Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Emissões de gases poluentes de um motor ciclo Diesel utilizando misturas de biocombustíveis

Emissions of Diesel cycle engine using biofuels blends

Javier Solis Estrada, José Fernando Schlosser, Marcelo Silveira de Farias, Juan Paulo Barbieri, Iury Iago Port Rüdell, Juliane Damasceno

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Centro de Ciências Rurais (CCR), Dep. de Engenharia Rural, Av. Roraima, nº 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, CEP 97105-900, Santa Maria, RS.
E-mail: j.solis.estrada@gmail.com

Recebido em: 06/12/2014 Aceito em:13/10/2016

Resumo. A crescente demanda mundial de energia, a redução das reservas de petróleo e os atuais problemas de poluição ambiental, instigam o interesse pelo estudo de combustíveis alternativos para os motores de combustão interna, visando substituir, de forma parcial ou total, os combustíveis derivados de petróleo. Neste contexto, objetivou-se avaliar as emissões e a opacidade dos gases poluentes de um motor ciclo Diesel de um trator agrícola, utilizando óleo Diesel S500 (B5) e sua mistura com 6, 12 e 15% de etanol hidratado. As variáveis avaliadas foram: emissões de CO_2 (g kWh^{-1}), NO_x (g kWh^{-1}) e a opacidade (valor k) dos gases a cada 100 rpm, desde 1400 até 2100 rpm do motor. Foram também mensurados os valores de O_2 (%) emitido pelo motor e a temperatura dos gases de escape (ºC). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, no desenho bifatorial 4x8, com três repetições. Os resultados indicam que, de forma geral, as misturas de etanol no óleo Diesel, diminuem as emissões de poluentes. A opacidade dos gases foi reduzida à medida que a adição de etanol no B5 foi incrementada, bem como devido ao aumento da rotação do motor. Já para os gases NO_x e CO_2, as reduções de seus níveis foram mais sensíveis as reduções da rotação do motor, ao incremento da porcentagem de etanol na mistura. Ainda, observou-se uma relação direta entre a opacidade dos gases e a quantidade de O_2 emitido pelo motor, e entre os gases NO_x e CO_2 com a temperatura dos gases poluentes. A mistura de etanol hidratado no óleo Diesel S500 pode ser utilizada como combustível alternativo em motores ciclo Diesel.
Palavras-chave: trator agrícola, etanol hidratado, gases poluentes.

Abstract. The growing demand of energy in the world, the decrease of petroleum reserves and the current problems of environmental contamination, instigate the interest by the renewable energy study for internal combustion engines, to replace partially or completely to petroleum based fuels. In this context, the work aimed to evaluated emissions and opacity of pollutant gases of a Diesel engine of an agricultural tractor, using Diesel S500 (B5) and mixture with 6, 12 and 15% of hydrous ethanol. The variables evaluated were emissions of CO_2 (g kWh^{-1}), NO_x (g kWh^{-1}) and opacity (k-value) of gases every 100 rpm from 1400 to 2100 engine speed. Were also measured O_2 (%) values emitted by the engine and the exhaust gas temperature (°C). The experimental was completely randomized in a bifactorial design 4x8 with three replicates. The results indicate that, in general, mixtures of ethanol in Diesel reduce emissions of pollutants. The opacity of the gases was reduced with the increase of ethanol in the B5, as well as the increase in engine speed. As for the gases NO_x and CO_2 the reductions of their levels were more sensitive to the engine speed reductions that the increase of percentage the ethanol in the mixture. Furthermore, a direct relationship was observed between the opacity of the gases and the amount of O_2 delivered by the engine, and between NO_x and CO_2 gas to the temperature of the gaseous pollutants. The mixture of hydrous ethanol in Diesel oil S500 may be used as an alternative fuel for Diesel cycle engines.
Keywords: agricultural tractor, ethanol hydrous, pollutant gases.

Introdução

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

A energia é um dos principais requerimentos para o desenvolvimento econômico e social da humanidade (Dwivedi et al., 2011). Ao longo dos anos, as fontes de energia de origem fóssil tem demonstrado sua importância para a sociedade. Neste sentido, os combustíveis derivados de petróleo tornaram-se indispensáveis desde a introdução dos motores de combustão interna (Gever et al., 1991).

Com o intuito de atender a crescente demanda de energia no mundo, muitas pesquisas são realizadas para desenvolver e utilizar diferentes combustíveis alternativos, de origem renovável (Chauhan et al., 2013). Para Agarwal (2007), os biocombustíveis tentam diminuir a dependência do petróleo, oferecendo mais opções aos usuários diante da escassez dos combustíveis derivados de petróleo, reduzindo também as emissões de poluentes no ambiente.

As emissões provenientes da combustão dos motores provocam um impacto considerável no ambiente e na saúde humana (Lindgren et al., 2011). Os efeitos das enfermidades relacionadas com estes gases poluentes estão relacionados em longo prazo a risco de câncer (Tadano et al., 2014). Em curto prazo, a emissão de óxidos de carbono (CO_x) em quantidades elevadas é fatal para o homem, enquanto que os óxidos nitrosos (NO_x) estão associados a enfermidades respiratórias, e o material particulado (MP) a irritação nos olhos e tosse (Hosseinpoor et al., 2005; Martonen & Schroeter, 2003).

Outro fator que motiva a pesquisa de biocombustíveis são as legislações nacionais e internacionais que limitam a quantidade de emissões de gases poluentes gerados pelos motores de combustão interna. No caso dos motores ciclo Diesel, e especificamente para motores que equipam as principais máquinas agrícolas autopropelidas (tratores, colhedoras e pulverizadores), estes são classificadas de acordo com normativas internacionais de emissões TIER ou EURO (Márquez, 2012).

No Brasil, ainda não é obrigatório a utilização de motores enquadrados dentro das classificações internacionais, permitindo a presença no mercado de motores que geram alta poluição ambiental. A partir do ano 2017, será obrigatório que os motores de máquinas agrícolas novas sejam fabricados sob os limites máximos de emissões indicados pelo PROCONVE MAR-I, cujos valores são equivalentes à norma de emissões de gases internacional TIER 3 (CONAMA, 2011).

A utilização de etanol como combustível oxigenado é importante na redução de emissões de gases poluentes (Rahimi, 2009). No entanto, existem dificuldades na sua utilização, visando substituir parcialmente o óleo Diesel, em motores de combustão interna. Para atenuar este impasse, diversas pesquisas foram desenvolvidas, determinando como 15% a quantidade máxima de etanol, passível de mistura, sem a realização de modificações mecânicas no motor (Shadidi et al., 2014). Outras pesquisas sinalam o biodiesel como um aditivo para estabilizar a mistura etanol-Diesel (ED) (Ribeiro et al., 2007).

No cenário internacional, em diversos países, já vem sendo comercializado as misturas ED, como combustível para motores ciclo Diesel. Na Tailândia são utilizados 10% de etanol no óleo Diesel, já na Austrália, Suécia e EUA são utilizadas misturas com 15% de etanol (Hansen et al., 2005).

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar, em laboratório, as emissões de poluentes de um motor ciclo Diesel de um trator agrícola, utilizando como combustíveis o óleo Diesel S500 (B5) e sua mistura com 6, 12 e 15% de etanol hidratado, visando quantificar as emissões de CO_2, NO_x e O_2, assim como a opacidade (Valor k) e a temperatura (ºC) dos gases poluentes.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado no Núcleo de Ensaios de Máquinas Agrícolas (NEMA), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria – RS. Na montagem do experimento utilizou um trator agrícola da marca Massey Ferguson, modelo MF 4291, potência nominal de 77,20 kW (105 cv), fabricado no ano de 2012 e com, aproximadamente, 100 horas de uso. O trator possui um motor ciclo Diesel turboalimentado da marca Perkins, modelo 1104A-44T, de quatro cilindros e volume deslocado total de 4400 cm^3. A injeção de combustível é realizada por meio de uma bomba mecânica do tipo rotativa, da marca Delphi. A potência e o torque máximo do motor são de 77,20 kW (105 cv) e 400 Nm, respectivamente, segundo informações do fabricante.

O combustível Diesel S500 (B5) e o etanol hidratado, proveniente de cana-de-açúcar, foram adquiridos em uma rede de abastecimento automotivo local. Os quatro combustíveis

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

utilizados para as análises das emissões foram os seguinte: B5: óleo Diesel S500 (B5), como testemunha; ED6: B5 com 6% de etanol hidratado; ED12: B5 com 12% de etanol, e ED15: B5 com 15% de etanol. As densidades volumétricas destes combustíveis foram: 845, 843, 838 e 837 g L^{-1}, respectivamente, medidas a temperatura de 19,5 ºC.

A medição das emissões de CO_2 (g kWh^{-1}), NO_x (g kWh^{-1}) e O_2 (% vol.), assim como a temperatura (ºC) e a opacidade dos gases, este último por meio do coeficiente de absorção de luz (valor k), foi realizada no escapamento do trator, utilizando o analisador de gases, marca Saxon, modelo Infralyt ELD e o opacímetro, marca Saxon, modelo Opacilyt 1030. Ambos os equipamentos são controlados por meio do *software* MWIELD O1030. A temperatura dos gases foi medida utilizando um termopar tipo K. Os valores de CO_2 e NO_x foram coletados pelo analisador de gases em % e ppm, respectivamente. Para realizar a transformação para a unidade de g kWh^{-1} foram utilizadas as equações apresentadas por Pilusa et al. (2012).

Antes da coleta de dados realizou-se o aquecimento do motor do trator durante um período de 20 min objetivando estabilizar suas condições de funcionamento. Para isto, o acelerador foi posicionando em rotação máxima e, utilizando o dinamômetro de correntes parasitas, marca EGGERS, modelo PT 301 MES foi aplicada uma carga para reduzir a rotação do motor até a nominal (2200 rpm). A cada troca de combustível o motor permaneceu em funcionamento sob carga, para que resíduos do combustível anterior, presente no sistema de injeção, fossem consumidos pelo motor.

A faixa de rotação avaliada foi de 1400 até 2100 rpm do motor, a cada diminuição de 100 rpm. Analisou-se esta faixa de rotação visto que os valores de torque e potência máxima do motor, para os quatro combustíveis utilizados encontram-se dentro destes valores. As variáveis Opacidade (valor k), NO_x (g kWh^{-1}), CO_2 (g kWh^{-1}), O_2 (% vol.) e Temperatura (ºC) dos gases foram analisados de acordo com um esquema bifatorial (4x8), proveniente da interação dos quatro tipos de combustíveis e das oito rotações do motor analisadas. Foram realizadas três repetições, compondo assim um experimento em delineamento inteiramente casualizado (DIC). A análise estatística foi feita por meio do teste Tukey, com 5% de probabilidade de erro. Utilizou-se o *software* Sisvar, versão 5.3 (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

O resumo da análise de variância (ANOVA) dos resultados de Opacidade, NO_x, CO_2, O_2 e temperatura dos gases de escape em diferentes rotações do motor e combustíveis avaliados, é apresentado na Tabela 1. A partir desses resultados, verifica-se que não houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) da interação entre os fatores nos parâmetros analisados. Os baixos valores dos coeficientes de variação (CV), que representam o desvio padrão expresso como percentagem da média, revelam a precisão do experimento.

Tabela 1. Resumo da ANOVA para os parâmetros Opacidade (valor k), NO_x (g kWh^{-1}), CO_2 (g kWh^{-1}), O_2 (% vol.) e Temperatura (ºC) dos gases de escape.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios				
		Opacidade	NO_x	CO_2	O_2	Temperatura
Rotação (R)*	7	2,45	41,03	12702,24	10,25	2787,56
Combustível (C)*	3	0,42	0,77	2933,99	1,25	2318,95
R x C	21	0,03	0,03	37,54	0,01	1,51
Resíduo	64	0,00	0,03	24,59	0,01	5,09
Fc (R x C)		8,02	0,87	1,53	0,52	0,30
CV (%)		8,56	2,18	1,07	1,13	0,69

* Difere significativamente ($p \leq 0,05$)

.

Na rotação de 1400 rpm do motor foram encontrados os maiores valores de opacidade dos gases (Tabela 2). Evidencia-se que, conforme aumenta a rotação do motor, menores são os valores de opacidade. Nesta rotação, utilizando o ED6, o valor k foi de 1,91 m^{-1}, o qual não diferiu do valor obtido com o B5 (1,86 m^{-1}). Nesta mesma rotação com o ED12 e o ED15, os resultados

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

diminuíram 0,40 m^{-1} (22%) e 0,58 m^{-1} (31%), respectivamente, em relação ao B5, como pode ser observado na Tabela 2

Tabela 2. Teste de Tukey para os valores médios de Opacidade (valor k), NO_x (g kWh^{-1}), CO_2 (g kWh^{-1}), O_2 (% vol.) e Temperatura (ºC) dos gases de escape, nas diferentes rotações e combustíveis avaliados.

	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100
				Opacidade (valor k)				
B5	1,86 a*	1,31 a	0,95 a	0,67 a	0,52 a	0,49 a	0,48 a	0,5 a
ED6	1,91 a	1,35 a	0,96 a	0,60 ab	0,45 ab	0,42 ab	0,40 ab	0,4 ab
ED12	1,46 b	1,03 b	0,71 b	0,48 bc	0,38 b	0,36 b	0,37 ab	0,39 ab
ED15	1,28 c	0,91 b	0,56 c	0,42 c	0,36 b	0,35 b	0,34 b	0,36 b
				NO_x (g kWh^{-1})				
B5	10,06 a	9,84 a	9,54 a	8,97 a	8,08 a	7,33 a	6,21 a	4,91 a
ED6	9,81 a	9,74 a	9,37 ab	8,73 ab	7,94 a	7,29 a	6,26 a	4,90 a
ED12	9,99 a	9,81 a	9,43 a	8,57 bc	7,89 ab	7,14 ab	6,12 a	4,69 ab
ED15	9,82 a	9,66 a	9,02 b	8,33 c	7,55 b	6,86 b	5,90 a	4,42 a
				CO_2 (g kWh^{-1})				
B5	508,18 a	491,40 ab	485,68 a	482,72 a	480,33 a	478,99 a	451,27 ab	402,95 a
ED6	506,39 a	493,80 a	487,27 a	484,45 a	481,92 a	480,15 a	4,60,76 a	406,55 a
ED12	498,80 ab	491,36 ab	473,69 b	468,34 b	466,01 b	464,28 b	443,69 bc	387,89 b
ED15	490,48 b	481,28 b	461,57 c	457,09 c	453,07 c	450,71 c	433,18 c	381,20 b
				O_2 (% Vol.)				
B5	8,97 b	9,33 b	9,53 c	9,61 c	9,72 c	9,94 c	10,91 b	11,84 c
ED6	9,20 b	9,52 b	9,77 bc	9,85 bc	9,94 bc	10,14 bc	10,97 b	12,06 bc
ED12	9,21 b	9,57 b	9,79 b	9,95 b	10,07 b	10,25 b	11,12 ab	12,16 ab
ED15	9,48 a	9,84 a	10,14 a	10,26 a	10,39 a	10,54 a	11,30 a	12,32 a
				Temperatura (ºC)				
B5	359,00 a	352,33 a	346,33 a	339,00 a	336,33 a	333,33 a	325,67 a	309,67 a
ED6	356,67 a	350,67 a	345,00 a	339,66 a	336,33 a	332,00 a	324,67 a	309,00 a
ED12	346,67 b	340,33 b	335,00 b	328,33 b	326,00 b	321,67 b	314,67 b	298,67 b
ED15	338,00 c	332,00 c	324,00 c	318,67 c	315,67 c	311,67 c	303,67 c	291,00 c

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de significância. B5: óleo Diesel S500 (B5), como testemunha; ED6: B5 com 6% de etanol hidratado; ED12: B5 com 12% de etanol, e ED15: B5 com 15% de etanol.

Analisando a opacidade nas rotações do motor, e em relação aos resultados obtidos a 1400 rpm, foi obtido, em média, uma redução de 51,57% na opacidade para todos os combustíveis analisados na rotação de 1600 rpm, enquanto que a 2100 rpm ocorre uma diminuição média de 74,33%. Segundo Lapuerta et al. (2008), trabalhando com misturas ED em motores ciclo Diesel, a opacidade dos gases é reduzida devido a maior quantidade de ar que é admitido pelo motor e pelo maior conteúdo de O_2 da mistura, o que promove uma redução na formação de misturas ricas de combustível.

Observa-se que a redução de gases NO_x não foi influenciada pelo incremento de etanol no B5 para uma mesma rotação, visto que das oito rotações analisadas, somente em quatro foi obtida diferença, para as misturas ED12 e ED15. A menor emissão devido ao incremento do etanol, ocorreu na rotação de 2100 rpm, onde utilizando o ED15, o valor do NO_x, foi reduzido em 9,98% (Tabela 2). De forma semelhante, outros pesquisadores também obtiveram reduções de, em média, 8,0% nas emissões de NO_x utilizando a mistura oxigenada de ED15 em relação ao óleo Diesel

(GNANAMOORTHIA & DEVARADJANEB, 2013; SONG et al., 2010).

A emissão de NO_x sofre maior influência das rotações do motor, diminuindo em média, para todos os combustíveis utilizados e em relação a 1400 rpm, cerca de 52,32% operando a 2100 rpm. Nesta última rotação, os valores emitidos ainda estão dentro dos limites aceitáveis pela norma Tier II. Rotações maiores, acima de 1700 rpm, fazem com que o motor emita valores enquadrados dentro do estabelecido pelo Tier I (até 9,2 g kWh^{-1}), enquanto que em rotações menores a 1700 rpm, o motor não cumpre com o estabelecido pela norma internacional.

Observa-se que as emissões de CO_2 foram maiores quando o motor trabalhou em baixas rotações (Tabela 2). Em média, para todos os combustíveis utilizados, trabalhando a 2100 rpm, estas emissões foram reduzidas em 21,23% quando comparado com os resultados obtidos a 1400 rpm. Em rotações menores a 2000 rpm, esta diferença é inferior a 7,00%. Já quando comparamos os resultados em função da percentagem de etanol na mistura, observa-se que considerando as oito rotações, utilizando o ED12 e o ED15, as emissões de CO_2, foram reduzidas em 2,35 e 4,60%, respectivamente, em relação ao B5. A utilização da mistura ED6 provocou a emissão dos maiores valores de CO_2 quando comparado aos demais tratamentos, à exceção de quando o motor trabalhou a 1400 rpm utilizando B5 como combustível (Tabela 2).

Aplicando diferentes cargas no motor, para uma rotação constante de 2000 rpm e utilizando ED10 como combustível, Guarieiro et al. (2009) encontraram resultados similares aos apresentados neste trabalho, onde obtiveram redução máxima de 6% na emissão de CO_2, comparado com o valor obtido com o Diesel.

Analisando ao longo de todas as rotações, encontra-se, em média, um incremento de 31,27% na emissão de O_2 a 2100 rpm, quando comparado com a rotação de 1400 rpm. Desta forma, se obtém uma relação inversa entre opacidade dos gases e nível de O_2 emitido pelo motor.

Ratificando o analisado por Lapuerta et al. (2008), observa-se a mesma tendência neste experimento no que diz respeito à quantidade de O_2 emitido pelo motor (Tabela 2), visto que conforme aumentou a porcentagem de etanol no óleo Diesel, os valores de O_2 foram maiores para uma mesma rotação, reduzindo a opacidade dos gases. Estatisticamente, utilizando o ED6, não foi encontrada diferença em relação aos resultados obtidos com o B5 (Tabela 2).

No que diz respeito à temperatura dos gases (Tabela 2) observa-se que esta diminui à medida que aumenta o conteúdo de etanol na mistura ED. Utilizando o ED6, a temperatura ao longo das oito rotações, foi menor em média 0,28%, já quando foi utilizado o ED12 e o ED15, essa diferença foi 3,34% e 6,19%, respectivamente, em relação ao B5.

Observa-se ainda, que a temperatura dos gases aumenta conforme diminui a rotação do motor (Tabela 2). Estes resultados permitem relacionar de forma direta as emissões de NO_x com a temperatura dos gases. Segundo Al-Farayedhi et al. (2004), quando se utilizam misturas ED a temperatura dos gases de exaustão é menor em relação à alcançada utilizando óleo Diesel puro, fazendo com que a emissão de gases NO_x seja reduzida.

Conclusões

A opacidade dos gases teve uma redução significativa, tanto com o incremento de etanol no B5, quanto com o aumento da rotação do motor.

A redução dos gases NO_x foi em menor escala, sendo mais sensível às rotações do motor, que ao incremento da percentagem de etanol na mistura etanol-Diesel.

Maiores teores de etanol na mistura (ED12 e ED15) promovem redução significativa das emissões de CO_2, em relação à mistura com menor teor de etanol (ED6).

Há relação inversa entre a opacidade dos gases e os níveis de O_2 emitidos pelo motor. Quanto maior a quantidade de ar admitida menor é a opacidade, trabalhando com misturas ED em motores ciclo Diesel.

Referências

AGARWAL, A. K. Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. **Progress in energy and combustion science**, v.33, n.3, p.233-271, 2007.

AL-FARAYEDHI, A. A.; AL-DAWOOD, A. M.; GANDHIDASAN, P. Experimental investigation of SI engine performance using oxygenated fuel.

Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, v.126, n.1, p.178-191, 2004.

CHAUHAN, B. S.; KUMAR, N.; CHO, H. M.; LIM, H. C. A study on the performance and emission of a diesel engine fueled with Karanja biodiesel and it blends. **Energy**, v.56, n.1, p.1-7, 2013.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 433, de 13 de Julho de 2011.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/res4332011.pdf>. Acesso em: 12 maio 2015.

DWIVEDI, G.; JAIN, S.; SHARMA, M. Impact analysis of biodiesel on engine performance – A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.15, n.9, p.4633-4641, 2011.

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

GEVER, J.; KAUFMANN, R.; SKOLE, D.; VOROSMARTY, C. **Beyond oil: the threat to food and fuel in the coming decades**. 3. ed. Niwot: University Press of Colorado, 1991. 351p.

GNANAMOORTHIA, V.; DEVARADJANEB, G. Effect of Diesel-Ethanol blends on performance, combustion and exhaust emission of a Diesel engine. **International Journal of Current Engineering and Technology,** v.3, n.1, p.36-42, 2013.

GUARIEIRO, L. L. N.; SOUZA, A. F.; TORRES, E. A.; ANDRADE, J. B. Emission profile of 18 carbonyl compounds, CO, CO_2, and NO_x emitted by a Diesel engine fuelled with Diesel and ternary blends containing Diesel, ethanol and biodiesel or vegetable oils. **Atmospheric Environment**, v.43, n.17, p.2754-2761, 2009.

HANSEN, A. C.; ZHANG, Q.; LYNE, P. W. L. Ethanol-diesel fuel blends – A review. **Bioresource Technology**, v.96, n.3, p.277-285, 2005.

HOSSEINPOOR, A. R.; FOROUZANFAR, M. H.; YUNESIAN, M.; ASGHARI, F.; NAIENI, K. H.; FARHOOD, D. Air pollution and hospitalization due to angina pectoris in Tehran. **Environmental Research**, v.99, n.1, p.126-131, 2005.

LAPUERTA, M.; ARMAS, O.; HERREROS, AND J. M. Emissions from a diesel-bioethanol blend in an automotive diesel engine. **Fuel**, v.87, n.1, p.25-31, 2008.

LINDGREN, M.; ARRHENIUS, K.; LARSSON, G.; BÄFVER, L.; ARVIDSSON, H.; WETTERBERG, C.; HANSSON, P.; ROSELL, L. Analysis of unregulated emissions from an off-road diesel engine during realistic work operations. **Atmospheric Environment**, v.45, n.30, p.5394-5398, 2011.

MÁRQUEZ, L. **Tractores agrícolas: Tecnologías y utilización.** España: B&H Grupo Editorial, 2012, 844p.

MARTONEN, T. B.; SCHROETER, J. D. Risk assessment dosimetry model for inhaled particulate matter: I. Human subjects. **Toxicol Lett**, v.138, n.1-2, p.119-132, 2003.

PILUSA, T. J.; MOLLAGEE, M. M.; MUZENDA, E. Reduction of Vehicle Exhaust Emissions from Diesel Engines Using the Whale Concept Filter. **Aerosol and Air Quality Research**, v.12, p.994-1006, 2012.

RAHIMI, H.; GHOBADIAN, B.; YUSAF, T.; NAJAFI, G.; KHATAMIFAR, M. Diesterol: an environment-friendly IC engine fuel. **Renewable Energy**, v.34, n.1, p.335-342, 2009.

RIBEIRO, N. M.; PINTO, A. C.; QUINTELLA, C. M.; ROCHA, G. O.; TEIXEIRA, L. S. G.; GUARIEIRO, L. L. N.; RANGEL, M. C.; VELOSO, M. C. C.; REZENDE, M. J. C.; CRUZ, R. S.; OLIVEIRA, A. M.; TORRES, E. A.; ANDRADE, J. B. The role of additives for Diesel and Diesel blended (ethanol or biodiesel) fuels: A review. **Energy & Fuels**, v.21, n.4, p.2433-2445, 2007.

SHADIDI, B.; YUSAF, T.; ALIZADEH, H. H. A.; GHOBADIAN, B. Experimental investigation of the tractor engine performance using diesohol. **Applied Energy**, v.114, n.10, p.874-879, 2014.

SONG, C.; ZHAO, Z.; LV, G.; SONG, J.; LIU, L.; ZHAO, R. Carbonyl compound emissions from a heavy-duty Diesel engine fueled with Diesel fuel and ethanol-Diesel blend. **Chemosphere,** v.79, n.11, p.1033-10-39, 2010.

TADANO, Y. S.; BORILLO, G. C.; GODOI, A. F. L.; CICHON, A.; SILVA, T. O. B.; VALEBONA, F. B.; ERRERA, M. R.; NETO, R. A. P.; REMPEL, D.; MARTIN, L.; YAMAMOTO, C. I.; GODOI, R. H. M. Gaseous emissions from a heavy-duty engine equipped with SCR after treatment system and fuelled with diesel and biodiesel: Assessment of pollutant dispersion and health risk. **Science of The Total Environment**, v.500-501, n.1, p.64-71, 2014.