



EFEITO DA TEMPERATURA DOS GASES DE ESCAPE NO DESEMPENHO DE UM TRATOR AGRÍCOLA

Matheus Henrique Lima Nascimento

URUTAÍ

Março, 2019

INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS URUTAÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**EFEITO DA TEMPERATURA DOS GASES DE ESCAPE NO DESEMPENHO
DE UM TRATOR AGRÍCOLA**

MATHEUS HENRIQUE LIMA NASCIMENTO

Trabalho de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí, como requisito parcial para a obtenção do título de (Bacharel em Engenharia Agrícola), sob orientação do Prof. Me. Beethoven Gabriel Xavier Alves.

URUTAÍ-GO
Março de 2019

INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS URUTAÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

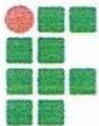
**EFEITO DA TEMPERATURA DOS GASES DE ESCAPE NO DESEMPENHO
DE UM TRATOR AGRÍCOLA**

MATHEUS HENRIQUE LIMA NASCIMENTO

Orientador: Prof. Me. Beethoven Gabriel Xavier Alves

Trabalho de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí, como requisito parcial para a obtenção do título de (Bacharel em Engenharia Agrícola), sob orientação do Prof. Me. Beethoven Gabriel Xavier Alves.

URUTAÍ-GO
Março de 2019



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: **MATHEUS HENRIQUE LIMA NASCIMENTO**

Matrícula: **2016101200640167**

Título do Trabalho: **EFEITO DA TEMPERATURA DOS GASES DE ESCAPE NO DESEMPENHO DE UM TRATOR AGRÍCOLA**

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: **Será submetido em periódico que não permite publicação anterior do mesmo texto**

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: **15/03/2021**

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutai _____, **11/04/2019.**
Local Data

Matheus Henrique L. Nascimento

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Bethoven Gabriel Xavier Alves
Assinatura do(a) orientador(a)

INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS URUTAÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

ALUNO: MATHEUS HENRIQUE LIMA

ORIENTADOR: PROF. ME. BEETHOVEN GABRIEL XAVIER ALVES

Aprovado pela Comissão Examinadora

Beethoven Gabriel Xavier Alves

Prof. Me. Beethoven Gabriel Xavier Alves

Rônega Boa Sorte Vargas

Prof.^a Me. Rônega Boa Sorte Vargas

Ródney Ferreira Couto

Prof. Me. Ródney Ferreira Couto

Data da Realização: 15 de março de 2019

SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT.....	5
1. INTRODUÇÃO6
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
4. CONCLUSÕES.....	17
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18

RESUMO

Nascimento, Matheus Henrique Lima. **Efeito da temperatura dos gases de escape no desempenho de um trator agrícola**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano-Campus Urutaí, Urutaí Goiás, 2019.

Avaliar o desempenho de tratores agrícolas submetidos a diferentes cargas à barra de tração tem sido alvo de recentes pesquisas, sendo o tipo de equipamento para determinar a força disponível na barra de tração um dos fatores mais relevantes. O objetivo deste trabalho foi determinar a relação entre a temperatura dos gases de escape do motor de um trator agrícola com os parâmetros de desempenho do mesmo trator, equipado com pneus radiais e diagonais. Montou-se um experimento utilizando o delineamento de blocos casualizados, no esquema de parcela subdividida. As parcelas foram compostas por dois tipos de pneus (radiais e diagonais), e as subparcelas foram constituídas por seis diferentes forças a que o trator foi submetido na barra de tração (1,4; 3,4; 10,4; 15,2; 20,7 e 23,8 kN), com três repetições por tratamento. Para mensurar a temperatura foi utilizado um analisador de combustão portátil; para a força, uma célula de carga; para o consumo de combustível, um fluxômetro e para a patinação, sensores magnéticos. As demais variáveis foram calculadas a partir dos dados coletados. Os parâmetros avaliados independeram do tipo de pneu. A modelagem da força na barra de tração a partir da temperatura dos gases de escape demonstrou que é possível utilizar um sensor de temperatura e um sistema de registro de dados para estimar os parâmetros de desempenho de um trator agrícola.

Palavras chave: Força disponível na barra de tração, Temperatura dos gases de escape, Parâmetros de desempenho.

ABSTRACT

Nascimento, Matheus Henrique Lima. **Effect of exhaust gas temperature on the performance of an agricultural tractor**. 2019. Completion of course work (Bachelor's Degree in Agricultural Engineering). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano-Campus Urutaí, Urutaí Goiás, 2019.

Evaluating the performance of agricultural tractors subjected to different loads to the drawbar has been the subject of recent research, being the type of equipment to determine the available force in the drawbar one of the most relevant factors. The objective of this work was to determine the relation between the exhaust temperature of the engine of an agricultural tractor and the parameters of performance of the same tractor, equipped with radial and diagonal tires. An experiment was set up using the randomized block design, in the subdivided parcel scheme. The plots were composed of two types of tires (radial and diagonal), and the subplots were composed of six different forces to which the tractor was subjected in the traction bar (1,4, 3,4, 10,4, 15,2 ; 20.7 and 23.8 kN), with three replicates per treatment. To measure the temperature a portable combustion analyzer was used; for the force, a load cell; for fuel consumption, a flowmeter and for skating, magnetic sensors. The other variables were calculated from the data collected. The parameters evaluated were independent of the tire type. The modeling of the drawbar force from the exhaust gas temperature has shown that it is possible to use a temperature sensor and a data recording system to estimate the performance parameters of an agricultural tractor.

Keywords: Available force on drawbar, Exhaust temperature, Performance parameters.

1. INTRODUÇÃO

O trator pode ser considerado a principal máquina utilizada nos sistemas mecanizados de produção agrícola, sendo utilizado como fonte de potência para a tração e de acionamento de diversos implementos. A avaliação direta do desempenho de tratores em condições de campo é importante e é obtida através da instrumentação e monitoramento dos tratores, permitindo a determinação de fatores diretamente relacionados com a eficiência de trabalho do trator (CORDEIRO, 2000).

A capacidade de tração e o fornecimento de potência que seja suficiente para desempenhar a maioria das operações agrícolas dependem do tipo de dispositivo de tração. Nos casos em que esses dispositivos são pneumáticos, o tamanho, a pressão de inflagem, a carga aplicada sobre o eixo motriz e a transferência de peso, entre outros, interferem na capacidade de tração do trator (ZOZ e GRISSO, 2003).

Um sistema de medição de parâmetros físicos do desempenho de tratores agrícolas depende do tipo de sensores que o constitui, os sistemas mais habituais normalmente são de custo reduzido e desenvolvidos de forma a permitir fácil adaptação a qualquer trator em condições de trabalho muito diversas, têm como sensores: um radar, uma célula de carga, um medidor de fluxo e sensores magnéticos de proximidade, exemplos desses modelos são apresentados por Bowers (1985), Mantovani et al. (1999) e por Al-Janobi (2000).

Segundo Mialhe (1996), a força de tração é um dos parâmetros físicos que podem ser determinada a partir do desempenho da barra de tração e é comum utilizar uma célula de carga para determinar a força. Os equipamentos que ocupam um espaço significativo, tempo e a maneira que as informações chegam ao operador, acabam tornando esse tipo de sensor inviável para determinar o desempenho operacional em situações reais de campo.

A medição da temperatura seria um exemplo viável e economicamente barato, exigindo apenas um termopar e um sistema de registro de dados, por exemplo. O verdadeiro desafio seria confeccionar uma ferramenta matemática relativamente simples e eficaz para descrever as correlações entre a temperatura com a força disponível na barra de tração, entre outros.

Assim, dando sequência no estudo iniciado por Bietresato et al. (2014), objetivou-se com este trabalho determinar a relação entre a temperatura dos gases de escape do motor de um trator agrícola com os parâmetros de desempenho do mesmo trator, equipado com pneus radiais e diagonais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual de Goiás, nas coordenadas geográficas de 16° 22' 43,8" Latitude Sul, 48° 56' 50,7" Longitude Oeste, altitude média de 1111 m, em uma pista de concreto asfáltico. As dimensões da pista foram de 140 m de comprimento e 5 m de largura, utilizando efetivamente 100 m, com o restante sendo utilizado para aceleração e desaceleração. A pista de ensaio não apresentou inclinação no sentido da largura, apresentando inclinação de 1% no sentido do comprimento, características em conformidade à norma da OECD – Code 2 (OECD, 2016).

Para a aplicação da força na barra de tração do trator ensaiado foi utilizado um carro dinamométrico, capaz de impor à barra de tração forças constantes durante o ensaio e instrumentado para fazer o monitoramento e a aquisição das variáveis de forma automática (ALVES e REIS, 2018).

O experimento foi realizado utilizando o delineamento estatístico de blocos casualizados, no esquema de parcela subdividida, composto por doze ensaios com três repetições por ensaio, totalizando trinta e seis testes. As parcelas foram compostas por dois tipos de pneus (radiais e diagonais), e as subparcelas foram constituídas por seis diferentes forças a qual o trator foi submetido (1,401; 3,431; 10,370; 15,218; 20,727 e 23,845 kN).

Avaliou-se um trator agrícola, com tração dianteira auxiliar desligada, motor ciclo diesel, turboalimentado com intercooler, sistema de injeção com bomba rotativa, quatro cilindros, cilindrada total de 4485 cm³, potência nominal de 82,4 kW (112 cv). Nas rodas motrizes do trator foram utilizados pneus radiais 18.4 R34 e pneus diagonais 18.4 34, ambos pneus novos. A distância entre eixos do trator foi de 2,668 m. O peso estático do eixo traseiro do trator quando equipado com pneus radiais foi de 34,790 kN, e 36,162 kN quando com diagonais. A altura da barra de tração do trator foi de 0,465 m.

O óleo diesel utilizado foi obtido na rede de abastecimento local, classificado como diesel automotivo interior ou tipo B, indicado para o uso em motores ciclo diesel, seguindo a classificação da agência nacional de petróleo, com massa específica de 842,5 g l⁻¹.

Para a modelagem do desempenho do trator foram determinados a força na barra de tração, a temperatura dos gases de escape, o consumo horário de combustível, o consumo específico de combustível, a velocidade média de deslocamento do conjunto, a potência na barra de tração do trator e a patinação nas rodas motrizes.

Para a aferição da força média na barra de tração foi utilizada uma célula de carga do tipo tração/compressão marca Excel, modelo RS-5000, construída em aço de baixa liga, com

tratamento térmico e propriedades mecânicas controladas, apresentando formato em “S”, com temperaturas de utilização entre -5°C a 60°C e alimentação entre de 6 a 10 Vcc, com capacidade nominal de 50 kN, e com possibilidade de sobrecarga admissível para atuações esporádicas e eventuais de até 150% da carga nominal.

O sinal da célula de carga foi amplificado utilizando um amplificador do tipo INA 125P, seguindo a metodologia para amplificação de sinal proposta por Martins Junior et al. (2013). O sinal amplificado foi convertido para valores de força observada, em Newton (kN) conforme curva de calibração apresentada na Figura 1.

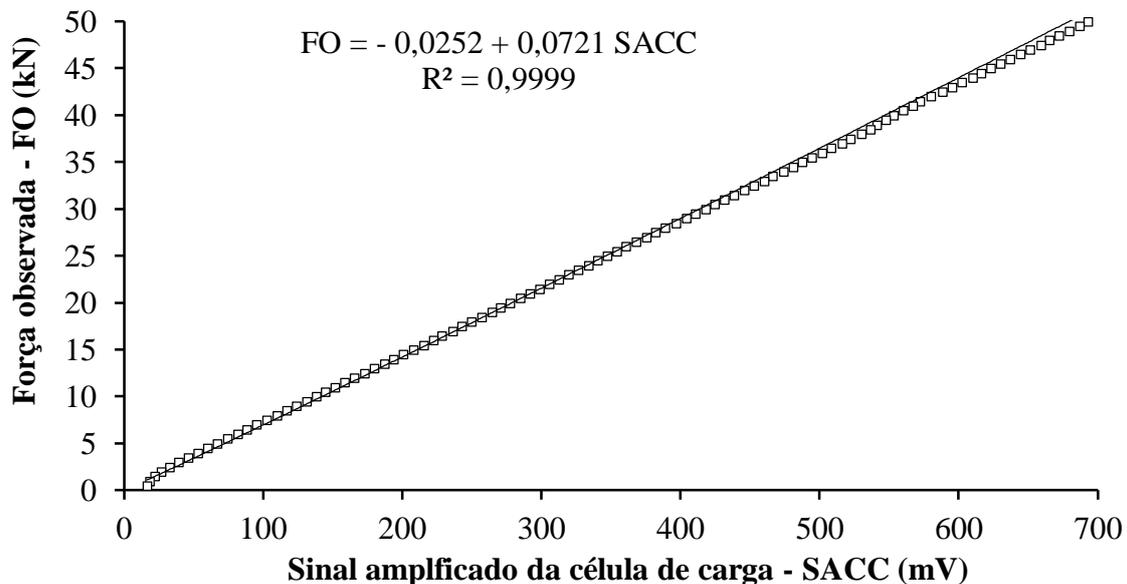


FIGURA 1. Curva de calibração da célula de carga Excel RS-5000 em laboratório.

Após a conversão, os dados foram tratados por média e processados por meio de um micro controlador do tipo Arduino®, que por sua vez transmitiu os dados para serem armazenados em um computador com processador Intel® Core™ i7-4510U 2GHz, 8GB de RAM e HD 500 GB e Sistema Operacional Windows 10 64bits, localizado dentro da cabine do trator. O cálculo da força média na barra de tração foi efetuado pela média das forças aplicadas na barra de tração do trator durante o percurso do ensaio, conforme Alves e Reis (2018).

Para determinar a temperatura dos gases de escape foi utilizado um analisador de combustão portátil marca Instrumtemp, modelo KANE 940, com capacidade de leitura da temperatura de combustão entre 0°C a 600°C , com uma precisão de $\pm 2,0^{\circ}\text{C}$.

O cálculo do consumo horário de combustível foi realizado de acordo com a Equação 1, adaptada de Reis et al. (2013), em que os pulsos elétricos gerados pelo fluxômetro utilizado foram convertidos em volume, considerando a vazão de 1 ml pulso^{-1} e o tempo gasto na parcela.

$$\text{ConH} = \frac{N_p \times 3,6}{T} \quad (1)$$

Em que:

ConH - consumo horário de combustível, ($l\ h^{-1}$);

Np - número de pulsos do medidor de combustível, (ml);

T - tempo gasto no percurso da parcela, (s).

Para a determinação do consumo específico, foi utilizada a Equação 2, adaptada de Ortiz-Cañavate (2012), onde o consumo horário é transformado em consumo específico em função da potência disponível na barra de tração.

$$ConE = \frac{Conh \times P}{Pb} \quad (2)$$

Em que:

ConE - consumo específico de combustível, [$g\ (kW\ h)^{-1}$];

ConH - consumo horário de combustível, ($l\ h^{-1}$);

P - massa específica do combustível utilizado, ($g\ l^{-1}$);

Pb - potência na barra, (kW).

A velocidade de deslocamento do trator foi determinada por meio da relação entre a distância (D) percorrida pelo trator e o tempo gasto para tal (t), conforme Equação 3:

$$Vel = \frac{D}{t} \quad (3)$$

Em que:

Vel - velocidade média de deslocamento do trator, ($km\ h^{-1}$);

D - distância percorrida pelo trator no ensaio, (km);

t - tempo gasto para percorrer a distância D, (h).

A potência na barra de tração foi determinada de acordo com Gomes et al. (2016), em função da força média na barra de tração e da velocidade de deslocamento do trator. Desse modo, a potência na barra de tração foi calculada, de acordo com a Equação 4:

$$Pb = \frac{Fm \times Vel}{3,6} \quad (4)$$

Em que:

Pb - potência na barra de tração, (kW);

Fm - força média na barra de tração, (kN);

Vel - velocidade de deslocamento, ($km\ h^{-1}$).

A patinagem das rodas motrizes do trator foi determinada comparando-se o número de voltas com o trator sem carga com o número de voltas do trator com carga (GOMES et al., 2016), durante o percurso de 100 m da pista de ensaio (Equação 5).

$$\text{Pat} = \frac{\text{NVcc} - \text{NVsc}}{\text{NVcc}} \times 100 \quad (5)$$

Em que:

Pat - patinação das rodas motrizes, (%);

NVsc - número de voltas sem carga;

NVcc - número de voltas com carga.

As variáveis obtidas foram submetidas à análise de regressão, à análise de variância pelo teste de F a 1% de probabilidade. Em todos os procedimentos estatísticos descritos foi utilizado o programa SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, apresentada na Tabela 1, todas as variáveis analisadas apresentaram efeito significativo somente quando houve alteração na força na barra de tração. Então, como a força é um fator quantitativo, todas variáveis foram avaliadas por meio de regressão.

TABELA 1 – Resumo da análise de variância para a Temperatura dos gases de escape (Temp), Consumo Horário (ConH), Consumo Específico (ConE), Velocidade média (Vel), Potência na barra (Pb) e Patinação dos rodados (Pat)

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio					
		Temp	ConH	ConE	Vel	Pb	Pat
Bloco	2	4,08	2,98	29870,26	0,0005	0,34	0,70
Pneu(P)	1	272,25	2,17	215345,66	0,054	0,31	26,30
Resíduo1	2	61,75	1,10	509976,87	0,002	0,061	0,53
Força(F)	5	2949,65*	10,03*	193093667,52*	0,037*	215,49*	55,84*
(P)x(F)	5	48,18	1,69	661517,41	0,004	0,53	2,79
Resíduo2	20	24,58	2,18	468313,22	0,002	0,17	0,94
Total	35						
CV1 =		3,28	5,32	15,13	1,57	2,93	19,40
CV2 =		2,07	7,47	14,50	1,57	4,92	25,86
Média =		239,91	19,78	4720,37	2,48	8,47	3,75

*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F. GL: Grau de liberdade. CV1: Coeficiente de variação da parcela (%). CV2: Coeficiente de variação da subparcela (%).

A curva de ajuste da força de tração em função da temperatura dos gases de escape (Figura 2), ficou melhor representada por um modelo linear ($R^2 = 0,97$). Não houve diferença significativa entre os níveis da parcela, ou seja, os tipos de pneus, nem entre a interação dos fatores, então o modelo foi construído por meio da média das temperaturas dos gases de escape em cada nível da subparcela.

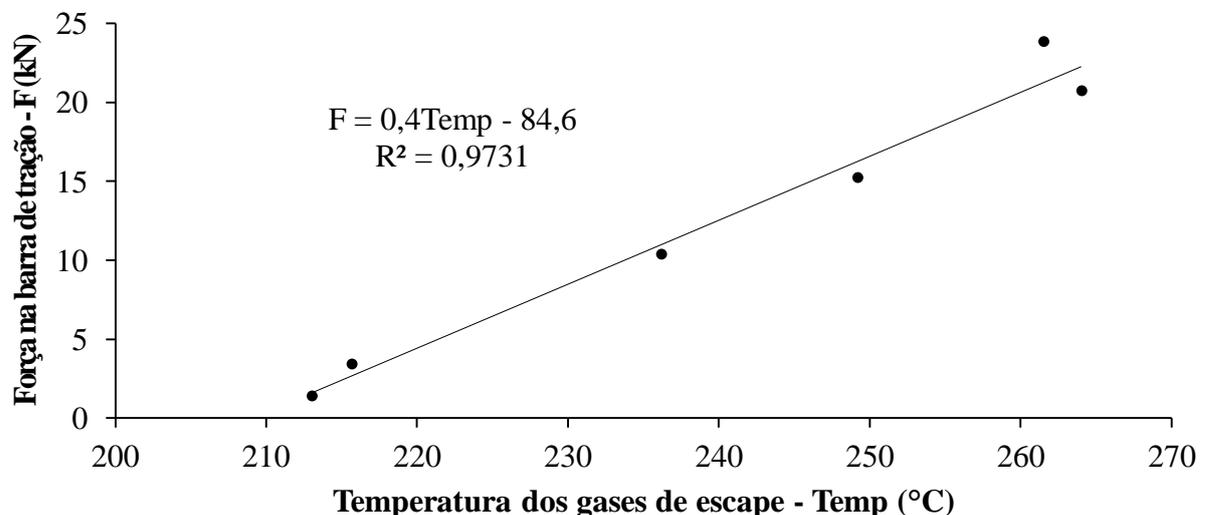


FIGURA 2. Modelo de regressão linear das Forças médias impostas à barra de tração (F), para as diferentes Temperaturas dos gases de escape (Temp).

Pode ser observado ainda na Figura 2 que, aumentando-se a força na barra de tração, a temperatura dos gases também aumenta, seguindo a relação descrita com uma boa correlação. Fato semelhante ocorreu com Bietresato et al. (2014), que efetuaram ensaios em quatro tratores e, utilizando Redes Neurais Artificiais (RNA's) para estimar o torque e o consumo específico de combustível, recomendaram fortemente o uso da temperatura dos gases de escape como parâmetro na estimativa do torque dos tratores.

Os mesmos autores citados anteriormente (Bietresato, et al. 2014), tentaram estimar o consumo específico de combustível também por meio da temperatura dos gases de escape, o que levou à tentativa de ajustar os parâmetros de desempenho de um trator agrícola em função da temperatura dos gases de escape, iniciando-se pela Figura 3, onde observa-se o comportamento das variáveis, no qual melhor se ajustou com um modelo de regressão potencial, em que com o aumento da temperatura, a tendência do consumo específico é diminuir. Porém, diferentes características de motores tem uma influência significativa sobre previsão do consumo específico (Bietresato, et al. 2014). E, neste estudo, utilizou-se apenas um tipo de trator (motor), com isso estudos posteriores podem ser guiados por estas informações.

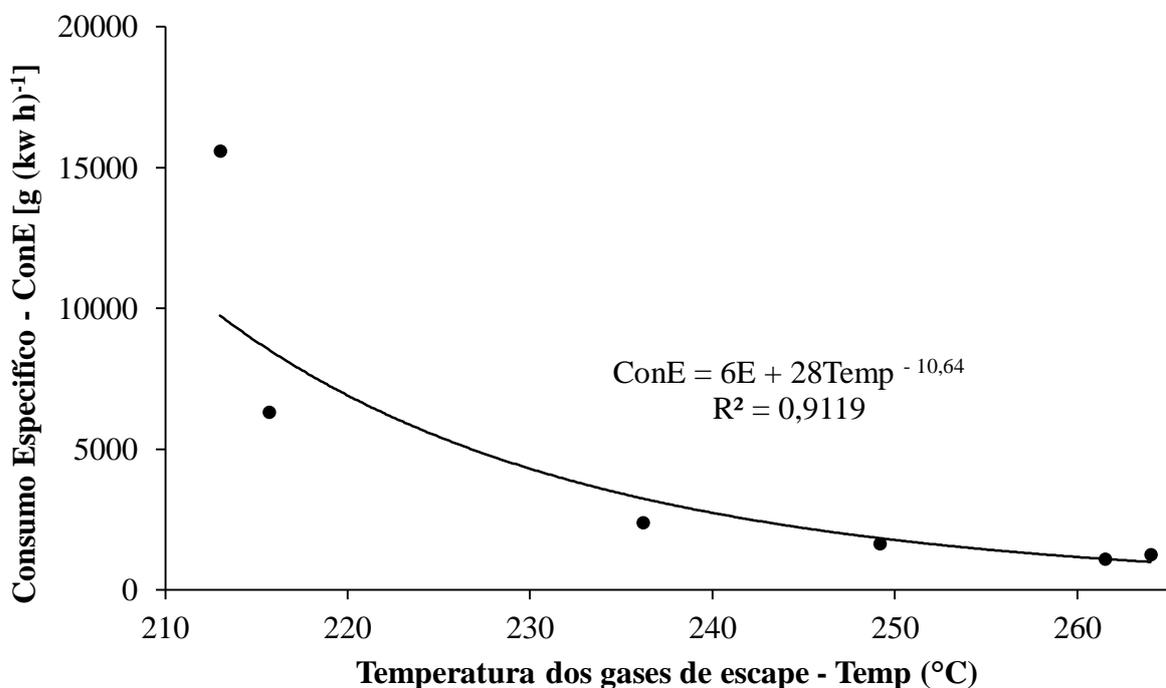


FIGURA 3. Modelo de regressão potencial do Consumo Específico de combustível (ConE), para as diferentes Temperaturas dos gases de escape (Temp).

A Figura 4 mostra dois modelos de regressão, um modelo polinomial para o qual se ajustou o consumo horário de combustível em função da força média na barra de tração, e o

outro, um modelo potencial no qual se ajustou o consumo específico de combustível em função da força média na barra de tração.

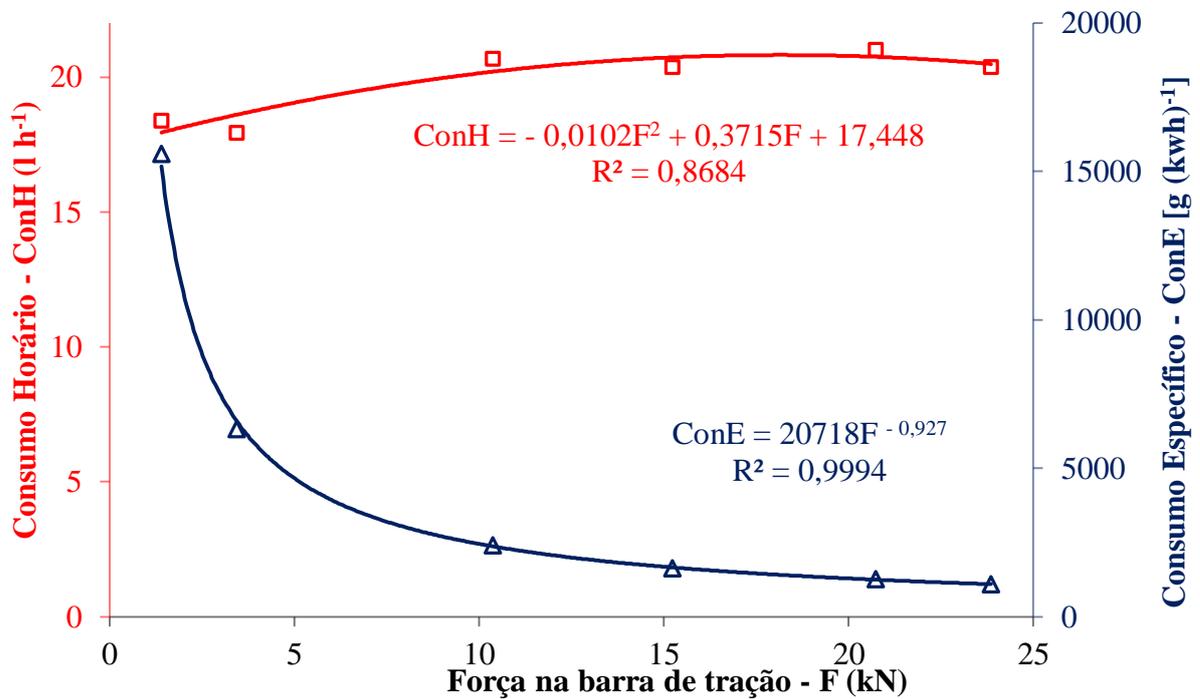


FIGURA 4. Modelos de regressão polinomial do Consumo Horário de combustível (ConH) e Consumo Específico de combustível (ConE), para as diferentes Forças impostas à barra de tração (F).

Para Fiorese et al. (2015) o consumo horário de combustível se comporta de maneira linear em função das forças na barra de tração, contudo, na Figura 4 foi utilizado o modelo polinomial ($R^2 = 0,87$) para ajustar o consumo horário devido a seu R^2 ser maior que o do modelo linear ($R^2 = 0,68$).

Ortiz-Cañavate (2012) utilizou um modelo polinomial para ajustar o consumo específico de combustível em função da força na barra de tração, contudo, ainda na Figura 4 o modelo potencial ($R^2 = 0,9994$) foi utilizado para ajustar o consumo específico devido ao R^2 ser maior do que o do modelo polinomial ($R^2 = 0,8573$).

Para visualizar o comportamento do consumo de combustível (tanto o horário quanto o específico), em função da temperatura dos gases de escape, foi confeccionado o gráfico da Figura 5, onde pode se observar que o consumo horário foi ajustado por um modelo de regressão polinomial, enquanto o consumo específico de combustível foi ajustado por um modelo de regressão potencial.

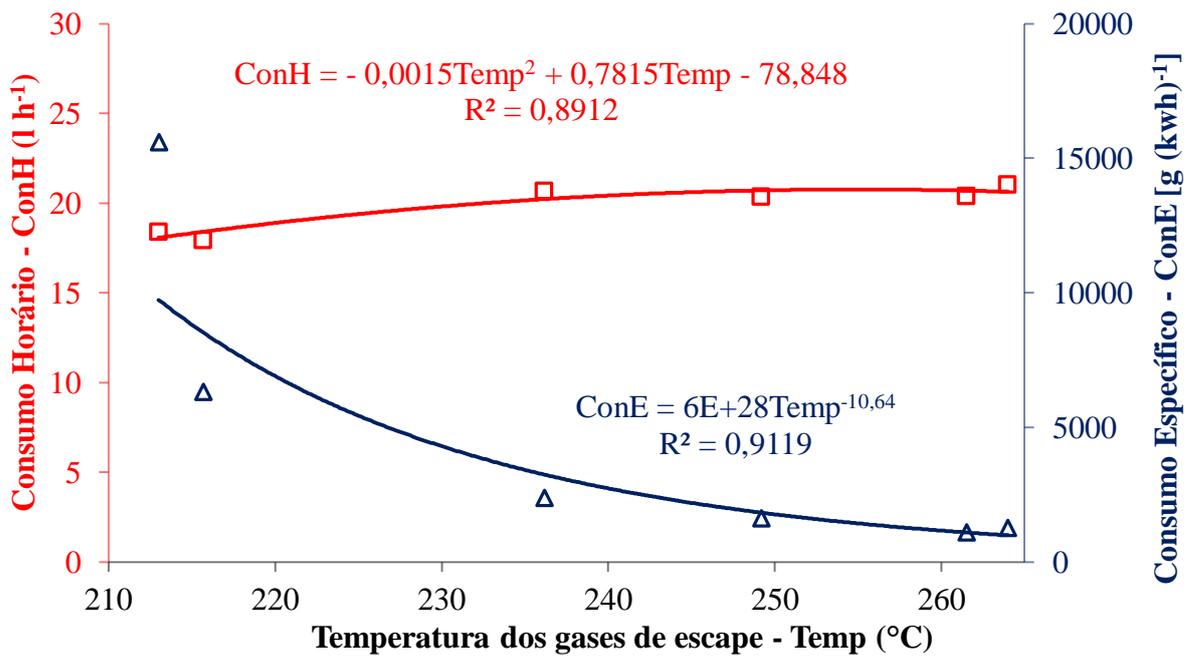


FIGURA 5. Modelos de regressão polinomial e de potência, o polinomial para o Consumo Horário de combustível (ConH) e o de potência para o Consumo Específico de combustível (ConE), os dois em função das Temperaturas dos gases de escape (Temp).

A Figura 6 mostra dois modelos de regressão, um deles é um modelo polinomial que representa a velocidade média de deslocamento em função da força média exercida na barra de tração, o outro é um modelo linear que representa a patinação em função da força, corroborando com modelo proposto por Barger et al. (1963).

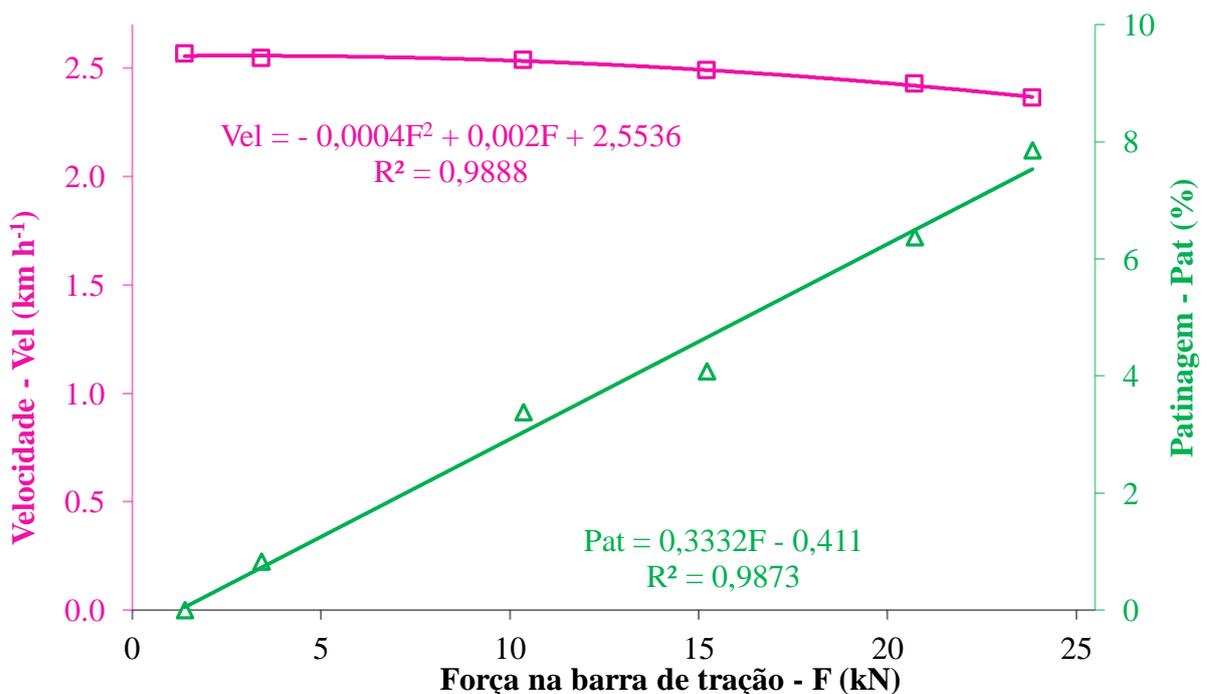


FIGURA 6. Modelos de regressão polinomial e linear, o polinomial para a Velocidade média de deslocamento (Vel) e o linear para a Patinação (Pat), os dois em função das diferentes Forças médias impostas à barra de tração (F).

Modelagem semelhante também foi efetuada por Gomes et al. (2016), que ajustaram a patinação também seguindo um modelo linear, avaliando o desempenho de um trator enquanto variou-se a vazão de ar de admissão do motor e as forças impostas à barra de tração.

Os índices de patinação apresentados na Figura 6 não ultrapassaram 10%, índices acima de 16%, em pista de concreto, provocariam desgastes proibitivos (BARGER et al., 1963). Os valores máximos apresentados na Figura 6 também estão em concordância com normas de ensaios de potência à barra de tração em pista de concreto, que estima valores máximos de patinação dos rodados motrizes em 15% (OECD, 2016).

Assim como anteriormente, para visualizar o comportamento da patinação das rodas motrizes e da velocidade do conjunto, em função da temperatura dos gases de escape, foi confeccionado o gráfico da Figura 7, onde foram ajustadas a velocidade média de deslocamento e a patinação em função das temperaturas dos gases de escape.

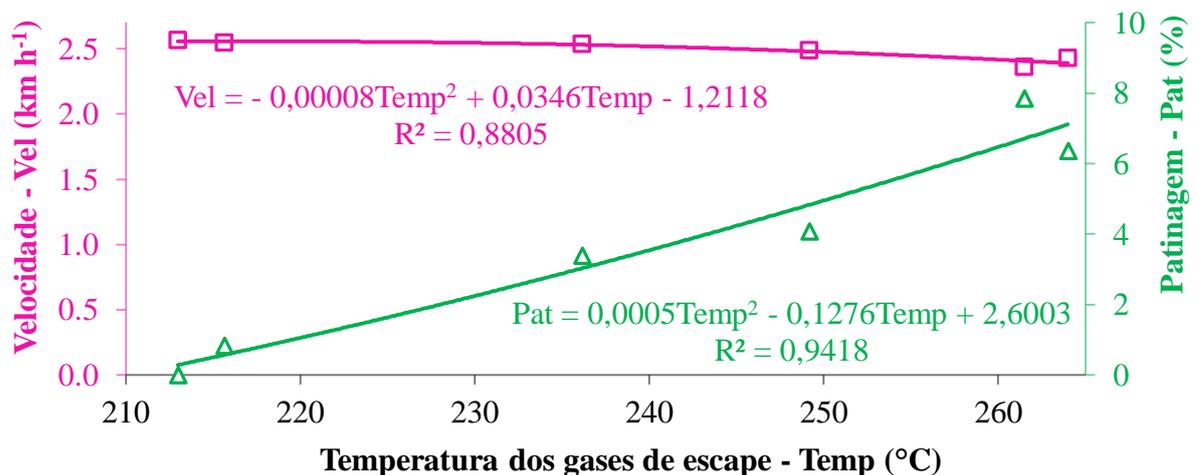


FIGURA 7. Modelos de regressão polinomial, para a velocidade média de deslocamento (Vel) e para a patinação (Pat), em função das diferentes médias de Temperaturas dos gases de escape (Temp).

Como na Figura 6 o comportamento da velocidade e da patinação são semelhantes na Figura 7, à medida que a velocidade diminui a tendência da patinação é aumentar, com proporcional aumento da temperatura seguindo os modelos propostos, ou seja, a velocidade e a patinação também foram ajustadas satisfatoriamente em função da temperatura dos gases de escape.

A Potência na barra de tração depende da força na barra de tração e da velocidade do conjunto (Equação 4) e é um dos fatores determinantes para averiguar o desempenho de um trator agrícola (Ortiz-Cañavate, 2012). Como o objetivo geral deste trabalho é determinar as relações entre os parâmetros de desempenho de um trator agrícola em função da temperatura dos gases de escape, e a potência na barra de tração é um desses parâmetros, é apresentada a

Figura 8 que demonstra o ajuste por um modelo linear da potência na barra de tração em função das temperaturas dos gases de escape, evidenciando mais uma vez que outra variável (potência na barra de tração), pôde ser ajustada em função da temperatura dos gases de escape.

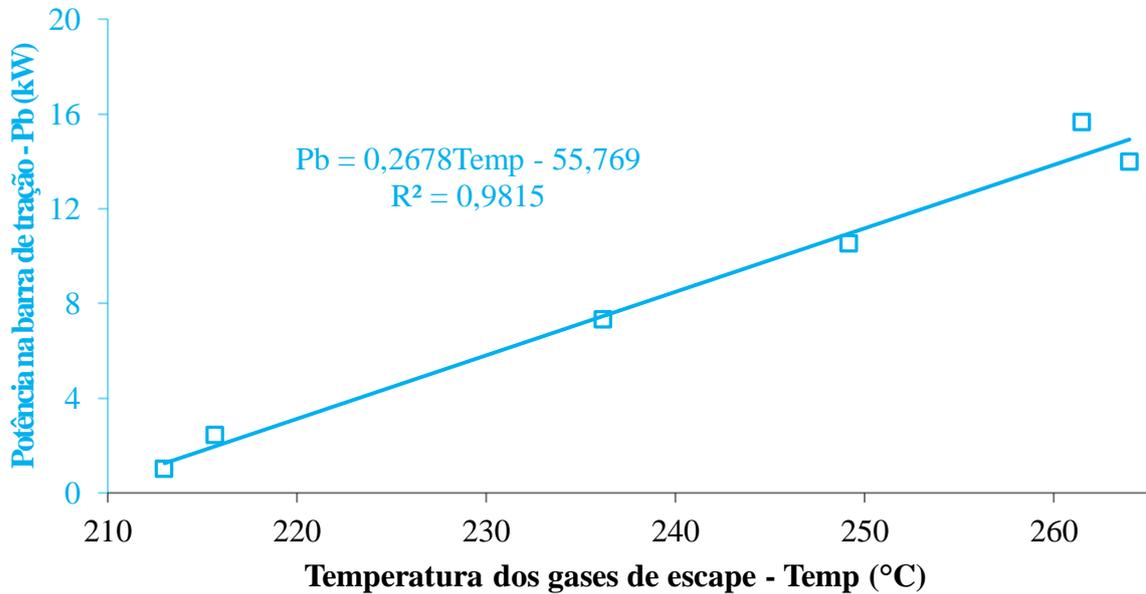


FIGURA 8. Modelo de regressão linear para a potência na barra de tração (Pb), em função das Temperaturas de gases de escape (Temp).

A Figura 9 foi confeccionada apenas para facilitar o entendimento do comportamento da Potência na barra de tração em relação tanto da temperatura dos gases de escape (como já apresentado na Figura 8), quanto para a força na barra de tração.

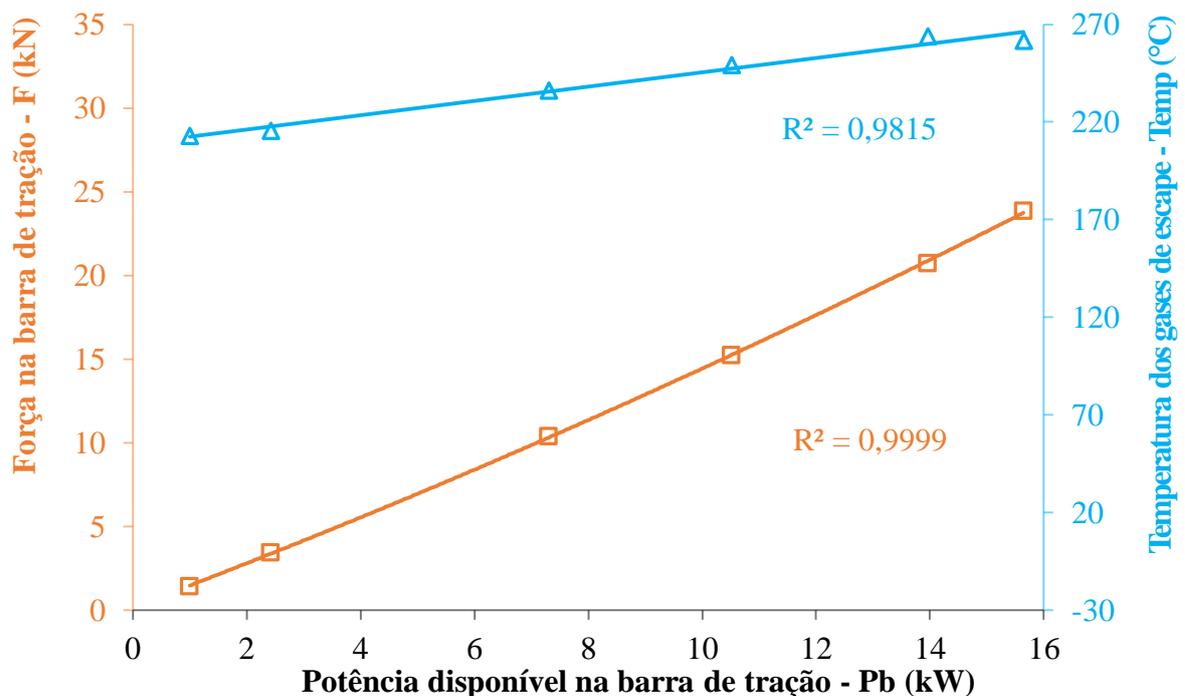


FIGURA 9. Modelos de regressão polinomial e linear, o polinomial é da Força na barra de tração (F), e o linear é da Temperatura dos gases de escape (Temp), os dois em função da Potência na barra de tração (Pb).

4. CONCLUSÕES

A modelagem da força na barra de tração a partir da temperatura dos gases de escape demonstrou que é possível utilizar um sensor de temperatura e um sistema de registro de dados para estimar os parâmetros de desempenho de um trator agrícola.

A variação entre os pneus radiais e diagonais do trator não influenciou na determinação da relação entre a temperatura dos gases de escape do motor e os parâmetros de desempenho do trator.

A utilização da temperatura dos gases de escape para a modelagem do consumo horário de combustível, mostrou-se mais confiável do que a modelagem do consumo horário em função da força na barra de tração.

A potência na barra de tração foi ajustada satisfatoriamente tanto em função da temperatura dos gases de escape quanto em função da força na barra de tração.

Outros estudos podem ser guiados no sentido de incrementar a aquisição de dados de temperaturas, inclusive em outros locais do trator, para determinação de seu desempenho ainda com maior precisão.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, B. G. X.; REIS, E. F.. Conjunto para avaliação dinâmica do desempenho de tratores agrícolas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 110-123, 2018.
- AL-JANOBI, A. A. A data-acquisition system to monitor performance of fully mounted implements. **Applied Engineering in Agriculture**, v.75, p.167-175, 2000.
- BARGER, E. L.; LILJEDAHN, J. B.; CARLETON, W. M.; MCKIBBEN, E. G. **Tratores e seus motores**. São Paulo: Edgard Blücher, 1963. 398 p.
- BIETRETSATO, M.; CALCANTE, A.; MAZZETTO. A neural network approach for indirectly estimating farm tractors engine performances. **Fuel**, s.l., p.144–154, 2015.
- BOWERS, C.G.J. Southeastern tillage energy data and recommended reporting. **Transactions of the ASAE**, v.28, p.731-737, 1985.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A Guide for Its Bootstrap Procedures in Multiple Comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- FIGLIANO, D. A.; MARASCA, I.; FERNANDES, B. B.; SANDI, J.; MORELLI-FERREIRA, F.; LANÇAS, K. P. Desempenho de três tratores agrícolas em ensaios de tração. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 2, n. 2, p. 68-76, 2015.
- GOMES, F. S.; REIS, E. F.; COUTO, R. F.; HOLTZ, V. Desempenho de um trator agrícola sob diferentes cargas e vazões de ar admitidas pelo motor. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 111-119, 2016.
- MANTOVANI, E.C.; LEPLATOIS, M.; INAMASSU, R.Y. Automação do processo de avaliação de desempenho de tratores e implementos em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.1241-1246, 1999.
- MARTINS JUNIOR, S. L.; VIEIRA, J. S.; VANDRESEN, M.; SCHWARZ, L.; SILVEIRA, J. L. STEPE- Sistema Telemétrico de Pesagem Automotiva. **Revista Ilha Digital**, Florianópolis, v. 4, p. 49-60, 2013.
- MIALHE, L. G. Ensaio & certificação de tratores. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: FEALQ, 1996. 722 p.
- OECD - The Organisation for Economic Co-operation and Development. OECD standard code for the official testing of agricultural and forestry tractor performance. **OECD - CODE 2**. Paris, 2016. 101 p.
- ORTIZ-CAÑAVATE, J. **Tratores: técnica y seguridad**. 2. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2012. 222 p.
- REIS, E. F.; CUNHA, J. P. B.; MATEUS, D. L. S.; DELMOND, J. G.; COUTO, R. F. Desempenho e emissões de um motor-gerador ciclo diesel sob diferentes concentrações de biodiesel de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 15, p. 565-571, 2013.

ZOZ, F.; GRISSE, R. D. **Traction and tractor performance**. St Joseph: ASAE. 2003. 46 p.

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