



INFORMAÇÕES GERAIS DO TRABALHO

Título do Trabalho: Desempenho de um trator agrícola utilizando óleo de coco macaúba (*Acrocomia aculeata*)

Autores: Dário Aparecido Leite; Hêner Coelho, Robson Shigueaki Sasaki, Pedro Renato Pereira Barros

Palavras-chave: Biodiesel, combustível, motor diesel

Campus: Bambuí– MG

Bolsa: PIBIC

Área do Conhecimento (CNPq): Ciências Agrárias

RESUMO. A constante preocupação relacionada ao futuro dos combustíveis derivados do petróleo e a necessidade sempre presente de redução das emissões de contaminantes atmosféricos, estimulam buscar alternativas para substituição do combustível fóssil. Neste sentido, uma boa alternativa são os combustíveis oriundos da biomassa. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de um trator agrícola, utilizando como combustível o biodiesel de óleo de coco macaúba em diferentes teores de mistura com óleo diesel de petróleo (B0, B5, B10, B15, B20). O biodiesel de Macaúba (BM) foi utilizado juntamente com o óleo diesel (OD) em proporções que variam de 0% BM e 100% OD; 5% BM e 95% OD; 10% BM e 90% OD; 15% BM e 85% OD e 20% BM e 80% OD. As diferentes misturas foram utilizadas no motor do trator agrícola da marca John Deere modelo 5603 com 55kW (75 cv). Os parâmetros avaliados para os diferentes combustíveis foram: potência, força na barra de tração, consumo horário de combustível, patinagem e velocidade. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições por tratamento, e aplicação do teste de Tukey a 5% de probabilidade. No presente ensaio, nas proporções avaliadas, os combustíveis mostraram ser viáveis, não apresentando nenhum tipo de anomalia do motor durante o ensaio.

INTRODUÇÃO:

O coco macaúba (*Acrocomia aculeata*) é uma matéria prima promissora para a obtenção de óleos vegetais. Os frutos da macaúba são formados por cerca de 20% de casca, 40% de polpa, 33% de endocarpo e 7% de amêndoa. Os teores de óleo são ligeiramente maiores na polpa (60%), em relação a amêndoa (55%). Da macaúba são extraídos dois tipos de óleo. Da amêndoa é retirado um óleo fino que representa em torno de 15% do total de óleo da planta, rico em ácido láurico (44%) e oléico (26%), tendo potencial para utilizações nobres, na indústria alimentícia, farmacêutica e de cosméticos. O óleo extraído da polpa, com maior potencial para a fabricação de biodiesel, é constituído por ácido oléico (53%) e palmítico (19%) e tem boas características para o processamento industrial. As tortas produzidas a partir do processamento da polpa e da amêndoa são aproveitáveis em ração animal com ótimas características nutricionais e boa palatabilidade. Tem-se, ainda, como importante subproduto o carvão produzido a partir do endocarpo, casca rígida que envolve a amêndoa, que apresenta elevado calor calorífico (BHERING, 2009).

Segundo Silva (2011), existem dois tipos de combustíveis: os renováveis e os não renováveis. Os não renováveis que são os derivados dos fósseis como, por exemplo, a gasolina, o óleo diesel, o gás liquefeito



de petróleo e o querosene de aviação. O combustível renovável ou biocombustível tem origem da biomassa, isto é, de resíduos agrícolas, das florestas e de indústrias correlatas.

Dentre esses biocombustíveis pode citar os óleos vegetais potencializados como a melhor alternativa ao óleo diesel em motores de ignição por compressão, os óleos vegetais podem ser usados *in natura*, esterificados ou transesterificados (biodiesel), ou ainda em misturas com o óleo diesel convencional (SCHLOSSER et al., 2007).

A utilização dos óleos vegetais na sua forma *in natura* pode causar vários defeitos mecânicos para o motor diesel devido sua alta viscosidade entre elas: ocorrência de gomas durante a estocagem dos óleos e diminuição da eficiência de lubrificação, devido às reações de oxidação e polimerização dos mesmos (principalmente no caso de óleos insaturados); obstrução dos filtros de óleo e bicos injetores; diluição parcial do combustível no lubrificante; comprometimento da durabilidade do motor e aumento em seus custos de manutenção; e produção de acroleína durante a combustão, uma substância altamente tóxica e cancerígena, formada pela decomposição térmica do glicerol, por isso a utilização da transesterificação, para diminuir a viscosidade (RAMOS, 2011).

A transesterificação é a principal fase na produção do biodiesel, sendo o único processo para sua produção (SILVA et al. 2011, p. 50).

Segundo Tillmann et al. (2007, p. 4), em trabalho realizado com 100% de biodiesel de girassol após a transesterificação, comentam que o biodiesel apresentou valores de destilação abaixo de 360°C, sendo um produto de excelente desempenho operacional. A qualidade carburante dos óleos vegetais vai depender principalmente de seu poder calorífico, índice de cetano, curva de destilação, viscosidade e ponto de névoa (COSTA NETO et al., 2000, p. 532).

Conforme Teixeira (2013), motores do ciclo diesel só estão aptos a trabalhar com apenas 20% de mistura de biodiesel. Cita também que a viscosidade cinemática é de grande importância na caracterização do combustível e na avaliação dos sistemas de bombeamento e injeção do combustível. Em trabalho realizado pelo mesmo autor, em um motor monocilíndrico, com mistura de biodiesel e óleo diesel verificou que a viscosidade cinemática aumenta com o aumento da quantidade de biodiesel na mistura. Portanto, quanto maior a quantidade de biodiesel no combustível, mais energia será necessária para o bombeamento do combustível.

Segundo Sartori (2009), o biodiesel não depende somente do processo de inserção da agricultura e produção das oleaginosas. A construção do programa brasileiro de biodiesel depende da estruturação de uma rede de oferta de óleo vegetal, com a participação da agricultura familiar. Nesse sentido, a agricultura familiar está participando do processo de construção de um modelo econômico e para isso, está decidindo quais as melhores escalas e formas de produção de óleo.

Aliando-se a esses fatores que justificaram a realização desse trabalho, ainda se tem a importância de avaliar o desempenho operacional de um trator agrícola, utilizando biodiesel de coco macaúba.

METODOLOGIA:

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Mecanização Agrícola do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Bambuí, localizado no município de Bambuí-MG, tendo como referência as coordenadas geográficas (20°02'21"S e 46°01'24" O) e altitude de 650m.



O óleo de coco macaúba foi extraído em uma pequena indústria de cooperados no município de Luz (MG). A indústria tem capacidade de produção de 100 litros de óleo por dia. Foi feita a extração do óleo da polpa do coco macaúba.

Como combustível foram utilizados o óleo diesel puro (OD) e o biodiesel de coco macaúba (BM). As seguintes proporções de mistura foram utilizadas: combustível 1(0% BM e 100% OD), combustível 2(5% BM e 95% OD), combustível 3(10% BM e 90% OD), combustível 4(15% BM e 85% OD) e combustível 5(20% BM e 80% OD).

Após a extração do óleo *in natura* foi adicionado um catalisador (soda cáustica) e um álcool (etanol) para eliminação de resíduos indesejáveis e do excesso de glicerina contido no óleo, processo denominado de transesterificação.

Para a fabricação do biodiesel foi usado 60L de óleo *in natura* de Macaúba (OM), 9L de álcool de cana de açúcar (etanol) e 0,9 kg de hidróxido de sódio (soda caustica). Misturou tudo por duas horas até a homogeneização da solução. O líquido permaneceu em repouso durante 24 horas para completar a reação química. Logo após esse período, houve a decantação da glicerina, e, com auxílio de uma mangueira foi retirada para outro recipiente.

A densidade das diferentes misturas foi medida utilizando a Equação 1:

$$D = \frac{M}{V} \quad (1)$$

Em que:

D – Densidade (g mL⁻¹)

M – Massa (g)

V – Volume (mL)

Tabela 1 – Densidade (g mL⁻¹)

Misturas	Densidade (g mL ⁻¹)
Combustível 1 (100% Diesel)	0, 848
Combustível 2 (B05)	0, 849
Combustível 3 (B10)	0, 855
Combustível 4 (B15)	0, 857
Combustível 5 (B20)	0, 859

Observa-se na Tabela 1 que a densidade das misturas aumentou com o aumento das proporções de biodiesel. De acordo com Coimbra (2012), a densidade e viscosidade de um biocombustível são de grande importância para o sistema de injeção por compressão, tendo influência na circulação e injeção do biocombustível.

Após a obtenção do biodiesel, prosseguiram-se as avaliações dos parâmetros técnicos do trator como: Potência e Força na Barra de tração, velocidade real de deslocamento e consumo horário. O trator submetido ao ensaio foi equipado com um inversor conversor transformador 12v para 110v 1200w, um sensor de velocidade com erro menor que 3% para velocidade de 0,53 a 96,6 km/h, um sensor de rotação em cada roda motriz, um fluxômetro de combustível FLOWMATE OVAL M-III LSF45L0-M2 com aquisitor e processador de dados PH1, com tela supervisor e mangueiras siliconadas, sensor transmissor de temperatura PT 100,



software supervisor/aquisitor/processador/gerador de gráficos e planilhas, uma célula de carga com capacidade máxima de 5000 kgf, as cargas aplicadas pelo segundo trator (trator lastro) foram visualizadas em um indicador de pesagem da marca Alfa instrumentos. A energia elétrica, necessária para alimentação dos equipamentos fixados ao trator, foi fornecida pela bateria do próprio trator e a tensão foi transformada através do inversor de tensão.

A avaliação do desempenho do trator foi efetuada em uma pista de asfalto, utilizando um comboio formado por dois tratores. Um trator agrícola, da marca John Deere, modelo 5603, 4x 2 TDA, motor John Deere/4045D Série 350, 4 tempos, aspiração natural, refrigerado a água, com 4 cilindros verticais em linha, cilindrada total de 4.500 cm³, relação de compressão de 17,6:1 rotação de potência máxima de 2.400 rpm e potência nominal igual a 55 kW (75cv), tendo como principais dimensões, distância entre eixo 2,177 m, comprimento 3,85 m, rodagem dianteira de 12.4-24 R1 e traseira de 18.4-30 R1, altura da barra de tração de 0,455 m, massa total do trator de 4050 kg, sendo assim distribuídos: eixo traseiro estático com massa de 2.360 kg, eixo dianteiro estático com massa de 1.690 kg. Em todos os experimentos, o trator trabalhou na marcha 1B (1ª intermediária) a 2.400rpm com a tração dianteira auxiliar acionada. Foi utilizado um segundo trator para lastro, da marca Ursus, modelo 4-65 (4x2 TDA), potência nominal igual a 48,14kW (65 cv), com massa total de 4360 kg, engrenado e desligado na terceira marcha baixa reduzida (3BR).

Para realização do ensaio o experimento foi conduzido no esquema em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com cinco repetições. A cada repetição e parâmetro avaliados, foram analisados 319 dados. Os resultados foram submetidos à análise de variância com o programa estatístico ASSISTAT Versão 7.7 beta (2016). Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para teste de médias.

Os dados gerados pelos sensores foram armazenados em um datalogger e processados por um software através de um notebook da marca Dell, para interpretação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Conforme observado na (Tabela 2), o consumo horário do combustível 3 sofreu um decréscimo de 8,82% em relação ao combustível 5, o que pode ter sido influenciado pela força na barra de tração no combustível 3, apesar de tudo ter sido minimamente controlado houve um decréscimo de 38,74 kgf. No combustível 4 o consumo pode ter tido influência da maior força e potência na barra de tração, no combustível 5 possivelmente o consumo foi influenciado pela velocidade de deslocamento. Os combustíveis 1, 2, 4, 5 aumentaram o consumo conforme o aumento da proporção do biodiesel com diesel não tendo diferença significativa entre os mesmos.

Tabela 2- Consumo de combustível em Lh⁻¹

Tratamentos	Consumo de combustível L h ⁻¹	Comparação
Combustível 1	8,757	AB
Combustível 2	8,847	AB
Combustível 3	8,396	B
Combustível 4	9,118	AB
Combustível 5	9,208	A

Médias seguidas, por uma mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.



Camara (2009) trabalhou com o biodiesel de Dendê em função do tempo de armazenamento e proporções de mistura (B0, B25, B50, B75 e B100) na operação de preparo do solo com um escarificador (2550 Kgf) e observou que com o aumento da proporção de biodiesel há um aumento também do consumo isso seria em função do menor poder calorífico do biodiesel em relação ao diesel, tornando-se necessário utilizar maior quantidade de combustível para realizar a mesma quantidade de trabalho.

Puqueviczet al. (2008) compararam a utilização de diesel e biodiesel (óleo de soja) no funcionamento de um gerador nas proporções de B0, B2, B10, B20, B50 e B100% de biodiesel, observou que a utilização de misturas com até 20% de biodiesel não altera o desempenho do gerador quando funcionado em carga plena com relação ao consumo.

De acordo com a Tabela 3, a Potência na Barra de tração não teve diferença significativa entre os tratamentos, mas podemos observar que a potência no combustível 2 e 3 teve um decréscimo em relação aos outros combustíveis 2, 4 e 5 que variou menos, conseqüentemente a força na barra de tração foi menor para os combustíveis 2 e 3. Camara (2009) observou também que, fatores tempo de armazenamento e proporção de biodiesel não influenciaram na potência na barra de tração, cuja média foi 43 kW. Este resultado evidencia que o uso de biodiesel não afeta a potência disponível na barra de tração, pois a forma de compensação do menor poder calorífico do biodiesel é o aumento no consumo de combustível para que a potência na barra de tração não seja comprometida.

Tabela 3 – Potência na Barra de tração (kW)

Tratamentos	Potência na Barra de tração (kW)	Comparação
Combustível 1	16, 137	A
Combustível 2	15, 689	A
Combustível 3	15, 640	A
Combustível 4	16, 476	A
Combustível 5	16, 211	A

Médias seguidas, por uma mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Trabalho feito por Soranso et al. (2008), avaliaram o biodiesel destilado de óleo residual com 7 proporções de mistura de biodiesel e diesel (B0, B5, B15, B25, B50, B75, B100) em um trator agrícola (100 CV) puxando um trator dotado de um escarificador a uma profundidade de 30 cm, verificou que a potência média na barra de tração não indicou diferenças significativas entre os tratamentos, demonstrando que o uso de biodiesel não prejudicou o desempenho do trator, embora elevou-se o consumo.

Tabela 4 – Força na Barra de tração (kgf)

Tratamentos	Força na Barra de tração (kgf)	Comparação
Combustível 1	1155,84	AB
Combustível 2	1100,83	BC
Combustível 3	1095,01	C
Combustível 4	1166,49	A
Combustível 5	1133,75	ABC

Médias seguidas, por uma mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.



Quanto a força de tração, o combustível 3 apresentou a menor força de tração que foi de 1095 kgf justificando o menor consumo de combustível no mesmo tratamento (Tabela 4). Soranso et al. (2008) cita também que os resultados requeridos de força de tração na barra não apresentaram diferenças significativas, com média geral de 2100 kgf, não sendo influenciada pela proporção de biodiesel na mistura.

Verifica-se, na

Tabela 5, os combustíveis 1 e 2 estatisticamente foram diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O combustível 1 foi igual apenas ao combustível 4 diferenciando estatisticamente do restante. A menor velocidade nos combustíveis 1 e 4 pode ter tido influência da maior força de tração, já a maior velocidade reflete no maior consumo no combustível 5. Tais resultados são semelhantes aos encontrados por Soranso et al. (2008) trabalhando com biodiesel de óleo residual de soja, com força média na barra de tração de 2040 kgf.

A menor velocidade nos combustíveis 2 e 4, possivelmente foi influenciado pela maior força na tração, já a maior velocidade possivelmente reflete no maior consumo no combustível 5.

Siqueira (2014) trabalhou com diferentes misturas de diesel e óleo de soja reutilizado nas proporções de 0 % OD e 100 % OSR; 25 % OD e 75 % OSR; 50 % OD e 50 % OSR; 75 % OD e 25 % OSR; 100 % OD e 0 % OSR no desempenho na barra de tração com cinco cargas diferentes aplicadas pelo trator lastro N (Neutro), 4ª, 3ª, 2ª e 1ª marcha simples, observou que as misturas, em relação à variável velocidade, tiveram efeitos iguais, a 5 % de probabilidade do teste F. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que as condições do solo foram as mesmas para todos os ensaios.

Tabela 5 – Velocidade do GPS km h⁻¹

Treatamentos	Velocidade do GPS km h ⁻¹	Comparação
B0	5, 025	B
B05	5, 131	A
B10	5, 141	A
B15	5, 084	AB
B20	5, 148	A

Médias seguidas, por uma mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES:

O uso de biodiesel misturado ao diesel fóssil mostrou viável, não apresentando nenhum tipo de anomalia do motor durante o ensaio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BHERING, L. **Macaúba: matéria-prima nativa com potencial para a produção de biodiesel**. CDi/FAPESP - Centro de Documentação e Informação da FAPESP. 2009. Disponível em: <<http://www.bv.fapesp.br/namidia/noticia/33500/macauba-materia-prima-nativa-potencial/>>. Acesso em: 21/10/2014.

CAMARA, F.; T. **Biodiesel de dendê em trator agrícola: desempenho em função do tempo de armazenamento e da proporção de mistura na operação de preparo do solo**.2009. 106p. Tese de Doutorado.Jaboticabal – São Paulo – Brasil. Setembro de 2009.



COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S.; ZANGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 531-537, jul./ago. 2000.

COIMBRA, M. D. J. **Avaliação de uso de frações de óleo fúsel em misturas Diesel/Biodiesel. 2012. 101 p. Dissertação de Mestrado.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro RJ. 2012.

PUQUEVICZ, A.; L. DYCK, D. MENEGOTTO, G.; F. PIRES, L.; M. Análise comparativa da utilização de diesel e biodiesel no funcionamento de um grupo gerador. **Da Vinci**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 179-195, 2008.

RAMOS, L. P.; SILVA, F. R.; MANGRISH, A. S.; CORDEIRO, C. S. Tecnologias de Produção de Biodiesel. 2011. 21 p. **Revista Virtual de Química**. v.3, n.5, p. 385-405, 2011. Disponível em: <<http://www.uff.br/rvq>>. Acesso em: 17 mar. 2015.

SARTORI, M. A.; PEREZ, R.; JUNIOR, A. G. da S.; MACHADO, S. R. S.; SANTOS, M. M. de S.; MIRANDA, C. A. de C. Análise de arranjos para extração de óleos vegetais e suprimento de usina de biodiesel. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, vol.47, n°. 2, Brasília, Apr./Jun, 2009.

SCHLOSSER, J.F.; MACHADO, P.R.M.; CAMARGO, M.N. Desempenho de misturas pré-aquecidas de óleo de soja cru e diesel como combustível para motores agrícolas. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.37, n.5, p.1329-1335, set - out, 2007.

SIQUEIRA, W da. C.; ABRAHÃO, S. A.; FILHO, S. C. F.; CONCEIÇÃO, J. L.; BARBOSA, L. P. **Desempenho na barra de tração e composição do custo operacional de um trator agrícola de pneus, alimentado com misturas de óleo diesel e óleo de soja reutilizado.** 2014. 17p. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18 p. 2014.

SILVA, T. R. S. **Biodiesel de óleo residual: Produção Através da Transesterificação por Metanólise e Etanolise Básica, Caracterização Físico-Químicas e Otimizações das Condições Reacionais.** 2011. 152 p. Programa Multi-institucional de Doutorado em Química da UFG/UFMS/UFU. Uberlândia MG. 2011.

SORANSO, A.M.; GABRIEL FILHO, A.; LOPES, A.; SOUZA, E.G. De, DABDOUB, M.J.; FURLANI, C.E.A.; CAMRA, F.T. **Desempenho dinâmico de um trator agrícola utilizando biodiesel destilado de óleo residual.** **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p. 553-559, 2008.

TEIXEIRA, C. V.; COLAÇO, M. J.; CALDEIRA, A. B. **Viscosidade e Desempenho de Misturas Diesel/Biodiesel em um Motor Monocilíndrico.** 2013. 12 p. Centro Tecnológico do Exército, Seção de Blindados e Viaturas Militares. Guaratiba RJ. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Engenharia Mecânica. Instituto Militar de Engenharia, Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais. Rio de Janeiro RJ. 2013.

TILLMANN, C. A. da C.; LUZ, C. A. S da.; RAMIREZ, O. P.; SILVA, da S.; KRAUSE, L. C. **Análise dos Parâmetros de Qualidade Através das Curvas de Destilação do B100 a partir do Óleo Vegetal de Girassol.** 2007. 4 p. Curso de Especialização em Engenharia de Biosistemas – FEA/UFPel, Usina Piloto de Biodiesel – UFPel. Pelotas RS. 2007.