediction for agricultural tires on concrete. *SUMMER MEETING OF ASAE AND CSAE*, p.1-6, 1979.