



FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

FLÁVIO FRANCISCO DE CARVALHO GOMES

**MATÉRIAS-PRIMAS PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL E
DESEMPENHO OPERACIONAL DE TRATORES AGRÍCOLAS –
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

JOÃO PESSOA-PB
2023

FLÁVIO FRANCISCO DE CARVALHO GOMES

**MATÉRIAS-PRIMAS PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL E DESEMPENHO
OPERACIONAL DE TRATORES AGRÍCOLAS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Monografia apresentada à Faculdade de Enfermagem Nova Esperança como parte dos requisitos exigidos para a conclusão do curso de Bacharelado em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Thyago Augusto Medeiros Lira

JOÃO PESSOA-PB

2023

G614m

Gomes, Flávio Francisco de Carvalho

Matérias-primas para produção de biodiesel e desempenho operacional de tratores agrícolas: revisão bibliográfica / Flávio Francisco de Carvalho Gomes. – João Pessoa, 2023.

26f.

Orientador: Profº. Dº. Thyago Augusto Medeiros Lira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade Nova Esperança - FACENE

1. Biocombustível. 2. Bioenergia. 3. Consumo Específico. I. Título.

CDU: 631

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me conduzir sabiamente em todos os momentos.

Aos meus pais agradeço por todo esforço e apoio para conclusão do curso, sem vocês nada disso se tornaria possível.

Ao Prof. Dr. Thyago Augusto Medeiros Lira pela atenção, dedicação, orientação e apoio ao longo do processo. Sua paciência, visão e conselhos valiosos foram essenciais para a realização deste estudo.

Não posso deixar de mencionar o apoio e a compreensão inestimáveis da minha família e amigos.

À minha namorada, Raíssa. Seu amor, incentivo e encorajamento foram fundamentais para me manter motivado durante os momentos desafiadores dessa jornada acadêmica.

Expresso minha gratidão a todos os professores e funcionários da instituição, cuja dedicação e suporte foram de extrema importância para o desenvolvimento deste trabalho.

Muito obrigado a todos.

**FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA CURSO DE
BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**MATÉRIAS-PRIMAS PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL E DESEMPENHO
OPERACIONAL DE TRATORES AGRÍCOLAS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Monografia apresentada à Faculdade Nova Esperança como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

João Pessoa, _____ de _____ de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Thyago Augusto Medeiros Lira – Agronomia/FACENE
Orientador

Prof. Dr. Renato Lima Dantas – Agronomia/FACENE
Examinador

Prof. Dr. Débora Teresa da R. G. F. de Almeida – Agronomia/FACENE
Examinadora

RESUMO

O biodiesel é um biocombustível que pode ser produzido através de óleos vegetais, residuais ou gordura animal, por meio de um processo de transesterificação, sendo uma das fontes de energias renováveis capazes de reduzir problemas ambientais, econômicos e sociais. A presente pesquisa baseou-se em estudos da utilização do biodiesel como combustível em motores ciclo diesel, para avaliar o efeito da funcionalidade e desempenho operacional de tratores agrícolas, a fim de provar que o biodiesel é capaz de suprir as demandas de combustível no país. A metodologia da pesquisa se caracteriza como revisão bibliográfica sistemática. Nos resultados, foram expostas considerações sobre a avaliação e a discussão dos dados relacionados ao desempenho de máquinas agrícolas, considerando as variáveis do Consumo Horário Volumétrico (CHV), Consumo Horário Ponderal (CHP) e Consumo Específico (CE), utilizando biodiesel de babaçu, buriti, tucumã, mamona, murumuru, óleo de dendê, óleo de soja, óleo residual e pinhão-mansão; além do diesel S50, S1800 e S500. A pesquisa ratificou que os óleos estudados apresentaram grande potencial na aplicabilidade da produção de combustíveis, entretanto, divergem no que tange à eficiência do motor em relação às variáveis instrumentalizadas. Quanto à eficiência do motor, o pinhão-mansão expôs menor consumo horário volumétrico, ponderal e específico em relação aos trabalhos analisados. Todavia, o custo para a produção da matéria-prima é uma característica negativa que inviabiliza sua mercantilização. Os biodieseis derivados de palmeiras foram considerados, portanto, a escolha mais eficiente em termos de produção e desempenho operacional. Contudo, evidenciou-se que o maior empecilho, indubitavelmente, é o aproveitamento das potencialidades regionais.

PALAVRAS-CHAVE: Biocombustível, Bioenergia, Consumo específico.

ABSTRACT

Biodiesel is a biofuel that can be produced from vegetable oils, waste oils or animal fats, through a transesterification process, being one of the renewable energy sources chosen to reduce some environmental, economic and social problems resulting from the use of fossil fuels. This paper is based on research into the use of biodiesel as a fuel in diesel cycle engines, to evaluate the effect of using different types of biodiesel on the operational performance of agricultural tractors, in order to show that biodiesel is capable of meeting the demands of fuel in the country. The research methodology is characterized as a systematic bibliographic review. In the results, considerations were exposed regarding the evaluation and discussion of data related to the performance of agricultural machines, considering the variables volumetric hourly consumption (VHC), hourly weight consumption (WHC) and specific consumption (SC), using biodiesel from babassu, buriti, tucumã, castor oil, murumuru, palm oil, soybean oil, residual oil and jatropa, in addition to diesel S50, S1800 and S500. The research showed that the oils analyzed have great potential in the applicability of biodiesel production, however they differ in engine efficiency in relation to the variables studied. Regarding engine efficiency, jatropa showed lower volumetric, weight and specific hourly consumption in relation to the studies studied, however, the cost of producing the raw material is a negative characteristic that makes its commercialization unfeasible. Biodiesels derived from palm trees were considered the most efficient choice in terms of production and operational performance, however it was evident that the biggest challenge is taking advantage of these regional potentialities.

KEYWORDS: Biofuel, Bioenergy, Specific consumption.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Tipos de matérias-primas.....	13
TABELA 2. Levantamento dos valores de consumo horário volumétrico (CHV).	14
TABELA 3. Levantamento dos valores de consumo horário ponderal (CHP)	15
TABELA 4. Levantamento dos valores consumo específico (CE).....	16

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
MATERIAL E MÉTODOS	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
CONCLUSÕES.....	17
REFERÊNCIAS	18

MATÉRIAS-PRIMAS PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL E DESEMPENHO OPERACIONAL DE TRATORES AGRÍCOLAS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

RAW MATERIALS FOR BIODIESEL PRODUCTION AND OPERATIONAL PERFORMACE OF AGRICULTURAL TRACTORS– LITERATURE REVIEW

RESUMO

O biodiesel é um biocombustível que pode ser produzido através de óleos vegetais, residuais ou gordura animal, por meio de um processo de transesterificação, sendo uma das fontes de energias renováveis capaz de reduzir problemas ambientais, econômicos e sociais. A presente pesquisa baseou-se em estudos da utilização do biodiesel como combustível em motores ciclo diesel, para avaliar o efeito da funcionalidade e o desempenho operacional de tratores agrícolas, a fim de provar que o biodiesel é capaz de suprir as demandas de combustível no país. A metodologia da pesquisa se caracteriza como revisão bibliográfica sistemática. Nos resultados, foram expostas considerações sobre a avaliação e a discussão dos dados relacionados ao desempenho de máquinas agrícolas, considerando as variáveis do Consumo Horário Volumétrico (CHV), Consumo Horário Ponderal (CHP) e Consumo Específico (CE), utilizando biodiesel de babaçu, buriti, tucumã, mamona, murumuru, óleo de dendê, óleo de soja, óleo residual e pinhão-manso; além do diesel S50, S1800 e S500. A pesquisa ratificou que os óleos estudados apresentaram grande potencial na aplicabilidade da produção de combustíveis, entretanto, divergem no que tange à eficiência do motor em relação às variáveis instrumentalizadas. Quanto à eficiência do motor, o pinhão-manso expôs menor consumo horário volumétrico, ponderal e específico em relação aos trabalhos analisados. Todavia, o custo para a produção da matéria-prima é uma característica negativa que inviabiliza sua mercantilização. Os biodieseis derivados de palmeiras foram considerados, portanto, a escolha mais eficiente em termos de produção e desempenho operacional. Contudo, evidenciou-se que o maior empecilho, indubitavelmente, é o aproveitamento das potencialidades regionais.

PALAVRAS-CHAVE: Biocombustível, Bioenergia, Consumo específico.

ABSTRACT

Biodiesel is a biofuel that can be produced from vegetable oils, waste oils or animal fats, through a transesterification process, being one of the renewable energy sources chosen to reduce some environmental, economic and social problems resulting from the use of fossil fuels. This paper is based on research into the use of biodiesel as a fuel in diesel cycle engines, to evaluate the effect of using different types of biodiesel on the operational performance of agricultural tractors, in order to show that biodiesel is capable of meeting the demands of fuel in the country. The research methodology is characterized as a systematic bibliographic review. In the results, considerations were exposed regarding the evaluation and discussion of data related to the performance of agricultural machines, considering the variables volumetric hourly consumption (VHC), hourly weight consumption (WHC) and specific consumption (SC), using biodiesel from babassu, buriti, tucumã, castor oil, murumuru, palm oil, soybean oil, residual oil and jatropha, in addition to diesel S50, S1800 and S500. The research showed that the oils analyzed have great potential in the applicability of biodiesel production, however they differ in engine efficiency in relation to the variables studied. Regarding engine efficiency, jatropha showed lower volumetric, weight and specific hourly consumption in relation to the studies studied, however, the cost of producing the raw material is a negative characteristic that makes its commercialization unfeasible. Biodiesels derived from palm trees were considered the most efficient choice in terms of production and operational performance, however it was evident that the biggest challenge is taking advantage of these regional potentialities.

KEYWORDS: Biofuel, Bioenergy, Specific consumption.

INTRODUÇÃO

Desde a década de 1920, o Brasil desenvolve pesquisas sobre a utilização de óleos vegetais como combustível, intensificadas após a crise de petróleo em 1973 e 1979. A seguir, foi implementado o Programa Nacional de Óleos Vegetais para Produção de Energia (Pro-Óleo) e seus subprogramas, sendo descontinuado em meados da década de 1980 e, apenas na segunda metade da década de 2000, retomado devido à reestruturação da matriz energética brasileira.¹

Alguns dos fatores que contribuíram para a evolução do consumo de biocombustíveis em variados países e, em especial, no Brasil foram as crises do petróleo, sucedidas nas décadas de 1970 e 1980. Esse fenômeno ficou conhecido como 1º e 2º Choques do Petróleo. Em acréscimo, houve sucessivos aumentos no preço do combustível e crescentes preocupações ambientais, tendo em vista os altos graus de poluição causados por combustíveis fósseis.²

Para obtenção de biodiesel, é aplicado o processo de transesterificação, ou reação de alcoólise, popularmente utilizado e que consiste na reação, em que parte de triglicerídeos

são encontrados em óleos vegetais, residual ou gordura animal. No momento em que há contato com álcool de baixo peso molecular, na presença do catalisador, resulta na forma ésteres substituídos e glicerol (resíduo), ou seja, ocorre a transformação de um éster em outro éster, através da substituição dos grupos.^{3,4}

O combustível renovável apresenta grande importância para a economia brasileira, havendo quatro momentos de grande representatividade. O primeiro, em 1920, quando desenvolveu-se o interesse em pesquisas sobre a utilização de óleos vegetais como combustível. Na década de 1970, em segunda análise, houve a implementação do Programa Nacional de Óleos Vegetais para Produção de Energia. Ademais, na década de 2000, devido à reestruturação da matriz energética brasileira e, por fim, em 2005, com o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB).⁵

Ao longo dos anos, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel impulsionou o número de investimentos privados no setor de biodiesel em praticamente todo o território nacional. O mercado brasileiro deixou de ser despercebido para figurar entre os maiores do mundo, conjuntamente com Estados Unidos e Alemanha.⁶

A Lei Federal 11.097/2005 determinou o aumento consecutivo na mistura com o diesel e, atualmente, o percentual é da ordem 12% (B12- mistura 12% biodiesel e 88% diesel). A evolução na produção do biodiesel no Brasil ocorreu de forma gradativa, a saber, em 2017 catalogou-se cerca de 40 milhões m³/ano, e, em 2022, houve aumento de cerca de 62 milhões m³/ano.⁷

O crescente aumento na produção do biodiesel foi pautado em argumentos econômicos, que tinham, como principais finalidades, diminuir a dependência do diesel importado, impactos ambientais, preocupação na redução das emissões de gases geradores do efeito estufa, bem como sociais, pela alegação de reduzir as desigualdades regionais.⁸

O biocombustível possui distintas propriedades físico-químicas que podem influenciar no desempenho do motor e nas características de emissão de gases. Para que a implementação fosse eficaz no setor de transportes, múltiplas técnicas de produção foram desenvolvidas e testadas nas matérias-primas, com o intuito de que o biodiesel qualificado pudesse ser feito a um custo economicamente viável.^{9,10}

Para ser comercializado e utilizado em motores ciclo diesel, é necessário que as normas estabelecidas pela ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) sejam respeitadas, ou seja, as características físicas e químicas como viscosidade, densidade, ponto de fulgor e poder calorífico precisam estar dentro dos parâmetros prescritivos legais.

Haja vista que as características químicas e físicas do combustível podem ser fortemente influenciadas e apresentar interferência no desempenho operacional dos motores ciclo diesel. Caso não sejam respeitadas, conseqüentemente, o torque, a potência, o consumo, as emissões de gases, a eficiência térmica, os órgãos do motor/sistema de injeção e a do óleo lubrificante sofrerão alterações contraproducentes.¹¹

A matéria-prima utilizada para produzir o biodiesel é uma pauta indissociável ao meio social, visto que a produção de biocombustíveis afeta negativamente a manufatura de alimentos. Para contornar essa situação, uma alternativa identificada foi usar os subprodutos, a fim de reciclar resíduos que seriam descartados para produzir energia e diminuir os custos.¹²

Dentre os diversos materiais com potencialidades a serem exploradas como matéria-prima para a produção do biodiesel, salientam-se o óleo residual, óleo de palmeiras, caroço de algodão, o babaçu, o buriti, o dendê e a macaúba. Logo, a finalidade desta pesquisa foi avaliar o efeito da utilização de diferentes tipos de biodieseis, bem como o desempenho operacional de tratores agrícolas.

MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se uma revisão bibliográfica, por meio de um levantamento de informações referenciais, disponíveis em bibliotecas virtuais, como Scielo, Google acadêmico e ScienceDirect. Foram incluídos análises de consumo horário volumétrico, consumo horário ponderal e consumo específico de trabalhos, que coadunassem do mesmo trator-teste, biodiesel 100% (B100). Ademais, considerou-se, como critérios de exclusão, os artigos pagos e que não detalhassem as características de consumo horário volumétrico, consumo horário ponderal e/ou consumo específico e que utilizaram modelo distintos do trator teste. No total, 42 artigos foram selecionados para demonstrar a influência do biodiesel no desempenho operacional de tratores agrícolas, bem como para expor um panorama acerca da importância do gerenciamento sustentável dos recursos naturais para o gerenciamento de energia limpa.

Para análise comparativa do desempenho operacional, foram selecionadas pesquisas que utilizaram o trator da marca Valtra, modelo BM 125i, 4x2, com tração dianteira auxiliar (TDA), potência máxima no motor de 91,9 kW (125 cv) a 2.300 rpm (ISO1585), equipado

com turbo compressor e *intercooler*. Outrossim, a massa total do equipamento equivale a de 7.000 kg, distribuídos 40 e 60% nos eixos dianteiro e traseiro, respectivamente, com relação massa/potência de 76 kg/kW (56 kg/cv).

Em segunda análise, a respeito do serviço realizado pelos tratores (modelo BM 125i, 4x2 TDA), foram avaliados o desempenho operacional dessas máquinas, ao simular o preparo do solo, utilizando um escarificador de arrasto, com massa total de 1.400 kg. Esse equipamento é constituído de cinco hastes, com espaçamento de 45 cm, ponteira sem asa com 8 cm de largura, discos de corte de palha para cada haste, sistema de segurança de desarme automático e rolo destorroador. A profundidade média de trabalho é de 30 cm, com espaçamento/profundidade de 1,5 e força de tração necessária para realizar a operação mensurada, em aproximadamente 25 kN.

A pesquisa foi caracterizada, quanto aos seus objetivos, como descritiva, uma vez que expõe as características do objeto de estudo, por meio da organização, registro, análise e ordenação dos dados referentes às variáveis de consumo operacional de maquinários agrícolas.¹³ Quanto ao procedimento operacional, a pesquisa é caracterizada por um estudo documental retrospectivo com dados secundários.¹⁴

No estudo, considerou-se as características físico-químicas das matérias-primas do diesel e do biodiesel em condições semelhantes, bem como o efeito sob o desempenho desses combustíveis no mesmo trator-teste para maior fidedignidade dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação do desempenho de uma máquina é a ação de apreciar quantitativamente a performance durante a execução das operações que foram projetadas.¹⁵ Define-se o desempenho operacional de uma máquina como o conjunto de parâmetros que determinam seus atributos, no momento em que se executam operações sob determinadas condições de trabalho.¹⁶

Sabendo que os parâmetros avaliados no desempenho operacional de tratores agrícola estão associados a características operacionais, características dinâmicas, relativas à potência requerida e à velocidade em que o trabalho é executado, foram selecionadas pesquisas que utilizaram tratores com a mesma potência no motor e o mesmo tipo de trabalho ou potência requerida do motor, a fim de uniformizar o comparativo dos dados apresentados na literatura acerca do desempenho operacional das máquinas.

Conforme apresentado na literatura, há variadas pesquisas que comprovam o biodiesel como combustível utilizados em tratores agrícolas.

Tabela 1. Tipos de biodiesel utilizados em tratores agrícolas em testes de desempenho operacional.

Matéria-prima	Tipo de estudo	Autor
Murumuru	Desempenho operacional	Iamaguti et al. ¹⁷
Babaçu	Desempenho operacional	Lira et al. ¹⁸
Pinhão-manso	Desempenho operacional	Simon et al. ¹⁹
Tucumã	Desempenho operacional	Lira ¹¹
Soja	Desempenho operacional	Oliveira et al. ²⁰
Buriti	Desempenho operacional	Iamaguti et al. ²¹
Mamona	Desempenho operacional	Lima et al. ²²
Óleo de dendê	Desempenho operacional	Lima et al. ²³
Óleo residual	Desempenho operacional	Soranso et al. ²⁴

Fonte: Autor do estudo.

Na tabela 1, comprova-se os diversos óleos de palmáceas que podem ser utilizados como combustível. O biodiesel representa relevante alternativa como fonte de matéria-prima. Entretanto, muitas pesquisas ainda precisam ser realizadas, com o fito de que essa possibilidade seja competitiva, pois o Brasil possui vasta diversidade de matérias-primas, com amplo potencial energético na variedade de sementes e frutos oleaginosos.^{11,25}

Dados apresentados pela ANP²⁶ mostram que a principal fonte para a produção de biodiesel é o óleo de soja, com 71,9% da produção total do Brasil, seguida por outros materiais graxos, com total de 15,9%, gordura bovina 5,2%, outros 4,26% e óleo de palma/dendê 2,8%. Cerca de 51 fontes de matéria-prima, autorizadas a produzir biodiesel no Brasil correspondem à capacidade total de 26.602,26 m³/dia.²⁷

Na busca das potencialidades regionais tropicais, as palmeiras nativas da Amazônia e de outras regiões brasileiras têm sido objeto de pesquisa e desenvolvimento por possuírem valiosos recursos vegetais (polpa, palmito, fibras e óleo), com potencial econômico, destinados à produção de alimentos, artesanatos, cosméticos, remédios, utensílios domésticos e produção de biodiesel.¹²

Para avaliar o desempenho operacional de tratores agrícolas, foram vistoriados a força de tração, o consumo horário de combustível, o consumo específico e a velocidade de deslocamento.²² A importância do estudo se dá com o objetivo de avaliar o rendimento do motor, assim como o desempenho do trator.²⁸

A respeito dos dados relacionados ao desempenho operacional, observou-se que diversos autores correlacionaram o desempenho operacional com estatísticas de consumo

horário volumétrico (CHV), ponderal (CHP) e específico (CE), conforme normas e especificações consideradas na resolução 798/2019, estabelecida pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, ANP. (Tabela 2).²⁹

Tabela 2. Levantamento dos valores de consumo horário volumétrico (CHV) no trator Valtra BM125i.

Matéria-prima	CHV (L/h ⁻¹)	Autor
Diesel B S50	13,76	Iamaguti et al. ²²
Diesel B S1800	13,63	Iamaguti et al. ²²
Diesel B S500	12,60	Oliveira et al. ²⁰
Murumuru	14,25	Iamaguti et al. ¹⁷
Babaçu	14,80	Lira et al. ¹⁸
Pinhão-manso	10,90	Simon et al. ¹⁹
Tucumã	15,17	Lira ¹¹
Soja	14,90	Oliveira et al. ²⁰
Buriti	14,23	Iamaguti et al. ²¹
Mamona	14,20	Lima et al. ²²
Óleo de dendê	14,19	Lima et al. ²³
Óleo residual	14,90	Soranso et al. ²⁴

Fonte: Autor do estudo.

O consumo horário volumétrico é medido com base no volume consumido e no tempo de percurso em cada parcela.² Ao examinar os dados da tabela 2, é possível afirmar que existem variações no consumo volumétrico, sendo o maior valor apresentado para o biodiesel de Tucumã, que registrou 15,17 L/h⁻¹. Em consonância, o biodiesel de pinhão-manso computou 10,9 L/h⁻¹. Essa diferença representa redução de 28,1% quando se utiliza o biodiesel derivado do pinhão-manso, em comparação ao derivado do tucumã. A alteração está atribuída às características físico-químicas específicas de cada matéria-prima, oferecido pelo poder calorífico do biodiesel. Logo, é necessário liberar uma quantidade superior de combustível biodiesel do tucumã, a fim de realizar a mesma quantidade de trabalho que o biodiesel derivado do pinhão-manso exerceu.⁹

Avaliando os tipos de diesel (S50, S1800 e S500) em comparação ao pinhão-manso (Tabela 2), o biodiesel derivado da iguaria teve eficácia significativa, com desempenho de 20,2% mais eficiente que o diesel S50; 20% mais eficiente em relação ao diesel S1800; e 13,5% mais eficiente em comparação ao S500. O óleo de pinhão-manso contém aspectos considerável por conter aproximadamente 97,6 % de triacilglicerídeos, 0,95 % de glicolípídios e 1,45 % de fosfolípídios. Os triacilglicerídeos são compostos por aproximadamente 35 a 52 % de ácido oleico e 15 a 48 % de ácido linoleico. Ademais, há a

inserção de 14,3 % de ácido palmítico e 5,1 % de ácido esteárico. Ou seja, a maior quantidade de triacilglicerídeos incide na maior eficiência do motor agrícola.^{30, 31, 32, 33, 34}

Salienta-se que, apesar dos tipos de biodiesel apresentados na tabela 2 terem apresentado maior consumo horário volumétrico, com exceção do pinhão-manso, em relação aos tipos de diesel (S50, S1800 e S500), estudos revelam que a utilização do biodiesel apresenta inúmeras vantagens, tais como: possibilidade de produção a partir de um composto renovável, biocombustível, atóxico e biodegradável, disponibilidade imediata, alta eficiência de combustão, alto número de cetano e baixa emissão de gases do efeito estufa. Em acréscimo, torna-se um elemento considerável para reduzir o consumo e a dependência do petróleo e incentivar a agricultura nacional.³⁵

Para o cálculo do consumo horário ponderal (CHP), analisou-se a influência da densidade do combustível de alimentação e do retorno no momento do teste em cada ensaio (tabela 3).¹⁹

Tabela 3. Levantamento dos valores de consumo horário ponderal (CHP) no trator Valtra BM125i.

Matéria-prima	CHP (L/h⁻¹)	Autor
Diesel B S50	11,80	Iamaguti et al. ²²
Diesel B S1800	11,57	Iamaguti et al. ²²
Diesel B S500	10,9	Oliveira et al. ²⁰
Murumuru	12,82	Iamaguti et al. ¹⁷
Babaçu	12,48	Lira et al. ¹⁸
Pinhão-manso	9,0	Simon et al. ¹⁹
Tucumã	12,91	Lira ¹¹
Soja	13,2	Oliveira et al. ²⁰
Buriti	12,48	Iamaguti et al. ²¹
Mamona	12,29	Lima et al. ²²
Óleo de dendê	12,19	Lima et al. ²³
Óleo residual	-	Soranso et al. ²⁴

Fonte: Autor do estudo.

Analisados os dados da tabela anterior, constatou-se que, em geral, para os variados tipos de biodiesel, os valores se aproximaram, com exceção do pinhão-manso 9,0 L/h⁻¹, o qual apresentou redução de 30,2% do biodiesel derivado do tucumã 12,91 L/h⁻¹, que, por sua vez, obteve a maior variação dentre os tipos de biodieseis. Essa queda indica que o biodiesel produzido a partir do pinhão-manso, quando comparado aos demais, corrobora alto desempenho de eficiência em relação as outras matérias-primas, em função da qualidade e da menor densidade do combustível, influenciando o cálculo do consumo horário ponderal.²

Outrossim, depreende-se que o biodiesel, produzido a partir do pinhão-manso, semelhante aos aspectos necessários estabelecidos pela ANP, em paralelo ao diesel S50, S1800 e S500, apresentou redução no consumo horário ponderal (CHP), com variação em diesel S50 23,7%, 21,7% em relação ao diesel S1800 e 17,4% em comparação ao S500.

De acordo com a ANP, as características físico-químicas necessárias para a produção do biodiesel nacional envolvem valores de Densidade a 15 °C em torno de 852 - 922 (kg/m), Viscosidade a 40 °C em torno de 2,5 - 15,0 (2mm/s) e poder calorífico em torno de 34,4 - 45,2 (MJ/kg).³⁶

O consumo específico (CE) de combustível é a relação entre a massa de combustível utilizada por unidade de potência durante e o regime de trabalho.³⁷ Essa variável contém informações sobre o volume, densidade do combustível e potência disponível na barra de tração, por isso a importância para a projeção de motores.³⁸

A examinar o CE na literatura disponível, na tabela 4, entre as variações apresentadas, destaca-se o óleo de dendê.

Tabela 4. Levantamento dos valores consumo específico (CE) no trator Valtra BM125i.

Matéria-prima	CE (g kWh⁻¹)	Autor
Diesel B S50	264,32	Iamaguti et al. ²²
Diesel B S1800	260,69	Iamaguti et al. ²²
Diesel B S500	272,00	Oliveira et al. ²⁰
Murumuru	297,13	Iamaguti et al. ¹⁷
Babaçu	321,60	Lira et al. ¹⁸
Pinhão-manso	225,00	Simon et al. ¹⁹
Tucumã	294,22	Lira ¹¹
Soja	332,00	Oliveira et al. ²⁰
Buriti	282,72	Iamaguti et al. ²¹
Mamona	366,96	Lima et al. ²²
Óleo de dendê	367,28	Lima et al. ²³
Óleo residual	347,00	Soranso et al. ²⁴

Fonte: Autor do estudo.

O consumo específico (CE) do biodiesel derivado de pinhão-manso apresentou redução de 39%, em comparação ao biodiesel de óleo de dendê, que apresentou consumo de 367,28 g kWh⁻¹(tabela 4). As alterações de uso podem estar atribuídas ao índice de número de cetano. Em termos de arranque à frio, a capacidade de ignição do combustível é representada pelo número de cetano, que é adimensional (CN). O ponto de ignição é consideravelmente atrasado pelo baixo número do produto.³⁹

Dentre as variáveis analisadas, apresentou números semelhantes ao diesel S50, S1800 e S500. O consumo específico foi de 14,9%, em comparação ao diesel S50, além de

apresentar uma diferença de 13,6%, em confrontação ao diesel S1800, e apenas 17,2%, no que tange ao diesel S500.

O óleo de pinhão-manso, apesar da sua potencialidade, configura-se como inviável, mediante o alto custo no processo de transesterificação, com a utilização de catalisadores e uma grande quantidade de energia. Além disso, há a necessidade de se realizar a purificação dos ésteres obtidos e a separação da glicerina dos catalisadores, dos reagentes e dos produtos.

40, 41

Portanto, a importância dada ao desenvolvimento de pesquisas sobre o biodiesel pode reduzir a dependência nacional das importações de petróleo e ocasionar incentivos econômicos. Conseqüentemente, a produção e o cultivo das matérias-primas oferecerão milhares de novos empregos, inclusive o incentivo à agricultura familiar, principalmente nas regiões mais carentes.

Estudos desenvolvidos pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), Ministério da Integração Nacional (MI) e Ministério das Cidades (MC) mostram que, a cada 1% de participação da agricultura familiar no mercado de biodiesel do país, baseado no uso do B5 (5% de biodiesel no diesel de petróleo), é possível a geração de aproximadamente 45 mil empregos no campo.

42

CONCLUSÕES

- Na avaliação isolada dos parâmetros de consumo horário volumétrico, consumo horário ponderal e consumo específico, comparando os tipos de biodiesel e diesel estudados, a melhor alternativa apresentada foi o biodiesel derivado de pinhão-manso;
- Apesar da potencialidade do biodiesel derivado de pinhão-manso ter pontos positivos, o custo de produção, infelizmente, torna-se elevado, mediante a sua maturação de forma não uniforme;
- Outra alternativa que se destaca é o biodiesel derivado de palmeiras. A exemplo do babaçu, buriti e tucumã, que, além de não comprometerem o funcionamento do motor (combustão e eficiência) e terem um custo de produção relativamente menor comparado ao pinhão-manso, mostraram bons resultados dentre as pesquisas investigadas;

- Ademais, inferiu-se que, ao analisar um país tropical de grande extensão territorial e alternativas de produção de óleos vegetais, o Brasil tem acumulado vasta experiência e diversidade no que concerne às fontes renováveis. Porém, o maior desafio é o aproveitamento das potencialidades regionais, como as palmeiras nativas da Amazônia que são abundantes na região.

REFERÊNCIAS

1. Ramos LP, Silva, Mangrich AS, Cordeiro CS. Tecnologias de Produção de Biodiesel. Revista Virtual de Química [Internet]. 2023 [cited 2023 Oct 11];3(5):385–405. Available from: <https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/190>
2. Pinto AA. Uso de biodiesel de soja em trator agrícola [Internet]. Ibict.br. 2020 [cited 2023 Oct 01]. Available from: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP_994af5fc2b06db2d5224d4c3cc140ece
3. Knothe G, Razón LF. Biodiesel fuels. Progress in Energy and Combustion Science [Internet]. 2017 Jan 1 [cited 2023 Oct 01];58:36–59. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360128516300284>
4. Tortola DS, Santana HS, Reis ÉM, Osvaldir Pereira Taranto. REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO DO ÓLEO DE GIRASSOL E ETANOL PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL EM MICROREACTORES [Internet]. ResearchGate. unknown; 2015 [cited 2023 Aug 12]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/288184035_REACAO_DE_TRANSESTERIFICACAO_DO_OLEO_DE_GIRASSOL_E_ETANOL_PARA_A_PRODUCAO_DE_BIODIESEL_EM_MICROREACTORES
5. Fernandes FM, Silva MS, Lima ÂMF, Rocha AM, Soares PM, Konish F. BIODIESEL NO MUNDO E NO BRASIL: SITUAÇÃO ATUAL E CENÁRIOS FUTUROS [Internet]. 2015 [cited 2023 Aug 20]. Available from: https://www.silvaporto.com.br/wp-content/uploads/2017/08/BIODIESEL_BRASIL_MUNDO_2015.pdf

6. Guo M, Song W, Buhain, J. Bioenergia e biocombustíveis: história, status e perspectiva [Internet]. 2015 [cited 2023 Aug 20]. Available from: https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/25204/1/FelipeFirminoDiniz_Dissert.pdf
7. Biodiesel [Internet]. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2022 [cited 2023 Aug 13]. Available from: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel>
8. Leite JGDB, Bijman J, Giller K, Slingerland M. Biodiesel policy for family farms in Brazil: One-size-fits-all? [Internet]. ResearchGate. Elsevier BV; 2013 [cited 2023 Aug 18]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/257588263_Biodiesel_policy_for_family_farms_in_Brazil_One-size-fits-all
9. Agarwal AK, Gupta JG, Dhar A. Potencial e desafios para aplicação em larga escala de biodiesel no setor automotivo. Science Direct; 2014 [cited 2023 Aug 18].
10. Knothe G, Razon L. Biodiesel fuels [Internet]. ResearchGate. Elsevier BV; 2017 [cited 2023 Sept 11]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/309884664_Biodiesel_fuels
11. Lira TAM. Desempenho de trator agrícola em operação de preparo do solo utilizando biodiesel de palmeiras como combustível [Internet]. Ibict.br. 2018 [cited 2023 Sept 06]. Available from: https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/BRCRIS_8ba38b46a357fd85ecd40af240b37071.
12. Duarte VH, Heitor M, Borges G, Nadaletti WC, Vieira BM. Biocombustíveis: uma revisão sobre o panorama histórico, produção e aplicações do biodiesel. Meio Ambiente (Brasil) [Internet]. 2022 [cited 2023 Aug 21];4(2). Available from: <https://meioambientebrasil.com.br/index.php/MABRA/article/view/185>

13. Fontelles MJ, Simões, Marilda Garcia, Farias SH, Garcia R. Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. Rev para med [Internet]. 2023 [cited 2023 Sep 02];-. Available from: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-588477>
14. Cristiano C, Ernani P, De Freitas C. Capa Associação Pró-Ensino Superior em Novo Hamburgo -ASPEUR Universidade Feevale mEtodologia do trabalho CiEntíFiCo: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico 2ª edição [Internet]. Available from: <https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>
15. MIALHE LG. Máquinas Agrícolas - Ensaio & Certificação. Moodle USP: e-Disciplinas [Internet]. edisciplinas.usp.br. [cited 2023 Aug 21]. Available from: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5166569/mod_resource/content/0/Av_De_sempenho_Introdu%C3%A7%C3%A3o001.pdf
16. Balastreire LA. O estado da arte da agricultura de precisão no Brasil [Internet]. Repositorio.usp.br. 2023 [cited 2023 Sept 08]. Available from: <https://repositorio.usp.br/item/001081924>
17. Iamaguti PS, Lopes A, Pinto AA, Lira TAM, Lima LP de. Agricultural tractor performance fueled with proportions of biodiesel. Revista Ceres. 2022 Feb;69(1):1–6.
18. Lira TAM, Santos AP, Moreti TCF, Lopes A, Oliveira MCJ de, Neves MCT, et al. Performance of agricultural tractor consuming diesel and biodiesel derived from babassu (Orbinya martiana). JULY 2019 [Internet]. 2019 Jul 20;(13(07) 2019):1037–44. Available from: https://www.cropj.com/lira_13_7_2019_1037_1044.pdf
19. Simon CP, da Vitória EL, Lacerda, EG, Freitas ILJ. Desempenho operacional de um trator trabalhando com diferentes proporções de biodiesel de mamona e pinhão

- manso. [Internet]. Periodicos.ufv.br. 2023 [cited 2023 Aug 28]. Available from: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/754/pdf>
20. Oliveira MCJ, Lopes A, Lima LP, Neves MCT, Iamaguti PS, Lira TAM, Moreti TCF, Koike GHA, Santos AP, Silva RA. Effect of type of fuel and speed of engine on the performance of agricultural tractor. [Internet]. Academic Journal 2016. [cited 2023 Aug 28]. Available from: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/B8D73E260988>
 21. Iamaguti PS, Lopes A, Cais M, Hirotsugu G. Operational performance of tractor running with diesel and biodiesel from buriti oil (*Mauritia flexuosa*) [Internet]. ResearchGate. Southern Cross Publishing; 2016 [cited 2023 Sept 11]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/301662760_Operational_performance_of_tractor_running_with_diesel_and_biodiesel_from_buriti_oil_Mauritia_flexuosa
 22. Lima PL, Lopes A, Oliveira MCJ, Neves MCT, Iamaguti PS. BIODIESEL EM TRATOR AGRÍCOLA: COMPORTAMENTO OPERACIONAL EM FUNÇÃO DO TIPO E PROPORÇÕES DE MISTURA NO DIESEL DE PETRÓLEO. Engenharia na agricultura [Internet]. 2013 Oct 9 [cited 2023 Sept 11];21(5):447–55. Available from: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/366>
 23. Lima PL, Lopes A, Oliveira MCJ, Neves MCT, Koike GHA COMPARATIVO ENTRE BIODIESEL DE DENDÊ E TUCUMÃ NO DESEMPENHO OPERACIONAL DE TRATOR AGRÍCOLA [Internet]. Periodicos.ufv.br. 2023 [cited 2023 Sept 11]. Available from: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/315/237>
 24. Soranso AM, Gabriel Filho A, Lopes A, Souza EG de, Dabdoub MJ, Furlani CEA, et al. Desempenho dinâmico de um trator agrícola utilizando biodiesel destilado de óleo residual. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental [Internet]. 2008 Oct [cited 2023 Sept 11];12(5):553–9. Available from: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/QpStgYx8pDc7kFhhsybJk9r/?format=pdf&lang=pt>

25. LIMA, FCA. Produção de biodiesel a partir de óleo de macaúba usando como catalisador óxido misto de alumínio e estanho [Internet]. Lareferencia.info. 2018 [cited 2023 Sept 11]. Available from: https://www.lareferencia.info/vufind/Record/BR_efbcc199cac7f52893f46acd88ec95a5
26. Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis [Internet]. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2022 [Acessado em: 28 Ago, 2023]. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiOTlkODYyODctMGJjNS00MGlyLWJmMWItNGJlNDg0ZTg5NjBlliwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTl0YTtytNGI0Mi1iN2VmLTExNGFmY2FkYzkxMyJ9&pageName=ReportSection8aa0cee5b2b8a941e5e0%22> .
27. Especificação do biodiesel [internet]. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTIVEIS -ANP. [Acessado em: 01 Set, 2023]. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/anp-publica-resolucao-sobre-especificacao-do-biodiesel .
28. Damanauskas V, Janulevicius A, Pupinis G. Influência do peso extra e da pressão dos pneus no consumo de combustível em derrapagem normal do trator. [Internet]. [cited 2023 Sept 11].
29. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTIVEIS -ANP. [Acessado em: 29 Ago, 2023]. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel/informacoes-de-mercado>.
30. Alves MAB. Otimização da obtenção de biodiesel etílico de pinhão manso (*Jatropha curcas* L [Internet]. Dominiopublico.gov.br. 2010 [cited 2023 Sept 11]. Available from: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=194942

31. BRAGA NS. Avaliação fisiológica de sementes de pinhão manso. Ufrjbr [Internet]. 2016 [cited 2023 Oct 06]; Available from: <https://tede.ufrj.br/jspui/handle/tede/506?mode=full>.
32. Alves D, Rodrigues G, Furtado GQ, Andréa E, Rodrigues I. Transporte, patogenicidade e transmissibilidade de fungos associados às sementes de pinhão manso. Revista Brasileira De Sementes [Internet]. 2011 Jan 1 [cited 2023 Sept 02];33(4):663–70. Available from: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/Wbmms4YTtcyN7NKfTBC3v8m/abstract/?lang=pt>.
33. J.M. Nzikou, Matos L, François Mbemba, Stéphane Desobry. Characteristics and Composition of Jatropha curcas Oils, Variety Congo-Brazzaville [Internet]. ResearchGate. Maxwell Scientific Publication Corp.; 2009 [cited 2023 Aug 21]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/288656846_Characteristics_and_Composition_of_Jatropha_curcas_Oils_Variety_Congo-Brazzaville
34. Patil PD, Veera Gnaneswar Gude, Deng S. Biodiesel Production from Jatropha Curcas, Waste Cooking, and Camelina Sativa Oils [Internet]. ResearchGate. American Chemical Society; 2009 [cited 2023 Aug 21]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/231390900_Biodiesel_Production_from_Jatropha_Curcas_Waste_Cooking_and_Camelina_Sativa_Oils
35. Dermibas A. Biodiesel: A Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines [Internet]. ResearchGate. Springer; 2008 [cited 2023 Aug 28]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/204978999_Biodiesel_A_Realistic_Fuel_Alternative_for_Diesel_Engines
36. Costa JMC, Oliveira DM, Costa LEC. Macauba Palm— Acrocomia aculeata [Internet]. ResearchGate. unknown; 2018 [cited 2023 Sept 11]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/323620566_Macauba_Palm-Acrocomia_aculeata

37. Tabile RA, Lopes A, Dabdoub MJ, Camara FT da, Furlani CEA, Silva RP da. Biodiesel de mamona no diesel interior e metropolitano em trator agrícola. *Engenharia Agrícola*. 2009 Sep;29(3):412–23.
38. Telli GD. Análise do desempenho de um motor a combustão de ignição por compressão monocilíndrico no funcionamento bicombustível diesel-etanol. *Repositoriocsbr* [Internet]. 2018 Mar [cited 2023 Sept 06]; Available from: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/3657>
39. Giakoumis EG. Uma investigação estatística das propriedades físicas e químicas do biodiesel e sua correlação com o grau de insaturação. [Internet]. 2013 [cited 2023 Sept 06];
40. Hawash S., Kamal N., Zaher F., Kenawi O, El Diwani G. Combustível biodiesel a partir de óleo de *Jatropha* via transesterificação supercrítica não catalítica de metanol. [Internet]. 2009 [cited 2023 Sept 16];
41. Kusdiana D, Saka S. Effects of water on biodiesel fuel production by supercritical methanol treatment. *Bioresource Technology* [Internet]. 2004 Feb 1 [cited 2023 Sept 16];91(3):289–95. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852403002013>
42. Coleção Entomológica da Embrapa Cerrados - Portal Embrapa [Internet]. Embrapa.br. 2017 [cited 2023 Oct 20]. Available from: <https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica>