



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

Curso de Engenharia Mecânica

PAULO VIEIRA DA SILVA

**ESPECIFICAÇÃO DO BIODIESEL E VERIFICAÇÃO DA OPACIDADE DA
FUMAÇA OBTIDA DURANTE A SUA COMBUSTÃO.**

SÃO LUÍS

2019

PAULO VIEIRA DA SILVA

**ESPECIFICAÇÃO DO BIODIESEL E VERIFICAÇÃO DA OPACIDADE DA
FUMAÇA OBTIDA DURANTE A SUA COMBUSTÃO.**

Monografia de graduação apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual do Maranhão como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. José Ribamar Ribeiro Silva Júnior

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA MONOGRAFIA DEFENDIDA PELO ALUNO PAULO VIEIRA DA SILVA, E ORIENTADO PELO PROF. ESP. JOSÉ RIBAMAR RIBEIRO SILVA JÚNIOR.

.....
ASSINATURA DO ORIENTADOR

SÃO LUÍS

2019

Silva, Paulo Vieira da.

Especificação do biodiesel e verificação da opacidade da fumaça durante a sua combustão / Paulo Vieira da Silva. – São Luís, 2019.

59 f

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Prof. Me. José Ribamar Ribeiro Silva Júnior.

1.Biodiesel. 2.Babaçu. 3.Opacidade. I.Título

CDU: 62-634.5

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E PRODUÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ESPECIFICAÇÃO DO BIODIESEL E VERIFICAÇÃO DA OPACIDADE DA
FUMAÇA OBTIDA DURANTE A SUA COMBUSTÃO.**

Autor: Paulo Vieira da Silva.

Orientador: Prof. Me. José Ribamar Ribeiro Silva Júnior

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Monografia:

Prof. Me. José Ribamar Ribeiro Silva Júnior

Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Prof. Me. Paulino Cutrim Martins

Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Prof. Me. Antonio Vinicius Garcia Campos

Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

São Luís/MA, 02 de Dezembro de 2019.

Agradecimentos

A Deus, primeiro lugar em tudo, de tudo, para tudo.

Ao professor e orientador JOSÉ RIBAMAR JÚNIOR, pelo dedicado ensinamento, orientação, estímulo e amizade, que transmitiu incansáveis informações durante o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.

Aos professores ANTONIO VINICIUS e PAULINO CUTRIM por participarem como membros da banca examinadora deste trabalho.

A Universidade Estadual e Federal do Maranhão, ao Instituto Federal do Maranhão e ao Serviço Social do Transporte e Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte pelo espaço fornecido para a realização dos procedimentos experimentais, tais como produzir, especificar o biodiesel e análise da opacidade da fumaça.

E nesta oportunidade, manifestar sinceros agradecimentos a excelentes pessoas, como Edypo Barros de Aguiar Costa, José Hilton Gomes Rangel, Fábio Henrique Silva Sales, Francismar Rodrigues de Sousa e com eles compartilhar saberes e, em alguns casos, também da amizade.

Resumo

Este trabalho tem o objetivo de produzir e especificar o biodiesel como também verificar a opacidade da fumaça durante a sua combustão em um motor a diesel. Tal interesse surgiu por ser um combustível alternativo e renovável e podendo ser utilizado para diversificar a matriz energética brasileira de forma sustentável. O biodiesel foi obtido a partir do processo de transesterificação, onde o triglicerídeo presente no óleo babaçu reage com um metanol gerando dois produtos: o éster metílico e a glicerina. A especificação das principais qualidades, tais como viscosidade cinemática, massa específica, acidez, ponto de fulgor, cinzas e condutividade elétrica foram obtidas dentro do padrão estabelecido pela resolução da ANP N° 45 de 2014. Com a combustão do Biodiesel puro, Diesel S-500 e mistura de ambos (contendo 40% de biodiesel) em uma motobomba Eletroplas 5 hp à Diesel, foi verificado com equipamento opacímetro a medição de fumaça de gás de escapamento através da absorção de luz, onde obteve resultados da opacidade para os três tipos de combustíveis, comprovando que o biodiesel é mais limpo em relação ao Diesel, causando menos impacto ao meio ambiente.

Palavras-chaves: Biodiesel; Babaçu; Opacidade.

Abstract

This work aims to produce and specify biodiesel as well as to verify the smoke opacity during its combustion in a diesel engine. This interest arose because it is an alternative and renewable fuel and can be used to diversify the Brazilian energy matrix in a sustainable way. Biodiesel was obtained from the transesterification process, where the triglyceride present in *Orbignya phalerata* oil reacts with a methanol generating two products: the methyl ester and the glycerin. The specification of the main qualities, such as kinematic viscosity, specific mass, acidity, flash point, ash and electrical conductivity were obtained within the standard established by ANP Resolution No. 45 of 2014. With the combustion of pure Biodiesel, S-500 Diesel and a mixture of both (containing 40% of biodiesel) in a Diesel Electric 5 hp pump, the measurement of exhaust gas smoke through light absorption was verified with opacimeter equipment, where it obtained opacity results for the three types of fuels, proving that biodiesel is cleaner in relation to Diesel, causing less impact on the environment.

Keywords: Biodiesel; *Orbignya phalerata*; Opacity.

Lista de Ilustrações

Figura 3.1 - Produção mensal de Biodiesel (Adaptado da ANP, 2017).	12
Figura 3.2 - Ciclo Diesel e Otto (Adaptado de Silveira, 2014).	15
Figura 3.3 - Motobomba a diesel (Adaptado de Luiza, 2019).....	16
Figura 4.1 - Reação de transesterificação (Adaptado de Souza, 2007).	22
Figura 4.2 - Pesagem e Secagem do óleo babaçu.....	23
Figura 4.3 - Agitador mecânico.....	23
Figura 4.4 - Lavagem e Secagem do biodiesel.....	24
Figura 4.5 - Placa cromatográfica.	24
Figura 4.6 - Viscosímetro digital.....	25
Figura 4.7 - Medição do campo magnético.	26
Figura 4.8 - Exposição do biodiesel puro e misturado ao campo magnético.	27
Figura 4.9 - Decímetro e proveta.....	28
Figura 4.10 - Medidor de pH.....	29
Figura 4.11 - Medição da acidez dos combustíveis.....	29
Figura 4.12 - Vaso Cleveland.....	30
Figura 4.13 - Queima do biodiesel puro e misturado.	31
Figura 4.14 - Medidor de Condutividade.	32
Figura 4.15 - Motobomba Eletroplas Diesel e Equipamento opacímetro.	33
Figura 5.1 - Biodiesel e glicerina.	34
Figura 5.2 - Cinzas do biodiesel puro e misturado.	37

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 - Especificação do óleo diesel conforme ANP (Adaptado da ANP, 2016).	6
Tabela 3.2 - Especificação do Biodiesel conforme ANP (Adaptado da ANP, 2014).	9
Tabela 3.3 - Produção mensal de Biodiesel (Adaptado da ANP, 2017).....	11
Tabela 3.4 - Etanol e Metanol: Vantagens e desvantagens (Adaptado de Nogueira, 2018). ...	13
Tabela 3.5 - Massa específica (Adaptado de Teixeira, 2013).	18
Tabela 3.6 - Viscosidade cinemática (Adaptado de Teixeira, 2013).....	18
Tabela 5.1 - Viscosidade dinâmica e cinemática dos combustíveis.....	34
Tabela 5.2 - Massa específica dos combustíveis.	35
Tabela 5.3 - Potencial Hidrogeniônico dos combustíveis.	36
Tabela 5.4 - Número de acidez dos combustíveis.	36
Tabela 5.5 - Ponto de fulgor e combustão dos combustíveis.	36
Tabela 5.6 - Condutividade elétrica dos combustíveis.....	37
Tabela 5.7 - Opacidade dos gases dos combustíveis.....	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 Geral:	3
2.2 Específicos:	3
3 REVISÃO DA LITERATURA	4
3.1 Biodiesel	4
3.2 Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis	5
3.3 Metanol e suas características na produção de biodiesel no Brasil	11
3.4 Óleo Diesel	13
3.5 Motor Diesel	15
3.6 Fumaças de motores a diesel	16
3.7 Viscosidade	17
3.8 Massa específica	18
3.9 Potencial hidrogeniônico e acidez	19
3.10 Ponto de Fulgor e Combustão	19
3.11 Cinzas	20
3.12 Condutividade	20
4 METODOLOGIA	21
4.1 Materiais	21
4.2 Produção do Biodiesel de babaçu	22
4.3 Especificação do Biodiesel de babaçu	25
4.3.1 Viscosidade dinâmica e cinemática dos combustíveis	25
4.3.2 Tratamento magnético do biodiesel puro e misturado	26
4.3.3 Massa específica dos combustíveis	27
4.3.4 Potencial hidrogeniônico e a acidez dos combustíveis	28

4.3.5	Ponto de fulgor e combustão dos combustíveis	30
4.3.6	Cinzas do biodiesel puro e misturado	31
4.3.7	Condutividade elétrica dos combustíveis.....	31
4.3.8	Motobomba a Diesel e equipamento opacímetro	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
6	CONCLUSÃO	39
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTURO	40
	REFERÊNCIAS.....	41
	ANEXO A – OPACIDADES	46
	RESULTADO DO TESTE DE OPACIDADE	46

1 INTRODUÇÃO

Filho (2017), afirma que o biodiesel é um combustível renovável, capaz de auxiliar na redução das emissões de gases poluentes para a atmosfera, podendo ser obtido através do babaçu que tem características que o tornam o biocombustível de melhor qualidade em relação aos demais biodieseis produzidos no Brasil.

Segundo a ANP (2016), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, o biodiesel é obtido a partir de uma reação química de transesterificação, onde os triglicerídeos presentes nos óleos e gordura animal, sendo utilizado o óleo babaçu neste trabalho, reagem com um álcool primário, metanol ou etanol, a qual foi utilizada o metanol, gerando dois produtos: o éster e a glicerina. O éster metílico somente pode ser comercializado como biodiesel, após passar por processos de purificação para adequação à especificação da qualidade, sendo destinado principalmente à aplicação em motores de ciclo Diesel.

Inicialmente, Rudolph Diesel utilizou no motor diesel o óleo de amendoim e posteriormente diversos óleos vegetais. O uso do biodiesel em substituição ao diesel foi uma das preocupações quanto à necessidade de modificações no motor para que permitisse o uso do biodiesel. Porém, não são necessárias muitas modificações nos motores para o uso deste biocombustível (RACHE, 2004).

Os motores de ciclo Diesel, desenvolvido por Rudolph Diesel, o combustível que adentra o cilindro é consumido logo após a injeção, superando-se as limitações impostas pela detonação do ciclo Otto. Deste modo, os motores dieseis podem operar com valores elevados de taxa de compressão, que neste caso passa a ser limitada por aspectos estruturais, alcançando patamares superiores de eficiência térmica (RACHE, 2004).

Rache (p. 47, 2004), diz que a combustão do óleo produz gases de combustão que se expandem, aumentando de volume dentro do cilindro do motor, e empurrando o pistão para baixo, que como está fixo à biela e esta ao virabrequim, faz este girar.

Os gases produzidos pela combustão do óleo diesel ou biodiesel podem ser analisados com o equipamento opacímetro montado no escapamento do veículo ou no banco de prova, para a medição de fumaça de gás de escapamento através da absorção de luz. A fumaça é captada pela sonda no escapamento do veículo e levada até a câmara de medição. Na câmara de medição, existe um emissor de luz e um receptor. Esse fecho de luz é interceptado pela

fumaça, e assim é medida a opacidade através da absorção da luz emitida (TECNOMOTOR, 2018).

Nos motores a diesel, os gases provenientes da exaustão são constituídos por uma mistura de compostos gasosos (monóxido de carbono e dióxido de nitrogênio) e material particulado (carbono, enxofre, nitrogênio, entre outros) que, ao serem inalados, podem provocar o desenvolvimento de doenças à saúde humana, tais como tontura, vômito, câncer de pulmão, diarreia, doenças cardiovasculares, sensação de ardência nos olhos, tremores, perda de memória, dentre outros e, também sendo prejudicial ao meio ambiente (INCA, 2018).

Este trabalho tem por finalidade a produção de biodiesel de babaçu com especificações aceitáveis pela resolução ANP N° 45 de 2014, tais como viscosidade cinemática, massa específica, acidez, ponto de fulgor, cinzas e condutividade elétrica. Com a utilização do biodiesel puro, Diesel S-500 e mistura de ambos (Diesel S-500 com 40% de Biodiesel), em uma motobomba Eletroplas 5 hp à Diesel, foi verificado com equipamento opacímetro a opacidade da fumaça no escapamento, onde os resultados obtidos durante a combustão dos três tipos de combustíveis comprova que o biodiesel é um combustível mais limpo em comparação ao óleo diesel comercializado.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral:

- ✓ Produção, especificação do biodiesel e verificação da opacidade da fumaça durante a sua combustão em uma Motobomba a Diesel.

2.2 Específicos:

- ✓ Produzir biodiesel a partir do óleo de babaçu com especificações aceitáveis, tais como viscosidade cinemática, massa específica, acidez, ponto de fulgor, cinzas e condutividade elétrica conforme a Resolução da ANP N° 45 de 2014 e as que não são estabelecidas por esta resolução, como potencial hidrogeniônico e o ponto de combustão;
- ✓ Utilizar três tipos de combustíveis, como diesel S-500, diesel S-500 misturado com 40 % de Biodiesel e Biodiesel puro em uma Motobomba Eletroplas 5 hp a Diesel e
- ✓ Verificar a opacidade da fumaça produzida durante a combustão para os três tipos de combustíveis com a utilização do equipamento opacímetro.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Biodiesel

De acordo com Ramos (2017), os primeiros estudos relacionados ao uso de óleos vegetais e seus derivados como combustíveis alternativos ao diesel de petróleo tiveram início logo após a Primeira Guerra Mundial. No início da década de 70, testes preliminares foram realizados com ésteres metílicos de óleos vegetais e, desde então, ficaram comprovadas as vantagens obtidas por meio da reação de transesterificação, que fornecia um produto de menor viscosidade e melhores propriedades combustíveis do que na utilização direta de óleos vegetais.

Plá (2002) afirma que a utilização de óleos vegetais, no século XX, sem qualquer modificação causava problemas ao funcionamento dos motores. O uso prolongado desses óleos, devido a uma combustão incompleta, produzia depósitos carbonosos nos motores, provocando a adesão dos anéis, assim com o entupimento dos injetores, o que conduzia, eventualmente, à falha geral dos motores. Esses problemas puderam ser contornados por convenientes modificações nos óleos, que originaram os diversos tipos de biodiesel.

Na década de 90, aproximadamente 80 mil litros de biodiesel (éster metílico de óleo de soja) foram cedidos pela American Soybean Association (EUA) e testados na forma de mistura de 20 % de biodiesel em diesel urbano e testados em 20 ônibus de diferentes marcas durante três meses consecutivos no primeiro semestre de 1998 e, ao final dos trabalhos, os resultados obtidos demonstraram uma redução de no mínimo 35 % na fumaça emitida pelos veículos (RAMOS,2017).

A utilização do biodiesel tem a função de reduzir a emissão dos gases causadores do efeito estufa, oriundos principalmente do consumo de combustíveis fósseis pelo setor automotivo (RAMOS, 2017). Segundo ANP (2014), um biocombustível pode substituir parcial ou integralmente, compostos de origem fóssil em motores ou em outros tipos de geração de energia. Por serem biodegradáveis, e praticamente livres de enxofre e compostos aromáticos, não causam impactos elevados ao meio ambiente.

O biodiesel pode ser obtido a partir de gorduras animais e óleos vegetais como, palma,

girassol, babaçu, amendoim, mamona, pinhão-manso e óleo utilizado em frituras, permitindo eliminar uma importante fonte de poluição ambiental em lagos ou em aterros sanitários (ANP, 2016).

O babaçu (*Orbignya phalerata*), onde seu óleo foi utilizado neste trabalho para produzir biodiesel, contribui para que o Maranhão seja o estado com a maior extração de amêndoa desse tipo de coco no país realizado pelas quebradeiras de coco babaçu do povoado Aldeia do Odino, zona rural do município maranhense de Bacabal (IBGE, 2019).

Por meio da reação de transesterificação, o triglicerídeo presente no óleo reage com um álcool primário, metanol ou etanol, gerando dois produtos: o éster e a glicerina (ANP, 2016). Conforme Nogueira (2018), o metanol é o álcool mais utilizado para produção do biodiesel, pois vários fatores contribuem para essa escolha, como maior reatividade, menor preço, menor temperatura de reação e menor relação álcool/óleo.

A separação do biodiesel e da glicerina aquosa é muito simples, já que se realiza por decantação, visto que o biodiesel apresenta menor densidade e que ambas as fases não se misturam. A glicerina é uma substância apreciada pelas indústrias de plásticos, de lubrificantes, de cosméticos, de fármacos e de explosivos (PLÁ, 2002).

3.2 Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) é um órgão regulador que atua incessantemente para a melhoria da qualidade dos combustíveis derivados de petróleo, do gás natural, do biodiesel e do etanol combustível. Para isso, a Agência especifica as características físico-químicas que garantem que os combustíveis tenham a qualidade mínima necessária para o desempenho esperado. Os produtos vendidos aos consumidores atendem obrigatoriamente a essas especificações (ANP, 2014).

Surgiram preocupações nos últimos 20 anos em relação à poluição ambiental e ao aquecimento global, fortalecendo a busca por soluções alternativas ao consumo do petróleo. Por este motivo o biodiesel foi introduzido na matriz energética brasileira por meio do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), um programa interministerial do Governo Federal. O uso obrigatório de biodiesel em mistura ao diesel de petróleo foi

regulamentado pela ANP por meio da Lei 11.097 de 13 de janeiro de 2005, que autorizou seu uso em misturas B2 com o intuito de torná-lo obrigatório a partir de janeiro de 2008. Em Julho de 2009, houve um aumento para 4%, Janeiro de 2010 para 5%, Novembro de 2014 para 7%, Março de 2018 para 10 % e a partir de 1º de setembro de 2019 um percentual de 11% (ANP, 2016).

Desde 2008 a quantidade de biodiesel ao diesel tem sido aprimorada constantemente, o que tem contribuído para a sua harmonização com as normas internacionais e alinhamento da sua qualidade às condições do mercado brasileiro, assegurando maior segurança (ANP, 2016).

Segundo a CNPE (2018), Conselho Nacional de Política Energética, fica estabelecido que a adição de biodiesel cresça a um ponto percentual ao ano, passando recentemente de 10% (mistura B10) para 11% (mistura B11) ocorrida em Junho de 2019. Sucessivamente, a ampliação será feita até março de 2023, chegando a 15% de biodiesel ao diesel comercializado ao consumidor final.

O controle da qualidade do biodiesel e diesel, como aspecto, cor visual, ponto de fulgor, massa específica, condutividade elétrica, número de acidez e teor de água a serem atendidas pelos diversos agentes econômicos que comercializam o produto em todo o território nacional é estabelecida por meio da Resolução da ANP (ANP, 2016). A resolução ANP Nº 30 de 2016, especifica a qualidade para o diesel podendo ser consultada na “tabela 3.1” a seguir:

Tabela 3.1 - Especificação do óleo diesel conforme ANP (Adaptado da ANP, 2016).

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE			MÉTODO
		S10	S500	S1800 não rodoviário	
Aspecto		LII			Visual
Cor			Vermelho		Visual
Cor ASTM, máx.		3,0			NBR 14483 ASTM D6045 ASTM D1500
Massa Específica (20°C)	kg/m ³	817,8 a	817,8 a	822,4 a	NBR 7148

		865,0	875,5	886,0	NBR 14065 ASTM D1298 ASTM D4052 NBR 15983 ASTM D 7042
Viscosidade a 40°C	mm ² /s	1,9 a 4,1	2,0 a 5,0		NBR 10441 ASTM D445 ASTM D7279 NBR 15983 ASTM D 7042
Teor de Biodiesel, % vol.	% volume	8			NBR 15568 EN 14078 ASTM D7861 ASTM D7371
Enxofre, máx.	mg/kg	10	-		ASTM D5453 ASTM D2622 ASTM D7039 ASTM D7220
		-	500	1800	ASTM D2622 ASTM D5453 ASTM D7039
Destilação/10% vol. min.	°C	180	Anotar		NBR 9619
Destilação/50% vol.	°C	245,0 a 295,0	245,0 a 310,0		ASTM D86 ASTM D1160

Destilação/85% vol.	°C	Anotar		
Destilação/90% vol.	°C	Anotar		
Destilação/95% vol.	°C	Anotar		
Ponto de fulgor, °C, mín.	°C	38		NBR 7974 NBR 14598 ASTM D56 ASTM D93 ASTM D3828
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx.	°C	11		NBR 14747 ASTM D6371
Resíduo de Carbono - 10% amostra, máx.	%massa	0,25		NBR 14318 ASTM D524
Cinzas, máx.	%massa	0,01		NBR 9842 ASTM D482
Corrosividade ao cobre		1		NBR 14359 ASTM D130
Teor de água, máx.	mg/kg	200	500	ASTM D6304 EN ISO 12937
Água e sedimentos, máx.	% vol	-	0,05	ASTM D2709
Estabilidade à oxidação, mín.	h	20		EN15751
Estabilidade à oxidação	h	ANOTAR		EN15751
Contaminação total, máx.	mg/kg	24	Anotar	EN12662
Número de Acidez, máx.	mg KOH/g	0,3		NBR 14248 ASTM D664
Condutividade elétrica, mín.	pS/m	25	25	Anotar ASTM D2624 ASTM D4308

Número de cetano ou número de cetano derivado (NCD), mín.	-	48	46	42	ASTM D613 ASTM D6890 ASTM D7170 ASTM D7668
---	---	----	----	----	---

Enquanto a resolução ANP Nº 45 de 2014, “tabela 3.2”, para o biodiesel, foi utilizada para determinar alguns parâmetros de qualidade do biodiesel produzido neste trabalho, tais como viscosidade cinemática, massa específica, acidez, dentre outros com o objetivo de garantir a utilização em motor com certo nível de confiabilidade.

Tabela 3.2 - Especificação do Biodiesel conforme ANP (Adaptado da ANP, 2014).

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE	MÉTODO		
			ABNT NBR	ASTM D	EN/ISO
Aspecto	-	LII	-	-	-
Massa específica a 20° C	kg/m ³	850 a 900	7148 14065	1298 4052	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Viscosidade Cinemática a 40°C	mm ² /s	3,0 a 6,0	10441	445	EN ISO 3104
Teor de água, máx.	mg/kg	200,0	-	6304	EN ISO 12937
Contaminação Total, máx.	mg/kg	24	15995	-	EN12662
<u>(Nota)</u>					
Ponto de fulgor, mín.	°C	100,0	14598	93	EN ISO 3679
Teor de éster, mín	% massa	96,5	15764	-	EN 14103
Cinzas sulfatadas, máx.	% massa	0,020	6294	874	EN ISO 3987
Enxofre total, máx.	mg/kg	10	15867	5453	EN ISO 20846 EN ISO

					20884
Sódio + Potássio, máx.	mg/kg	5	15554	-	EN 14108
			15555		
			15553		
			15556		
Cálcio + Magnésio, máx.	mg/kg	5	15553	-	EN 14538
Fósforo, máx.	mg/kg	10	15553	4951	EN 14107
			15556		EN 16294
Corrosividade ao cobre, 3h a 50 °C, máx.	-	1	14359	130	EN ISO 2160
Número Cetano	-	Anotar	-	613 6890	EN ISO 5165
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx.	°C	9	14747	6371	EN 116
Índice de acidez, máx.	mg KOH/g	0,50	14448 -	664 -	EN 14104
Glicerol livre, máx.	% massa	0,02	15771	6584	EN 14105
			15908		
Glicerol total, máx.	% massa	0,25	-	-	EN 14106
			15344		
Monoacilglicerol, máx.	% massa	0,7	15344	6584	EN 14105
			15342		
			15344		

			15342		
			15344		
Diacilglicerol, máx.	% massa	0,20	15908	6584	EN 14105
			15342		
			15344		
Triacilglicerol, máx.	% massa	0,20	15908	6584	EN 14105
Metanol e/ou Etanol, máx.	% massa	0,20	15343	-	EN 14110
Índice de Iodo	g/100g	Anotar	-	-	EN 14111
		6			EN 14112
Estabilidade à oxidação a 110°C, mín.	hora	12	-	-	EN 15751

3.3 Metanol e suas características na produção de biodiesel no Brasil

Segundo a ANP (2017), existem 51 plantas produtoras de biodiesel autorizadas, correspondente a uma capacidade total de produção de 25.819,97 m³/dia. Dentre essas plantas, dez usinas apresentam flexibilidade no processo produtivo, pois podem operar por rota metílica ou etílica, porém todas essas usinas operam somente por rota metílica.

Um Boletim Mensal do Biodiesel vem sendo publicado pela ANP a partir de abril de 2017, através das planilhas e figura, com o intuito de dar mais transparência aos dados e facilitar a busca de informações relacionadas à atividade de produção de biodiesel no País (ANP, 2017). A “tabela 3.3” mostra a capacidade nominal autorizada pela ANP e a produção de biodiesel nacional e regional ao longo do ano 2019.

Tabela 3.3 - Produção mensal de Biodiesel (Adaptado da ANP, 2017).

2019	Capacidade nominal autorizada (m ³ /mês)	Produção Mensal de Biodiesel (m ³)
Jan	711.601	446.508

Fev	711.601	415.249
Mar	716.251	462.134
Abr	704.251	464.902
Mai	704.251	448.352
Jun	700.651	461.613
Jul	726.151	495.344
Ago	726.151	503.146
Set	758.611	558.291
Out	766.111	582.685
Nov		
Dez		

Os dados da tabela anterior também podem ser visualizados em gráfico, como podemos observar na “figura 3.1” disponibilizada pela ANP.

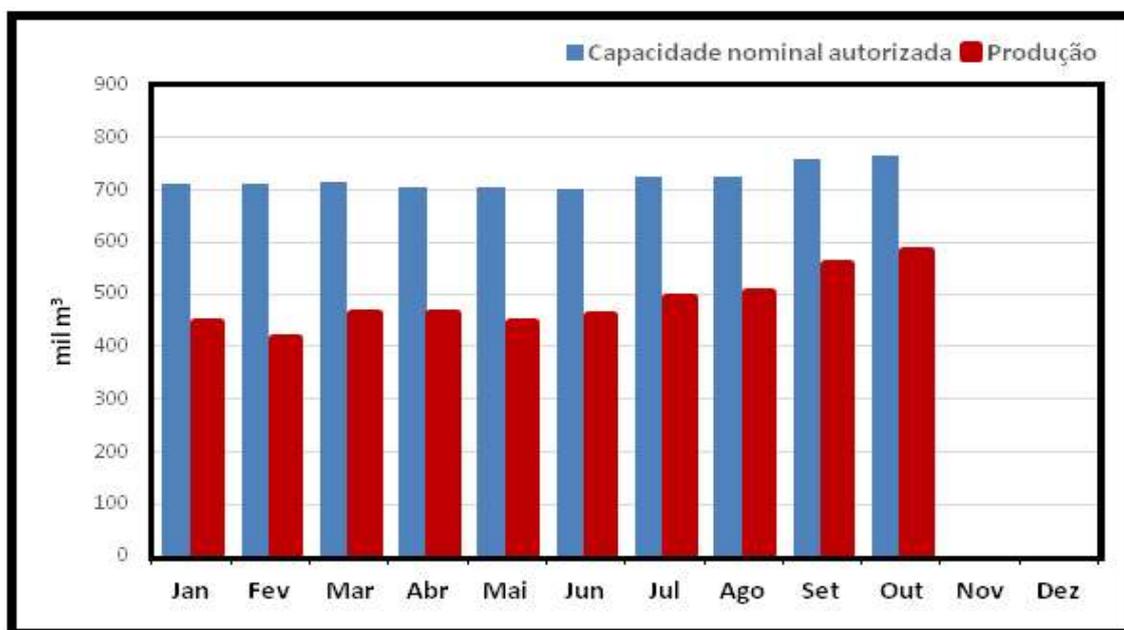


Figura 3.1 - Produção mensal de Biodiesel (Adaptado da ANP, 2017).

Os dados da produção de biodiesel foram atualizados pela ANP até 22 de Novembro de 2019, razão por não possuir dados para os meses de Novembro e Dezembro.

O metanol no mercado brasileiro possui papel crucial para produção do biodiesel (ANP, 2017). A "tabela 3.4", adaptado de Nogueira, apresenta as vantagens e desvantagens dos alcoóis mais empregados na produção de biodiesel: metanol e etanol. Onde um custo menor e elevada reatividade em curto tempo faz com que o metanol se torne o principal álcool utilizado.

Tabela 3.4 - Etanol e Metanol: Vantagens e desvantagens (Adaptado de Nogueira, 2018).

ETANOL	
Vantagens	Desvantagens
1 - Origem de fontes renováveis;	1 - Maior relação Álcool/óleo;
2 - Biodegradável;	2 - Exige maior temperatura;
3 - Toxicidade baixa;	3 - Exige maior tempo de reação;
4 - Maior lubrificidade ao biodiesel;	4 - Agrega maior custo de produção;
5 - Proporciona um maior número de cetano ao biodiesel;	5 - Produz emulsões (Sabão);
6 - Produção consolidada no Brasil;	6 - Preço elevado;
METANOL	
Vantagens	Desvantagens
1 - Maior reatividade;	1 - Alta toxicidade;
2 - Menor preço;	2 - Origem fóssil;
3 - Menor temperatura de reação;	3 - Produto importado;
4 - Menor relação Álcool/óleo;	

3.4 Óleo Diesel

A ANP (2016) define o óleo diesel como um combustível líquido derivado de petróleo, composto por hidrocarbonetos com cadeias de 8 a 16 carbonos e, em menor proporção, nitrogênio, enxofre e oxigênio. É utilizado principalmente nos motores de combustão interna e ignição por compressão.

Segundo Rache (p.31, 2004), o óleo Diesel tem baixo teor de produtos voláteis, isto é, não evapora facilmente à temperatura ambiente, e tem baixa toxidez quando em contato com a pele. Isto faz com que a operação de veículos com motores Dieséis seja muito segura, com poucos riscos de incêndio.

É um produto que sobra da destilação do petróleo, e como tem alta densidade e viscosidade, é chamado de óleo. Da queima do combustível se obtém energia térmica, que

pode ser utilizada em forma de energia de expansão de gases de combustão e transformada em energia mecânica. Para avaliar a capacidade de um determinado combustível de produzir energia térmica em sua combustão, existem vários índices, que são determinados através de testes. Para o óleo Diesel existem índices muito importantes (RACHE, 2004):

O número ou índice Cetano - corresponde a velocidade de ignição que ocorre entre o início da injeção de combustível e o início da combustão. Um número adequado de cetano no combustível favorece o bom funcionamento do motor, pois permite aquecimento mais rápido do motor, minimiza depósito nos pistões, dentre outros.

O poder calorífico - é a quantidade de calor que uma determinada quantidade ou peso de combustível pode produzir em sua queima sendo a do biodiesel muito próximo do óleo diesel mineral.

O índice de viscosidade - Uma viscosidade pequena provoca uma pulverização do óleo em partículas relativamente pequenas, o que diminui o alcance das partículas de óleo pulverizado dentro da câmara de combustão, fazendo que não cheguem a todas as partes dela, deixando uma parte do ar sem poder ser misturado com o óleo diesel, e resultando que uma parte do óleo não é queimada.

Pureza ou isenção de matérias estranhas - não pode conter água, nem poeira, ou materiais estranhos, o que prejudicará, e ocasionará o entupimento de orifícios de bombas e injetores.

Baixo teor de enxofre - deve ser baixo, pois este é corrosivo e poluidor causando bastantes danos ao meio ambiente, ao motor e seus pertences. Os óleos vegetais e as gorduras de animais não possuem enxofre, deixando o biodiesel completamente isento desse elemento.

Ponto de névoa - é a temperatura abaixo da qual os cristais começam a se separar.

Vários tipos de diesel são encontrados no mercado. No Brasil, a ANP estabelece o óleo diesel (S10 e S500) de uso rodoviário, tais como veículos automotivos, máquinas agrícolas, máquinas de construção, máquinas industriais; o óleo diesel S1800 de uso não rodoviário, tais como transporte ferroviário, geração de energia elétrica e o óleo diesel marítimo DMA/DMB utilizada em embarcações (ANP, 2016).

3.5 Motor Diesel

O motor Diesel de combustão interna inventada pelo engenheiro alemão Rudolf Diesel em 1892, transforma energia térmica em mecânica. Essa energia é obtida a partir da combustão do diesel ou biodiesel dentro do cilindro do motor que, por sua vez é similar ao ciclo Otto, tendo o mesmo princípio de admissão, compressão, combustão e descarga. Contudo, o motor a diesel utiliza uma compressão mais elevada, inflamando o combustível em vez de usar a vela de ignição (RACHE, 2004).

A "figura 3.2" compara os ciclos das máquinas de Otto e Diesel; ambos com o mesmo volume máximo, em um diagrama pressão versus volume. No final da compressão, a máquina Diesel atinge uma pressão quase três vezes maior do que a pressão na mesma etapa de uma máquina Otto. Isto se deve à taxa de compressão mais elevada na primeira máquina do que na segunda. A área no interior do ciclo representa o trabalho fornecido pela máquina em um ciclo completo (SILVEIRA, 2014).

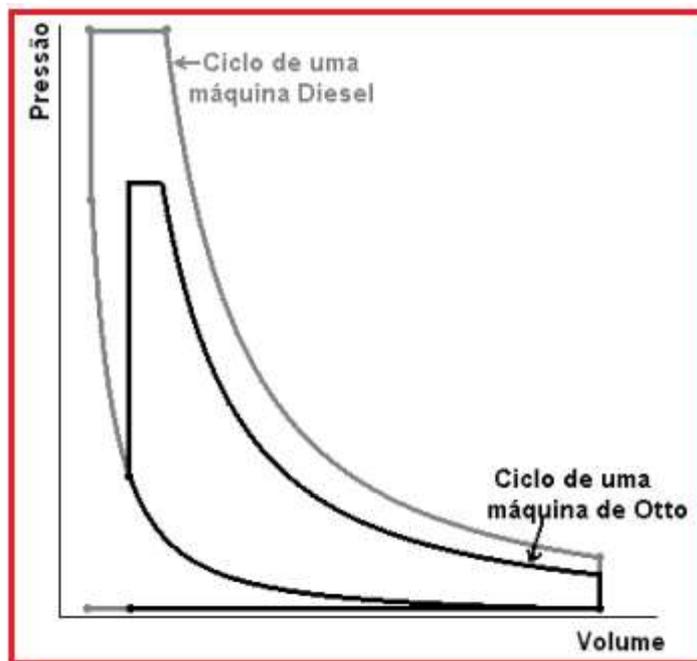


Figura 3.2 - Ciclo Diesel e Otto (Adaptado de Silveira, 2014).

A “figura 3.3” é uma imagem ilustrativa que representa um tipo de motor a diesel (motobomba Eletroplas) semelhante ao utilizado para utilização dos combustíveis

desenvolvidos neste trabalho.



Figura 3.3 - Motobomba a diesel (Adaptado de Luiza, 2019).

3.6 Fumaças de motores a diesel

Segundo o INCA (2018), Instituto Nacional de Câncer, nos motores a diesel, os gases provenientes da exaustão são constituídos por uma mistura de compostos gasosos (monóxido de carbono e dióxido de nitrogênio) e material particulado (carbono, enxofre, nitrogênio, entre outros) que, ao serem inalados, podem provocar o desenvolvimento de doenças à saúde humana e ao meio ambiente.

Por esta razão há uma crescente preocupação quanto à exposição aos gases e vapores. A exposição no trabalho, tais como serviços relacionados ao tráfego rodoviário, transporte de cargas e de passageiros, embarcações, locomotivas, geração de energia, máquinas para construção civil e agrícolas, transporte de equipamentos, dentre outros, são onde possui os profissionais mais expostos a fumaça de motores a diesel (INCA, 2018).

Os principais efeitos à saúde são tontura, vômito, irritação de pele, sensação de ardência nos olhos, náusea, diarreia, perda de memória, doenças cardiovasculares, perda de memória, dificuldade de concentração, perturbações no sono, dentre outros (INCA, 2018).

Plá (2002) diz que a intensa utilização de motores provocou nas últimas décadas uma elevação da concentração do CO₂, que é tida com o responsável pela elevação da temperatura média do planeta (efeito estufa), ao dificultar a irradiação da energia solar de volta da terra para o espaço.

O uso do biodiesel é de grande vantagem, pois sua utilização elimina várias formas de agressão ao meio ambiente, devido a utilizar um combustível fóssil, com reservas limitadas e reduz a liberação de diversas substâncias prejudiciais, que são inevitáveis com o uso de combustíveis derivados do petróleo (PLÁ, 2002).

3.7 Viscosidade

Prolab (2014) diz que a viscosidade é a propriedade associada à resistência que um fluido oferece à deformação por cisalhamento, tipo de tensão gerado por forças aplicadas em sentidos opostos, porém, em direções semelhantes no material analisado.

De acordo com Omel (2012), existem dois tipos de viscosidade: a viscosidade dinâmica e a viscosidade cinemática. A viscosidade dinâmica (η) (no sistema SI, mPa \times s) que é dada em termos de força requerida para mover uma unidade de área a uma unidade de distância e a viscosidade cinemática (ν) (no sistema SI, mm²/s) que é a viscosidade dinâmica dividida pela densidade do fluido (ρ) (no sistema SI, kg/m³).

Segundo Teixeira (2013), as viscosidades cinemáticas dos combustíveis são de grande importância na caracterização do combustível e no projeto dos sistemas de bombeamento e injeção de combustível, bem como influencia o atraso da ignição.

Teixeira (2013) constatou que a massa específica aumenta com o a quantidade de biodiesel de dendê (palma) na mistura combustível, onde é representada pela letra B mais o número que corresponde à porcentagem de biodiesel presente na mistura como se observa na tabela a seguir:

Tabela 3.5 - Massa específica (Adaptado de Teixeira, 2013).

COMBUSTÍVEL	$\rho(\text{g/cm}^3)$
B4	0,832
B20	0,835
B40	0,836
B60	0,847
B80	0,853
B100	0,856

A viscosidade cinemática também aumentará com a quantidade de biodiesel na mistura combustível, como se observa na tabela a seguir:

Tabela 3.6 - Viscosidade cinemática (Adaptado de Teixeira, 2013).

COMBUSTÍVEL	ν (cSt)
B4	3,4
B20	3,4
B40	3,6
B60	4,1
B80	4,7
B100	4,9

Quanto maior a viscosidade, devido maior a quantidade de biodiesel na mistura, maior será o tamanho médio das gotas do combustível na câmara de combustão resultando em misturas piores e de queima mais lenta, prejudicando a ignição e a eficiência da combustão. Logo, o aumento da viscosidade aumenta o atraso na ignição em motores ciclo diesel prejudicando a ponto de aumentar a emissão de poluentes e reduzir a eficiência energética do sistema (TEIXEIRA, 2013).

3.8 Massa específica

A massa específica (ρ) que é uma propriedade física que resulta da divisão da massa compacta de uma substância pelo volume que ela ocupa (TODAMATERIA, 2017).

Segundo Gallina (2012), valores de densidades acima do permitido podem levar à mistura rica de ar/combustível, o que aumenta a emissão de poluentes como hidrocarbonetos, monóxido de carbono e material particulado. Já para valores baixos, pode favorecer a formação de mistura pobre, o que leva à perda de potência do motor e ao aumento de consumo de combustível. A ANP (2014) estabelece para os biodieseis valores entre 850 a 900 kg/m³.

3.9 Potencial hidrogeniônico e acidez

Em 1909, o termo potencial hidrogeniônico (pH) foi introduzido para expressar concentrações muito pequenas de íons hidrogênio em soluções aquosas pelo bioquímico dinamarquês Soren Peter Lauritz Sorensen com o objetivo de facilitar seus trabalhos no controle de qualidade de cervejas (INFOESCOLA, 2017).

Para valores muito baixos neste parâmetro, as consequências podem ser corrosão das peças metálicas dos automóveis, entupimento da bomba de injeção entre outros problemas associados ao processo de corrosão (GALLINA, 2012).

Já o índice de acidez corresponde ao número de miligramas de KOH necessário para neutralizar a acidez de 1 g de uma amostra de óleo ou gordura (mg KOH/g), sendo essa acidez reflexo da presença de ácidos graxos livres na amostra. Quanto maior for o índice de acidez, maior volume de base será consumida na titulação (NEVES, 2004). Para que o Biodiesel se encaixe nos padrões estabelecidos pela ANP, é necessário que apresente um índice de no máximo 0,5 mg de KOH/g, enquanto para o diesel S-500 de 0,3 mg de KOH/g.

3.10 Ponto de Fulgor e Combustão

O ponto de fulgor indica a temperatura mínima na qual o óleo forma com o ar uma mistura inflamável. Já o ponto de combustão representa a temperatura na qual o óleo consegue manter a queima. Ou seja, se após o ponto de fulgor o fornecimento de calor ao

combustível prosseguir e não mais se extinguir, tem então o ponto de combustão (CURSO SEGURANÇADOTRABALHO, 2013).

Essa característica dos combustíveis está ligada à sua inflamabilidade e serve como indicativo dos cuidados a serem tomados durante o manuseio, transporte, armazenamento e uso do produto (GALLINA, 2012).

A ANP (2014) estabelece um valor mínimo de 100 °C para o ponto de fulgor do biodiesel, enquanto o diesel, 38 °C. Já o ponto de combustão não é estabelecido pela ANP para biodiesel e diesel.

3.11 Cinzas

As cinzas são basicamente constituídas de sais inorgânicos (óxidos metálicos de sódio ou potássio no caso do biodiesel) que são formados após a combustão do produto e se apresentam como abrasivos. Teores de cinzas acima das especificadas pela ANP (prejudicam os pistões, anéis, bombas injetoras e injetores as cinzas podem obstruir os bicos injetores), turbocompressores, câmara de combustão, dentre outros (BIODIESELBR, 2011).

3.12 Condutividade

A condutividade elétrica é simplesmente o inverso da resistividade. Ou seja, quanto maior a resistividade, menor será a condutividade. A existência de íons em meio ao processo possibilita que os mesmos tenham liberdade para se movimentar e de serem atraídos pelo eletrodo, fechando assim o circuito elétrico (MUNDOEDUCAÇÃO, 2010).

A ANP não estabelece para o biodiesel a condutividade. Gallina (2012) diz que a medida de condutividade requer a presença de íons para que a amostra conduza corrente elétrica, esta técnica não é comumente utilizada para as análises de moléculas que não se dissociam, como o caso de diesel e biodiesel.

4 METODOLOGIA

O processo de produção do biodiesel foi realizado no laboratório de química do Instituto Federal do Maranhão, enquanto as especificações, tais como acidez, cinzas condutividade elétrica e potencial hidrogeniônico na Universidade Federal do Maranhão, e demais especificações, como viscosidade, massa específica, ponto de fulgor e combustão na Universidade Estadual do Maranhão. Já os procedimentos de análise da opacidade da fumaça foram realizados através do programa ambiental do transporte do SEST SENAT, Serviço Social do Transporte e Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte.

4.1 Materiais

Para a produção do biodiesel, sua especificação e utilização em um motor para verificação da opacidade da fumaça durante a combustão, foram utilizadas os seguintes materiais:

1. Béquer;
2. Erlenmeyer;
3. Funil de decantação;
4. Balança analítica e comercial;
5. Pipeta;
6. Proveta;
7. Bureta;
8. Estufa de secagem;
9. Placa Cromatográfica;
10. Agitador mecânico;
11. Medidor de Condutividade;
12. Medidor de PH;
13. Chapa aquecedora;
14. Equipamento Opacímetro;
15. Recipiente de armazenamento;
16. Câmara escura;
17. Mufla;
18. Dessecador;
19. Gaussmeter;
20. Capela de exaustão;
21. Cadinho;
22. Papel filtro;
23. Viscosímetro digital;
24. Vaso de Cleveland aberto;
25. Motobomba Eletroplas 5 hp;
26. Ímãs;
27. Hidróxido de potássio;
28. Sulfato de sódio;

- 29. Fenolftaleína;
- 30. Álcool Metílico;
- 31. Óleo Babaçu;
- 32. Eter Etílico;

- 33. Hexano;
- 34. Ácido acético e
- 35. Água destilada

4.2 Produção do Biodiesel de babaçu

O biodiesel foi obtido a partir da reação de transesterificação do óleo babaçu (*Orbignya phalerata*) e metanol, “figura 4.1”, usando como catalisador o hidróxido de potássio (KOH).

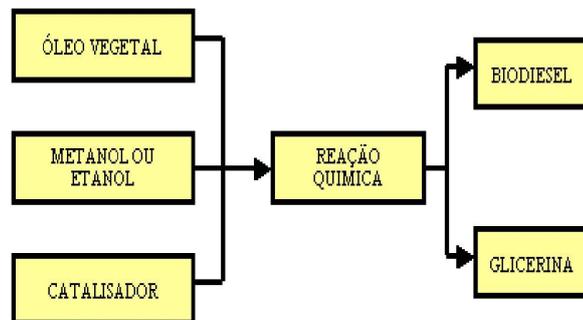


Figura 4.1 - Reação de transesterificação (Adaptado de Souza, 2007).

Inicialmente foi feito o processo de pesagem obtendo-se 1725 g de óleo babaçu como se pode ver na “figura 4.2-a”, posteriormente sendo colocada na estufa de secagem por duas horas a 100°C para retirada de umidade, “figura 4.2-b”, tendo uma perda de 15 g ocasionando um resultado final de 1710 g de óleo babaçu após uma nova pesagem.



(a) Pesagem

(b) Secagem

Figura 4.2 - Pesagem e Secagem do óleo babaçu.

O processo de transesterificação foi realizado com 1710 g de óleo de babaçu, juntamente com 779,08 g de metanol e 25,65 g de hidróxido de potássio em um agitador mecânico por quatro horas, onde se observa na “figura 4.3” a seguir:



Figura 4.3 - Agitador mecânico.

Com a obtenção do biodiesel produzido, submeteu-se ao processo de lavagem, “figura 4.4-a”, com água destilada a 50°C por quatro vezes em um intervalo de vinte minutos. Para o processo de secagem, “figura 4.4-b”, foi transferida para um béquer o biodiesel lavado e adicionado 342 g de sulfato de sódio permanecendo em repouso por cinco minutos.



(a) Lavagem

(b) Secagem

Figura 4.4 - Lavagem e Secagem do biodiesel.

Segundo Ciconello (2018), a confirmação do biodiesel foi revelada pela placa cromatográfica como sendo uma mancha única, puro, sem vestígios. Para confirmar o biodiesel produzido, foi aplicada uma gotícula de éster metílico (biodiesel) e uma de óleo vegetal babaçu na parte inferior da placa cromatográfica, “figura 4.5”. Após, uma mistura de éter etílico, hexano e ácido acético na proporção de 2:6:2 gramas, respectivamente, foi utilizada como fase móvel. A placa foi revelada com vapor de iodo, onde se pode confirmar a obtenção do biodiesel, onde a gotícula deste fica concentrada enquanto a gotícula de óleo babaçu disperso.

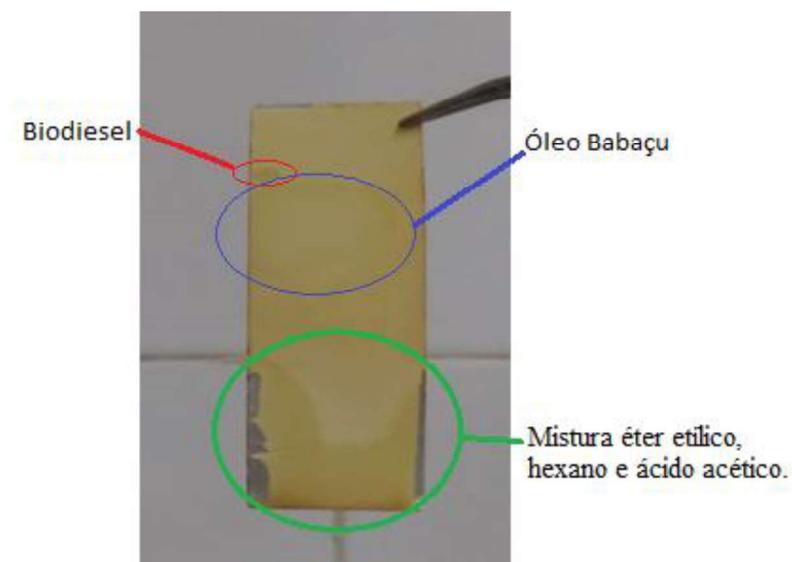


Figura 4.5 - Placa cromatográfica.

4.3 Especificação do Biodiesel de babaçu

4.3.1 Viscosidade dinâmica e cinemática dos combustíveis

Existem dois tipos de viscosidade: a dinâmica e a cinemática. A viscosidade dinâmica (η) (no sistema SI, $\text{mPa} \times \text{s}$) foi obtida com o viscosímetro digital, “figura 4.6”e, é dada em termos de força requerida para mover uma unidade de área a uma unidade de distância. Já a viscosidade cinemática (ν) (no sistema SI, mm^2/s) é a viscosidade dinâmica dividida pela densidade do fluido (ρ) (no sistema SI, Kg/m^3).



Figura 4.6 - Viscosímetro digital.

Já a viscosidade cinemática (ν) (no sistema SI, mm^2/s) é a viscosidade dinâmica dividida pela densidade do fluido (ρ) (no sistema SI, Kg/m^3), onde foi obtida utilizando a seguinte equação estabelecida pela NBR 10441:

$$\Pi = \nu \times \rho \times 10^{-3} \quad (4.1)$$

4.3.2 Tratamento magnético do biodiesel puro e misturado

Segundo Fernandes (2017), que obteve redução da tensão superficial no tratamento magnético da água para irrigação do cafeeiro, houve curiosidade de aplicar o magnetismo nos combustíveis pra verificação da viscosidade. Inicialmente foi feita a medição do campo magnético com auxílio do equipamento gaussmeter, “figura 4.7”, chegando a um valor de 440 mT de dois ímãs unidas utilizadas no ensaio, enquanto um ímã alcançava um valor de 340 mT.



Figura 4.7 - Medição do campo magnético.

A “figura 4.8”, mostra a disposição dos combustíveis sobre a ação do ímã de intensidade de 440 mT (dois ímãs unidas) durante um período de 6 (seis) dias, onde a mistura encontra-se ao lado esquerdo da “figura 4.8”, enquanto o biodiesel puro, lado direito.



Figura 4.8 - Exposição do biodiesel puro e misturado ao campo magnético.

4.3.3 Massa específica dos combustíveis

Com o decímetro e a proveta, “figura 4.9”, foi determinada a massa específica (ρ) que é uma propriedade física que resulta da divisão da massa compacta de uma substância pelo volume que ela ocupa. O valor é coletado após a estabilização do decímetro com o combustível, onde o número deve está alinhado com a superfície do líquido.



Figura 4.9 - Decímetro e proveta.

4.3.4 Potencial hidrogeniônico e a acidez dos combustíveis

O medidor de pH, “figura 4.10”, é um aparelho que dá valores precisos de pH, em geral com duas casas decimais, para expressar concentrações muito pequenas de íons hidrogênio em soluções aquosas. O valor é coletado no visor do aparelho, quando se percebe que não ocorre mais variação do pH, neste experimento ocorrendo estabilização após três minutos.



Figura 4.10 - Medidor de pH.

A “figura 4.11” demonstra o método empregado para determinação do índice de acidez biodiesel que corresponde ao número de miligramas de hidróxido de potássio (KOH) necessário para neutralizar a acidez de 1 g de uma amostra de biodiesel de babaçu (mg KOH/g), sendo essa acidez reflexo da presença de ácidos graxos livres na amostra.



Figura 4.11 - Medição da acidez dos combustíveis.

Foram utilizadas 2 g, com auxílio da proveta, dos três tipos de combustíveis em cada erlenmeyer de 250 ml, juntamente com três gotas de fenolftaleína e titulados com hidróxido de potássio até a viragem da cor rósea, devendo permanecer por no mínimo 30 segundos.

Para o cálculo da acidez foi utilizada a seguinte equação:

$$IA \text{ (mgKOH/g)} = \frac{V \times 0,01 \times 56,11 \times f}{m} \quad (4.2)$$

Onde:

m = massa da amostra utilizada;

V = volume (mL) de solução de KOH gasta com a amostra;

f = fator de correção da solução de KOH;

IA = índice de acidez (mg KOH/g) e

56,11 = Massa Molecular de KOH.

4.3.5 Ponto de fulgor e combustão dos combustíveis

Para a determinação do ponto de fulgor e combustão, foi utilizado o vaso de Cleveland com auxílio do termômetro, “figura 4.12”, para coletar a temperatura.



Figura 4.12 - Vaso Cleveland.

Os primeiros vapores inflamáveis correspondem à temperatura mínima do ponto de fulgor. Após o ponto de fulgor, quando a combustão prosseguir e não mais se extinguir, temos então o ponto de combustão.

4.3.6 Cinzas do biodiesel puro e misturado

Para a determinação das cinzas, adicionou-se cerca de 20 g de biodiesel e 20 g da mistura biodiesel e diesel S-500 em cada cadinho previamente tarados, onde foi necessários aquecê-los em uma chapa aquecedora, “figura 4.13”, dentro de uma capela de exaustão até a temperatura de combustão devido a fumaça que é gerada durante a queima.



Figura 4.13 - Queima do biodiesel puro e misturado.

Após, os cadinhos em duplicada (dois cadinhos com biodiesel puro e outros dois com a mistura) foram levados à mufla e submetidos à uma temperatura de 550°C durante um período de uma hora, após este período as amostras foram resfriadas em dessecador e pesados em balança analítica.

4.3.7 Condutividade elétrica dos combustíveis

Foi utilizado medidor de Condutividade para obtenção de resultados. Na “figura 4.14” observar-se o aparelho utilizado.

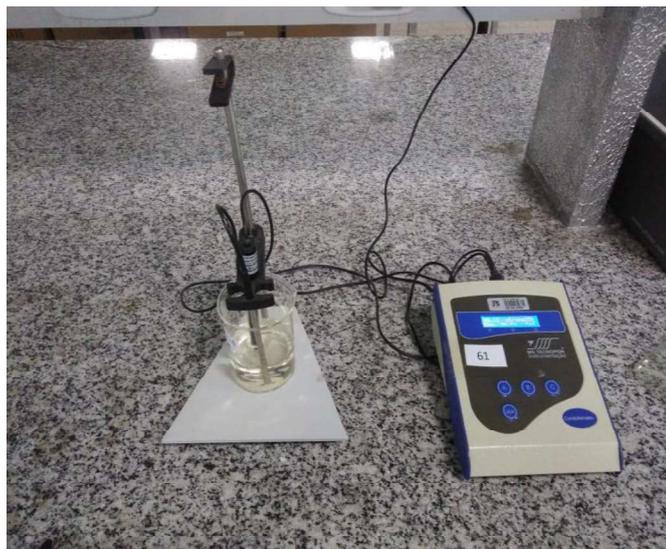


Figura 4.14 - Medidor de Condutividade.

A condutividade elétrica é simplesmente o inverso da resistividade. Ou seja, quanto maior a resistividade, menor será a condutividade. A existência de íons em meio ao processo possibilita que os mesmos tenham liberdade para se movimentar e de serem atraídos pelo eletrodo, fechando assim o circuito elétrico.

Da mesma forma na utilização do medidor de pH, o valor é coletado no visor do aparelho, quando se percebe que não ocorre mais variação, neste experimento ocorrendo estabilização após três minutos.

4.3.8 Motobomba a Diesel e equipamento opacímetro

Com biodiesel puro, Diesel S-500 e mistura de ambos (Diesel S-500 com 40% de Biodiesel), forma utilizados em uma motobomba Eletroplas 5 hp à Diesel, “figura 4.15-a”, que com a sua queima foi verificado com equipamento opacímetro, “figura 4.15-b”, a fumaça no escapamento, onde foram obtidos resultados durante a combustão dos três tipos de combustíveis aqui estudados.



(a) Motor

(b) Opacímetro

Figura 4.15 - Motobomba Eletroplas Diesel e Equipamento opacímetro.

A sonda foi conectada no escapamento da motobomba, onde a fumaça é levada até a câmara de medição. Neste, existe um emissor de luz e um receptor. Esse fecho de luz é interceptado pela fumaça, e assim é medida a opacidade através da absorção da luz emitida. Os dados são processados pelo software IGOR CS, onde podem ser consultadas no anexo A.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante um intervalo de 24 horas após os procedimentos para produção do biodiesel, o resultado obtido foi a formação do biodiesel e glicerina (parte inferior, coloração mais forte), onde se vê na “figura 5.1” a seguir:



Figura 5.1 - Biodiesel e glicerina.

O rendimento foi de 2.100 ml de biodiesel de babaçu, após os procedimentos de lavagem e secagem.

Com o biodiesel obtido, foram realizados os procedimentos para obtenção da viscosidade dinâmica e cinemática para os três tipos de combustíveis, onde os resultados estão demonstrados na “tabela 5.1”.

Tabela 5.1 - Viscosidade dinâmica e cinemática dos combustíveis.

Viscosidade:	Dinâmica	Cinemática
Tipos:	MPa x s	mm ² / s Norma
Biodiesel Puro	5,1	5,89 3,0 a 6,0
Bio misturado	4,61	5,44 3,0 a 6,0
Diesel S-500	4,77	5,63 2,0 a 5,0

Observa-se pela “tabela 5.1” que as viscosidades cinemáticas obtidas estão conforme estabelecida pela resolução da ANP, exceto o Diesel S-500, que ficou ligeiramente maior, onde ressaltamos que poderia ser menor para temperatura de 40°C como estabelece a resolução, pois no procedimento experimental foi realizada a temperatura ambiente de ± 30 °C.

Em razão das viscosidades estarem dentro dos parâmetros estabelecidos pela norma, não houve interesse em se aprofundar nos estudos relacionados a influência do magnetismo na viscosidade do fluido.

A “figura 4.8” mostra a disposição dos combustíveis sobre a ação do ímã, onde teve uma redução na viscosidade dinâmica de 0,147 MPa.s para a mistura (lado esquerdo da “figura 4.8”), enquanto para o biodiesel puro (lado direito da “figura 4.8”), 0,527 MPa.s menor comparado com os combustíveis sem tratamento magnético.

A massa específica foi obtida utilizando decímetro é demonstrada na “tabela 5.2” para os três tipos de combustíveis.

Tabela 5.2 - Massa específica dos combustíveis.

Massa específica em Kg/m ³		
Tipos:	Medido	Norma
Bio Puro	865	850 a 900
Bio.Misturado	847	850 a 900
Diesel S-500	846,65	817 a 875

Na “tabela 5.2”, observa-se que a massa específica obtida está conforme estabelecida pela resolução da ANP, exceto o biodiesel misturado, que ficou ligeiramente menor, onde ressaltamos que a mistura foi realizada sem baseamento em normas.

A “tabela 5.3” demonstra os valores obtidos para expressar concentrações de íons hidrogênio para os combustíveis. Essa especificação não é estabelecida pela resolução da ANP, sendo maior que sete para o biodiesel devido ao catalisador utilizado na produção do biodiesel.

Tabela 5.3 - Potencial Hidrogeniônico dos combustíveis.

Potencial Hidrogeniônico		
Tipos	Adm	
Biodiesel Puro	7,8	29,7 °C
Bio Misturado	7,61	29,2 °C
Diesel S-500	6,82	29,1 °C

Já a “tabela 5.4” tem-se resultados conforme estabelecida pela resolução da ANP para o número de acidez que corresponde ao número de miligramas de KOH necessário para neutralizar a acidez de 1 g de uma amostra de óleo vegetal de babaçu (mg KOH/g).

Tabela 5.4 - Número de acidez dos combustíveis.

Número de acidez em mgKOH/g		
	Acidez	Norma
Biodiesel Puro	0,342	0,5
Bio Misturado	0,339	0,5
Diesel S-500	0,261	0,3

Com o vaso de Cleveland, obtive resultados para o ponto de fulgor e combustão, este não estabelecido pela resolução da ANP, mas para o ponto de fulgor sim, que está dentro da norma apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 5.5 - Ponto de fulgor e combustão dos combustíveis.

Análise de ponto de fulgor e combustão			
	Fulgor	Combustão	Norma(°C)
Biodiesel Puro	130	140	100
Bio Misturado	100	105	100
Diesel S-500	80	100	38

O procedimento experimental para determinar as cinzas do biodiesel puro e misturado foi realizado em dois dias consecutivos, no primeiro dia com 5 g e no segundo dia com 20 g da amostra, onde não foi possível a determinação da massa residual devido a seu peso ser muito pequena a ponto não ser detectada pela balança analítica.

Conforme a resolução da ANP N° 45 de 2014, o limite de cinzas máximo para o

biodiesel é de 0,02%, enquanto a resolução da ANP N° 30 de 2016, o limite máximo é de 0,01% para o diesel, onde observar-se pela “figura 5.2” que o biodiesel (lado esquerdo) possui um teor de cinzas maior que a mistura (lado direito).

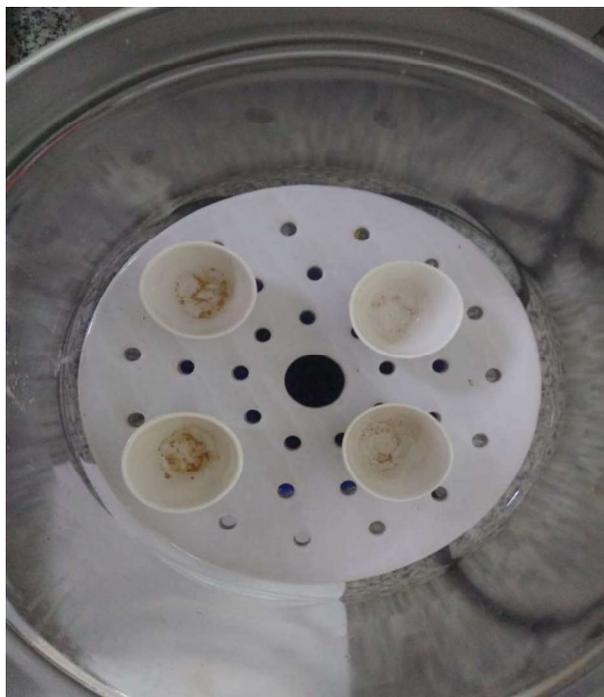


Figura 5.2 - Cinzas do biodiesel puro e misturado.

Com o medidor de Condutividade, obtiveram-se resultados para os combustíveis demonstrados na “tabela 5.6”, onde se observa que não possui na norma a especificação da condutividade elétrica para o biodiesel, exceto para Diesel S-500, onde está conforme estabelecida pela resolução da ANP.

Tabela 5.6 - Condutividade elétrica dos combustíveis.

Condutividade elétrica em $\mu\text{S}/\text{cm}$		
Tipos:	Medido	Norma
Biodiesel Puro	0,13	
Bio misturado	0,14	
Diesel S-500	0,12	2,50E-07

Com equipamento opacímetro, obtiveram-se resultados da opacidade da fumaça no escapamento, onde a opacidade obtida é menor para o biodiesel, o que comprova que é um combustível mais limpo em comparação ao Diesel S-500, que obteve maior valor de

opacidade, portando mais poluente e agressivo ao meio ambiente.

Tabela 5.7 - Opacidade dos gases dos combustíveis.

Valores da opacidade	
Bio Puro	1,18 K
Bio Misturado	1,60 K
Diesel S-500	2,72 K

Os resultados obtidos na “tabela 5.7” podem ser consultados no anexo A, onde possuem os resultados das análises das opacidades para os três tipos de combustíveis testados.

6 CONCLUSÃO

As análises das placas cromatográficas permitiram a confirmação do biodiesel produzido e posteriormente, o importante monitoramento da qualidade do biodiesel no que se refere aos parâmetros oficiais, tais como viscosidade cinemática, massa específica, acidez, ponto de fulgor, cinzas e condutividade elétrica que são estabelecidos pela resolução da ANP, onde obteve resultados satisfatórios necessários para teste em motobomba a diesel.

A redução de fumaça obtida em teste com biodiesel de babaçu demonstrou a importância da sua utilização, devido a produzir menores níveis de poluição ambiental, sendo relevante para a substituição ao óleo diesel e outros derivados do petróleo.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTURO

Pensando em desenvolvimento sustentável, uma sugestão alternativa para trabalhos futuro seria o reaproveitamento de óleo de fritura (óleo de soja), que também pode ser utilizado para a produção de biodiesel, evitando descarte irregular que desencadeia em contaminação da água potável na maioria dos casos.

As viscosidades obtidas conforme resolução da ANP, “tabela 5.1”, poderá ser refeitas a uma temperatura de 40°C como estabelece a norma e conseqüentemente obter valores razoavelmente menores tanto para viscosidade dinâmica e cinemática, pois neste trabalho, o procedimento experimental com viscosímetro digital foi realizado a temperatura ambiente de $\pm 30^{\circ}\text{C}$.

REFERÊNCIAS

FILHO, Manoel Gabriel Rodrigues. Pesquisadores piauienses estudam o potencial do babaçu para a produção de biodiesel. 2017. Disponível em: <http://entrecultura.com.br/2017/11/09/pesquisadores-piauienses-estudam-o-potencial-do-babacu-para-a-producao-de-biodiesel/>> Acesso em 03 de Março de 2019.

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Biodiesel. 2016. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel>> Acesso em 23 de Março de 2019.

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Produção e fornecimento de biocombustíveis. 2014. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis>> Acesso em 23 de Março de 2019.

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Qualidade de produtos. 2014. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/qualidade-de-produtos>> Acesso em 23 de Março de 2019.

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Informações de mercado. 2017. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/biodiesel/informacoes-de-mercado>> Acesso em 23 de Novembro de 2019.

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Óleo Diesel. 2016. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/petroleo-derivados/155-combustiveis/1857-oleo-diesel>> Acesso em 23 de Março de 2019.

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Metanol. 2017. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/petroleo-e-derivados2/solventes/metanol>> Acesso em 25 de Março de 2019.

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP Nº 30, DE 23.6.2016. Disponível em: < <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2016/junho&item=ranp-30-2016>> Acesso em 26 de Março de 2019.

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP Nº 45, DE 25.8.2014. Disponível em: < <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2014/agosto&item=ranp-45-20146>> Acesso em 26 de Março de 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Quebradeiras de coco babaçu preservam tradição no interior do Maranhão. 2019. Disponível em: < <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/23624-quebradeiras-de-coco-babacu-preservam-tradicao-no-interior-do-maranhao>> Acesso em 08 de Dezembro de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10441**: Produtos de petróleo – líquidos transparentes e opacos – Determinação da viscosidade cinemática e cálculo da viscosidade dinâmica. Rio de Janeiro, 2014. 20p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6294**: Óleos lubrificantes e aditivos – Determinação de cinza sulfatada. Rio de Janeiro, 2008. 8p.

RACHE, Marco. **Mecânica a Diesel – Caminhões, Pick – Ups, Barcos**. Hemus Livraria e Editora, 2004. Cap. 1 e 2, p.12-264.

TECNOMOTOR. Manual de instruções opacímetro. Edição Outubro de 2018 Disponível em: < <http://www.tecnomotor.com.br/novosite/index.php/produtos/inspecao-veicular/tm-133-opacimeter#download>> Acesso em 20 de Maio de 2019.

SOUZA, Jonas de. Dendê – Potencial para produção de energia renovável. 2007 Disponível em: < <http://www.ceplac.gov.br/radar/Artigos/artigo9.htm>> Acesso em 20 de Junho de 2019.

OMEL. Viscosidade. 2012. Disponível em: < <http://www.omel.com.br/artigos-tecnicos/escola-de-bombas/artigos-tecnicos/viscosidade/>> Acesso em 06 de Abril de 2019.

PROLAB. O que é viscosidade de um fluido. 2014. Disponível em: < <https://www.prolab.com.br/blog/curiosidades/o-que-e-viscosidade-de-um-fluido/>> Acesso em 06 de Abril de 2019.

BIODIESELBR. Propriedades Físicas e Químicas do Biodiesel. 2011. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/biodiesel/especificacoes/biodiesel-propriedades-fisicas-quimicas>> Acesso em 06 de Abril de 2019.

TEIXEIRA, Claudio Vidal. Viscosidade e desempenho de misturas diesel / biodiesel em um motor monocilíndrico. 2013. Disponível em: < http://rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT_1_tri_2013/RMCT_007_E4A_11.pdf> Acesso em 18 de Outubro de 2019.

TODAMATERIA. Massa específica. 2017. Disponível em: < <https://www.todamateria.com.br/massa-especifica/>> Acesso em 03 Junho de 2019.

INFOESCOLA. Potencial hidrogenionico. 2017. Disponível em: < <https://www.infoescola.com/quimica/potencial-hidrogenionico/>> Acesso em 12 de Agosto de 2019.

NEVES, Valdir Augusto. Determinação de ácidos graxos (AG) livres e Índice de acidez (IA). 2004. Disponível em: <http://www.fcfar.unesp.br/alimentos/bioquimica/praticas_lipidios/indice_acidez.htm> Acesso em 12 de Agosto de 2019.

MUNDO EDUCAÇÃO. Condutividade elétrica dos compostos iônicos. 2010. Disponível em: < <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/condutividade-eletrica-dos-compostos-ionicos.htm>> Acesso em 08 de Julho de 2019.

CURSO SEGURANÇA DO TRABALHO. Ponto de fulgor e combustão. 2013. Disponível em: < <http://www.cursossegurancadotrabalho.net/2013/09/Combustivel-Ponto-de-Fulgor-de-Combustao-e-Temperatura-de-Ignicao.html>> Acesso em 08 de Julho de 2019.

SILVA, Gabriel N. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**. v.6, n.1, p.82-88, 2017.

FERNANDES, André L. T., SILVA, Roberta G., JÚNIOR, Fraga. **Tratamento magnético da água para irrigação do cafeeiro cultivado no cerrado de minas gerais**. IV INOVAGRI International Meeting, 2017.

RAMOS, Luiz, CORDEIRO, Claudiney S., **Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis**. Rev. Virtual Quim., 2017.

SANTOS, Kenia Gabriela dos. **Estabilidade de biodiesel de babaçu e viabilidade técnica de misturas de biodiesel de babaçu e etanol**. 2016. 86p. Dissertação (Mestrado) em Engenharia de Energia na Agricultura – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná.

ALTANOVA. Medição de nínel de fumaça. 2016 Disponível em: < <http://www.altanova.com.br/perguntas.html>> Acesso em 12 de Outubro de 2019.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 418, DE 25 De Novembro De 2009. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=618>> Acesso em 16 de Julho de 2019.

INCA – Instituto Nacional de Câncer. Fumaças de Motores a diesel. 2018. Disponível em: < <https://www.inca.gov.br/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/poluentes/fumacas-de-motores-a-diesel>> Acesso em 18 de Outubro de 2019.

NOGUEIRA, Antônio Sebastião Lopes. Etanol e Metanol: Vantagens e desvantagens quanto ao uso na produção de biodiesel no brasil. 2018. Disponível em: <

http://prpi.ifce.edu.br/nl/_lib/file/doc4341-Trabalho/ARTIGO%20-%20Delleon%20Sebasti%20e%20Nayara.pdf> Acesso em 18 de Outubro de 2019.

GALLINA, André Larazin. Obtenção e Caracterização Físico-química do Biodiesel B100 e de Misturas Biodiesel/Diesel. 2012. Disponível em: < file:///C:/Users/paulo/Downloads/1441-8189-1-PB.pdf> Acesso em 18 de Outubro de 2019.

PLÁ, Juan Algorta. Perspectivas do biodiesel no Brasil. **Indicadores Econômicos FEE**, Porto Alegre, v. 30, n. 2, p. 179-190, set. 2002.

CNPE - Conselho Nacional de Política Energética. 2018. Disponível em: < http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/mme-publica-resolucao-com-aumento-gradual-da-mistura-de-biodiesel-ao-diesel-para-15-> Acesso em 18 de Outubro de 2019.

LUIZA, Magazine. Motobomba a diesel Eletroplas. 2019. Disponível em: < <https://www.magazineluiza.com.br/motobomba-centrifuga-a-diesel-10hp-3600-rpm-mdc-100-eletroplas-/p/6357180/fs/mtbd/>> Acesso em 20 de Novembro de 2019.

CICONELLO, Wellington dos santos. Análise qualitativa do biodiesel de óleo de frango residual através de métodos simples e de baixo custo. 2018. Disponível em: < https://www.editorarealize.com.br/revistas/conepetro/trabalhos/TRABALHO_EV104_MD4_SA121_ID978_10072018235700.pdf> Acesso em 08 de Dezembro de 2019.

SILVEIRA, Fernando Lang da. Máquinas térmicas à combustão interna de Otto e de Diesel. 2014. Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/maqterm.pdf>> Acesso em 08 de Dezembro de 2019.

ANEXO A – OPACIDADES

RESULTADO DO TESTE DE OPACIDADE

23.706.518/0001-40 - Fetrans - Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Ceará, Piauí e Maranhão
Avenida Dom Luís, 880, Salas 906, 907 e 908 - Edifício Top Center - Ceará / Fortaleza, (85) 3261-7066, www.fetrans.org.br, despoluir@fetrans.org.br

23.706.518/0001-40 - Fetrans - Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Ceará, Piauí e Maranhão
Avenida Dom Luís, 880, Salas 906, 907 e 908 - Edifício Top Center - Ceará / Fortaleza, (85) 3261-7066, www.fetrans.org.br, despoluir@fetrans.org.br

Número da Ficha: 20903	Placa: OJH7054	Ciclo: DIESEL
Montadora: ELETOPLAS	Modelo: MOTOBOMBA 5HP	
Número de Chassis:	Número de Renavam:	
Cidade: São Luís	Estado: Maranhão	
Hodômetro: 10 / Consumo: 3,0	Ano de fabricação: 2010	Ano modelo: 2010
Tipo de Veículo:	Aplicação:	PBT (t) / Eixos: 0,0 /
Prefixo:		

Autônomo: 047.239.863-67 - EDYPO BARROS DE AGUIAR COSTA - TESTE, 1, TESTE, TESTE, Maranhão, São Luís

Análise de Opacidade

CONAMA nº 418
IN nº 06/2010 IBAMA

Édyo Costa

Édyo Costa
e.costa@fetrans.org.br

Data do teste: 09/08/2019 17:10:15 / 17:13:50 (03:34)

Inspeção Visual

Resultado da Inspeção Visual

APROVADO

Temperatura de operação 45 a 130 (°C)
Temperatura Informada: 80 (°C)
Limite de opacidade: 1,70 K

Limite de rotação em marcha lenta informada: 1250
Limite de rotação em máxima livre informada: 2000
Limite de rotação em marcha lenta: 1150 / 1350
Limite de rotação em máxima livre: 1800 / 2100

Verificação inicial de marcha lenta (1270 rpm)

APROVADO

Verificação inicial de máxima livre (1910 rpm)

APROVADO

Amostra	RPM Marcha Lenta	RPM Acel. Máxima	Tempo de Acel. (s)	Opacidade (K)
1	1220	1910	0,9	0,15
2	1270	1940	0,4	1,04
3	1260	1890	2,2	0,47
4	1160	1850	2,2	0,26
5	1130	1880	0,9	1,00
6	1100	1800	1,8	0,44
7	1180	2020	1,9	1,96
8	1090	2030	0,6	0,22
9	1140	1910	1,2	0,92
10	1130	2020	0,4	2,40

81, 1 : á d M / 81, 21 : ar d M

Resultado do escapamento

REPROVADO

Resultado do veículo

REPROVADO

Média de opacidade acima do limite especificado.
Item 14. da norma.

Observações do sistema:

Altitude definida (manual): Até 350m

Limites do veículo inseridos pelo técnico responsável

Tipo de medição da temperatura do óleo: Painel do veículo - Refrigerado a Ar

Equipamentos utilizados para a medição:

Opacímetro: TM133 N° de série: 126963 N° de patrimônio:

Tacômetro: TM525 N° de série: 115664 N° de patrimônio: 97390

23.706.518/0001-40 - Fetrans - Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Ceará, Piauí e Maranhão
Avenida Dom Luís, 880, Salas 906, 907 e 908 - Edifício Top Center - Ceará / Fortaleza, (85) 3261-7066, www.fetrans.org.br, despoluir@fetrans.org.br

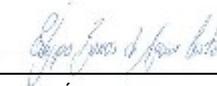
23.706.518/0001-40 - Fetrans - Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Ceará, Piauí e Maranhão
Avenida Dom Luís, 880, Salas 906, 907 e 908 - Edifício Top Center - Ceará / Fortaleza, (85) 3261-7066, www.fetrans.org.br, despoluir@fetrans.org.br

Número da Ficha: 20901	Placa: OJH7054	Ciclo: DIESEL
Montadora: ELETOPLAS	Modelo: MOTOBOMBA 5HP	
Número de Chassis:	Número de Renavam:	
Cidade: São Luís	Estado: Maranhão	
Hodômetro: 10 / Consumo: 3,0	Ano de fabricação: 2010	Ano modelo: 2010
Tipo de Veículo:	Aplicação:	PBT (t) / Eixos: 0,0 /
Prefixo:		

Autônomo: 047.239.863-67 - EDYPO BARROS DE AGUIAR COSTA - TESTE, 1, TESTE, TESTE, Maranhão, São Luís

Análise de Opacidade

CONAMA nº 418
IN nº 06/2010 IBAMA



Edyipo Costa
e.costa@fetrans.org.br

Data do teste: 09/08/2019 16:46:32 / 16:51:18 (04:45)

Inspeção Visual

Resultado da Inspeção Visual

APROVADO

Temperatura de operação 45 a 130 (°C)
Temperatura Informada: 80 (°C)
Limite de opacidade: 1,70 K

Limite de rotação em marcha lenta informada: 1250
Limite de rotação em máxima livre informada: 2000
Limite de rotação em marcha lenta: 1150 / 1350
Limite de rotação em máxima livre: 1800 / 2100

Verificação inicial de marcha lenta (1240 rpm)

APROVADO

Verificação inicial de máxima livre (2050 rpm)

APROVADO

Amostra	RPM Marcha Lenta	RPM Acel. Máxima	Tempo de Acel. (s)	Opacidade (K)
1	1100	1910	0,5	3,60
2	1100	1990	0,4	3,06
3	1090	1930	0,5	2,62
4	1230	2130	1,0	4,43
5	860	1990	0,5	4,16
6	1090	1920	0,9	2,49
7	1090	2020	0,4	4,02
8	1160	1900	0,9	0,99
9	1100	1880	0,9	1,30
10	1100	1910	0,9	2,51

06, 1 : á ðM / 25, 11 : á ðD

Resultado do escapamento

REPROVADO

Resultado do veículo

REPROVADO

Média de opacidade acima do limite especificado.
Item 14. da norma.

Observações do sistema:

Altitude definida (manual): Até 350m

Limites do veículo inseridos pelo técnico responsável

Tipo de medição da temperatura do óleo: Painel do veículo - Refrigerado a Ar

Equipamentos utilizados para a medição:

Opacímetro: TM133 N° de série: 126963 N° de patrimônio:

Tacômetro: TM525 N° de série: 115664 N° de patrimônio: 97390

Observações do operador:

40%BIODIESEL

23.706.518/0001-40 - Fetrans - Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Ceará, Piauí e Maranhão
Avenida Dom Luís, 880, Salas 906, 907 e 908 - Edifício Top Center - Ceará / Fortaleza, (85) 3261-7066, www.fetrans.org.br, despoluir@fetrans.org.br

23.706.518/0001-40 - Fetrans - Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Ceará, Piauí e Maranhão
Avenida Dom Luís, 880, Salas 906, 907 e 908 - Edifício Top Center - Ceará / Fortaleza, (85) 3261-7066, www.fetrans.org.br, despoluir@fetrans.org.br

Número da Ficha: 20898	Placa: OJH7054	Ciclo: DIESEL
Montadora: ELETOPLAS	Modelo: MOTOBOMBA 5HP	
Número de Chassis:	Número de Renavam:	
Cidade: São Luís	Estado: Maranhão	
Hodômetro: 10 / Consumo: 3,0	Ano de fabricação: 2010	Ano modelo: 2010
Tipo de Veículo:	Aplicação:	PBT (t) / Eixos: 0,0 /
Prefixo:		

Autônomo: 047.239.863-67 - EDYPO BARROS DE AGUIAR COSTA - TESTE, 1, TESTE, TESTE, Maranhão, São Luís

Análise de Opacidade

CONAMA n° 418
IN n° 06/2010 IBAMA

Édyo Costa

Édyo Costa
e.costa@fetrans.org.br

Data do teste: 09/08/2019 16:07:49 / 16:13:02 (05:13)

Inspeção Visual

Resultado da Inspeção Visual

APROVADO

Temperatura de operação 45 a 130 (°C)
Temperatura Informada: 80 (°C)
Limite de opacidade: 1,70 K

Limite de rotação em marcha lenta informada: 1100
Limite de rotação em máxima livre informada: 2000
Limite de rotação em marcha lenta: 1000 / 1200
Limite de rotação em máxima livre: 1800 / 2100

Verificação inicial de marcha lenta (1070 rpm)

APROVADO

Verificação inicial de máxima livre (1820 rpm)

APROVADO

Amostra	RPM Marcha Lenta	RPM Acel. Máxima	Tempo de Acel. (s)	Opacidade (K)
1	1070	2110	0,8	3,40
2	1110	2050	1,8	5,80
3	1070	2000	0,4	4,36
4	1160	2070	1,0	4,55
5	1060	2390	1,8	4,95
6	1160	2120	1,5	3,96
7	1190	2050	1,1	5,37
8	680	1970	0,5	2,04
9	1160	1950	2,5	2,37
10	1040	2090	0,9	3,74

K 27a 7a d c2 , 7: av d d a L

27, 2: a d e i / 07, 12: a d e D

Resultado do escapamento

REPROVADO

Resultado do veículo

REPROVADO

Média de opacidade acima do limite especificado.
Item 14. da norma.

Observações do sistema:
Altitude definida (manual): Até 350m
Limites do veículo inseridos pelo técnico responsável
Tipo de medição da temperatura do óleo: Painel do veículo - Refrigerado a Ar

Equipamentos utilizados para a medição:
Opacímetro: TM133 N° de série: 126963 N° de patrimônio:
Tacômetro: TM525 N° de série: 115664 N° de patrimônio: 97390

Observações do operador:
TESTE S500