PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DE UM LATOSSOLO COM USO DE PNEUS RADIAIS E DIAGONAIS EM TRATOR AGRÍCOLA

Philip dos Santos lemos[1] *(IC), Elson de Jesus Antunes Júnior[2] (PG), Elton Fialho dos Reis[3] (PQ).

[1]Engenharia Agrícola, PBIC/UEG – CCET/UEG, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis (GO), philiplemos_@hotmail.com.

[2]Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis (GO).

[3]Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis (GO).

Resumo: As modificações nas propriedades físicas do solo, decorrentes do tráfego de máquinas nas operações agrícolas, têm sido amplamente estudadas, ressaltando-se os efeitos negativos da compactação do solo sobre sua estrutura. Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho operacional e as propriedades físico-mecânicas de um Latossolo com uso de pneus radiais e diagonais em trator agrícola. Adotou-se o delineamento em blocos ao acaso no esquema, fatorial 2x5, onde as parcelas foram constituídas de dois tipos de estrutura de pneus: diagonal e radial, e as subparcelas foram cinco cargas impostas à barra de tração do trator por um trator de frenagem com quatro repetições por tratamento, totalizando 40 unidades experimentais. Para avaliar a influência dos tipos de rodados nas características físico-mecânicas do solo e desempenho do conjunto foram mensuradas as seguintes variáveis: resistência à penetração, patinagem das rodas motrizes, potência média na barra de tração, e consumo horário de combustível. Os resultados mostraram que a resistência do solo a penetração não aumentou, o pneu diagonal proporcionou maior potência média na barra de tração quando comparado ao pneu radial, no entanto, a patinagem e os consumos horário de combustível foram maiores para o pneu radial que o diagonal.

Palavras chaves: Eficiência de tração. Compactação. consumo de combustível.

Introdução

No ano de 1932 apareciam nos Estados Unidos os primeiros rodados pneumáticos para tratores, pois até então, estes eram equipados com rodas metálicas que apresentavam uma elevada capacidade de tração. Os rodados pneumáticos foram adotados por possuírem grande dimensão e alta resistência, de modo que constituíam uma grande superfície de contato e capacidade de tração igual ao rodado metálico (ORTIZ-CAÑAVATE, 2012).

A capacidade de tração e fornecimento de potência suficiente para desempenhar a maioria das operações necessárias na agricultura, depende, em parte, do tipo de dispositivo de tração. Nos casos em que esses dispositivos são pneumáticos, o tamanho, a pressão de insuflagem, a carga aplicada sobre o eixo motriz, a transferência de peso, entre outros, interferem na capacidade de tração do trator (NAGAOKA et al., 2002; ZOZ e GRISSO, 2003).

O principal objetivo de um trator agrícola é realizar esforço de tração. O esforço de tração é definido como a capacidade de mover um peso ou força por alguma distância. Um trator ideal seria aquele que conseguisse converter toda a energia do combustível em trabalho útil (potência) na barra de tração. No entanto, devido às perdas, nem toda a energia do combustível é convertida em potência na barra de tração (GRISSO et al., 2010). Relatos literários indicam que cerca de 20-55% da energia disponível do trator é desperdiçada na interface solo-máquina. Esta energia gasta os pneus e comprime o solo a um grau que pode ser prejudicial para a produção de culturas (SIMIKIĆ et al., 2014).

A compactação afeta a fertilidade física do solo de forma adversa, em particular, ao impedir o armazenamento e fornecimento de água e nutrientes. Isto leva a uma diminuição da porosidade, aumento da resistência do solo e, consequentemente, a resistência do solo à penetração de raízes e emergência das plantas, e diminuição da infiltração de água no solo e da capacidade de retenção (SAFFIH-HDADI et al., 2009). Em campo, recomenda-se avaliar a resistência à penetração com conteúdo de água no solo próximo à capacidade de campo. Porém, para uma melhor avaliação da resistência é recomendado fazer essa medição em distintos conteúdos de água no solo (REICHERT et al., 2010).

Com isso objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho do trator e propriedades físicas de um Latossolo com uso de pneus radiais e diagonais em trator agrícola.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na área experimental da EMATER, localizada no município de Anápolis GO, definida pelas coordenadas geográficas 48°18'W e 16°19'S, com altitude media de 980 m, apresenta Latossolo Vermelho com textura argilosa e topografia com declividade média de 1%. A área onde foi instalado o experimento passou por incorporação de 2,5 Mg ha^{-1} de calcário no ano de 2012, e desde então vem sendo manejada sob plantio direto. Antes da instalação do experimento foi realizada uma roçagem a fim de regularizar a cobertura vegetal.

Foi adotado o delineamento em blocos ao acaso em parcelas subdivididas, no esquema fatorial 2x5, compondo dez tratamentos com quatro repetições por tratamento, totalizando 40 unidades experimentais. As parcelas foram constituídas do uso de dois tipos de pneus: diagonal e radial e as subparcelas foram cinco cargas

impostas à barra de tração pelo trator de frenagem compostas pelas seguintes marchas (sem trator de frenagem, neutro, 3ª média, 2ª média e 1ª média), que ocasionaram as cargas de: 0; 5,18; 11,45; 14,49 e 18,53 kN e 0; 3,46; 8,16; 10,48 e 14,86 kN, para o pneu diagonal e radial, respectivamente.

Para a realização dos ensaios foi utilizado um trator agrícola da marca New Holland, modelo T6.110, com motor ciclo diesel, potencia nominal de 112 cv (82,37 kW), torque máximo de 528 Nm e tração dianteira auxiliar (TDA), massa total com lastros de 6.200 kgf (para ambos pneus), sendo escalonada a 2ª marcha reduzida à rotação de 1.900 rpm, que proporcionou velocidade média de 4,7 e 5,5 km h^{-1} para o pneu radial e diagonal, respectivamente. O trator de frenagem utilizado foi um Valmet, modelo 118.4 com 118 cv (86,78 kW) de potência, ligado por um cabo de aço de 10 m de comprimento.

FIGURA 1. Trator de ensaio e trator de frenagem utilizado no ensaio de campo.

No experimento foram utilizados apenas os pneus traseiros para proporcionarem tração, sendo que a TDA permaneceu desligada. Os pneus dianteiros utilizados durante todo o experimento eram do tipo diagonal da marca Goodyear modelo 14.9-24. Os pneus traseiros radiais utilizados foram da marca Michelin 18.4R-34 e, os pneus traseiros diagonais da marca Pirelli 18.4-34. As pressões de insuflagem foram utilizadas segundo recomendação do fabricante. Para controle local das variáveis, as condições de lastragem líquida e pressão de insuflagem dos pneus foram ajustadas de forma a obter-se as mesmas características de interação solo-pneu para ambos os pneus.

O controle das diferentes cargas impostas pelo trator de frenagem foi feito utilizando uma célula de carga da marca Excel, modelo RS-5000, a capacidade nominal do modelo é de 5000 kgf. Os dados foram armazenados em um datalogger,

modelo CR800 da marca Campbell Scientific INC, com capacidade de monitorar e gravar os dados obtidos em campo.

A patinagem das rodas motrizes do trator foi determinada comparando o número de voltas do trator sem carga com o número de voltas do trator com carga, durante o percurso de 30 m da pista de ensaio. Segundo metodologia descrita por (LOPES et al., 2005).

Para a medição do consumo horário de combustível, utilizou-se um fluxômetro volumétrico M-III, FLOWMATE, fabricado pela OVAL Corporation, modelo LSN41L8-M2, vazão de 1 mL pulso^{-1}, assim como utilizado por Monteiro et al. (2011).

A resistência à penetração foi determinada nas profundidades de 0 a 0,3 m, empregando-se um penetrógrafo eletrônico Falker PLG 1020, seguindo-se as normas da ASABE S 313 (ASABE, 2006).

As variáveis obtidas foram submetidas à análise de variância pelo teste de F, a 5% e 1% de probabilidade e suas médias foram submetidas à análise de regressão. Em todos os procedimentos estatísticos descritos foi utilizado o software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

Os resultados da análise de variância para as variáveis: potência média na barra de tração, patinagem, consumo horário e específico de combustível e resistência do solo a penetração são apresentados na Tabela 1. Observa-se que a potência média na barra de tração, a patinagem e o consumo específico apresentou diferença ($P<0,01$) para a interação pneu-força, e o consumo horário apresentou diferença ($P<0,01$) para as distintas forças impostas pelo trator de frenagem.

TABELA 1- Resumo da análise de variância das variáveis expressa pelo quadrado médio da potência média na barra de tração (kW), patinagem (%), consumo horário (L h^{-1}) e resistência do solo à penetração (RP, kPa).

FV	GL	Pot. na barra de tração	Patinagem	Consumo horário	Resistencia a Penetração
Bloco	3	3,328	0,0029	0,8234	12.260,210
PNEU	1	293,276**	0,0046*	4,3560ns	3.627,120ns
Resíduo 1	3	0,743	0,0003	2,9197	31.177,491
FORÇA	4	686,029**	0,1793**	9,6915**	93.294,517**
PNEU*FORÇA	4	27,318**	0,0131**	2,3070ns	1.178,891ns
Resíduo 2	24	0,557	0,0021	2,1536	22.086,106
	C.V. 1	7,08	13,15	11,53	20,65
	C.V. 2	6,13	37,46	9,90	17,38
	Média	12,17	12,32	14,82	855,16

ns: não significativo (P>0,05); * significativo à 5% de probabilidade (P<0,05); ** significativo à 1% de probabilidade (P<0,01); C.V. 1: Coeficiente de Variação da parcela (%);C.V. 2: Coeficiente de Variação da subparcela (%)

Nas Figuras 1 a 4 são apresentados os resultados referentes ao desempenho operacional dos pneus para o solo em estudo. Em todos os casos nota-se que o pneu diagonal comportou-se de forma mais eficaz que o pneu radial. Os estudos que tem comparado o desempenho operacional de pneus radiais e diagonais apresentam uma vantagem no uso dos pneus radiais (BARBOSA et al., 2005; MONTEIRO et al. 2011), não corroborando assim com os resultados obtidos neste estudo.

Os pneus utilizados possuíam, aproximadamente, as mesmas dimensões de tamanho, comprimento e largura, no entanto, se diferem quanto ao número, altura e distância de garras. A possível causa de o pneu diagonal ter se comportado melhor na interação solo pneu se dá pelo modelo construtivo das suas garras, pois quando o solo apresenta alta umidade, este possui baixa resistência cisalhante (IORI et al., 2012), e o maior número de garra, menor altura e distância entre estas favoreceu o seu desempenho. No entanto, para o pneu radial que apresentava uma maior altura e distância das garras ocasionou em menor aderência com o solo.

Como pode ser visto na Figura 1 a potência média na barra de tração elevou-se à medida com que houve aumento na carga imposta pelo trator de frenagem. Os

resultados indicam, para ambos os pneus, um aumento linear e significativo (P<0,01).

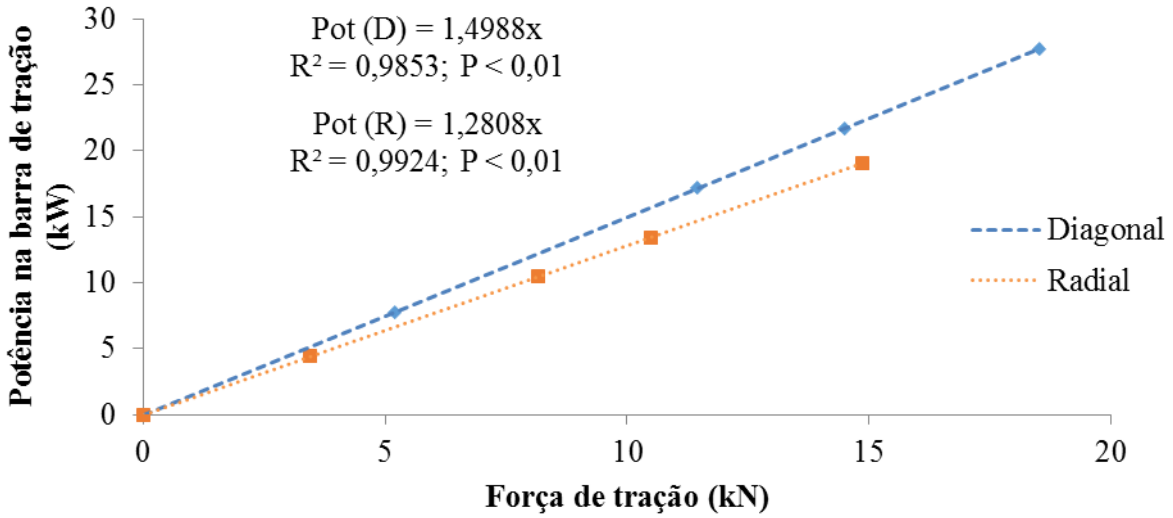

FIGURA 1 - Potência média na barra de tração (kW) para os diferentes tipos de pneu e diferentes cargas impostas pelo trator de frenagem.

O pneu diagonal, para todas as cargas, apresentou valores maiores de potência imposta à barra de tração que o pneu radial para o solo em questão. O uso do pneu diagonal, na carga de 15 kN, apresentou uma potência 12,38% maior que no uso do pneu radial. Ao contrário daquilo que a literatura tem demonstrado (BARBOSA et al., 2005; LOPES et al., 2005) onde o uso de pneu radial proporcionou um ganho na força/potência na barra de tração, neste estudo o desempenho do pneu diagonal foi sempre superior ao pneu radial.

A patinagem dos rodados, para os diferentes pneus, apresentou tendência crescente de acordo com o incremento na força de tração imposta pelo trator de frenagem. Os resultados da patinagem, para ambos os pneus, indicaram uma mesma tendência de resposta em função da força de tração, sendo que essas apresentaram diferença estatística (P<0,01) e tendência quadrática, apresentada na Figura 2.

Para o solo analisado foi possível observar que o pneu radial, para as forças acima de 7 kN, apresentou valor de patinagem superior ao pneu diagonal. Na força de 15 kN a patinagem do pneu radial foi 37,50% maior que o pneu diagonal. Para o limite de alta eficiência, ou seja, melhor desempenho de tração que corresponde ao nível de patinagem entre 7% e 10% (ASABE, 1999), o pneu radial sempre patinou mais que o diagonal, ocasionando menores forças na barra de tração.

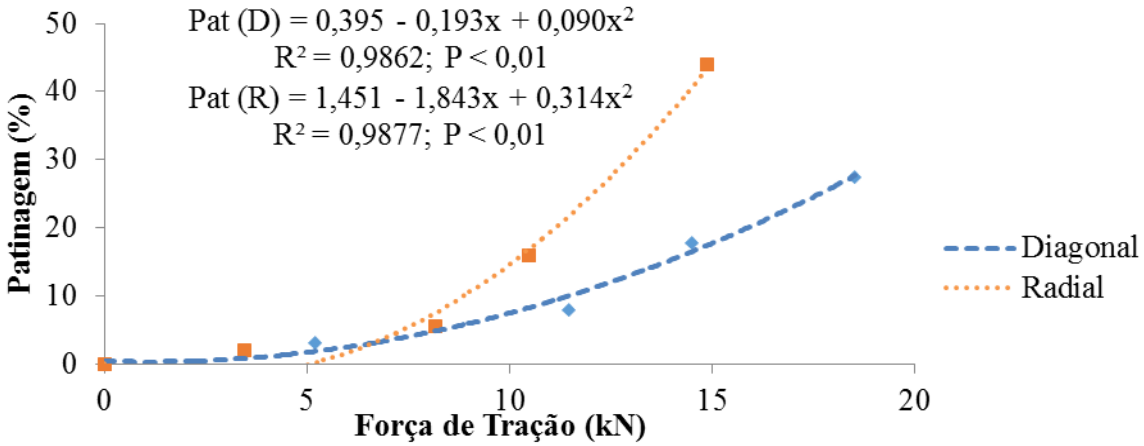

FIGURA 2 - Patinagem dos rodados motrizes traseiros (%) para os dois tipos de pneus e diferentes forças impostas pelo trator de frenagem.

A Figura 2 relata, também, que a partir dos 10% de patinagem as curvas dos dois pneus se tornaram mais acentuada, apresentando uma alta ascensão, evidenciando o efeito negativo de alta patinagem no consumo de combustível, corroborando com estudos de Barbosa et al. (2005), Gabriel Filho et al. (2010) e Monteiro et al. (2011).

O consumo horário de combustível (Figura 3) aumentou com o incremento na força de tração exercida pelo trator de frenagem, visto que este aumento foi significativo (P<0,01). No entanto, o consumo não diferiu estatisticamente para os diferentes tipos de pneus. O aumento do consumo de combustível apresentou tendência quadrática ao acréscimo da força de tração.

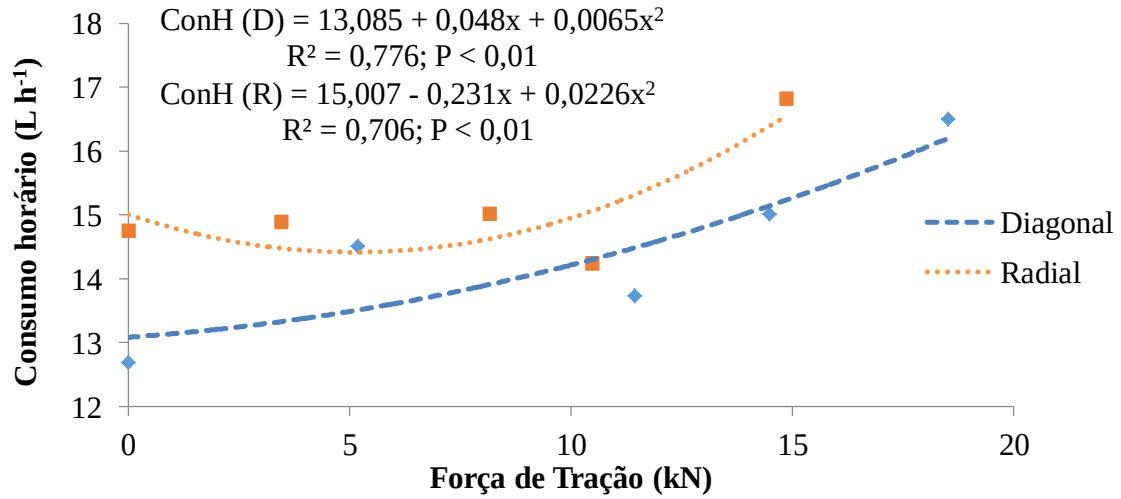

FIGURA 3 - Consumo de combustível horário (L h^{-1}) para os diferentes tipos de pneu e diferentes forças impostas pelo trator de frenagem.

O valor da resistência do solo à penetração para os diferentes pneus e forças aplicadas à barra de tração é apresentado na Figura 4. A RP não apresentou diferença para os diferentes tipos de pneus, no entanto, diferiu para as diferentes forças (P<0,01), evidenciando tendência linear para o aumento das forças.

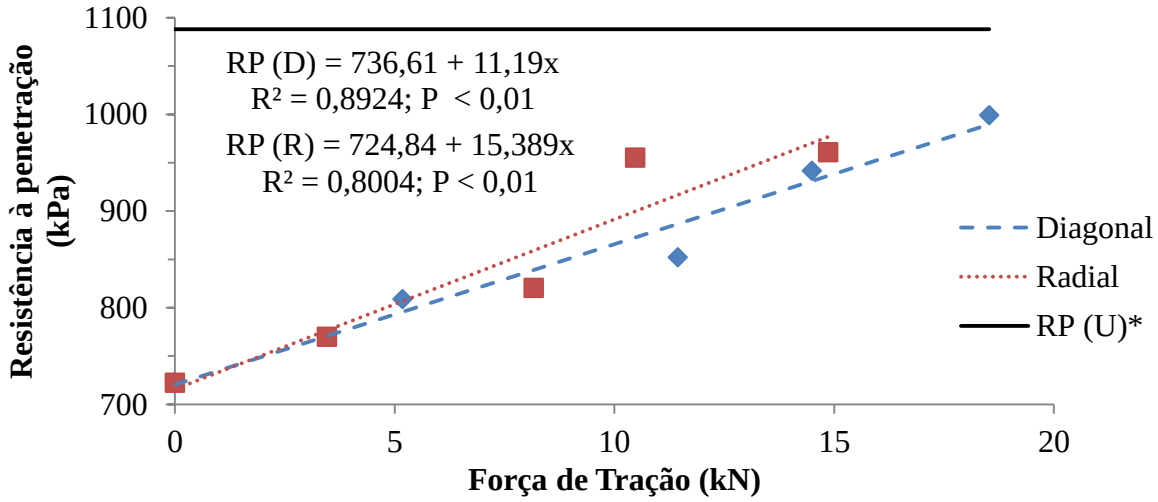

FIGURA 4 - Resistência do solo à penetração (kPa) para os diferentes tipos de pneu e diferentes forças impostas pelo trator de frenagem.
*RP linearizada, a partir da curva de RP, na umidade da capacidade de campo.

A resistência do solo à penetração foi corrigida para a umidade na capacidade de campo. Nota-se que para os dois tipos de pneus e diferentes forças de tração, estes valores não superaram a RP linearizada, assim sendo, os tratamentos não alteraram a estrutura física inicial do solo, ou seja, não houve compactação adicional.

Os dois pneus obtiveram tendência quase que semelhantes para o solo avaliado, sendo que o pneu radial e diagonal apresentaram valor médio de RP de 845,65 e 864,70 kPa, respectivamente. Porém, na força de 10 kN o pneu radial apresentou tendência anômala gerando o valor mais elevado de RP (955,00 kPa), entretanto, não foi suficiente para ocasionar compactação adicional ao solo.

Considerações Finais

O pneu diagonal proporcionou maior carga na barra de tração e menor patinagem dos rodados que o pneu radial.

Os tipos de pneus utilizados não interferiram no consumo horário de combustível, já com o aumento da carga houve aumento no consumo.

O pneu diagonal apresentou melhor desempenho operacional que o radial.

A resistência do solo à penetração após o tráfego não ocasionou compactação adicional ao solo em nenhum tratamento.

Agradecimentos

À Universidade Estadual de Goiás-UEG pela bolsa de iniciação cientifica.

Referências

ASABE - American Society of Agricultural and Biological Engineers. Soil cone penetrometer. **ASAE Standard S313.2.** St. Joseph, 2006, p. 903-904.

ASABE – American Society of Agricultural and Biological Engineers. Agricultural Machinery Management Data. D 497.4. In: ASABE Standards: **Standards engineering practices data**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1999. 359-366 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

BARBOSA, J. A.; VIEIRA, L. B.; DIAS, G. P.; DIAS JÚNIOR, 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.

GABRIEL FILHO, A.; LANÇAS, K. P.; LEITE, F.; ACOSTA, J. J. B.; 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.

GRISSO, R. D.; PERUMPRAL, J. V.; VAUGHAN, D. G.; ROBERSON, T.; PITMAN, R. **Predicting Tractor Diesel Fuel Consumption**. Virginia Cooperative Extension (VCE): 442-073. 2010.

IORI, P.; DIAS JUNIOR, M. S.; SILVA, R. B. Resistência do solo à penetração e ao cisalhamento em diversos usos do solo em áreas de preservação permanente. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, p. 185-195, 2012.

LOPES, A.; LANÇAS, K. P.; SILVA, R. P. da; FURLANI, C. E. A.; NAGAOKA, A. K.; REIS, G. N. dos. Desempenho de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. **Ciência Rural**, Santa Maria , v. 35, n. 2, p. 366-370, 2005.

MONTEIRO, L. A.; LANCAS, 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.

ORTIZ-CAÑAVATE, J. **Tractores:** técnica y seguridad**.** 2. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2012. 222 p.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. A. S.; HORN, R. Mecânica do solo. In: JONG van LIER, Q. (ed.). **Física do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 29-102.

SAFFIH-HDADI, K.; DÉFOSSEZ, P.; RICHARD, G.; CUI, Y. J.; TANG, A. M.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. S.; DIAS JUNIOR, M. S.; IMHOFF, S.; KLEIN, V. A. Indicadores da qualidade física do solo. In: JONG van LIER, Q. (ed.). **Física do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 241-282.

SIMIKIĆ, M.; DEDOVIĆ, N., SAVIN, L.; TOMIĆ, M.; PONJIČNA, O. Power delivery efficiency of a wheeled tractor at oblique drawbar force. **Soil & Tillage Research**, v. 141, p. 32-43, 2014.