

Bibliographic Review

Influencia das características do pneu na performance do trator

Resumo

A pressão, patinagem e o tipo de construção do pneu são fatores significativos para o desempenho do trator. Este trabalho tem como objetivo recolher informações sobre a influência de diferentes

lastragens, pressões, construções de pneu e diferentes superfícies no desempenho do trator. A utilização de certas de pressões de insuflagem, e certos níveis de lastragem possibilita obter um maior rendimento do trator, reduzindo perdas de energia pela resistência ao rolamento, reduzindo também perda de tração, patinagem e consumo de combustível. A interação entre o pneu e o solo varia conforme a superfície de rolamento, impactando no rendimento operacional dos tratores. Pode-se concluir que o desempenho de um trator agrícola depende de condições como pressão nos pneus, tipos de construção dos pneus, patinagem e lastragem. O uso de pneus com maiores pressões acarreta maior compactação do solo.

Palavras chave: Rodado, Pressão, Patinagem, Rendimento Operacional

Guilherme Stasiak Jadoski¹

Thiago Daroz Pinheiro¹

Paulo da Silva Santos Júnior¹

Fábio Rodrigo Mandello Rodrigues²

Influence of the tyre characteristics on the tractor performance

Abstract

The pressure, slippage and type of tire construction are significant factors for a tractor's performance. This work aims to gather information about the influence of different ballast levels, pressures, tire constructions and different surfaces on the tractor's performance. The use of certain inflation pressures and ballast levels makes it possible to achieve a higher tractor operational efficiency, reducing energy losses by rolling resistance, also reducing the loss of traction, slippage and fuel consumption. The interaction between tire and soil varies according to the rolling surface, affecting the tractor's operational performance. It can be concluded that the performance of an agricultural tractor depends on conditions such as tire pressure, tire building types, slip and ballasting. The use of tires with higher pressure causes greater soil compaction.

Key words: Tires, Pressure, Slippage, Operational Efficiency

Influencia de las características del neumático de la performance del tractor

Resumen

La presión, el patinaje y el tipo de construcción del neumático son factores significativos para el desempeño del tractor. Este trabajo tiene como objetivo recoger informaciones sobre la influencia de diferentes lastrajes, presiones, construcciones de neumático y diferentes superficies en el desempeño del tractor. La utilización de ciertas de presiones de inflado, y ciertos niveles de lastrajes posibilita obtener un mayor rendimiento del tractor, reduciendo pérdidas de energía por la resistencia al rodamiento, reduciendo también pérdida de tracción, patinaje y consumo de combustible. La interacción entre un neumático y el suelo varía conforme la superficie de rodamiento, impactando en el rendimiento operacional de los tractores. Se puede concluir que el desempeño de un tractor agrícola depende de condiciones como presión en los neumáticos, tipos de construcción de los neumáticos, patinaje y lastraje. El uso de neumáticos con mayores presiones acarrea mayor compactación del suelo.

Palabras claves: Rodamiento, Presión, Patinaje, Rendimiento Operacional.

Received at: 13/02/16

Accepted for publication at: 25/07/16

1 Acadêmico Engenharia Mecânica Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Câmpus Pato Branco. Email: guilhermejadoski@gmail.com; paulo.junior96@hotmail.com; thiagofexao@hotmail.com.

2 Eng. Mecânico, Dr. Prof. Engenharia Mecânica Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Câmpus Pato Branco. Email: fabiormr@utfpr.edu.br

Introdução

O crescimento da agricultura, desde seus primórdios sempre esteve ligada à evolução das ferramentas disponíveis e, em tempos contemporâneos, à evolução do maquinário agrícola. Atualmente, com a multiplicação dos implementos agrícolas, o trator tornou-se uma máquina indispensável. Conforme MAZETTO et al. (2004) a obtenção dos melhores resultados com a utilização desta máquina está diretamente associado com a correta escolha e adequada utilização do pneu. Nas últimas décadas, vários estudos e experimentos vêm sendo realizados buscando aprimorar as características dos pneus agrícolas, melhorando a interação entre o pneu e o solo, resultando em impacto no desempenho dos tratores.

Existem no mercado diferentes tipos de pneus. Para SPAGNOLO et al. (2012) a escolha do modelo adequado de pneu para um trator agrícola não deve ser baseada simplesmente em suas funções principais, como suporte de carga vertical nos eixos, transmissão de potência e produção de força de tração. Para os autores a definição do pneu ideal deve ser criteriosa, pois além das características físicas do pneu, a aplicação de adequados níveis de pressão de inflação e lastragem possibilitam obter maior rendimento do trator, minimizando-se perdas de tração, patinagem e consumo de combustível. De acordo com BARBOSA et al. (2005) esta é uma questão complexa, pois o trator trabalha em solos que em geral apresentam características diferentes, quanto a fatores como textura, estrutura, teor de umidade, pedregosidade, aderência, irregularidades da superfície, aquecimento, que ocasionam diferentes resultantes alterando o desempenho e durabilidade do pneu. Fatores que conforme SIENEL (1997) e BOUTON et al. (2007) afetam de forma específica o desgaste em diferentes pontos do pneu.

O trabalho tem como objetivo abordar características relacionadas aos aspectos construtivos do pneu, calibrações e efeitos de variações de terreno no desempenho do trator.

Desempenho do trator em relação as características dos pneus e variações de terreno

O uso de pneus específicos para determinados tipos de superfícies de rolamento permitiria aumentar

o desempenho operacional dos tratores. Porém o projeto de componentes de tração que funcionem satisfatoriamente em qualquer situação é dificultado pela grande variedade dos solos agrícolas (BARGER et al., 1963).

A pressão interna de calibragem do pneu pode afetar o rendimento operacional. Para MISIEWICZ et al (2015) a distribuição da pressão interna em pneus elásticos que rolam sobre superfície rígida deve ser o mais uniforme possível para uma relação de equilíbrio dinâmico, entretanto fatores associados a características construtivas do pneu podem afetar esta relação. SCHJONNING et al. (2008) enfatizam sobre a importância da distribuição da pressão e do contato da banda do pneu com o solo considerando este como um fator essencial para minimizar a compactação.

Para JANULEVICIUS e DAMANAUSKAS (2015), a pressão dos pneus e carga de roda são os dois parâmetros facilmente gerenciados que desempenham um papel significativo no controle do deslizamento, tração força e consumo de combustível de um trator. Os resultados da investigação mostram que a fim de atingir a força máxima de tração com menor consumo de potência para o trator é necessário em primeiro lugar escolher a pressão de ar admissível mais adequada aos pneus, e em seguida e escolher os pesos de lastro eficientes; sendo que estas medidas devem garantir a redução para mínimo da incompatibilidade cinemática entre o rodado da frente e as rodas motrizes traseiras.

As características dos pneus, distribuição do peso do trator, suas dimensões, tipo de estrutura e pressão interna dos pneus, que alteram área e pressão de contato entre o pneu e o solo, velocidade de deslocamento, intensidade de tráfego e operações realizadas pelos tratores São descritas por BOUTON et al. (2007) como fatores que afetam o rendimento de campo e por FEITOSA et al. (2015) como fatores que influenciam em mudanças na estrutura do solo. Para MACHADO et al. (2004) a elevação da pressão nos pneus acarreta na diminuição da área de contato entre o pneu e o solo, aumentando a força de contato, acarretando em aumento de resistência à penetração do solo e em aumento de sua compactação.

A velocidade operacional em tração desenvolvida por tratores e implementos é descrita como função diretamente relacionada com as características construtivas e de calibragem de pneus e da função superfície de contato e aderência com a superfície do solo (ROSCA et al., 2014). Avaliando

o desempenho de um trator agrícola tracionando semeadora e utilizando diferentes pressões nos pneus da semeadora (518, 483, e 414k Pa) em velocidades de deslocamento de 3,0 e 6,0 km h⁻¹, em duas marchas, FURLANI et al. (2010) concluíram que a velocidade de deslocamento não altera a patinagem da semeadora, e também concluíram que com a maior pressão, de 518kPa, a patinagem da semeadora foi 2% menor, resultando em uma velocidade de deslocamento maior, aliada ao fato de que maiores pressões reduzem a área de contato entre o pneu e o solo, reduzindo a resistência ao rolamento. O consumo de energia não foi afetado pela pressão de inflação dos pneus da semeadora, mas com o aumento da velocidade do trator em 50%, ocasionada pelas mudanças de marchas, houve uma demanda de potência 95% maior.

O avanço cinemático do trator, estudado por FEITOSA et al. (2015), foi afetado pelas combinações de pressões internas dos pneus, alcançando-se um valor ideal quando aplicadas as maiores pressões. O uso de diferentes pressões internas e velocidades de deslocamento não alteram a patinagem dos rodados do trator, quando se desloca sem carga na barra de tração. Estes autores também verificaram que a aplicação de maiores pressões como de 110 e 124 kPa, nos pneus dianteiros e traseiros do trator, respectivamente, combinada com a velocidade intermediária de deslocamento testada, de 1,51 m s⁻¹, foi o tratamento que ocasionou a maior compactação com conseqüente redução na porosidade total do solo.

Os pneus dos tratores apresentam banda de rodagem com garras para desempenhar a tração, que, segundo GABRIEL FILHO et al. (2004), em certas condições de solo, aumentam a eficiência do rodado. Porém em áreas de plantio direto, onde a superfície permanece firme, sem ser revolvida e com cobertura vegetal, a interação entre o pneu e o solo muda e com isso a capacidade do trator em desenvolver a tração pode ser afetada caso as garras não penetrem no solo, o que não ocorre quando a superfície é revolvida.

MONTEIRO et al. (2011) associam o desempenho tratóreo e o consumo de combustível às características da superfície do solo. SPAGNOLO et al. (2012) desenvolveram experimento para avaliar o consumo de combustível de um trator agrícola operando com pneus novos e desgastados, em três condições de lastragem e três pressões de inflação, ao trafegar sobre solo compactado com cobertura vegetal. O pneu utilizado foi do tipo R1, diagonal, com a altura média das garras dos pneus novos de 0,03 e 0,035 m para

os pneus dianteiros e traseiros, respectivamente, e nos pneus desgastados, 0,018 m para os dianteiros e 0,0045 m para os traseiros. Concluíram que com pneus desgastados, níveis mais baixos de pressão interna causaram um aumento no consumo específico de combustível, enquanto que com pneus novos, utilizando níveis mais altos de lastragem, melhores condições de tração e menor consumo específico foram alcançados. Além disso, a comparação do uso de pneus novos e usados, em diferentes combinações de inflação, pressão e lastragem demonstrou que pneus novos resultaram em menor consumo específico do trator.

GABRIEL FILHO et al. (2010) avaliaram o desempenho do trator agrícola equipado com pneus de garra alta e de garra baixa, submetido à força de tração constante, em solo coberto com restos da cultura de milho, através da patinagem, do consumo horário e específico de combustível e também através da potência disponível na barra de tração. Concluíram que os resultados foram semelhantes tanto para os pneus de garras altas (novo), como para pneus de garras baixas (usado). Em áreas de plantio direto, em que normalmente o solo está coberto com restos de cultura, pneus de garra baixa podem ser utilizados sem modificar a eficiência do trator.

MONTEIRO et al. (2011) observaram maiores valores de patinagem com solo mobilizado, níveis intermediários e em superfície firme sendo que em pista com cobertura vegetal ocorreram os menores valores de patinagem e concluíram que as condições da superfície do solo podem alterar significativamente o esforço tratóreo, diretamente relacionado à patinagem.

Desempenho do trator em relação as características de construção do pneu e lastro

Em meados dos anos 40 foi desenvolvido o pneu de construção radial, a fim de aumentar o desempenho dos pneus, onde as lonas são dispostas formando um ângulo de 90° com o eixo de rotação da roda, enquanto no pneu diagonal formam ângulo de 45°. (NEUJAHR e SCHLOSSER, 2001)

MAZETTO et al. (2004) avaliaram modelos de pneus de construção diagonal, radial e de configuração mista, denominado BPAF, em uma prensa hidráulica sobre um tanque de solo, inflados com suas pressões ideais e submetidos a cargas radiais de 5; 10; 15 e 20 kN, simulando o que ocorreria no campo. Concluíram que pela combinação entre o tipo de pneu e cargas radiais, o pneu BPAF foi o que

mostrou maiores valores de área de contato. Como a menor área de contato foi obtida pelo pneu diagonal, este também obteve maiores aumentos da resistência do solo à penetração, reforçando a importância de utilizar os pneus BPAF e radial para culturas que apresentam alto tráfego agrícola.

A interação superfície do solo e superfície de aderência do pneu está relacionada com o rendimento operacional (KELLER e LAMANDÉ, 2010), compactação do solo e consumo de combustível (ANSORGE e GODWIN, 2007). Comparando pneus radiais com diagonais BARBOSA et al. (2005) observaram que ocorreram diferenças significativas a favor do pneu radial, em comparação ao pneu diagonal, em relação à força de tração e potência na barra de tração. No entanto, não verificaram diferença significativa com relação ao consumo horário de combustível entre os dois pneus.

NEUJAHN e SCHLOSSE (2001) efetuaram comparação de pneus radiais com diagonais, baseados em uma análise de tração, em solo de várzea, utilizado no cultivo do arroz irrigado por inundação e em solo firme sob preparo convencional, em duas velocidades de deslocamento. Verificaram que o índice de patinagem é proporcional à força de tração. Em solo firme, os maiores índices de eficiência tratativa foram proporcionados pelos pneus radiais. Sobre solo solto, o pneu radial foi pouco superior até o índice de patinagem de 10%.

LOPES et al. (2005) desenvolveram avaliação do rendimento operacional em trator em função de diferentes tipos de pneus (radial, diagonal e de baixa pressão) em quatro velocidades, com escarificador de sete hastes a 30 cm de profundidade. O tipo de pneu teve influências na rotação do motor, sendo o pneu radial semelhante ao pneu de baixa pressão. Ambos obtiveram resultados superiores ao pneu diagonal. Os pneus radiais apresentaram eficiência de tração maior que os pneus diagonais em uma mesma condição de patinagem. Os níveis de resistência ao rolamento medidas foram maiores para os pneus diagonais. Na combinação do tipo de pneu e marcha selecionada, o pneu radial foi superior para a variável potência na barra, com o trator na marcha M3 (4,57 km h⁻¹). a combinação de lastragem e da marcha selecionada resultou em diferença de potência na barra de tração

Referências

ANSORGE, D.; GODWIN, R. J. The effect of tyres and a rubber track at high axle loads on soil compaction, Part 1: single axle studies. *Biosystems. Engineering*, v.98, n.1, p.115-126, 2007.

e alterações na capacidade de campo efetiva.

Foram experimentadas por MONTEIRO et al. (2011) lastragens de 0, 40 e 75% de água em pneus radiais e diagonais, conseguindo-se menor consumo horário de combustível e menores patinagens, na faixa de 5 a 15%, utilizando-se 40% de água em pneus radiais e 75% em pneus diagonais. Segundo BARBOSA et al. (2005), valores próximos a 10% de patinagem situam-se na faixa de obtenção de máxima eficiência tratora em certas condições de solo agrícola, valores na faixa de 20% de patinagem são utilizados por alguns autores para expressar o coeficiente líquido de tração, objetivando comparar o desempenho de pneus em campo, e o índice de 30% representa situação de extrema perda de energia pelo rodado.

JANULEVICIUS e GIEDRA (2008) consideram que em condições de trabalho de campo o equilíbrio da lastragem líquida nos pneus é fundamental para a obtenção de maior estabilidade e rendimento tratatório, associando redução de patinagem, aderência com a superfície do solo, expressão de desempenho e potência com eficiência na aplicação em relação ao consumo de combustível.

Conclusões

Pode-se concluir que o desempenho de um trator agrícola depende de condições como pressão nos pneus, tipos de construção dos pneus, patinagem e lastragem. O uso de pneus com maiores pressões acarreta maior compactação do solo.

O uso de diferentes pressões internas e velocidades de deslocamento demonstraram não alterar a patinagem do trator quando se desloca sem carga na barra de tração.

O Pneu radial mostrou ser mais efetivo, comparado ao pneu diagonal em mesmas condições de patinagem. Utilizando-se 40% de água em pneus radiais e 75% em pneus diagonais foram obtidos os menores valores de patinagens.

O rendimento dos tratores é geralmente menor e a patinagem maior em superfícies mobilizadas, seguidas por superfícies com cobertura vegetal e por superfície firme, respectivamente.

BARBOSA, J. A.; VIEIRA, L. B.; DIAS, G., P.; DIAS JUNIOR, M. de 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.

BARGER, E.L.; LILJEDAHL, J.B.; CARLETON, W.M.; MCKIBBEN, E.G. Tratores e seus motores. São Paulo: Edgard Blucher, 1963. 398 p.

BOUTON, N.; LENAIN, R.; THUILOT, B.; MARTINET, P. Backstepping observer dedicated to tire cornering stiffness estimation: application to an all terrain vehicle and a farm tractor. In: Proc. of the 2007 IEEE/RSJ International Conference on Intell. Robots and Syst., p.1763-1768, 2007.

FEITOSA, J. R.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R. Influência da pressão interna dos pneus e da velocidade de deslocamento nos parâmetros operacionais de um trator agrícola e nas propriedades físicas do solo. Engenharia. Agrícola, Jaboticabal, v.35, n.1, p.117-127.

FURLANI, C. E. A.; CORTEZ, J. W.; TOLEDO, A. DE.; SILVA, R. P. da.; CHECCHIO, D. C.; REIS, G. N. Tractor performance as a function of speed and seeder's tire inflation pressure. Ciencia Rural [online]., v.40, n.8, p.1726-1731, 2010.

GABRIEL FILHO, A.; MONTEIRO, L. A.; LANÇAS, K. P.; GUERRA, S. P.; 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, p.1123-1128, 2010.

GABRIEL FILHO, A.; SILVA, S. L.; MODOLO, A. J.; SILVEIRA, J. C. Desempenho de um trator operando em solo com diferentes tipos de cobertura vegetal. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.24, n.3, p.781-789, 2004.

JANULEVICIUS A.; GIEDRA, K.; Tractor ballasting in field work. Mechanika, v.5, n. 73, p. 27-34, 2008

JANULEVICIUS, A.; DAMANAUSKAS, V. How to select air pressures in the tires of MFWD (mechanical front-wheel drive) tractor to minimize fuel consumption for the case of reasonable wheel slip. Energy 90, p. 691e700. (2015)

KELLER, T.; LAMANDÉ, M.; Challenges in the development of analytical soil compaction models. Soil and Tillage Research, v.111, 54 - 64., 2010.

LOPES, A.; LANÇAS, K. P.; FURLANI, C. E. A; NAGAOKA, A. K; CASTRO NETO, P.; GROTTA, D. 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, Campina Grande, v.7, n.2, p. 382-386, 2003.

MACHADO, A. L. T.; REIS, A ; FERREIRA, M.; MACHADO, R.; MACHADO, A.; BAUER, G. Influência da pressão de inflação do pneu do trator na resistência do solo à penetração. Current Agricultural Science and Technology, v.11, n.4, p.481-486, 2004.

MAZETTO, F. R.; LANÇAS, K. P.; NAGAOKA, A. K.; CASTRO NETO, P.; GUERRA, P. S. Avaliação do contato pneu-solo em três modelos de pneus agrícolas. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.24, n.3, p.750-757, 2004.

MISIEWICZ, P. A.; BLACKBURN, K.; RICHARDS, T. E.; BRIGHTON, J. L.; GODWIN, R. J. The evaluation and calibration of pressure mapping system for the measurements of the pressure distribution. Biosystems Engineering, v.130, p.81-91, 2015.

MONTEIRO, L. de 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.

NEUJAHN, E. B.; SCHLOSSER, J. F. Comportamento de pneus agrícolas radiais e diagonais em relação à tração. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 21, n.2, p. 180-189, 2001.

ROSCA, R.; CÂRLESCU, P.; TENU, I. A semi-empirical traction prediction model for an agricultural tyre, based on the super ellipse shape of the contact surface. Soil e Tillage Research, v. 141, p. 10-18, 2014.

SCHJONNING, P.; LAMANDE, M.; TOGERSEN, F. A.; ARVIDSSON, J.; KELLER, T. Modelling effects of tyre inflation pressure on the stress distribution near the soil e tyre interface. Biosystems Engineering, v.99, p. 119-133, 2008.

Jadoski et al. (2016)

SIENEL, W. Estimation of the tire cornering stiffness and its application to active car steering. In: Proc. of the 36th IEEE Decis. and Control, v. 5., p. 4744 -4749. 1997.

SPAGNOLO, R. T.; VOLPATO, C. E. S.; BARBOSA, J. A.; PALMA, M. A. Z.; BARROS, M. M. Fuel consumption of a tractor in function of wear, of ballasting and tire inflation pressure. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.32, n.1, p.131-139, 2012.