

ENSAIO SEGUNDO O CÓDIGO 2 DA OCDE PARA AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL DE UM TRATOR AGRÍCOLA

JEFFERSON SANDI¹, FERNANDA SCARANELLO DRUDI², MURILO BATTISTUZZI MARTINS³, FÁBIO LOPES⁴, KLEBER PEREIRA LANÇAS⁵

¹Eng. Agrônomo, Doutorando em Agronomia (Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu - SP, Fone: (014) 3880.7119, jffsandi@gmail.com

²Eng. Agrônoma, Mestranda em Agronomia (Energia na Agricultura), FCA/UNESP, Botucatu - SP.

³Eng. Agrônomo, Doutorando em Agronomia (Energia na Agricultura), FCA/UNESP, Botucatu - SP.

⁴Graduando em Agronomia, FCA/UNESP, Botucatu - SP.

⁵ Eng. Mecânico, Prof. Titular, Depto. de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Botucatu - SP.

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: O combustível é um dos principais componentes dos custos das operações mecanizadas na agricultura, sendo imprescindível o correto emprego das máquinas por parte dos operadores para diminuir os gastos com este recurso. Este trabalho teve como objetivo avaliar o consumo de combustível de um trator agrícola ensaiado com base na norma código 2 da OCDE. Empregou-se um trator agrícola 4x2 TDA de 55 kW no motor, munido de pneus diagonais e com a tração dianteira auxiliar acionada. Foram obtidos os dados de potência útil na barra de tração, patinagem e consumo volumétrico e específico de combustível através de aplicação de dois valores de carga na barra de tração, em duas velocidades de deslocamento, com o trator operando com o acelerador em posição de máxima aceleração e com o acelerador em posição de aceleração parcial do motor. Os dados foram analisados através de teste de Tukey ($p \leq 0,05$). O trator apresentou o melhor desempenho energético quando tracionou 75% da carga em rotação reduzida. A redução da rotação do motor melhorou a performance energética do trator.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaio de trator, eficiência energética, desempenho

OECD CODE 2 TEST TO EVALUATE THE FUEL CONSUMPTION OF AN AGRICULTURAL TRACTOR

ABSTRACT: Fuel is a major component of the cost of mechanized operations in agriculture, being essential to the correct use of machines by operators to decrease spending on this feature. This work aimed to evaluate the fuel consumption of an agricultural tractor tested on the OECD code 2. It was used a farm tractor 4 x 2 FWA of 55 kW, fitted with diagonal tires and front-wheel-drive assist on. Data were obtained are the drawbar power, slipping and volumetric and specific fuel consumption through implementation of two load values in drawbar, in two speeds, with the tractor operating with the throttle in position of maximum acceleration and with the throttle in position partial engine acceleration. The tractor presented the best energy performance when tractioned 75% of load with low engine rotation. The reduction of engine rpm improved the energy performance of the tractor

KEYWORDS: Tractor test, energy efficiency, performance.

INTRODUÇÃO: O trator agrícola é amplamente utilizado como uma das principais fontes de potência para desempenho de atividades agrícolas devido a maximização da capacidade de trabalho da mão de obra, redução dos custos econômicos, do tempo gasto nas atividades rurais e pela versatilidade de emprego. Para avaliação dos tratores empregam-se ensaios que permitem a obtenção de resultados importantes sobre o seu desempenho operacional através de medições em laboratório e ou campo. Dessa forma, o trator deve ser eficiente em fornecer potência e força através deste componente. Os ensaios de tratores agrícolas que buscam conhecer o seu desempenho utilizando a barra de tração geram informações de grande importância para a realização de alterações estruturais ou de componentes do trator que irão contribuir para a melhoria da sua capacidade de uso, além de permitir o correto dimensionamento das máquinas e implementos acionados através da barra de tração. É importante salientar que o local de realização dos ensaios também tem grande importância, pois o tipo de superfície tem grande parcela de influência no desempenho do trator. Linares et al. (2006), aponta que o ensaio em pista de concreto pode não representar as reais condições de desempenho do trator em solo agrícola, porém o mesmo é muito utilizado devido a maior uniformidade da superfície, o que o torna reproduzível nos vários laboratórios espalhados pelo mundo, o que garante um bom grau de comparação entre os resultados de diferentes tratores comercializados. Este trabalho teve como objetivo avaliar o consumo de combustível de um trator agrícola ensaiado com base na norma código 2 da OCDE, buscando-se obter economia de combustível através da alteração da marcha e rotação de operação.

MATERIAL E MÉTODOS: Os ensaios foram conduzidos em pista de concreto pertencente ao Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais (NEMPA) – FCA/Unesp campus Botucatu-SP, utilizando-se um trator 4x2 TDA, de acordo com a norma Code 2 (2012) da OCDE. Para fornecer informações sobre a eficiência operacional em cargas parciais, o consumo de combustível deve ser medido em duas situações (velocidades) normalmente utilizadas para o trabalho de campo, sendo a primeira (V1) uma condição com velocidade de $7,5 \text{ km.h}^{-1}$ (ou um ajuste de marcha / rotação que dê uma velocidade nominal mais próxima desse alvo), e a segunda (V2), uma velocidade nominal compreendida entre 7 e 10 km.h^{-1} .



FIGURA 1 - Pista de concreto para ensaios pertencentes ao NEMPA.

As condições de ensaio descritas na norma são: 1.0 - Com o acelerador na posição de máxima aceleração, obter potência máxima da barra de tração disponível na marcha selecionada capaz de atingir a velocidade desejada ($7,5 \text{ km.h}^{-1}$ ou $7,0$ a 10 km.h^{-1}) na rotação nominal. Com base neste item foram utilizadas 4 condições descritas na norma como tratamentos para cada velocidade selecionada (V1 e V2) com 3 repetições, sendo os tratamentos Tratamento 1=Tracionar 75% da carga de tração correspondente à potência máxima à rotação nominal utilizando-se o motor em máxima aceleração e marcha empregada no item 1.0, Tratamento 2=Tracionar 50% da carga de tração correspondente à potência máxima à rotação nominal

utilizando-se o motor em máxima aceleração e marcha empregada no item 1.0, Tratamento 3=Encontrar uma marcha mais elevada, que em aceleração parcial do motor seja capaz de tracionar a mesma carga, na mesma velocidade do Tratamento 1, e Tratamento 4=Empregar a mesma configuração de velocidade/velocidade utilizada no Tratamento 3, porém com a mesma tração e velocidade de deslocamento obtidos no Tratamento 2. Para condução do ensaio empregou-se um trator 4x2 TDA, sendo obtida a velocidade de 7,6 km.h⁻¹ em 7ª marcha à 2300 rpm do motor, para a condição V1, e a velocidade de 9,7 km.h⁻¹ em 9ª marcha à 2300 rpm do motor para a condição V2. Determinou-se a potência útil disponibilizada na barra de tração, a patinagem dos rodados e o consumo volumétrico e específico de combustível em cada uma das condições descritas. Foram utilizadas uma célula de carga de 100 kN da marca SODMEX e modelo N400, encoders modelo GDP-60-U-12V, instalados nas rodas e tomada de potência do trator para obtenção da patinagem e rotação do motor e em uma roda odométrica para aferição da velocidade real de deslocamento, dois fluxômetros volumétricos Oval M-III da FLOWMATE, modelo LSF41L8-V5, com razão de 1 pulso.mL⁻¹, foram instalados entre os filtros de combustível e a bomba injetora e o outro na mangueira de retorno do combustível ao tanque, e termoresistências de platina (pt 100) fabricados pela S&E Instrumentos de Testes e Medições, para correção da densidade do combustível. Os dados obtidos foram submetidos a teste de separação de médias de Tukey (p≤0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na tabela 1 é possível observar que na velocidade V1, como esperado, não ocorreram diferenças de potências na barra de tração entre os tratamentos 1 e 3, e 2 e 4, pois em ambas as situações são tracionados os mesmos valores de carga na mesma velocidade de deslocamento.

TABELA 1 - Síntese dos valores de análise de variância e do teste de médias para as variáveis de potência na barra de tração, patinagem, consumo horário volumétrico e consumo por área e consumo específico para a velocidade V1.

Tratamento	Potência (kW)	Patinagem (%)	Consumo horário (L h ⁻¹)	Consumo específico (g kWh ⁻¹)
1	31,21 a	3,09 a	13,44 a	367,57 b
2	21,21 b	2,77 a	10,78 b	431,87 a
3	31,00 a	2,10 b	11,04b	301,58 c
4	20,82 b	0,71 c	8,22 c	335,42 b
C.V. (%)	2,32**	8,95 **	1,78**	3,43**

^{NS}: não significativo (P>0,05); *: significativo (P<0,05); **: significativo (P<0,01); C.V.: coeficiente de variação.

Tanto a patinagem quanto o consumo de combustível horário foram reduzidos devido ao emprego de menores cargas e rotações de trabalho, sendo os menores valores de ambos encontrados no T4, como esperado, porém o consumo específico de combustível demonstra que a melhor eficiência energética do trator na velocidade V1 ocorreu no T2, quando o trator tracionou 75% de carga em rotação reduzida, ou seja, embora o T4 tenha resultado em menor consumo horário, a menor potência obtida devido ao menor valor de carga tracionada (50%) foi mais determinante para uma pior conversão energética deste tratamento em relação ao T2. Isso demonstra que no T4 não se está aproveitando corretamente a potência disponibilizada pelo trator na barra de tração. Masiero (2010), obteve em pista de concreto ensaiando um trator de 132 kW em aceleração máxima (com relação peso/potência de 55 kg cv⁻¹), nas velocidades de 4,8; 6,5 e 7,8 km h⁻¹, o consumo específico de 390; 354 e 312 g kW⁻¹ h⁻¹. Embora os consumos específicos sejam semelhantes aos encontrados neste trabalho, é possível afirmar que o consumo horário de combustível diminui devido a operação do motor em rotação reduzida ainda fornecer a potência necessária, porém com menor necessidade de

combustível devido a menor abertura do débito da bomba injetora. O consumo de combustível é dependente da eficiência energética do trator na transformação, transmissão e aplicação da energia obtida. Assim várias medidas podem ser tomadas para melhorar cada um destes sistemas, permitindo tornar o trator mais econômico. Na tabela 2 é possível observar que na velocidade V2, não ocorreram diferenças de potências na barra de tração entre aos tratamentos 1 e 3, e 2 e 4, como esperado, pois em ambas as situações a redução de rotação do motor não impediu que o trator fornecesse a potência desejada na barra, pois foram tracionados os mesmos valores de carga na mesma velocidade de deslocamento.

TABELA 2 - Síntese dos valores de análise de variância e do teste de médias para as variáveis de potência na barra de tração, patinagem, consumo horário volumétrico e consumo por área e consumo específico para a velocidade V2.

Tratamento	Potência (kW)	Patinagem (%)	Consumo horário (L h ⁻¹)	Consumo específico (g kW h ⁻¹)
1	31,54 a	3,77 a	13,54 a	360,92 b
2	21,77 b	2,86 ab	10,65 c	413,98 a
3	31,76 a	3,60 a	11,83 b	312,19 c
4	21,44 b	2,24 b	8,23 c	323,67 c
C.V. (%)	2,37**	11,79*	2,09**	2,97**

NS: não significativo (P>0,05); *: significativo (P<0,05); **: significativo (P<0,01); C.V.: coeficiente de variação.

Como no caso anterior, o valor de patinagem decresceu juntamente com o emprego de uma marcha mais veloz e com a redução da carga aplicada, enquanto o consumo de combustível foi reduzido devido ao emprego de menores cargas e rotações de trabalho. O consumo específico de combustível demonstra que a melhor eficiência energética do trator na velocidade V2 também ocorre quando o mesmo traciona 75% de carga em rotação reduzida do motor. É possível tornar o trator uma máquina mais eficiente não só através dos avanços tecnológicos, mas também analisando o desempenho do trator em função da rotação do motor, tipo de pneu, consumo específico, potência na barra e a atividade a ser realizada.

CONCLUSÕES: A redução de rotação não impediu que o trator fornecesse a potência desejada. A patinagem foi reduzida com a diminuição da rotação do motor e da carga imposta na barra de tração. O consumo horário de combustível foi reduzido com a diminuição da rotação e da carga imposta na barra de tração. A melhor eficiência energética foi obtida ao se tracionar 75% da carga em rotação reduzida devido ao melhor equilíbrio entre consumo de combustível e potência disponibilizada.

REFERÊNCIAS

LINARES, P. et al. **Teoría de la Tracción en los tractores agrícolas**. Madrid: Universidade Politécnica de Madrid. 2006, 157p.

MASIERO, F. C. **Determinação do rendimento na barra de tração de tratores agrícolas com tração dianteira auxiliar (4X2 TDA)**. 2010. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

OCDE CODE 2. **Standard code for the official testing of agricultural and forestry tractor performance**. 2012. 91 p.