

DESEMPENHO DO GERENCIAMENTO AUTOMÁTICO DE PRODUTIVIDADE EM TRATOR AGRÍCOLA TRACIONANDO DIFERENTES CARGAS

LAURO STRAPASSON NETO¹, LEONARDO LEONIDAS KMIECIK², THIAGO XAVIER DA SILVA³, YASSER ALABI OIOLE⁴, RENAN FABRÍCIO DOS SANTOS⁵, SAMIR PAULO JASPER⁶

¹ Graduando do curso de Agronomia na Universidade Federal do Paraná-UFPR/Curitiba-PR; (41) 98755-0089, laurostrapasson@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo, Mestrando no Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, UFPR/Curitiba-PR;

³ Graduando do curso de Agronomia na Universidade Federal do Paraná-UFPR/Curitiba-PR;

⁴ Engenheiro Florestal, Mestre no Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, UFPR/Curitiba-PR

⁵ Tecnólogo em Mecanização em AP, Mestrando no Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, UFPR/Curitiba-PR

⁶ Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor Adjunto A, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola (DSEA), UFPR/Curitiba-PR

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: A pungente modernização da agricultura, faz surgir novos conceitos visando aprimorar o rendimento energético e operacional dos conjuntos mecanizados, cabe a ciência transformar esses conceitos em informações práticas aos agricultores e técnicos de áreas afins. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência energética e operacional do conceito APM (gerenciamento automático de produtividade). O experimento foi conduzido no delineamento em faixas do tipo fatorial duplo (2x3), sendo o primeiro fator a utilização do recurso APM versus não utilização deste recurso, e o segundo fator, sendo três diferentes cargas aplicadas na barra de tração (comboio), com quatro repetições. O trator agrícola de 250 kW foi instrumentado e conduzido, em pista de concreto, a 8,0 km h⁻¹, tracionando cargas de 40, 75 e 100 kN. Os parâmetros analisados foram: patinagem, rotação e eficiência térmica do motor, velocidade operacional, força, potência e rendimento na barra de tração, consumo horário e específico de combustível. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade, posteriormente análise de variância e teste de média. O emprego do recurso APM gerou melhor rendimento energético e maior eficiência operacional.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência trativa, máquinas agrícolas, ensaio de tratores.

PERFORMANCE OF THE AUTOMATIC MANAGEMENT OF PRODUCTIVITY IN AN AGRICULTURAL TRACTOR TRACING DIFFERENT LOADS

ABSTRACT: The poignant modernization of agriculture brings new concepts to improve the energy and operational efficiency of mechanized assemblies. It is up to science to transform these concepts into practical information for farmers and technicians in related areas. In view of the above, the objective of this work was to evaluate the energy and operational efficiency of the APM (Automatic Productivity Management) concept. The experiment was conducted in a double factorial (2x3) design, the first factor being the use of the APM feature versus non-use of this resource, and the second factor, being three different loads applied to the traction bar, with four replicates. The 250 kW agricultural tractor was instrumented and conducted on a concrete runway at 8.0 km h⁻¹, pulling loads of 40, 75 and 100 kN. The parameters analyzed were: skating, rotation and thermal efficiency of the engine, operating speed, power, power and yield in the traction bar, hourly and specific fuel consumption. Data were submitted to the

normality test, later analysis of variance and mean test. The use of the APM resource generated better energy efficiency and greater operational efficiency.

KEYWORDS: Trative efficiency, agricultural machinery, tractors test.

INTRODUÇÃO: O universo da agricultura está mudando, a população mundial aumentando, a demanda por alimento, fibras e energia são crescentes, forçando o emprego de novas tecnologias e conceitos, conseqüentemente, revolucionando e aperfeiçoando a agricultura, com métodos mais sustentáveis e produtivos. A agricultura brasileira é uma das mais importantes do mundo, seja pela sua dimensão, ou pelo nível tecnológico requerido pelos agricultores. O trator agrícola vem acompanhando a constante modernização do campo, estando cada vez mais independente do operador devido as novas tecnologias embarcadas de comunicação integradas (FOUNTAS et al, 2015), proporcionando flexibilidade na operação tradicional, facilidade nas tarefas, e tracionando implementos de diferentes tamanhos. A tendência da agricultura moderna é a utilização de variedades de ciclo curto, super-precoces, que apresentam elevado potencial produtivo, para isso, é necessário que a operação de plantio ocorra dentro do período planejado, visando reduzir os riscos que estão associados ao mesmo (BOYER et al, 2015), assim, demandando máquinas agrícolas maiores e mais eficientes operacionalmente. Neste planejamento, a velocidade operacional é de extrema importância, pois influencia diretamente na capacidade operacional das operações agrícolas. A velocidade operacional correta implica na qualidade da tarefa executada, no requerimento de potência e na eficiência de tração do trator agrícola (MOLIN et al., 2014). Neste contexto o controle eletrônico da velocidade, reduz a oscilação da velocidade operacional, durante o período requerido para executar determinada operação agrícola, conseqüentemente, diminui a perda de tempo, aumentando, a capacidade operacional. Outro aspecto relevante no rendimento das operações agrícolas é a mensuração do consumo de combustível (MIALHE, 1996), e este parâmetro tem grande representatividade nos custos de produção das atividades agrícolas (GUERRIERI et al, 2016). Jasper et al., (2016) ao estudar o sistema de gerenciamento automático de marchas relata que o trator, com a rotação do motor estabelecida pelo operador, extrai o máximo desempenho de tração, com o menor consumo de combustível. Já o gerenciamento automático de produtividade seleciona a marcha e a rotação do motor mais adequada para realizar a operação agrícola, a partir da velocidade operacional selecionada, prometendo reduzir ainda mais o consumo de combustível do que o gerenciamento automático de marchas. O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho energético e operacional do gerenciamento automático de produtividade quando submetido a tração de diferentes cargas.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado na Universidade Federal do Paraná (UFPR), no Setor de Ciências Agrárias (SCA), dentro do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola (DSEA), junto da estrutura e recursos do Laboratório de Adequação de Tratores Agrícolas (LATA) tendo os ensaios sido realizados na Fazenda Canguiri, em pavimento de concreto obedecendo a ASAE (EP 496.2, 2003). Nos ensaios, o trator teste utilizado foi modelo Magnum 340, Case IH, com potência nominal de 250 kW e máxima de 275 kW, com transmissão Full PowerShift (18x4) e gerenciamento automático de produtividade (APM). Durante os ensaios a velocidade alvo foi de 2,22 m s⁻¹ (8,0 km h⁻¹), com a tração dianteira auxiliar (TDA) acionada. O trator utilizou pneus duplados radiais de marca Goodyear, na dianteira 480/70R34 com pressões de 96,5 kPa (14 psi) e 82,7 kPa (12 psi) interno e externo, respectivamente, e na traseira 710/70R42 com as pressões de insuflagem 68,9 kPa (10 psi) e 55,2 (8 psi), internos e externos respectivamente. O índice de avanço, com estas pressões de insuflagem foi de 1,6%. Para uma melhor distribuição da massa no trator, foi adicionado como lastro hidráulico de 40% em todos os pneus (internos e externos) e lastro metálico na dianteira 18 placas de 45 kg, na traseira quatro anéis de 454 kg e dois anéis de 227 kg, totalizando massa

total de 18.625 kg, sendo distribuída em 42% na roda dianteira e 58% na roda traseira. Foi acoplado ao trator teste, um trator freio Steiger 370 Case IH, com 275 kW e 300 kW de potência nominal e máxima, respectivamente, transmissão 16x2 Full PowerShift, dotado de pneus dianteiros e traseiros duplados, apresentando medidas 710/70R42; R1W Goodyear, conduzido em comboio (MIALHE, 1996) para fornecer cargas de 40 kN; 75 kN e 105 kN na barra de tração do trator teste. Na avaliação sem APM, usou-se marcha de número sete, em rotação de 1.970 RPM no motor, gerando velocidade próxima a $2,22 \text{ m s}^{-1}$. No estudo com APM, a velocidade adotada como alvo no painel foi de $2,22 \text{ m s}^{-1}$. O experimento foi realizado com o trator estando com o tanque completo de combustível. Os parâmetros analisados foram: patinagem dos rodados (PAT), rotação do motor (RM), consumo horário de combustível (CHC), força na barra de tração (FBT), velocidade operacional (VO), potência na barra de tração (PBT), consumo específico de combustível (CEC), rendimento na barra de tração (RBT) e eficiência térmica do motor (ETM). Para mensurar a patinagem do rodado, foram utilizados encoders da marca Autonics, modelo E100S, com 100 pulsos por volta. Através dos valores obtidos, foi possível determinar a patinagem a partir da Eq. 1.

$$PAT = \left(\frac{NPCC - NPSC}{NPSC} \right) \times 100 \quad (1)$$

em que:

PAT – patinagem das rodas em %;

NPCC – número de pulsos da roda com carga;

NPSC – número de pulsos da roda sem carga.

A rotação do motor foi mensurada a partir da tomada de potência (TDP), que foi obtida com encoder da marca Autonics, modelo E100S, que gera 100 pulsos por volta, e a partir dos dados aferidos, determinada pela Eq.2.

$$RM = \left(\frac{\sum NP}{t \times 100} \right) \times 60 \times RT \quad (2)$$

em que:

RM – rotação do motor, RPM;

NP – número de pulsos por segundo no encoder da TDP;

RT – relação de transmissão motor-TDP (1,813), adimensional;

t – tempo de percurso da repetição, s.

O consumo horário de combustível foi mensurado por fluxômetros Flowmate OVAL MIII – LSF 45L0-M2. Através dos valores obtidos, foi possível determinar o consumo horário de combustível a partir Eq. 3.

$$CHC = \left(\frac{V_{FET} - V_{FRT}}{t} \right) \times 3,6 \quad (3)$$

em que:

CHC – consumo horário de combustível, L h^{-1} ;

V_{FET} – volume de combustível no fluxômetro de entrada, mL s^{-1} ;

V_{FRT} – volume de combustível no fluxômetro de retorno ao tanque, m s^{-1} .

A força na barra de tração foi mensurada utilizando uma célula de carga da marca Bermann, devidamente aferida, com capacidade de 300 kN, sensibilidade de $2,0+0,002 \text{ mV/V}$ e precisão 0,01 kN. A célula de carga foi instalada na barra de tração acoplada ao trator.

A partir dos valores obtidos, a força de tração média foi determinada através da Eq. 4.

$$FBT = C \times NP - FC \quad (4)$$

em que,

FBT – força de tração, kN;

C – constante de conversão 0,303 kN mV⁻¹;

NC – número de pulsos emitidos pela célula de carga mV;

FC – fator de calibração da célula (1,22), adimensional.

A força na barra de tração média foi determinada pela Eq. 5.

$$FTM = \frac{\sum_{i=1}^n Fi}{n} \quad (5)$$

em que:

FTM – força de tração média, kN;

Fi – força de tração instantânea, kN;

n – número de dados registrados.

A velocidade foi determinada através do radar da marca Vansco, modelo 740030A. A função obtida na aferição do radar foi utilizada para calcular a velocidade real de deslocamento do trator, utilizando-se do número de pulsos emitidos pelo radar a partir da Eq 6.

$$VO = \left(\frac{\sum NP}{t} \right) \times C \quad (6)$$

em que,

VO – velocidade operacional, km h⁻¹;

C – constante do radar (0,0366), adimensional;

NP – número de pulsos emitidos pelo radar, adimensional.

A potência disponível na barra de tração determinada através da Eq. 7.

$$PBT = \left(\frac{FTM \times VO}{3,6} \right) \quad (7)$$

em que:

PBT – potência na barra, kW;

FTM – força de tração média, kN;

VO – velocidade de deslocamento, km h⁻¹.

O consumo específico de combustível foi obtido segundo a Eq. 8.

$$CEC = \left(\frac{CHC \times Dc}{PBT} \right) \quad (8)$$

em que:

CEC – consumo específico de combustível, g kW h⁻¹;

CHC – consumo horário de combustível, L h⁻¹;

Dc – densidade relativa do combustível, g L⁻¹;

PBT – potência na barra, kW.

O rendimento na barra de tração foi calculado em função da potência disponível na barra e no motor do trator, segundo a Eq. 9.

$$RBT = \left(\frac{PBT}{PM} \right) \times 100 \quad (9)$$

em que:

RBT – rendimento na barra de tração, %;

PBT – potência na barra de tração, kW;

PM – potência do motor, kW.

A partir do consumo específico e do menor poder calorífico do combustível, torna-se possível determinar a eficiência térmica do motor através da Eq. 10, segundo Farias et al. (2017).

$$ETM = \left(\frac{3600}{CEC \times PCI} \right) \quad (10)$$

em que:

ETM – eficiência térmica do motor em %;

CEC – consumo específico de combustível, g kWh⁻¹;

PCI – poder Calorífico Inferior, 42.295 kcal kg⁻¹ (Farias et al., 2017).

O experimento foi conduzido no delineamento em faixas, fatorial duplo (2x3), sendo o primeiro fator a utilização do recurso APM versus a não utilização deste recurso, e como segundo fator, três diferentes cargas (40, 75 e 110 kN) aplicadas na barra de tração através de comboio (MIALHE, 1996), com quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais, com 50 metros de comprimento cada. Os dados coletados foram submetidos aos testes de normalidade de Anderson-Darling, e se, o valor obtido não esteve dentro de 95% de normalidade, foi transformado através do Box-Cox (BOX; COX, 1964). Após a modificação nos dados quando necessário, procedeu-se a análise de variância (ANOVA), e posterior teste de Tukey (TUKEY, 1959) com significância de 5%, para comparação de médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na TABELA 1 são apresentados os resultados da análise de variância e do teste de médias para as variáveis de patinagem dos rodados (PAT), rotação do motor (RM), consumo horário de combustível (CHC), força na barra de tração (FBT), velocidade operacional (VO), potência na barra de tração (PBT), consumo específico de combustível (CEC), rendimento na barra de tração (RBT) e eficiência térmica do motor (ETM), como o coeficiente de variação e teste de normalidade. Os resultados demonstraram que o uso do recurso eletrônico de gerenciamento automático de produtividade, denominado APM, apresentou diferença significativa nos parâmetros (PAT; RM; CHC; FBT; VO; CEC e ETM) quando comparado com o não emprego desta tecnologia. Em relação as cargas testadas, as variáveis analisadas (PAT; FBT; PBT; RBT e ETM) relataram, significativamente, valores absolutos maiores, conforme aumento da carga. O CHC diferiu entre as cargas testadas, sendo o maior CHC na carga intermediária, visto que a VO reduziu, estatisticamente, com a carga maior (110 kN). Os valores das variáveis VO e CEC, não diferiram, nas cargas de 40 e 75 kN. Em relação aos coeficientes de variação para os fatores analisados e a interação dos mesmos, relata-se que os valores estão, na maioria, abaixo do esperado (CAMPOS, 1984), apresentando ótima precisão (PIMENTEL-GOMES, 2009) da pesquisa executada, embasando a escolha do teste média (FERERREIA, 2018). Os parâmetros RM, VO, PBT e RBT apresentaram interação significativa entre os dois fatores analisados, os desdobramentos destas interações estão na TABELA 2. Os valores de PAT observados, na TABELA 1, estão dentro do recomendado por Battiato e Diserens, (2013) em seus estudos, sendo que a PAT interfere diretamente no CHC, conforme descrito por Mamkagh et al., (2019), nos resultados de ambos (PAT e CHC) foram menores com o recurso APM. Com o aumento da FBT, elevou-se também os valores de PAT, contudo estes ficaram dentro do estabelecido pela norma ASAE D497.4 (1999). Todavia, este incremento afetou a VO, reduzindo-a em comparação as outras FBT. A RM foi menor quando acionado o APM, proporcionando redução no CHC e CEC, resultado este, que semelhante ao de Juostas e Janulevicius (2008) que obtiveram economia de combustível alterando o regime RM. Porém, mesmo quando o conjunto foi submetido a maiores FBT, a RM não apresentou significativa, o que ressalta a resiliência do motor, evidenciando a sua qualidade construtiva

(WANG et al., 2016). O APM proporcionou para VO selecionada, equilíbrio entre a marcha e a rotação do motor, gerando menor CEC e CHC, por consequência, aumento do rendimento operacional, corroborando com resultados de Silveira et al., (2017), que ao analisar marcha, rotação e consumo de combustível, obtiveram valores semelhantes. Ao analisar a FBT pode-se perceber que a mesma foi superior quando não acionado o APM, mesmo com maior PAT, divergindo dos resultados de Russini et al. (2018), que observaram o aumento na PAT promove redução na FBT. Não acionando o APM, a RM foi maior para executar a mesma atividade, explicando o fato de tracionar maior FBT. Os valores PBT e RBT não diferiram, a PBT é em função da VO, esta apresentou diferença significativa, porém, tal resultado explica-se, com a compensação da VO pela FBT que também apresentou diferença significativa. A ETM é um importante indicador do comportamento da eficiência do motor, sendo expressa em função do CEC, que foi menor quando acionado o APM, proporcionando superioridade na ETM. Os valores das variáveis ETM e CEC não diferiram nas cargas de 40 e 75 kN, com ETM elevada na maior carga, corroborando com os resultados obtidos por Monteiro, Lanças e Gabriel Filho (2009), que em seus estudos verificaram que a adição de peso ao trator até certo limite, acarreta em melhorias em termos de eficiência energética do trator.

TABELA 1. Síntese da análise de variância para os fatores de Gerenciamento Eletrônico e Cargas Testadas.

Fatores	PAT (%)	RM ¹ (RPM)	CHC (L h ⁻¹)	FBT ¹ (kN)	VO (m s ⁻¹)	PBT (kW)	CEC (g kW h ⁻¹)	RBT (%)	ETM ¹ (%)
Gerenciamento Eletrônico – GE									
S APM	3,82 A	1.916 A	50,53 A	74,85 A	1,99 B	145,33	307 A	62,16	28,73 B
C APM	3,05 B	1.750 B	36,61 B	70,27 B	2,21 A	150,09	227 B	64,19	41,04 A
Cargas Testadas – CT									
40 kN	2,11 C	1.836	33,13 C	40,78 C	2,22 A	89,92 C	312 A	38,46 C	27,53 B
75 kN	3,16 B	1.845	52,52 A	68,73 B	2,21 A	151,98 B	297 A	65,00 B	29,82 B
110 kN	5,03 A	1.818	45,06 B	108,21 A	1,86 B	201,24 A	192 B	86,07 A	47,32 A
Teste F									
GE	29,47 ^{SS}	205,62 ^{SS}	263,42 ^{SS}	11,38 ^S	602,95 ^{SS}	6,02 ^{NS}	73,23 ^{SS}	6,01 ^{NS}	15,72 ^S
CT	109,32 ^{SS}	1,27 ^{NS}	89,08 ^{SS}	70,98 ^{SS}	2.090,95 ^{SS}	744,88 ^{SS}	76,32 ^{SS}	744,24 ^{SS}	62,31 ^S
GE x CT	0,10 ^{NS}	84,34 ^{SS}	4,21 ^{NS}	2,98 ^{NS}	35,26 ^{SS}	37,10 ^{SS}	4,32 ^{NS}	37,08 ^{SS}	2,42 ^{NS}
CV (%)									
GE	10,10	1,04	4,82	2,81	1,03	3,22	8,59	3,22	10,95
CT	11,67	0,73	6,73	3,97	0,61	3,91	7,96	3,92	8,66
GE x CT	14,43	1,04	7,85	2,51	0,81	2,33	8,59	2,33	6,37
AD									
Tabelado	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Calculado	0,46 ^N	1,53 ^A	0,42 ^N	1,24 ^A	0,98 ^N	0,96 ^N	0,96 ^N	0,26 ^N	1,47 ^A
Box-Cox		0,31 ^N		0,57 ^N					0,24 ^N

¹ Os valores desta variável foram transformados (BOX-COX) para ANOVA. Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem, entre si, pelo “Teste de Tukey” (P < 0,05). Teste F da análise de variância (ANOVA): NS – Não significativo; S (P < 0,05) e SS (P < 0,01). CV %: Coeficiente de variação. AD: Teste de Normalidade de Anderson-Darling (P < 0,01): N – Normalidade nos dados; A – Anormalidade nos dados.

Analisando as interações entre o APM e as cargas testadas (TABELA 2) observa-se que a RM e a VO foram maiores quando não acionado o APM nas cargas 40 e 75 kN, e menores na carga de 110 kN, pois conforme foi aumentado a carga, o APM promoveu o incremento da RM para manter a VO, diferente da rotação fixada, que reduziu devido a carga no motor. Nas forças de 40 e 75 kN a VO não foi alterada estatisticamente, com acionamento ou não do APM. Porém na maior carga (110 kN), houve diferença, pois a VO foi afetada diretamente devido redução da RM em virtude da força na barra, que conseqüentemente, reduziu a PBT e o RBT. Com o APM acionado elevou-se a RM, eletronicamente, para compensar a carga mais alta, mantendo a VO, resultando numa maior PBT. O aumento da carga tracionada, para mesma VO, proporcionou diretamente aumento na PBT, que diretamente elevou o RBT, assim, observamos

que com APM, o RBT foi superior, mesmo ao recomendado pela ASAE D497.4 (1999), para trator 4x2 TDA.

TABELA 2. Síntese de interações entre fatores Gerenciamento Eletrônico e Cargas Testadas

RM (RPM)			VO (m s ⁻¹)		
Cargas Testadas	Gerenciamento Eletrônico – GE		Cargas Testadas	Gerenciamento Eletrônico – GE	
	S APM	CAPM		S APM	CAPM
40 kN	2.000 Aa	1.672 Bb	40 kN	2,34 Aa	2,11 Ba
75 kN	1.992 Aa	1.699 Bb	75 kN	2,35 Aa	2,07 Ba
110 Kn	1.756 Bb	1.880 Aa	110 kN	1,79 Bb	1,93 Ab
PBT (kW)			RBT (%)		
Cargas Testadas	Gerenciamento Eletrônico – GE		Cargas Testadas	Gerenciamento Eletrônico – GE	
	S APM	CAPM		S APM	CAPM
40 kN	96,03 Aa	83,81 Ba	40 kN	41,07 Ac	35,84 Bc
75 Kn	144,36 Bb	159,59 Ab	75 kN	61,74 Bb	68,25 Ab
110 Kn	195,59 Bc	206,88 Ac	110 kN	83,65 Ba	88,48 Aa

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas nas LINHAS e minúsculas nas COLUNAS, diferem pelo “Teste de Tukey” (P < 0,05).

CONCLUSÕES: O gerenciamento automático de produtividade (APM), se mostrou muito eficiente quando acionado, apresentando menor patinação, rotação do motor, consumo horário e específico, com maior potência e rendimento na barra de tração e velocidade operacional superior, quando comparado a sua não utilização, mesmo quando tracionando maiores cargas, trazendo assim, benefícios relacionados ao aumento da área trabalhada por hora com menor gasto energético.

REFERÊNCIAS: ASAE – AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BYOLOGICAL ENGINEERS. Agricultural Machinery Management Data. **ASAE D 497.4**. In: Standards: Standards engineering practices data. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, p.359-366, 1999;

ASAE- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BYOLOGICAL ENGINEERS.**ASABE EP 496.2 FEB03**. In: Standards: standards engineering practices data, St. Joseph: p. 366-372, 2003.

BATTIATO, A., & DISERENS, E. Influence of Tyre Inflation Pressure and Wheel Load on the Traction Performance of a 65 kW MFWD Tractor on a Cohesive Soil. **Journal of Agricultural Science**, Vol 5, n.8, p.197-215, 2014;

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 26, p. 211–252, 1964;

BOYER, C. N.; STEFANINI, M.; LARSON, J. A.; SMITH, S. A.; MENGISTU, A.; FARIAS, M. S.; SCHLOSSER, J.F.; MARTINI, A. T. ; SANTOS, G. O. ; ESTRADA, J. S. . Air and fuel supercharge in the performance of a diesel cycle engine. **Revista Ciencia Rural**, v. 47, n.6, p. 1-7, 2017;

CAMPOS, H. **Estatística aplicada à experimentação com cana-de-açúcar**. Piracicaba, FEALQ. 292p. 1984.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada às ciências agrárias**. Viçosa, UFV. 588p. 2018.

FOUNTAS, S.; SORENSEN, C. G.; TSIROPOULOS, Z.; CAVALARIS, C.; LIAKOS, V.; GEMTOS, T.; Farm machinery management information system. **Computers and Eletronics in Agriculture**, n. 110, p. 131-138, 2015;

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;

GUERRIERI, M.; FEDRIZZI, M.; ANTONUCCI, F.; PALLOTINO, F.; SPERANDIO, G.; PAGANO, M.; FIGORILLI, S.; MENESATTI, P.; COSTA, C.; An innovative multivariate tool for fuel consumption and costs estimation of agricultural operations. **Spanish Journal of Agricultural Research**. V. 14; n. 4; p. e0209; 2017;

JASPER, S.P; BUENO, L.S.R; LASKOSKI, M; LANGHINOTTI, C.W; PARIZE, G.L. Desempenho do trator de 157KW na condição manual e automático de gerenciamento de marchas. **Revista Scientia Agraria**, vol 17 n° 3, Curitiba, 2016;

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;

MAMKAGH, A. M. Review of Fuel Consumption, Draft Force and Ground Speed Measurements of the Agricultural Tractor during Tillage Operations. **Asian Journal of Advanced Research and Reports**, Vol3 n°4, 1-9. (2019);

MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificação**. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, v1, 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;

MONTEIRO, L. A.; LANÇAS, K. P.; FILHO, G. 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 Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24 n.1 p.68-84, 2009;

PIMENTEL – GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. Ed. 15, p. 45, 2009;

RUSSINI, A.; FARIAS, M. S.; SCHLOSSER, J.F.; Estimation of the traction power of agricultural tractors from dynamometric tests. **Revista Ciência Rural**, v.48, n.4, 2018;

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;

TUKEY, J.W. A Quick, compact, two-sample test to Duckworth's specifications. **Technometrics**, v. 1, p. 31–48, 1959;

WANG, H. P.; ZHENG, D.; TIAN, Y. High pressure common rail injection system modeling and control, **ISA Transactions**, V. 63, P. 265-273, 2016.