

UTILIZAÇÃO DE MOTORES ELETRÔNICOS E MECÂNICOS EM TRATORES AGRÍCOLAS COMERCIALIZADOS NO BRASIL

Gabriel Felipe da Silva Ricardo¹, Aline Cristina Martins Ramos², Renan Felipe Almeida de Araújo³, Gelson Luiz Michelin⁴, Diego Augusto Fiorese⁵

¹ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT/Sinop-MT, (66) 98424-9612, gabrielfes@hotmail.com

² Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT/Sinop-MT, cristinamramostga@gmail.com

³ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT/Sinop-MT, renan_felipe628@outlook.com

⁴ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT/Sinop-MT, renan_felipe628@outlook.com

⁵ Professor Doutor em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais-ICAA, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop-MT, dafiorese@yahoo.com.br

Apresentado no

XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: A principal função dos motores de tratores agrícolas é converter parte da energia do combustível em energia mecânica, que é utilizada pelos constituintes do trator. Devido à suma importância deste componente, o mesmo vem em crescente desenvolvimento tecnológico, maximizando seu desempenho em seus diversos parâmetros. Visando os constantes aprimoramentos, o objetivo do trabalho foi realizar um levantamento detalhado das novas tecnologias empregadas nos motores de tratores agrícolas, de diferentes marcas, modelos e de potência. O referido trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Agricultura de Precisão e Mecanização Agrícola - LAPMec da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Sinop. O levantamento das informações foi efetuado através de pesquisas exploratórias em catálogos das fabricantes instaladas no Brasil. Os motores foram categorizados e quantificados em eletrônicos e mecânicos, de acordo com a potência e componentes empregados nos mesmos. Como resultados 11,11% possuem bomba injetora rotativa, 16,66% utilizam bomba injetora em linha, 68,88% dispõem de sistema de injeção eletrônica cammon Raíl e 3,33% contém sistema eletrônico com unidades de injeção individuais. Com tratamento de gases, 86,79% possuem o sistema iEGR e 13,20% utilizam o sistema SCR. Dos modelos que possuem tratamento de gases, 92,45% têm motor com potência acima de 100 cv.

PALAVRAS-CHAVE: Desempenho, Componentes mecânicos, Sistema de injeção.

USE OF ELECTRONIC AND MECHANICAL ENGINES IN AGRICULTURAL TRADERS MARKETED IN BRAZIL

ABSTRACT: The main function of agricultural tractor engines is to convert part of the fuel energy into mechanical energy, which is used by the tractor constituents. Due to the importance of this component, it comes in increasing technological development, maximizing its performance in its various parameters. Aiming at the constant improvements, the objective of the work was to carry out a detailed survey of the new technologies used in the engines of agricultural tractors of different brands, models and power. This work was developed in the Laboratory of Precision Agriculture and Agricultural Mechanization - LAPMec of the Federal University of Mato Grosso, Campus of Sinop. The information was collected through exploratory research in catalogs of manufacturers installed in Brazil. The motors were categorized and quantified in electronics and mechanics, according to the power and components employed in them. As a result, 11.11% have a rotary injector pump, 16.66% use an in-line injection pump, 68.88% have a Raíl cammon electronic injection system and 3.33% contain an electronic system with individual injection units. With gas treatment, 86.79% have the iEGR system and 13.20% use the SCR system. Of the models that have gas treatment, 92.45% have an engine with power above 100 hp.

KEYWORDS: Performance, Mechanical components, Injection system.

INTRODUÇÃO: O motor de um trator agrícola é constituído por um conjunto de órgãos com a função de transformar a energia interna do combustível em energia mecânica, sendo que o desempenho dessas máquinas está associado a este processo de conversão de energia (MIALHE, 1996). Recentemente devido ao surgimento de motores turboalimentados, com efeito de ressonância nos coletores de admissão de ar e com injeção eletrônica de combustível, se permite obter curvas de funcionamento muito distintas das que proporcionavam motores antigos (FARIAS, 2014). Em 2011 foi aprovado o programa de emissão de poluentes PRONCOVE MAR – I (Máquinas Agrícolas e Rodoviárias) que foi publicada na resolução nº 433/2011 do CONAMA, com o objetivo de minimizar a emissão de gases para a atmosfera. Visando o crescente avanço no desenvolvimento dos motores agrícolas que atendam as exigências ambientais, o trabalho teve por objetivo realizar um levantamento detalhado das novas tecnologias empregadas nos motores de tratores agrícolas, de diferentes marcas, modelos e categorias de potência. Este detalhamento dos motores utilizados nos tratores agrícolas comercializados no Brasil, se justifica devido à necessidade de informações sobre os motores das máquinas utilizadas na agricultura moderna, para que o conhecimento das características empregadas em cada modelo, possibilite uma análise das melhorias implementadas e dos avanços que ainda são possíveis de se desenvolverem.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi conduzido no Laboratório de Agricultura de Precisão e Mecanização Agrícola – LAPMec da Universidade Federal do Mato Grosso, *Campus* de Sinop – MT. Os dados foram coletados mediante pesquisa exploratória em catálogos das fabricantes de tratores agrícolas. As empresas selecionadas para realização das análises foram: John Deere, Massey Ferguson, Valtra, Agrale, Case e New Holland. No total foram utilizados 148 modelos de tratores para avaliação dos componentes empregados em seus motores. Para a organização das informações obtidas, inicialmente foi realizada a classificação dos tratores utilizados seguindo os critérios da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores - ANFAVEA (2006), que subdivide os tratores agrícolas em diferentes faixas de potência bruta do motor, sendo a categoria leve com até 49 cv (36,0 kW) de potência; categoria média de 50,0 à 99,0 cv (36,8 à 72,8 kW) e a categoria pesada com potência acima de 100 cv. Os dados foram lançados em planilhas eletrônicas e os motores subclassificados em mecânicos e eletrônicos de acordo com os sistemas de injeção de combustível e pós-tratamento de gases de exaustão. Os modelos avaliados foram quantificados dentro das características avaliadas e posteriormente foram analisadas as porcentagens de utilização dos sistemas em questão nos tratores agrícolas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Para se obter uma melhor visualização e análise dos dados é apresentado no quadro 1 os valores quantitativos com relação ao número de modelos de tratores que dispõem de um determinado componente em seu motor. A marca Agrale com relação ao sistema de injeção de combustível apresentou em seus modelos apenas motores mecânicos, sendo que especificado em catálogos havia motores com bomba mecânica rotativa e em linha, porém seis modelos, sendo quatro com menos de 49 cv, um com 75 cv e um com 100 cv, não apresentaram especificações com relação ao tipo de bomba injetora, especificando apenas que o sistema de injeção é direta. Com relação aos sistemas de pós-tratamento de gases em nenhum dos modelos os catálogos indicaram a utilização de algum sistema. Os tratores da Marca Valtra apresentaram motores mecânicos e eletrônicos em suas linhas de produto, sendo que os motores mecânicos avaliados, em sua maioria, estão na categoria de potência de 50 cv a 99 cv e apenas um acima de 100 cv, onde em sua totalidade as bombas injetoras de combustível mecânicas são do tipo em linha. Nos motores mecânicos não foram indicados em catálogo a utilização de sistemas de pós-tratamento. Nos motores eletrônicos da Valtra, o sistema de injeção de combustível são common rail que, segundo Podorodeczki (2016), é um sistema de injeção que caracteriza-se por possuir controle maior da pressão de injeção no cilindro, bem como a sua geração de pressão de combustível que pode ser gerada e acumulada independente da rotação do motor e também da quantidade de combustível a ser injetado. Ainda nos motores eletrônicos da Valtra, na maioria dos tratores foi apresentado nos catálogos como sistema de pós-tratamento de gases a recirculação dos gases de escape (Exhaust Gases Recirculation – iEGR), que de acordo com Squaiella (2010) esta tecnologia recircula parte dos gases provenientes da combustão e

modifica a forma como a chama se propaga causando uma drástica redução sobre as emissões de NOx. Os modelos Valtra da serie S e os tratores de esteira em catálogo não apresentaram o tipo de sistema de injeção de combustível e nem o sistema de pós tratamento de gases, bem como a serie T CVT que também não indicou a tecnologia utilizada no tratamento dos gases de escape.

QUADRO 1. Classificação dos motores de tratores agrícolas e quantificação dos modelos com relação ao sistema de injeção de combustível e pós-tratamento dos gases.

Marca	Categoria de potência	Sistema de injeção de combustível				Pós-tratamento de gases	
		Bomba injetora mecânica		Eletrônicos		iEGR	SCR
		Rotativa	Em linha	Common Rail	Outro		
AGRALE	Até 49 CV		1				
	50 CV à 99 CV	2	1				
	Acima de 100 CV		1				
VALTRA	50 CV à 99 CV		11				
	Acima de 100 CV		1	16		12	
NEW HOLLAND	50 CV à 99 CV	4					
	Acima de 100 CV	2		10		6	
JOHN DEERE	50 CV à 99 CV						
	Acima de 100 CV	2		17	3	9	
CASE	50 CV à 99 CV	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Acima de 100 CV			19		8	7
MASSEY FERGUSON	50 CV à 99 CV	ND	ND	ND	ND	4	
	Acima de 100 CV					7	
	TOTAL	10	15	62	3	46	7
		90				53	

iEGR: Recirculação de gases de escape (Exhaust Gases Recirculation); SCR: Redução catalítica seletiva (Selective Catalyst Reduction).

A fabricante New Holland possui em meio aos seus modelos de tratores agrícolas, motores mecânicos com potência entre 50 a 99 cv e um modelo acima de 100 cv que são constituídos por bomba injetora do tipo rotativa e as máquinas com motores eletrônicos, como indicado no catálogo, dispõe do sistema de injeção eletrônica cammon rail que, segundo Podorodeczki (2016), naturalmente consegue diminuir significativamente as emissões de gases nocivos nos motores devido ao controle superior de volume e pressão do combustível injetado se comparado com um motor mecânico. O sistema de pós-tratamento de gases nas máquinas da New Holland como especificado pelo catálogo é o iEGR e está presente apenas nos motores com potência acima de 100 cv. As séries TL e T9 não indicaram em catálogo a existência de tratamento de gases de exaustão e não apresentaram o sistema de injeção de combustível, bem como a série T7 que também não apresentou o sistema de pós-tratamento de gases. Com relação aos Tratores John Deere os modelos da série 5E e o modelo 5EF não apresentou em suas especificações técnicas, o sistema de injeção de combustível e nem a utilização de pós-tratamento de gases. As máquinas John Deere acima de 100 cv, com relação ao sistema de injeção de combustível, apresentaram bomba injetora mecânica rotativa, sistema eletrônico cammon rail e sistema eletrônico com unidades injetoras individuais. De acordo com a empresa Bosch (2016) o sistema de unidade injetora integra a bomba de alta pressão e o injetor em uma só unidade compacta para cada cilindro do motor, esse sistema substitui o conjunto porta injetor dos sistemas convencionais, dispensando o uso das tubulações de alta pressão, o que possibilita atingir elevados valores de pressão. Cada unidade injetora está instalada no cabeçote do motor e realiza a injeção de combustível diretamente em cada

cilindro. A injeção é controlada por meio de uma válvula eletromagnética de acionamento rápido que é controlada pela unidade eletrônica de comando, que determina o melhor momento e o volume adequado de combustível que será injetado para cada condição de funcionamento do motor, proporcionando, entre muitos benefícios, a menor emissão de gases poluentes e o menor ruído de combustão devido à pré-injeção e à curva suave da pressão da injeção. Os sistema de pós-tratamento de gases da John Deere é o iEGR. A empresa Case com relação às demais fabricantes apresenta um diferencial em seu sistema de tratamento de gases de exaustão, pois em alguns modelos de tratores possui o sistema de redução catalítica seletiva (Selective Catalyst Reduction - SCR) que, segundo Squaiella (2010), é uma tecnologia que se mostrou a mais eficiente com relação ao consumo de combustível/desempenho. A função do SCR é criar um ambiente onde a amônia (NH₃) possa reagir com o NO_x convertendo-se em Nitrogênio (N₂) mais água (H₂O). As máquinas Farmall 60, 80, 95 não apresentaram o sistema de injeção e nem a possibilidade de utilização de sistema de tratamento de gases. Os modelos Farmall 110 e 130 não indicaram em suas especificações técnicas o sistema de injeção e a Série Magnum não mostrou o sistema de pós-tratamento de gases. Os sistemas de injeção de combustível dos tratores acima de 100 cv, indicados em catálogo, são todos cammon rail. A marca Massey Ferguson em nenhum dos seus modelos de tratores indicou em catálogo o sistema de injeção de combustível utilizado e especificou a utilização de sistema de tratamento de gases de escape em apenas alguns modelos, sendo que o sistema utilizado é o iEGR.

CONCLUSÕES: Analisando os tratores avaliados e que tiveram descritas as especificações técnicas do sistema de injeção de combustível têm-se um total de 90 modelos, dos quais 11,11% possuem bomba injetora rotativa, 16,66% utilizam bomba injetora em linha, 68,88% dispõem de sistema de injeção eletrônica cammon Raíl e 3,33% contém sistema eletrônico com unidades de injeção individuais. Com relação ao sistema de pós-tratamento que foi descrito nos catálogos, pode-se observar 53 modelos, onde 86,79% possuem a recirculação dos gases de exaustão (iEGR) e 13,20% utilizam a redução seletiva catalítica – SCR, sendo que 92,45% dos modelos que possuem tratamento de gases têm motor com potência acima de 100 cv.

REFERÊNCIAS:

- MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificações**. Piracicaba: CNPq-PADCT/TIB-FEALQ, 1996. 722 p.
- GOMES, L. G. F. F. *Novela e sociedade no Brasil*. Niterói: EdUFF, 1998.
- FARIAS, M. S. **Avaliação de motores de tratores agrícolas utilizando dinamômetro móvel**. Santa Maria: UFSM. Dissertação de mestrado, 2014.
- SQUAIELLA, L. L. F. **Efeitos do sistema de recirculação dos gases de escape no controle de emissões de NO_x em motores diesel**. Campinas: UNICAMP. Dissertação de mestrado, 2010.
- PODORODECZKI, P. R. **Análise de desempenho de motor diesel com injeção eletrônica common rail alimentado com misturas diesel – biodiesel em dinamômetro de chassis**. Porto alegre: PUC. Dissertação de pós-graduação, 2016.
- BOSCH, R. **Catálogo de Sistemas de Injeção Eletrônica Diesel**. Campinas: São Paulo. 74p, 2016
- CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **CONAMA 433/2011: Inclusão Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores e limites máximos de emissão de ruídos para máquinas agrícolas e rodoviárias novas**. 69p. 2011.
- ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Indústria Automobilística Brasileira: 50 anos**. São Paulo, 2006. Disponível em: < <http://www.anfavea.com.br/50anos.html> >. Acesso em abril 2017