

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**BIODIESEL ETÍLICO DE BABAÇU X DIESEL B S1800:
ENSAIO DE OPACIDADE DA FUMAÇA DO TRATOR
AGRÍCOLA VARIANDO OS HORÁRIOS DO DIA**

Thaísa Calvo Fugineri Moreti
Engenheira Agrônoma

2015

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**BIODIESEL ETÍLICO DE BABAÇU X DIESEL B S1800:
ENSAIO DE OPACIDADE DA FUMAÇA DO TRATOR
AGRÍCOLA VARIANDO OS HORÁRIOS DO DIA**

Thaís Calvo Fugineri Moreti

Orientador: Prof. Dr. Afonso Lopes

Coorientador: Prof. Dr. Leomar Paulo de Lima

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

2015

Moreti, Thaisa Calvo Fugineri
M84b Biodiesel etílico de babaçu x diesel B S1800: Ensaio de opacidade da fumaça do trator agrícola variando os horários do dia / Thaisa Calvo Fugineri Moreti. – – Jaboticabal, 2015
xiii, 84 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015
Orientador: Afonso Lopes
Banca examinadora: Daniel Júnior de Andrade, Raimundo Pinheiro Neto

Bibliografia

1. Energia renovável. 2. Biocombustíveis. 3. Óleos vegetais. 4. Ensaio de tratores. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.372

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

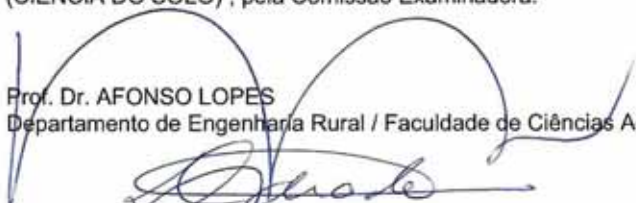
TÍTULO: BIODIESEL ETÍLICO DE BABAÇU X DIESEL B S1800: ENSAIO DE OPACIDADE DA FUMAÇA DO TRATOR AGRÍCOLA VARIANDO OS HORÁRIOS DO DIA

AUTORA: THAISA CALVO FUGINERI MORETI

ORIENTADOR: Prof. Dr. AFONSO LOPES

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. LEOMAR PAULO DE LIMA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:



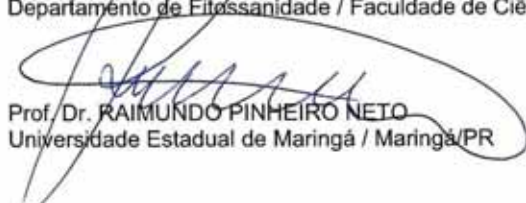
Prof. Dr. AFONSO LOPES

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. DANIEL JUNIOR DE ANDRADE

Departamento de Fitossanidade / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. RAIMUNDO PINHEIRO NETO

Universidade Estadual de Maringá / Maringá/PR

Data da realização: 20 de fevereiro de 2015.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

THAISA CALVO FUGINERI MORETI – Engenheira Agrônoma, filha de Eduardo Moreti e Carla Auxiliadora Calvo Fugineri Moreti, nasceu em Tupã, interior do Estado de São Paulo, no dia 09 de junho de 1990. Coursou os Ensinos Fundamental e Médio na cidade natal. Atuou na presidência do grêmio estudantil “Willian Shakespeare” em 2005. Em 2008, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Estadual de Maringá (UEM), sendo bolsista do projeto de extensão universitária em Agricultura Urbana e Periurbana (CERAUP) do Ministério de Desenvolvimento Social (MDS) e também bolsista do Projeto de Iniciação Científica (PIBIC) na área de Máquinas e Implementos Agrícolas, onde começou desenvolver pesquisas com biodiesel. Estagiou na Agrícola Confiagro Ltda., em parceria com a empresa Kimberlit Agrociências, atuando na região de Cascavel-PR. Em agosto de 2013, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia com ênfase na área de Máquinas e Mecanização Agrícola junto a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/ FCAV), Câmpus de Jaboticabal. Atualmente, integra o grupo de pesquisas do laboratório BIOEM – Biocombustível e Ensaio de Máquinas, do Instituto de Pesquisa em Bioenergia (IPBEN) pertencente ao departamento de Engenharia Rural da FCAV. Em fevereiro de 2015, submete-se à banca examinadora para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

“Eu acredito demais na sorte. E tenho constatado que, quanto mais duro eu trabalho, mais sorte eu tenho. ”

THOMAS JEFFERSON

*“Uma pessoa inteligente resolve um problema,
um sábio o previne.”*

ALBERT EINSTEIN

Ao *João Moacir Fugineri* pelo verdadeiro amor, primeiro incentivo e sabedoria;
Às pessoas que me fizeram ver a importância da Agronomia para mim, para o mundo e para construção de uma sociedade capaz de compreender as diferenças...

DEDICO

A *Deus*, o criador de tudo, que é a força necessária, e pela oportunidade de trilhar
este caminho;
Aos meus pais *Eduardo* e *Carla*, pela minha educação e apoio às minhas lutas,
independentemente das minhas escolhas;
Aos meus irmãos *Eduardo* e *Isabela*, que me dão coragem para seguir;
À *Pipoca* e à *Maria Carolina*.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que é minha fortaleza e suporte diário;

A toda minha família, em especial à minha avó materna Águida Calvo Fugineri, pelo imprescindível incentivo;

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP/FCAV, por toda estrutura concedida;

A todos os meus professores que me ensinaram a endurecer sem perder a ternura e a lutar pelo que acreditamos;

À CAPES pelo auxílio financeiro;

Ao meu orientador Prof. Dr. Afonso Lopes, pela orientação, confiança em meu trabalho, respeito e paciência;

Ao meu amigo e coorientador Prof. Dr. Leomar Paulo de Lima, pela dedicação e por me ajudar tomar decisões importantes;

Ao Professor e amigo Dr. Raimundo Pinheiro Neto, pela graduação, conhecimentos e oportunidades;

Ao Professor Dr. Daniel Júnior de Andrade e ao Engenheiro Dr. Gilberto Koike, pelas relevantes considerações ao trabalho;

Ao Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, ao seu coordenador Prof. Dr. José Marques Júnior e à Prof. Dr. Carolina Fernandes;

Ao Professor Vitório Barato, pelo cuidado com a revisão ortográfica;

A Branca Rochidali e a toda equipe da Seção Técnica de Pós-Graduação da FCAV;

À equipe do BIOEM – Máquinas e Biocombustíveis do IPBEN (Instituto Brasileiro em Bioenergia): Murilo Neves, Melina Cais, Thyago Lira, Ariston Pinto Santos e Rogério Abreu, pelo carinho, companheirismo e participação para a realização do trabalho. À Priscila Sawasaki Iamaguti, também pela amizade, respeito e confiança;

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural: Davi, Marquinho, Lúcia, Sílvia, Aparecido Alves, Maranhão e Tião pelos momentos agradáveis e pela efetiva participação ao longo do trabalho;

Ao Henrique de Sousa Nogueira, pela inspiração, paciência, amor e dedicação. Também agradeço a toda sua família, pelo incentivo e carinho;

Ao primo Rafael Morette e tia Neusa Morette pela torcida;

A todos os amigos queridos que conheci ao longo do curso (Gustavo Squassoni, Jusciléia Irian, Jordana Flores, Renato Eleotério de Aquino, Cláudia Amaral, Marina Gavassi e Rizely de Almeida), ajudaram-me muito, em especial Ludmila Freitas e Ivanildo Amorim;

À Sylvia Chedid Seidinger, amiga mais que especial, pelo incentivo diário, atenção e fidelidade;

À Raquel Barbero Brigantini e Thales Gomes Júnior, pela deliciosa companhia desde a infância;

Aos 21 anos de amizade: Raíssa Andrade Águas e sua mãe (também madrinha de pré-escola), Dra. Sylvia Andrade, por todo abrigo, conselhos e exemplos. Ao ensinamento de que “o primeiro casamento é com a profissão”;

À amiga Isabela Baracat de Almeida, que mesmo distante sempre acompanhou meus passos;

Aos amigos: Liamara Borghezan, Ana Carolina Polles, Gabriel Pissinati, Cauí Oliveira, Gabriela Sasso, Marcos Sala, Carol Bertuzzi e Guilherme Nascimento que foram os primeiros a me incentivarem a realizar este sonho;

Ao doce e querido amigo Prof. Samilo Takara que contribuiu diretamente e demasiadamente para minha formação acadêmica, profissional e pessoal;

À minha mais nova irmã de alma, Pati Nocera;

Às tias Fátima, Denise, Adriana, Laina e Aguidarlene, que sempre acreditaram em mim e moram no meu coração;

A todos os que contribuíram para que esta conquista se tornasse real.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.1 Introdução e Justificativa	1
1.2 Crise e demanda energética mundial.....	1
1.3 Biocombustíveis na matriz energética.....	2
1.4 Características gerais do biodiesel	4
1.4.1 Número de cetano	7
1.4.2 Viscosidade	8
1.4.3 Ponto de névoa e fluidez	9
1.4.4 Poder calorífico.....	10
1.4.5 Densidade	10
1.4.6 Emissão de gases	11
1.5 Referências	13
CAPÍTULO 2 – PRINCIPAIS MATÉRIAS PRIMAS PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL	22
Resumo	22
2.1 Introdução.....	23
2.2 Objetivos.....	25
2.3 Revisão Bibliográfica	25
2.3.1 Soja	26
2.3.2 Canola	28
2.3.3 Amendoim	29
2.3.4 Girassol	31
2.3.5 Pinhão-mansô	34
2.3.6 Óleo residual	36
2.3.7 Gordura animal.....	37
2.3.7.1 Sebo bovino	37
2.3.7.2 Gordura de frango	39
2.3.8 Mamona	39
2.3.9 Dendê.....	41

2.3.10 Buriti	41
2.3.11 Tucumã	42
2.3.12 Murumuru	45
2.3.13 Babaçu	48
2.4 Conclusões	52
2.5 Referências	52
CAPÍTULO 3 – ENSAIO DE OPACIDADE DO TRATOR AGRÍCOLA COM BIODIESEL DE BABAÇU E DIESEL EM SEIS DIFERENTES HORÁRIOS DO DIA	68
Resumo	68
3.1 Introdução.....	69
3.2 Objetivo	71
3.3 Material e Métodos	71
3.3.1 Área experimental	71
3.3.2 Óleo diesel	72
3.3.3 Biodiesel.....	72
3.3.4 Trator.....	72
3.3.5 Delineamento experimental	73
3.3.6 Caracterização das condições climáticas	74
3.3.7 Ensaio de opacidade da fumaça.....	74
3.3.7.1 Opacímetro.....	74
3.4 Resultados e Discussão	76
3.4.1 Proporção de biodiesel em cada horário de execução do ensaio	78
3.4.2 Horário de execução do ensaio em cada proporção de biodiesel	79
3.5 Conclusões.....	80
3.6 Referências	81

BIODIESEL ETÍLICO DE BABAÇU X DIESEL B S1800: ENSAIO DE OPACIDADE DA FUMAÇA DO TRATOR AGRÍCOLA VARIANDO OS HORÁRIOS DO DIA

RESUMO – O uso do biodiesel em tratores agrícolas tem apelo socioambiental, uma vez que minimiza a emissão de poluentes bem como a instalação de usinas produtoras que contribuem para o aumento de posto de trabalho, considerando-se que o Brasil tem grande extensão territorial (aproximadamente 851 milhões de hectares) e dispõe de grande quantidade de oleaginosas com potencial para produção de biodiesel. O presente trabalho teve por objetivo discorrer sobre as principais fontes de matéria-prima para produzir óleo, visando à obtenção de biodiesel, bem como comparar a opacidade da fumaça de um trator funcionando com diesel B S1800 e proporções de biodiesel etílico de babaçu. Dentre as fontes para produção de óleo, o babaçu destacou-se como potencial matéria-prima para produção de biodiesel. Na comparação de diesel B S1800 com biodiesel de babaçu os resultados evidenciaram redução significativa da opacidade da fumaça à medida que aumentou a proporção do uso de biodiesel

Palavras-chave: biocombustível, energia renovável, ensaio de tratores, óleos vegetais

BABASSU ETHYL BIODIESEL X DIESEL B S1800: DENSITY OF THE FARM TRACTOR SMOKE TEST VARY THE DAY HOURS

ABSTRACT – The use of biodiesel in agricultural tractors has environmental appeal, since it minimizes pollutant emissions and the installation of power plants that contribute to the increase of job, considering that Brazil has large territory (about 851 million hectares) and has lots of oil with potential for biodiesel production. This study aimed to discuss the main sources of raw material to produce oil, in order to obtain biodiesel, and to compare the smoke density from a tractor running on diesel B S1800 and proportions of ethyl biodiesel babassu. Among the sources for the production of oil, babassu stood out as a potential feedstock for biodiesel production. In B S1800 diesel compared with babassu biodiesel results showed significant reduction in smoke density as they increased the proportion of biodiesel use.

Keywords: biofuel, renewable energy, farm tractor test, vegetable oils

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1.1 Introdução e Justificativa

A dissertação está estruturada com um breve referencial bibliográfico sobre biocombustíveis e matriz energética (Capítulo 1). Essa primeira parte direciona a leitura para o Capítulo 2, que explana sobre a diversidade de fontes potenciais de matéria-prima, visando à produção de biodiesel. O Capítulo 3 compreende um ensaio de opacidade da fumaça de um trator funcionando com biodiesel de babaçu e diesel B S1800.

1.2 Crise e demanda energética mundial

A disponibilidade em larga escala do petróleo no século XX e o custo barato para refino contribuíram para que óleos vegetais fossem trocados pelo óleo diesel, que, na época, era denominado “óleo refinado de petróleo” (MA; HANNA, 1999). Para Barros (2007), em 1956, o geofísico norte-americano Marion King Hubbert já havia previsto limitações na obtenção de petróleo nos EUA, exceto no Alasca, sendo que o máximo de produção se daria em 1970 para, posteriormente, declinar de maneira incessável. Em meio a contestações, nota-se que esta é uma preocupação antiga que se estende aos dias de hoje, já que descobertas de campos de explorações petrolíferas se tornaram cada vez menores.

Após 1970, crescentes e sucessivas crises internacionais referentes ao mercado petrolífero, o bio-óleo reaparece no cenário energético - econômico, dado que perdera espaço no passado visto a normatização mundial do petróleo (OLIVEIRA; SUAREZ; SANTOS, 2008). No Brasil, a crise teve seu ápice nos anos 80 do século XX, tendo a criação do Proálcool e outros programas de fomento aos combustíveis alternativos como característica (BARBOSA et al., 2008).

É importante ressaltar que a principal fonte de energia utilizada pela humanidade foi e continua sendo representada pela energia fóssil, gerada em períodos geológicos passados a partir de matéria orgânica fossilizada. Esse tipo de

energia não renovável está representada pelo petróleo, carvão mineral e gás natural. Os combustíveis fósseis constituem cerca de 80% da energia primária consumida no mundo e mais de 57% daquela utilizada no setor de transportes (LINDFELDT; WESTERMARK, 2009). Porém, a cada dia, tem levantado preocupações relacionadas ao uso e prejuízo causado ao meio ambiente, principalmente se tratando do aquecimento global (ESCOBAR et al., 2009).

O uso de óleo diesel como combustível em motores de combustão interna por compressão emite poluentes nocivos como: CO₂ (dióxidos de carbono), NO_x (óxidos de nitrogênio) e MP (material particulado), sendo estes preocupantes, já que estão cada vez mais difíceis de serem degradadas no ambiente (NGUYEN; DAN; ASANO, 2014; RAKOPOULOS et al., 2014). A partir dessa problemática, os governos têm partido em busca de novas fontes de energia que sejam renováveis e ambientalmente aceitáveis. Entre elas encontram-se os biocombustíveis, como etanol produzido a partir da cana-de-açúcar e biodiesel oriundo de óleo vegetal ou gordura animal (GREENWELL et al., 2010; RADAKOVITS et al., 2010).

1.3 Biocombustíveis na matriz energética

Provenientes de fontes renováveis, o álcool, o etanol e o biodiesel vêm para que problemas energéticos e impactos à natureza sejam amenizados. Segundo Silva, Chagas e Cruz (2012), as fontes mais conhecidas no mundo são a soja, o milho, a cana de açúcar, o girassol, a madeira e a celulose. Desde a alteração do MTBE (metil tércio butil éter) pelo bioetanol, nos últimos anos, o mercado americano, em função da demanda de 13 bilhões de litros de álcool, foi o que mais cresceu devido à produção de milho no país; entretanto, o Brasil, principalmente na safra de 2006/2007, teve produção recorde de 17,7 bilhões de litros de álcool, sendo somente 20% destinados ao mercado externo, com destaque ao mercado de biocombustíveis (PAULILLO et al., 2007).

Estatísticas internacionais envolvendo energia garantem que, no âmbito mundial, a realidade dos biocombustíveis só vem a crescer. No ano de 2001, foram em média 20 bilhões de litros produzidos, sendo este valor quintuplicado em 2011 (110 bilhões de litros) ou 692,5 milhões de barris/ano. Estimativas intermediárias

foram encontradas em 2005: cerca de 240 milhões de barris/ano e, no ano de 2009 com aproximadamente 597 milhões de barris/ ano (EIA, 2014).

O Brasil mostra-se altamente competitivo na produção de biocombustíveis, com relevante capacidade produtiva de diferentes espécies vegetais em mérito a sua grande diversidade edafoclimática (NIETIEDT et al., 2011). Com auxílio político, a demanda crescente pela bioenergia deve acarretar em oportunidades de geração de renda para pequenos produtores, que poderão usufruir de tecnologias empregadas para melhorarem a produção de alimentos (TIRADO et al., 2010).

A atribuição de potência ambiental e de energética dada ao Brasil é merecida, já que o País tem gama de oferta em relação à matéria prima, sendo inserido na região do planeta mais propensa à produção de biomassa, o que facilita no suprimento da demanda total energética que deverá aumentar em 5,3 % ao ano, na próxima década. O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) (Figura 1) aponta o Brasil como matriz mais limpa do mundo em 2020, em virtude da participação das fontes renováveis serem superadas ao se comparar com o ano de 2010 (TOLMASQUIM, 2012).

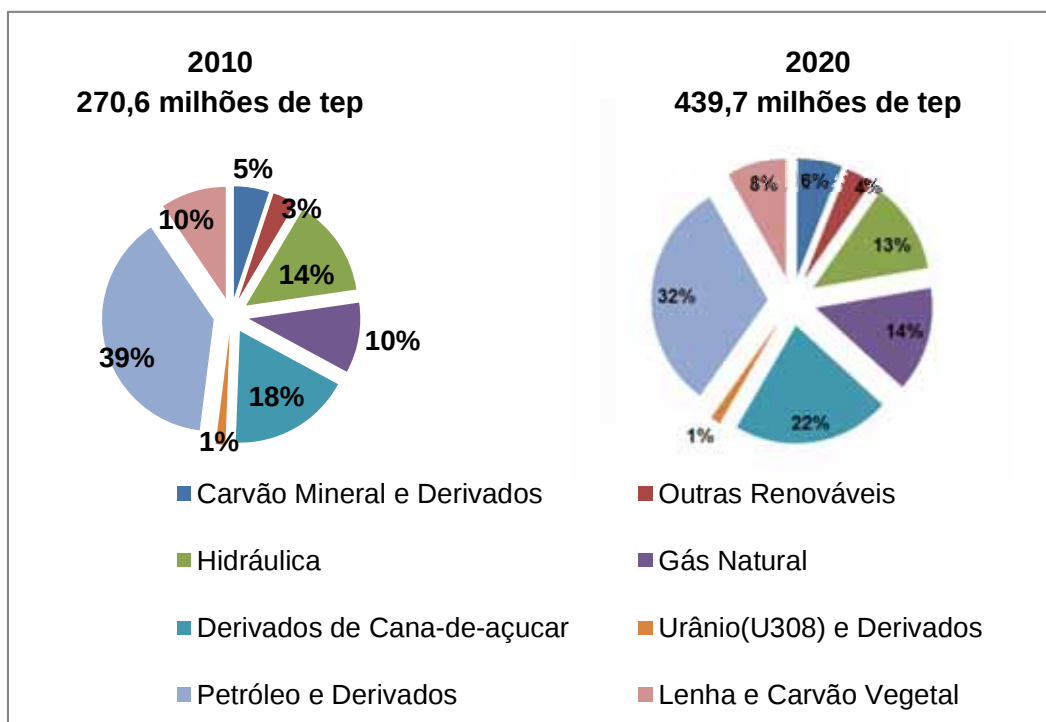


Figura 1. Evolução da oferta interna de energia (TOLMASQUIM, 2012).
*tep: tonelada equivalente de petróleo.

No Brasil, em média, 45% da energia e 18% dos combustíveis consumidos são renováveis, confrontando-se com 86% da energia proveniente de fontes não renováveis no resto do mundo (ANP, 2012b). Dentre as fontes renováveis de biocombustíveis apresenta-se o biodiesel, que é visto como uma possível solução para as incertezas do futuro energético (LAM et al., 2009).

A história do biodiesel no Brasil começou a partir da primeira crise petrolífera com a criação do Pró-óleo, Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos, em 1970. Dez anos depois, viria a primeira patente de biodiesel no Brasil concedida pelo engenheiro químico e professor da Universidade Estadual do Ceará, Dr. Expedito José de Sá Parente. Criado em 1977, o novo combustível “verde” e alternativo teve como nome de batismo “pró-diesel”, que não passava de óleo proveniente de fontes vegetais ou animais (TEIXEIRA; TAOUIL, 2010).

O biodiesel foi induzido na matriz energética conforme a Lei n. 11.097, de 13 de Janeiro de 2005, sendo a Agência Nacional do Petróleo (ANP) também responsável pela especificação e fiscalização dos biocombustíveis no mercado (ANP, 2005). Ainda em 2005, através da portaria n. 483, diretrizes foram estabelecidas para a realização de leilões públicos na aquisição de biodiesel. Ressalta-se que uma das medidas tomadas pelo governo federal foi a adição de biodiesel ou de outros biocombustíveis ao diesel, uma vez que esse biocombustível não apresenta enxofre em sua composição, ao mesmo tempo em que reduz as emissões de gases tóxicos e materiais particulados que são lançados na atmosfera. Desde 1º de julho de 2014, o óleo diesel rodoviário dispõe, em sua composição, de 6% de biodiesel (BRASIL, 2014).

1.4 Características gerais do biodiesel

De acordo com a Agência Nacional do Petróleo (ANP), através da portaria n. 255, do ano de 2003, “o biodiesel (B100) é um combustível composto de monoalquilésteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais, designados B100” (ANP, 2003). O biodiesel como combustível possui caráter ecológico, constituído de ésteres de via etanólica ou metanólica de ácidos graxos provenientes da reação de transesterificação de triglicerídios com

álcool, podem substituir total ou parcialmente o diesel sob os mesmos padrões qualitativos do biocombustível renovável obtido através de óleo vegetal e álcool anidro, podendo o biodiesel ser indicado para motores de ignição por compressão e sendo utilizado em substituição do diesel proveniente do petróleo ou como um aditivo (PARENTE, 2003; LOPES et al., 2004; LAM; LEE; MOHAMED, 2010).

É importante lembrar que o óleo vegetal pode ser aplicado para alimentação direta no motor de ignição ou também direcionado para produção de biodiesel (MARONHAS et al., 2010). Entretanto, o óleo *in natura*, assim como gorduras de origem animal causam problemas ao motor devido à viscosidade alta e volatilidade baixa, fatores que proporcionam combustão incompleta (GUARIEIRO; VASCONCELLOS; SOLCI, 2011). Ou seja, para que estes se tornem viáveis sem que alterações ao motor sejam feitas, julga-se necessária a reação de transesterificação onde um dos produtos finais é o biodiesel. Para Fernandes (2011), a reação tem como objetivo principal a obtenção de um éster de menor massa molecular, conseqüentemente, de viscosidade reduzida.

De acordo com a EMBRAPA (2009), óleo de origem vegetal é composto por triglicerídeos e ácidos graxos livres. Na reação de transesterificação, moléculas menores de ésteres são obtidas a partir dos triglicerídeos (moléculas de glicerol ligadas a três moléculas de ácidos graxos) via um determinado agente transesterificante (álcool primário) e um catalisador, podendo este ter caráter de ácido ou base (Figura 2).

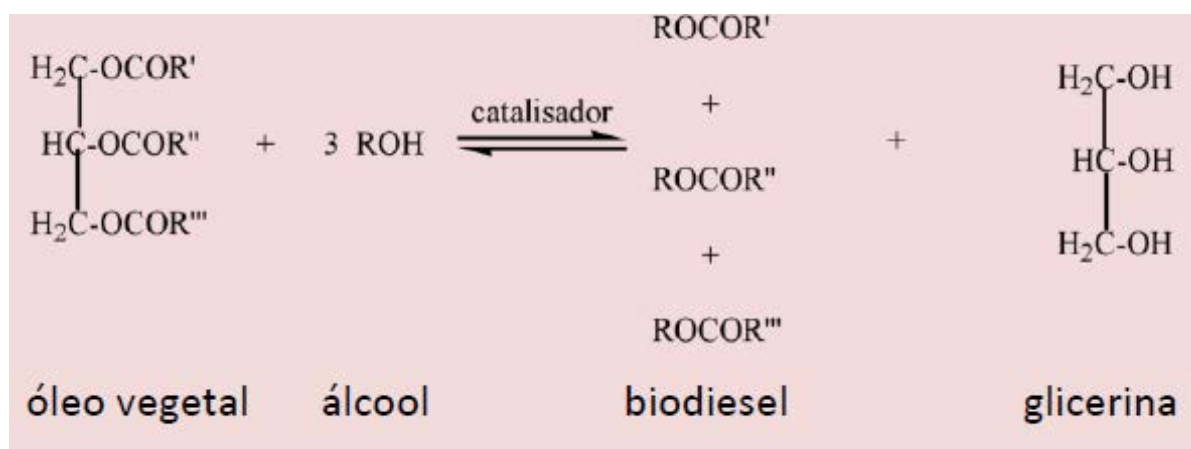


Figura 2. Equação geral da reação de transesterificação (GUARIEIRO; VASCONCELLOS; SOLCI, 2011).

A escolha da matéria-prima para a obtenção do biodiesel é primordial, pois esta determina fatores físico-químicos que comprometem o combustível em nível de qualidade, e afetam ainda o desempenho do motor e o consumo específico (MAZIERO et al., 2004).

Pela compatibilidade ao diesel convencional, o biodiesel obtido através da reação de transesterificação mostra-se altamente capaz de suprir a alimentação de motores de ciclo diesel existentes no mercado sem que modificações sejam feitas (RAMOS et al., 2003). A quantidade de cetanos, viscosidade, ponto de névoa e poder calorífico dos óleos vegetais são determinantes para a avaliação da futura qualidade de combustão do biodiesel obtido (COSTA NETO et al., 2000). Influências e descrição de algumas outras propriedades sob os combustíveis constam na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição de algumas propriedades dos combustíveis.

Propriedades	Definição	Causa
Densidade	massa contida em determinado volume	potência, emissões e economia de combustível
Viscosidade	tempo de escoamento do combustível em capilar padronizado	atomização, lubrificação do sistema de injeção
Destilação	faixa de temperatura de vaporização à pressão atmosférica	potência, fumaça, depósitos no motor
Número de cetano	qualidade de ignição	fumaça, partida a frio, ruído, economia de combustível, emissões
Teor de enxofre	enxofre total presente	desgaste de cilindros e anéis, depósitos no motor, emissões
Ponto de Fulgor	temperatura mais baixa na qual o produto se vaporiza em quantidade suficiente para formar uma mistura inflamável com ar	segurança, sistema de injeção tamponamento

Adaptado de PETROBRÁS (2013).

Alptekin e Canakci (2008) destacam o maior número de cetano, ausência de compostos aromáticos, virtualmente livre de enxofre e composição entre 10 e 12% de oxigênio, dentre as diversas vantagens do biodiesel em comparação aos petroquímicos.

1.4.1 Número de cetano

O número de cetano (NC) vai depender do grau de saturação do biodiesel (PINTO et al., 2005), garantindo qualidade de ignição e queima mais eficiente do combustível (COSTA NETO et al., 2000; DABDOUB; BRONZEL; RAMPIN, 2009; WADUMESTHRIGE et al., 2008). A porcentagem de oxigênio conferida ao biodiesel também acarreta maior número de cetano (MUÑOZ; MORENO; MOREA, 2004). Assim sendo, para o biodiesel, este valor se dá-se em média de 60 (adimensional), enquanto para o óleo diesel esse valor decresce para 40 (KNOTHE, 2005). Para Ramos et al. (2009), este valor é totalmente dependente do tipo de matéria-prima escolhida para produção do combustível (Tabela 2).

Tabela 2. Valores do número de cetano de diferentes origens.

Origem do biodiesel	Número de cetano	Fonte
Canola	54,8	Giakoumis (2013)
Coco	67,4	Knothe (2008)
Babaçu	65,0	Turchiello (2005)
Pinhão Manso	63,27	Patil e Deng (2009)
Palma	61,2	Giakoumis (2013)
Milho	52,5	Giakoumis (2013)
Neem	54,9	Giakoumis (2013)
Soja	60,1	Alptekin e Canakci (2008)

Adaptado de Zuniga et al. (2011).

Menor número de cetano presente nos combustíveis proporciona maior tempo de ignição do motor, podendo trazer o mau funcionamento deste, perda de potência, danos e maiores teores referentes a emissões de partículas provenientes de emissões de escape (LU; YANG; ZHANG, 2004).

1.4.2 Viscosidade

A determinação da viscosidade de óleo é imprescindível para a reação de transesterificação para obtenção de biodiesel (SOUZA et al., 2010), tornando possível que o óleo vegetal *in natura* adquira características físico-químicas adequadas que sejam eficientes e compatíveis com motor de ciclo diesel. Castellaneli et al. (2008) afirmam que uma das características que tornam o biodiesel viável para alimentação de motores, sem que adaptações sejam necessárias, é a semelhança ao diesel em termos de viscosidade. Lôbo, Ferreira e Cruz (2009) também garantem maior viscosidade e lubricidade no biodiesel em relação ao diesel mineral, evitando desgastes do motor.

Para Costa Neto et al. (2000), os óleos vegetais apresentam índices maiores de viscosidade (quando comparados ao diesel), podendo excedê-lo em até 100 vezes, como exemplo do óleo de mamona. Nagano et al. (2012) garantem que valores muito altos de viscosidade podem prejudicar o sistema de injeção no motor.

Albuquerque et al. (2006), indiretamente, relatam a importância do processo de transesterificação. Os autores investigaram o óleo de canola e puderam concluir que, antes da transesterificação, este óleo a 25°C, exibiu valores de viscosidade de 58,9 mPa.s⁻¹. Posteriormente, diminuiu-se para 5,68 mPa.s⁻¹, semelhante ao diesel, cuja viscosidade foi de 4,16 mPa.s⁻¹. Para Knothe (2005), para uso viável do biodiesel, é necessário que sua viscosidade seja próxima ao petrodiesel. A Tabela 3 apresenta a viscosidade para diferentes tipos de biodiesel.

Tabela 3. Diferentes tipos de combustíveis e suas respectivas viscosidades.

Origem do combustível	Viscosidade (mPa. s ⁻¹) a 40 °C	Fonte
Mamona	13,50	Albuquerque et al. (2009)
Dendê	5,22	Freitas et al. (2009)
Canola	4,34	Alptekin e Canakci (2008)
Milho	4,17	Alptekin e Canakci (2008)
Algodão	4,05	Alptekin e Canakci (2008)
Babaçu	4,00	Lima et al. (2007)
Soja	3,94	Abreu et al. (2011)
Diesel	3,47	Abreu et al. (2011)

Adaptado de Zuniga et al. (2011).

Estes valores devem seguir os já padronizados para o diesel fóssil, que alternam entre 3,0 e 6,0 mm².s⁻¹, para biodiesel (B100), conforme determinado na Resolução ANP n. 14, de 11 de maio de 2012 (ANP, 2012a). Machado (2008) contempla que independentemente da fonte, o biodiesel apresenta valores de viscosidade maiores que os do diesel.

Vale salientar ainda que problemas poderão surgir a partir do momento em que valores de viscosidade forem muito altos, como pressão excessiva, alterando o comportamento da injeção do óleo dentro da câmara de combustão e, conseqüentemente a redução da vida útil do motor e a emissão de poluentes mediante combustão incompleta.

1.4.3 Ponto de névoa e fluidez

Temperaturas amenas podem provocar a parcial solidificação do biodiesel e até mesmo a ausência de fluidez. Este fato ocasiona problemas no motor principalmente devido o entupimento do sistema de filtração (LÔBO; FERREIRA; CRUZ, 2009). O ponto de névoa irá mostrar a ocorrência das primeiras partículas sólidas (cristais) no combustível ao ser resfriado. Maiores reduções de temperaturas resultarão em maiores quantidades de partículas sólidas presentes no combustível. Cristais com diâmetro superior a 0,5 µm são visíveis na temperatura definida como ponto de névoa (WESTBROOK, 2003).

Para Costa Neto et al. (2000), a conduta favorável das qualidades físico-químicas do biocombustível obtido pode ser dada via uso de aditivos próprios para óleo vegetal, proporcionando-lhes assim maior fluidez e, portanto, menor ponto de névoa. Estas propriedades são responsáveis pela utilização de óleos vegetais *in natura* em motores de ciclo diesel por serem desfavoráveis especialmente em regiões de clima temperado, visto que óleos vegetais já averiguados geralmente apresentam ponto de névoa superior ao do diesel mineral convencional. A própria água de arrefecimento do motor pode ser utilizada para que a solidificação parcial de óleos brutos seja minimizada.

1.4.4 Poder calorífico

De acordo com Peres et al. (2007), os valores para PCS quanto o PCI são obtidos mediante calorimetria. Ao se comparar o poder calorífico do diesel mineral com o do biodiesel, quanto menor for o poder calorífico do combustível maior será seu consumo para liberar a mesma energia. Esses cálculos são importantes para determinar o consumo previsto do biodiesel. Na Tabela 4, estão listados os valores de poder calorífico de diversas fontes de combustíveis.

Tabela 4. Valores de poder calorífico para tipos de combustíveis.

Origem de Combustíveis	Poder Calorífico (MJ/kg)	Fonte
Diesel	50,99	Souza et al. (2009)
Farelo de Arroz	40,03	Lin et al. (2009)
Dendê	39,9	Costa Neto et al. (2000)
Amendoim	39,8	Sanford et al. (2009)
Canola	39,7	Sanford et al. (2009)
Pinhão-Manso	39,7- 41,7	Patil e Deng (2009)
Soja	39,6	Sanford et al. (2009)
Girassol	39,6	Sanford et al. (2009)
Babaçu	39,52	Costa Neto et al. (2000)
Milho	39,5	Sanford et al. (2009)

O valor calorífico (MJ/kg) difere pouco entre as matérias-primas utilizadas na produção do biodiesel, conforme observado, sendo os maiores valores de 40,03 para o biodiesel advindo de farelo de arroz, enquanto são de 50,99 para o diesel.

1.4.5 Densidade

Esta é uma propriedade que pode influenciar na partida e na pressão de injeção, ou seja, é capaz de intervir no motor de combustão em termos de desempenho. Altas densidades contribuem para emissão de gases, ou seja, auxilia na formação de fumaça de cor escura e na emissão de partículas em excesso (BAHADUR; BOOCOOCK; KONAR, 1995).

Na Tabela 5, constam os valores de densidade para combustíveis originados de diferentes fontes, destacando-se que todos os dados estão enquadrados na faixa estabelecida pela ANP.

Tabela 5. Valores de densidade de combustíveis obtido de diversas fontes.

Origem do combustível	Densidade a 15 C (kg/m³)	Referência
Girassol	882,9	Giakoumis (2013)
Amendoim	882,9	Giakoumis (2013)
Óleo de soja	882,9	Giakoumis (2013)
Milho	882,2	Giakoumis (2013)
Algodão	880,0	Alptekin e Canakci (2008)
Babaçu (20°C)	880,0	Lima et al. (2007)
Pinhão manso	880,0	Patil e Deng (2009)
Neem	876,2	Giakoumis (2013)
Palma	874,7	Giakoumis (2013)
Canola	874,3	Giakoumis (2013)
Diesel	836,0	Patil e Thipse (2015)

1.4.6 Emissão de gases

Para Gorle e Kolhe (2012), o biodiesel pode ser utilizado sem que o desempenho operacional do motor seja modificado, tornando-se vantajoso devido também ao seu baixo custo de produção. Outra vantagem que motiva pesquisas envolvendo biocombustíveis é o benefício deste em meio às mudanças climáticas (HABIB; PARTHASARATHY; GOLLAHALLI, 2010). O biodiesel como combustível, além da contribuição dada ao balanceamento energético e à geração de empregos e mercados futuros, atende às exigências do Protocolo de Quioto e às emissões de gases de efeito estufa (FARIA, 2007). Para Summers, Hellwing e Monroe (1986), a redução destes gases com o uso de biodiesel pode chegar a 78%, e também a diminuição de 98% de óxidos de enxofre e 50% de material particulado (SUMMERS; HELLWING; MONROE, 1986).

Conhecidos pela eficiência, os motores a diesel também são caracterizados pela fumaça tradicional e pelos óxidos nitrosos provenientes de emissões de escape. Vantajosos por serem robustos e dominantes no mercado mundial, têm a contribuição pela poluição ambiental e pelos danos à saúde humana como

desvantagens (SQUAIELLA; MARTINS; LACAVA, 2013). Poluentes emitidos de maneira direta via escape de veículos, como óxidos de nitrogênio, óxidos de carbono, enxofre, aldeídos, hidrocarbonetos, ácidos orgânicos e material particulado, são obtidos a partir do processo de combustão incompleta, ou seja, quando o ar presente no cilindro é insuficiente no processo de explosão do combustível (GUARIEIRO; VASCONCELLOS; SOLCI, 2011).

A nocividade dos derivados petrolíferos faz com que sua substituição por biodiesel seja uma alternativa promissora e altamente indicada que, entre outras vantagens, visa à diminuição de particulados e poluentes gasosos (MAZIERO et al., 2006). Ainda para os autores, índices menores de hidrocarbonetos e óxidos de carbono pelo uso do biodiesel podem ser explicados devido ao oxigênio presente em sua molécula.

Özener et al. (2014) explanam que o oxigênio conferido às moléculas que compõem o biodiesel é responsável pela melhor queima do combustível. Com a queima mais eficiente do biodiesel, menores índices de poluidores nocivos via escape são lançados no ambiente, podendo citar: material particulado (MP), CO, CO₂, SO_x, compostos orgânicos voláteis e hidrocarbonetos totais não queimados.

O combustível diesel é capaz e um dos responsáveis pela emissão de gases que agravam o efeito estufa, já que a presença de enxofre no combustível pode ser responsável pela chuva ácida mediante reações de óxidos de enxofre e nitrogênio. Sendo assim, outra indispensável característica decorrente do biodiesel é sua adição ao diesel para lhe garantir lubricidade, já que o enxofre está presente ao biodiesel em mínimas concentrações (LÔBO; FERREIRA; CRUZ, 2009; ÖZENER et al., 2014; REIS et al., 2013). Para Reis et al. (2013), ao adicionar valores superiores a 80% de biodiesel ao diesel, as emissões contendo enxofre podem ser quase nulas.

1.5 Referências

ABREU, F. L. B.; SANTO FILHO, D. M. E.; PEREIRA, R. G.; BALDNER, F. O.; BARBOSA, A. P. F.; RODRIGUES, C. R. C.; SANTOS JÚNIOR, J. J. P.; SIQUEIRA, J. R. R. Avaliação da viscosidade dinâmica de biodiesel - rota etílica - e outros óleos utilizando-se de duas abordagens. In: Congresso Internacional de Metrologia Mecânica, 2.; 2011, Natal. **Anais...** Natal: CIMMEC – Metrologia, 2011. p. 1-4.

ALBUQUERQUE, G. A; CONCEIÇÃO, M. M.; SILVA, M. C. D.; SANTOS, I. M. G.; FERNANDES JR.; V. J. Avaliação Reológica e Caracterização Físico-Química do Biodiesel de Canola e Misturas. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1., 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: SETEC/MCT/ABIPTI, 2006. p. 175–180.

ALBUQUERQUE, M. C. G.; MACHADO, Y. L.; AZEVEDO, D. C. S.; CAVALCANTE JR., C. L.; FIRMIANO, L. R.; PARENTE JR., E. J. S. Properties of biodiesel oils formulated using different biomass sources and their blends. **Renewable Energy**, New York, v. 34, n. 3, p. 857-859, 2009.

ALPTEKIN, E.; CANAKCI, M. Determination of the density and the viscosities of biodiesel– diesel fuel blends. **Renewable Energy**, New York, v. 33, n. 12, p. 2.623–2.630, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Portaria ANP nº 255, 15 de Novembro de 2003**. 2003. Disponível em: <http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/folder_portarias_anp/portarias_anp_tec/2003/setembro/panp%20255%20-%202003.xml>. Acesso em: 12 jan. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Portaria ANP nº 483 de 03 de Outubro de 2005**. 2005. Disponível em:<http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/folder_portarias/portarias_mme/2005/pmme%20483%20-%202005.xml>. Acesso em: 12 jan. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Resolução ANP n. 14, de 11 de Maio de 2012**. 2012a. Disponível em:<http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2012/maio/ranp%2014%20-%202012.xml>. Acesso em: 13 jan. de 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Biocombustíveis**. 2012b. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?id=470>>. Acesso em: 15 nov. 2014.

BAHADUR, N. P.; BOOCOOCK, D. G. B.; KONAR, S. K. Liquid Hydrocarbons from Catalytic Pyrolysis of Sewage Sludge Lipid and Canola Oil: Evaluation of Fuel Properties. **Energy & Fuels**, Washington, v. 9, n. 2, p. 248-256, 1995.

BARBOSA, R. L.; SILVA, F. M. da; SALVADOR, N.; VOLPATO, C. E. S. Desempenho comparativo de um motor ciclo diesel utilizando diesel e misturas de biodiesel. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1.588-1.593, 2008.

BARROS, E. V. de. A matriz energética mundial e a competitividade das nações: bases de uma nova geopolítica. **Engevista**, Niterói, v. 9, n. 1, p. 47-56, 2007.

BRASIL. **Medida Provisória n. 647 de 28 de maio de 2014. 2014. Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Mpv/mpv647.htm> Acesso em: 11 ago. 2014.

CASTELLANELLI, M.; SOUZA, S. N. M.; SILVA, S. L.; KAILER, E. K. Desempenho de motor ciclo diesel em bancada dinamométrica utilizando misturas diesel/biodiesel. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p.145-153, 2008.

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

DABDOUB, M. J.; BRONZEL, J. L.; RAMPIM, M. A. Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 776-792, 2009.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION – EIA. **International energy statistics**. 2014. Disponível em: <<http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm>>. Acesso em: 19 nov. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Considerações do Biodiesel como Biocombustível alternativo ao diesel**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2009. 29 p.

ESCOBAR, J. C.; LORA, E. S.; VENTURINI, O. J.; YANEZ, E.; CASTILLO, E. F. Biofuels: environment, technology and food security. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, Oxford v.13, n. 6-7, 1.275-1.287, 2009.

FARIA, I. D.; PEIXOTO, M.; MORAIS, P. de.; SOUZA, R. B. L. de. A **Utilização de Óleo Vegetal Refinado como Combustível - Aspectos Legais, Técnicos, Econômicos, Ambientais e Tributários**. 2007. Disponível em: < <http://www.senado.gov.br/conleg/centroaltosestudios1.html>>. Acesso em: 18 nov. 2014.

FERNANDES, D. M. **Obtenção e caracterização físico-químicas dos biodieseis metílico e etílico de algodão (*Gossypium Hirsutum*)**. 2011. 100 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

FREITAS, V. A. A. de; LIMA, J. S. V.; CONCEIÇÃO, R. C. da; COUCEIRO, P. R. C. Avaliação da transesterificação de três amostras de óleos vegetais para obtenção de biodiesel. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 32., 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBQ, 2009. 1 CD-ROM.

GIAKOUMIS, E. G. A statistical investigation of biodiesel physical and chemical properties, and their correlation with the degree of unsaturation. **Renewable Energy**, New York, n. 50, n. C, p. 858-878, 2013.

GORLE, R. D.; KOLHE, A. V. Performance Analysis of a CI Engine Using Biodiesel as an Alternative Fuel. **Golden Research Thoughts**, Maharastra, v. 2, n. 3, p. 1-9, 2012.

GREENWELL, H. C.; LAURENS, L. M. L.; SHIELDS, R. J.; LOVITT, R. W.; FLYNN, K. J. Placing microalgae on the biofuels priority list: a review of the technological challenges. **Journal of the Royal Society Interface**, London, v. 6-7, n. 46, p. 703-726, 2010.

GUARIEIRO, L. L. N.; VASCONCELLOS, P. C.; SOLCI, M. C. Poluentes Atmosféricos Provenientes da Queima de Combustíveis Fósseis e Biocombustíveis: Uma Breve Revisão. **Revista Virtual Química**, Niterói, v. 3, n. 5, p. 434-445, 2011.

HABIB, Z.; PARTHASARATHY, R.; GOLLAHALLI, S. Performance and emission characteristics of biofuel in a small-scale gas turbine engine. **Applied Energy**, Oxford, v. 87, n. 5, p. 1.701-1.709, 2010.

KNOTHE, G. Fuel properties. In: KNOTHE, G.; GERPEN, H. V.; KRAHL, J. (Ed.). **The biodiesel handbook**. Illinois: AOCS PRESS, 2005. cap. 6.

KNOTHE, G. Designer biodiesel: optimizing fatty ester composition to improve fuel properties. **Energy & Fuels**, Washington, v. 22, n. 2, p.1.358–1.364, 2008.

LAM, M. K.; TAN, K. T.; LEE, K. T.; MOHAMED, A. R. Malaysian palm oil: Surviving the food versus fuel debate for a sustainable future. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Kidlington, v. 13, n. 6-7, p. 1.456-1.464 2009.

LAM, M. K.; LEE, K. T.; MOHAMED, A. R. Homogeneous, heterogeneous and enzymatic catalysis for transesterification of high free fatty acid oil (waste cooking oil) to biodiesel: A review. **Biotechnology Advances**, New York, v. 28, n. 4, p. 500-518, 2010.

LIMA, J. R. O.; SILVA, R. B. da; SILVA, C. C. M. da; SANTOS, L. S. S. dos; SANTOS JR., J. R. dos; MOURA, E. M.; MOURA, C. V. R. de. Biodiesel de Babaçu (*Orbignya sp.*) obtido por via etanólica. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 600-603, 2007.

LIN, L.; YING, D.; CHAITEP, S.; VITTAYAPADUNG, S. Biodiesel production from crude rice bran oil and properties as fuel. **Applied Energy**, Oxford v. 86, n. 5, p. 681–688, 2009.

LINDFELDT, E.G.; WESTERMARK, M. O. Biofuel production with CCS as a strategy for creating a CO₂-neutral road transport sector. **Energy Procedia**, Amsterdam, v. 1, n. 1, p. 4.111-4.118, 2009.

LÔBO, I. P.; FERREIRA, S. L. C.; CRUZ, R. S. da. Biodiesel: Parâmetros de qualidade e métodos analíticos. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 6, p.1.596-1.608, 2009.

LOPES, A.; SILVA, R. P. da; FURLANI, C. E. A.; CASTRO NETO, P.; FRAGA, A. C.; REIS, G. N. dos; NAGAOKA, A. K. Potencialidades do biodiesel no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS VEGETAIS E BIODIESEL, 1., 2004, Varginha. **Anais...** Varginha: UFLA, 2004. 1 CD-ROM.

LU, X.C.; YANG, J. G.; ZHANG, W. G. Effect of cetane number improver on heat release rate and emissions of high speed diesel engine fueled with ethanol–diesel blend fuel. **Energy & Fuels**, Washington, v. 83, n. 14-15, p. 2.013–2.020, 2004.

MA, F.; HANNA, M. A. Biodiesel production: a review. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 70, n. 1, p.1-15, 1999.

MACHADO, P. R. M. **Ésteres Combustíveis em Motor de Ciclo Diesel sob Condições de Pré-Aquecimento e Variação no Avanço de Injeção**. 2008. 142 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

MARONHAS, M. E. S.; FERNANDES, H. C.; SIQUEIRA, W. C.; FERNANDES, L. S. Utilização de misturas de óleo de soja reutilizado com óleo diesel em um motor estacionário. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, n. 5, p. 390-397, 2010.

MAZIERO, J. V. G.; CORRÊA, I. M.; TRIELLI, M. A.; BERNARDI, J. A.; D'AGOSTINI, M. Avaliação do Desempenho de um motor de ignição por compressão utilizando óleo diesel e éster etílico de óleo de girassol como combustível. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL. 1., 2004, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2004. 1 CD-ROM.

MAZIERO, J. V. G.; CORRÊA, I. M.; TRIELLI, M. A.; BERNARDI, J. A.; D'AGOSTINI, M. F. Avaliação de emissões de poluentes de um motor diesel utilizando biodiesel de girassol como combustível. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.14, p. 287-292, 2006.

MUÑHOZ, M.; MORENO, F.; MOREA, J. Emissions of an automobile diesel engine fueled with sunflower methyl ester. **American Society of Agricultural Engineers**, St Joseph, v. 47, n. 1, p. 5-11, 2004.

NAGANO, S.; YAMAMOTO, S.; NAGAKUBO, M.; ATSUMI, K.; WATANABE, M. M. Physical Properties of Hydrocarbon Oils Produced by *Botryococcus Braunii*: Density, Kinematic Viscosity, Surface Tension, and Distillation Properties. **Procedia Environmental Sciences**, Amsterdam, v.15, p. 73-79, 2012.

NGUYEN, K. B.; DAN, T.; ASANO, I. Combustion, performance and emission characteristics of direct injection diesel engine fueled by Jatropha hydrogen peroxide emulsion. **Energy**. Rondebosch, v. 74, n. 1, p. 301-308, 2014.

NIETIEDT, G. H.; SCHLOSSER, J. F.; RUSSINI, A.;FRANTZ, U. G.; RIBAS, R. L. Performance evaluation of a direct injection engine using different blends of soybean (Glycine max) methyl biodiesel. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 5, p. 916-922, 2011.

OLIVEIRA, F. C. C.; SUAREZ, P. A. Z.; SANTOS, W. L. P. dos. Biodiesel: possibilidades e desafio. **Química Nova na escola**, São Paulo, n. 28, p. 3-8, 2008.

ÖZENER, O.; YÜKSEK, L.; ERGENÇ, A. T.; ÖZKAN, M. Effects of soybean biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics. **Fuel**, Houston, v. 115, p. 875-883, 2014.

PARENTE, E. J. S. **Biodiesel: Uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: Unigráfica, 2003. 66 p.

PATIL, K. R.; THIPSE, S. S. Experimental investigation of CI engine combustion, performance and emissions in DEE–kerosene–diesel blends of high DEE concentration. **Energy Conversion and Management**, London v. 89, p. 396-408, 2015.

PATIL, P. D.; DENG, S. Optimization of biodiesel production from edible and non-edible vegetable oils. **Fuel**, Houston, v. 88, n. 7, p. 1.302–1.306, 2009.

PAULILLO, L. F.; VIAN, C. E. de F.; SHIKIDA, P. F. A.; MELLO, F. T. de. Álcool combustível e biodiesel no Brasil: *quo vadis?* **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 531-565, 2007.

PERES, S.; SCHULER, A.; ALMEIDA, C.; CAMPOS, R.; LUCENA, A. Caracterização e determinação do poder calorífico e do número de cetano de vários tipos de biodiesel através de cromatografia. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., Brasília, 2007. **Anais...** Brasília: RBTB, 2007. 1 CD-ROM.

PETROBRAS. **Características do Óleo Diesel. 2013.** Disponível em: <http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/produtos/paraembarcacoes/oleodiesel/!ut/p/c4/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hLf0N_P293QwMLD383A6MgbwNLE0MjAyDQL8h2VAQA9k0JIQ!!/?PC_7_9O1ONKG108HOF02RK094120003000000_WCM_CONTEXT=/wps/wcm/connect/portal+de+conteudo/produtos/automotivos/oleo+diesel/caracteristica+do+oleo>. Acesso em: 24 set. 2013.

PINTO, A. C.; GUARIEIRO, L. L. N.; REZENDE, M. J. C.; RIBEIRO, N. M.; TORRES, E. A.; LOPES, W. A.; PEREIRA, P. A. de P.; ANDRADE, J. B. de. Biodiesel: an overview. **Journal of Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 16, n. 6, p. 1.313-1.330, 2005.

RADAKOVITS, R.; JINKERSON, R. E.; DARZINS, A.; POSEWITZ, M. C. Genetic engineering of algae for enhanced biofuel production. **Eukaryotic Cell**, Washington, v. 9, n. 4, p. 486-501, 2010.

RAKOPOULOS, D. C.; RAKOPOULOS, C. D.; GIAKOUMIS, E. G.; PAPAGIANNAKIS, R. G.; KYRISTIS, D. C. Influence of properties of various common bio-fuels on the combustion and emission characteristics of high-speed DI (direct injection) diesel engine: Vegetable oil, bio-diesel, ethanol, *n*-butanol, diethyl ether. **Energy**, Rondebosch, v. 73, n. 2-3, p. 354-366, 2014.

RAMOS, L. P.; DOMINGOS, A. K.; KUCEK, K. T.; WILHELM, H. M. Biodiesel: um projeto de sustentabilidade econômica e socioambiental para o Brasil. **Biotecnologia: Ciência e Desenvolvimento**, Uberlândia, v. 31, p. 28-37, 2003.

RAMOS, M. J.; FERNÁNDEZ, C. M.; CASAS, A.; RODRÍGUEZ, L.; PÉREZ, A. Influence of fatty acid composition of raw materials on biodiesel properties. **Bioresource Technolog**, Amsterdam, v. 100, n. 1, p. 261–268, 2009.

REIS, E. F. dos; CUNHA, J. P. B.; MATEUS, D. L. S.; DELMOND, J. G.; COUTO, R. F. Desempenho e emissões de um motor-gerador ciclo diesel sob diferentes concentrações de biodiesel de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 565-571, 2013.

SANFORD, S. D.; WHITE, J. M.; SHAH, P. S.; WEE, C.; VALVERDE, M. A.; MEIER, G. R. Feedstock and Biodiesel Characteristics Report. Ames: Renewable Energy Group, Inc., 2009. 136 p.

SILVA, K. L. da; CHAGAS, K. C. das.; CRUZ, M. C. P. da. Produção de biocombustíveis a partir de resíduos vegetais. **Bolsista de Valor: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, Campos dos Goytacazes, v. 2, n. 1, p. 183-189, 2012.

SOUZA, C. D. R. de; CHAAR, J. da S.; SOUZA, R. C. R.; JEFFREYS, M. F.; SOUZA, K. dos S. de; COSTA, E. J. C.; SANTOS, J. C. dos. Caracterização físico-química das misturas binárias de biodiesel e diesel comercializados no Amazonas. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 2, p. 383–388, 2009.

SOUZA, L. D.; ADÍLSON, B.; ARAÚJO, A. M. M.; EVANGELISTA, COSTA, J. P.; MATIAS, L. G. O. Produção e caracterização físico-química de biodieseis via catalise heterogênea utilizando lodo sublimado. **Química no Brasil**, Campinas, v. 4, n. 1-2, p. 268-286, 2010.

SQUAIELLA, L. L. F.; MARTINS, C. A. M.; LACAVA, P. T. Strategies for emission control in diesel engine to meet Euro VI. **Fuel**, Houston, v. 104, p. 183-193, 2013.

SUMMERS, H. R.; HELLWING, R. E.; MONROE, G. E. Measuring implement power requirements from tractor fuel consumption. **American Society of Agricultural Engineers**, St Joseph, v. 29, n. 1, p. 85-89, 1986.

TEIXEIRA, M. C.; TAOUIL, D. D. G. Biodiesel: uma energia alternativa e verde. **Vértices**, Campo dos Goytacazes, v. 12, n. 3, p. 17-40, 2010.

TIRADO, M. C.; COHEN, M. J.; ABERMAN, N.; MEERMAN, J.; THOMPSON, B. Addressing the challenges of climate change and biofuel production for food and nutrition security. **Food Research International**, Oxford, v. 43, n. 7, p. 1.729-1.744, 2010.

TOLMASQUIM, M. T. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 247-260, 2012.

TURCHIELLO, A. Biodiesel: alternativa energética, mercado, obtenção, propriedades físico-químicas e consumo/desempenho. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Foreign Agricultural Service**. 2010 . Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdreport.aspx0?hidReportRetrievalName=BVS&hidReportRetrievalID=918&hidReportRetrievalTemplateID=1#ancor>>. Acesso em: 14 jun. 2010.

WADUMESTHRIGE, K.; SMITH, J. C.; WILSON, J. R.; SALLEY, S. O.; SIMONNG, K. Y. Investigation of the parameters affecting the cetane number of biodiesel. **Journal American Oil Chemists' Society**, Urbana, v. 85, n. 11, p.1.073-1.081, 2008.

WESTBROOK, S .R. **Significance of test for petroleum products**. 7. ed. West Conshohocken: ASTM International, 2003. p. 63-81.

ZUNIGA, A.D.; PAULA, M. M.; COIMBRA, J. S. R.; MARTINS, E. C. A.; SILVA, D. X. da; TELIS-ROMERO, J. Revisão: Propriedades Físico-Químicas do biodiesel. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 21, p. 55-72, 2011.

CAPÍTULO 2 – Principais matérias primas para produção de biodiesel no Brasil

RESUMO – O Brasil tem extensão territorial muito grande (851 milhões de ha), o que permite ser referenciado como de tamanho continental e, por isso, no que tange ao oferecimento de matéria-prima para produção de biodiesel, diferencia-se de outros países produtores. O objetivo deste capítulo foi relacionar e caracterizar as principais matérias-primas para produção de biodiesel. O capítulo foi todo embasado em levantamento bibliográfico e caracterizou 14 fontes para produção de biodiesel. Nesta caracterização, foi associada a matéria-prima à região produtora, bem como a ocorrência em várias regiões. O resultado dos levantamentos apontou que a extensão territorial brasileira favorece a variabilidade de fontes de óleo/gordura de acordo com a região. Também foi oportuno para evidenciar que a soja, no Brasil, é a principal matéria-prima para produção de biodiesel. Outra constatação é que, no Estado de São Paulo o sebo bovino é a principal fonte; assim como nas regiões Norte e Nordeste, o babaçu desempenha relevante importância devido às características socioeconômicas.

Palavras-chave: babaçu, sebo bovino, soja

2.1 Introdução

O Brasil tem grande extensão territorial (851 milhões de ha), bem como variabilidade em termos de capacidade edáfica. Em virtude disso, o País diferencia-se de outros pela capacidade de oferecer inúmeras fontes de matéria-prima para produção de biodiesel.

Em função do expressivo tamanho territorial brasileiro, a exploração agrícola e a prática da pecuária, bem como o extrativismo vegetal são caracterizadas por regiões (Figura 1). Destaca-se que, para cada uma das regiões, as culturas oleíferas apresentam valores de produtividade e rendimento de acordo com a interação proporcionada pelo ambiente: clima, altitude, índices pluviométricos, umidade, entre outros.

De clima predominantemente equatorial, solo fértil e altos índices de chuvas e temperatura, a região Norte destaca-se pelo cultivo da soja e de palmeiras, em especial o dendê. Na região Sudeste, o sebo bovino, o amendoim e o girassol também ganham destaque em virtude do clima tropical e das diversidades do relevo. A região Sul tem clima temperado e altas amplitudes térmicas o que possibilita altas produtividades de Colza. A região Nordeste, caracterizada pelo clima semiárido, evidencia-se pelo cultivo e extrativismo de espécies de baixa exigência hídrica. Por isso, tal região destaca-se pela produção do babaçu. No entanto, com o melhoramento genético em alta e inovações tecnológicas de ponta, torna-se possível o cultivo de várias matérias-prima em cada região do Brasil (Figura 2), tornando o País potência mundial na produção de oleaginosas e respectivamente o biodiesel.

De acordo com o boletim mensal da ANP (Agência Nacional do Petróleo) mês de novembro (ANP, 2014), o Brasil possui 58 plantas produtoras autorizadas para produção de biodiesel, o que corresponde a capacidade total de 21.163,51 m³/dia. Dados provenientes do mês novembro de 2014 mostraram o destaque da sojicultura na produção do referido biocombustível, com aproximadamente 74,28% (Figura 2).



Figura 2. Matérias primas para produção de biodiesel por regiões do Brasil

Selecionar a matéria-prima a fim da obtenção do biodiesel é primordial, pois esta determina fatores físico-químicos que comprometem a qualidade do biocombustível, podendo afetar o desempenho do motor (consumo e emissão) (MAZIERO, 2005). Ressalta-se também que aspectos agrônômicos, como sazonalidade, adaptação territorial, produtividade por área, rendimento de óleo e impactos sócioambientais provenientes do desenvolvimento da cultura, são vitais para avaliação a do potencial da matéria-prima selecionada.

A agricultura familiar tem desempenhado importante papel no cultivo de potenciais oleaginosas destinadas à produção de biodiesel. Por este motivo,

empresas produtoras de biodiesel, juntamente com o fomento governamental, oferecem incentivos para famílias engajada no processo produtivo.

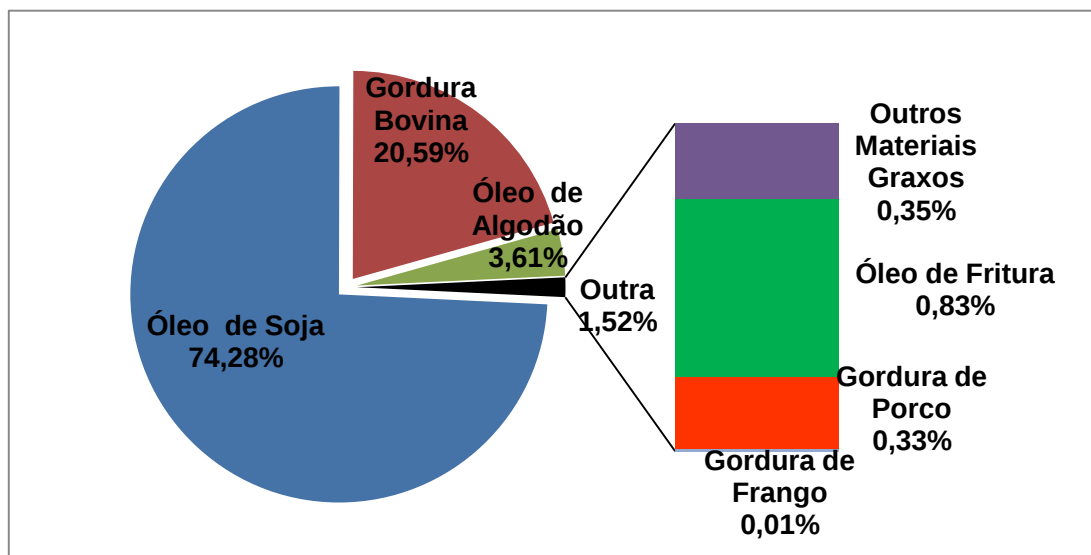


Figura 2. Distribuição percentual das matérias-primas na produção de biodiesel (ANP, 2014 - relatório de dezembro).

2.2 Objetivos

O presente capítulo tem o objetivo de caracterizar as principais fontes oleíferas para produção de biodiesel no Brasil.

2.3 Revisão Bibliográfica

Devido à importância econômica, bem como o domínio técnico de exploração, neste capítulo abordar-se-ão as seguintes matérias primas: soja, canola, amendoim, girassol, pinhão manso, óleo residual, gordura animal (sebo bovino e gordura de frango), mamona, buriti, tucumã, murumuru e babaçu.

2.3.1 Soja

A soja (*Glycine max*) caracteriza-se por ser uma planta herbácea, incluída na classe Dicotyledoneae, ordem Rosales, família Leguminosae, subfamília das Papilionoideae, gênero *Glycine* L. Agronomicamente, possui vasta variabilidade genética e diversidade de ciclo (precoce, semiprecoce, médio, semitardio e tardio), dependendo da região e da cultivar (genótipo) (CI SOJA, 2015).

As condições climáticas e o manejo adotado para o cultivo da soja são imprescindíveis para a sustentabilidade da cultura (SANTOS et al., 2008). Em relação ao solo, os autores puderam concluir que solos arenosos manejados adequadamente, em termos de fertilidade, garantem potencial produtivo superior ou equivalente aos solos argilosos. Ainda segundo a pesquisa, o K, Ca e B são os nutrientes que mais limitam a produtividade da cultura.

Sendo a cultura agrícola de maior ascensão no País, a sojicultura representa quase a metade de sua área cultivada em grãos, em especial nas regiões Centro-Oeste e Sul. Avanços tecnológicos são os maiores responsáveis por este incremento ao longo dos anos (MAPA, 2015).

Para Sbardelotto e Leandro (2008), a escolha da melhor cultivar está diretamente relacionada à composição química do grão e a posterior finalidade desejada será responsável pelo lucro obtido, podendo citar: teor de carboidratos, fibras, óleo e proteínas (DEMBOGURSKI, 2003). Para Lélis et al. (2010), mesmo sendo a cultura em maior escala empregada para se produzir biodiesel, vale a pena ressaltar que o teor de óleo das sementes é de aproximadamente 20%, considerado baixo entre as demais oleaginosas. Paulillo (2006) afirma que este valor é de 18% e 0,2 - 0,4 toneladas/ ha de rendimento.

Características como temperatura e fotoperíodo são essenciais ao cultivo e desenvolvimento da sojicultura devido às alterações provocadas em seu ciclo (RODRIGUES et al., 2001). Para Rezende e Carvalho (2007), o fotoperíodo é um fator que pode restringir a produção de certos genótipos, cultivados em determinadas latitudes, sendo assim, a principal característica responsável pela possibilidade de ampla adaptação das diferentes cultivares (RODRIGUES et al., 2001).

A exploração da cultura da soja mudou significativamente desde o momento do início do cultivo até a conjuntura contemporânea. Tais mudanças são evidenciadas pela melhora genética das cultivares, precocidade do ciclo, potencial de produção de óleo, bem como pelo grau de mecanização em todas as fases da cultura. Por meio de cruzamentos de espécies selvagens domesticadas e melhoradas, cientistas chineses deram o pontapé inicial em termos de evolução. No Brasil, esta cultura tornou-se potência comercial no final da década de 60, onde até então este posto era liderado pelo trigo. Em 1966, a produção já atingia cerca de 500 mil toneladas (EMBRAPA SOJA, 2015).

Perdendo apenas para os EUA, em termos de produção, o Brasil, na safra 2012/2013 ocupou uma área de 27,7 milhões de hectares, totalizando 81,5 toneladas (EMBRAPA SOJA, 2015). Na safra 2013/2014, para a Conab, houve incremento de 6,2% na área do cultivo da soja e a produtividade alcançou cerca de 3,07 kg/ha (CONAB, 2014). O Estado do Mato Grosso lidera o setor de produtividade devido ao emprego de técnicas como o uso de cultivares geneticamente modificadas que levem em consideração a fertilidade do solo, o ciclo vegetativo e a resistência a pragas e doenças, teor de óleo e proteína. Segundo dados do IMEA (Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária), a produtividade esperada para a safra de 2014/2015 é de 52,4 sacas/ha, superando a safra anterior (51,9 sacas/ha) (SAMORA, 2015).

A região de Alto Garças, no Estado do Mato Grosso, para Oliveira et al. (2012), exibem a cultivar Tabarana como semente de melhor qualidade fisiológica quando submetida ao teste de tetrazólio. Essa cultivar não apresenta qualidade deficitária quando comparada às cvs. Tucunaré e Pintado, mesmo com a presença de *Aspergillus spp.*, fungo de importância no armazenamento da semente.

No Brasil, cerca de 80% do biodiesel produzido é proveniente do óleo de soja, segundo dados do Ministério de desenvolvimento agrário (MDA). A cadeia produtiva que envolve a cultura, como o biodiesel, chega a movimentar R\$ 980 milhões/ano. Até outubro de 2014, foram 2.056.118 m³ de óleo de soja destinados a produção de biodiesel (ABIOVE, 2014). A composição do óleo proveniente da soja encontra-se na Tabela 1. Vale ressaltar que este valor só é expressivo em mérito a enorme potencialidade que a cultura tem de se desenvolver no território brasileiro.

Ferrari, Oliveira e Scabio (2005) concluíram em pesquisa que o óleo neutro de soja impulsiona conversão de 97,5% da taxa de conversão em ésteres etílicos e, quando testados em gerador de energia elétrica, juntamente com o óleo diesel (B20), o consumo de combustível foi menor.

Tabela 1. Composição de ácidos graxos do óleo de soja.

Nº de carbonos	Ácidos graxos	Concentração (%)
C 12:0	láurico	0,1 (máx)
C 14:0	mirístico	0,2 (max)
C 16:0	palmítico	9,9 – 12,2
C 16:1 (9)	palmitoleico	Traços – 0,2
C 18:0	esteárico	3 – 5,4
C 18:1 (9)	oleico	17,7 – 26
C 18:2 (9,12)	linoleico	49,7 – 56,9
C 18:3 (9,12,15)	linolênico	5,5 – 9,5
C 20:0	araquídico	0,2 – 0,5
C 20:1 (5)	gadoleico	0,1 – 0,3
C 22:0	behênico	0,3 – 0,7
C 22:1	erúxico	0,3 (máx)
C 24:0	ignocérico	0,4 (máx)

Costa Neto et. al. (2000).

2.3.2 Canola

O nome popular canola é resultante da abreviação de Canadian Oil Low Acid (CONAB, 2010). A canola (*Brassica napus* L.), pertencente à família Brassicaceae, foi desenvolvida por melhoristas a partir de duas espécies de colza. De acordo com Chavarria et al. (2011) *apud* Estevez et al. (2014), as espécies submetidas ao cruzamento, *Brassica napus* e *Brassica campestris*, foram escolhidas com o intuito de melhorarem a digestibilidade e a palatabilidade da cultura.

A importância e a utilidade da cultura da canola, colza, vão desde a produção de grãos, de óleo para obtenção de biodiesel, de óleo comestível e da produção de farelos até mesmo a aspectos relacionados à estruturação do solo, rotação de culturas e fonte alternativa de renda na região produtora de trigo, no Sul do Brasil. A preferência pela região Sul dá-se devido à aptidão a climas temperado e frio, assim como a tolerância a geadas ao longo do ciclo produtivo, exceto na fase inicial e de florescimento (CONAB, 2010). A área cultivada com canola vem ganhando espaço

ao longo dos anos. Na Tabela 2 abaixo, é possível acompanhar esta evolução desde a safra de 2008.

Tabela 2. Área semeada de canola nos principais estados do Brasil.

Área de canola em cada safra (ha)							
Estado	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
RS	24.448	24.452	25.960	33.500	28.685	24.500	40.025
PR	3.658	8364	12.840	21.500	17.420	16.600	8.500
MS	715	1556	2130	3.000	1.208	650	530
MG	500	450	600	600	600	-	675
GO	150	200	-	-	16	-	-
SC	-	-	386	500	120	-	-
SP	-	-	-	-	630	400	-
MT	-	-	60	-	25	18	-
Total	29.471	35.022	41.976	59.100	48.704	42.168	49.730

EMBRAPA, 2014; Portal dia de campo, 2014.

Para Dabdoub, Bronzel e Rampim (2009), a representatividade da canola na Europa para fabricação de biodiesel, devido à produtividade de 500 a 900 kg/ha, é a mesma que a soja (400 a 500 kg/ ha/ ano) nos Estados Unidos e Brasil. Segundo a CONAB (2014), a safra de 2013/2014 teve produção prevista de 20,9 milhões de toneladas, e deste modo, a União Europeia representa os maiores produtores e consumidores de canola em grão.

Em relação à área total cultivada no País na safra de 2013/2014, o Rio Grande do Sul teve maior participação, assim como foi o maior estado produtor

2.3.3 Amendoim

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma leguminosa originária da América Central, amplamente cultivada em todo o mundo. Possui ciclo anual, porte herbáceo com haste ereta, raízes bem desenvolvidas e sementes de tegumento fino.

A produção do amendoim pode chegar a 31 milhões de toneladas, revelando a China como o maior produtor mundial. Só ela é responsável por 33% da produção, segundo a USDA (2010) (SANTOS et al., 2012).

No Brasil, de acordo com o 2º levantamento realizado pela CONAB referente à safra 2014/2015, estima-se produtividade de 3.491 kg/ha de amendoim total (primeira e segunda safras, CONAB, 2014). Em relação aos estados produtores, dados estimados em novembro de 2014 mostram que, na última safra do amendoim, 94,2 mil ha foram cultivados com a cultura, entre os quais, a região Sudeste estimaram-se 88,8 mil ha, sendo o Estado de São Paulo responsável por cerca de 98% deste valor, ou seja, 86,2 mil ha.

O amendoim produzido no Estado de São Paulo divide-se em duas regiões: Ribeirão Preto e Jaboticabal (Alta Mogiana), onde se percebe alternância com a cana, e também as regiões de Tupã e Marília (Alta Paulista), onde duas safras são possibilitadas (águas e seca) em virtude da necessidade de renovação de pastos, além do canavial MARTINS, 2010 *apud* BARBOSA; HOMEM; TARSITANO, 2014).

Na região de Jaboticabal, o cultivo e a colheita são mecanizados e principalmente feitos na entressafra da cana-de-açúcar. Porém, ainda é válido ressaltar que, devido a despesas com arrendamento de terra, colheita, entre outros, o custo para a produção do amendoim é considerado alto (BARBOSA; HOMEM, TARSITANO, 2014).

Bolonhezi, Mutton e Martins (2007), ao avaliarem o manejo do solo para o amendoim cultivado em sucessão à cana crua, nas regiões paulistas de Ribeirão Preto e Pindorama, puderam concluir que as diferenças para a produção de grãos e vagens não são significativas quando se comparam os sistemas convencional e conservacionista na região de Ribeirão Preto (Latossolo Vermelho eutroférico), para a renovação de cana crua. Concluíram, ainda, que a cultivar IAC- Caiapó é menos responsiva do que a IAC-Tatu ST mediante as diferenças de manejo de solo. No sistema de plantio direto, o rendimento do grão de amendoim pode aumentar de 6,5 a 9%. É oportuno ressaltar que, para CONAB, a cultivar IAC- Caiapó tem como vantagem o menor custo de produção.

No final do século XIX, Rudolf Diesel, inventor do motor de ciclo diesel, deu origem às pesquisas envolvendo biocombustíveis e o óleo vegetal escolhido fora o de amendoim (GUERRA; FUCHS, 2010). Entre diversas vantagens, esta oleaginosa tem-se tornado muito promissora como matéria-prima para o biodiesel (GUNSTONE, 2011), o que pode ser explicado devido ao teor oleífero. Pesquisa de Pighinelli et al.

(2008) mostram valores de 46,7% (oleico) e 32% (linoleico) na composição de ácidos graxos do amendoim. Para Paulillo (2006) o rendimento de óleo/ ha varia de 0,6 a 0,8 toneladas.

2.3.4 Girassol

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é dicotiledônea pertencente à família Compositae, originário do continente Norte-Americano, compreende 49 espécies e 19 subespécies, sendo 12 de ciclo anual e 37 perenes (JOLY, 1993). Apresenta características agronômicas importantes, como maior resistência ao déficit hídrico e grande amplitude térmica, pouca influência pela latitude, longitude e fotoperíodo (CASTRO et al., 1996). Cultivado em todos os continentes, destaca-se como oleaginosa para produção de grãos, abrangendo aproximadamente 18 milhões de hectares no mundo (EMBRAPA, 2010; NIMET et al., 2011). No Brasil, estima-se que a área plantada de girassol foi 70.000 hectares na safra de 2012/2013 e 145.000,7 hectares na safra de 2013/2014, apresentando crescimento de 107,8 % (75,6 mil hectares). Estima-se que a safra de 2014/2015 seja semelhante à anterior. A Figura 4 apresenta as áreas de cultivo de girassol no Brasil (CONAB, 2014).

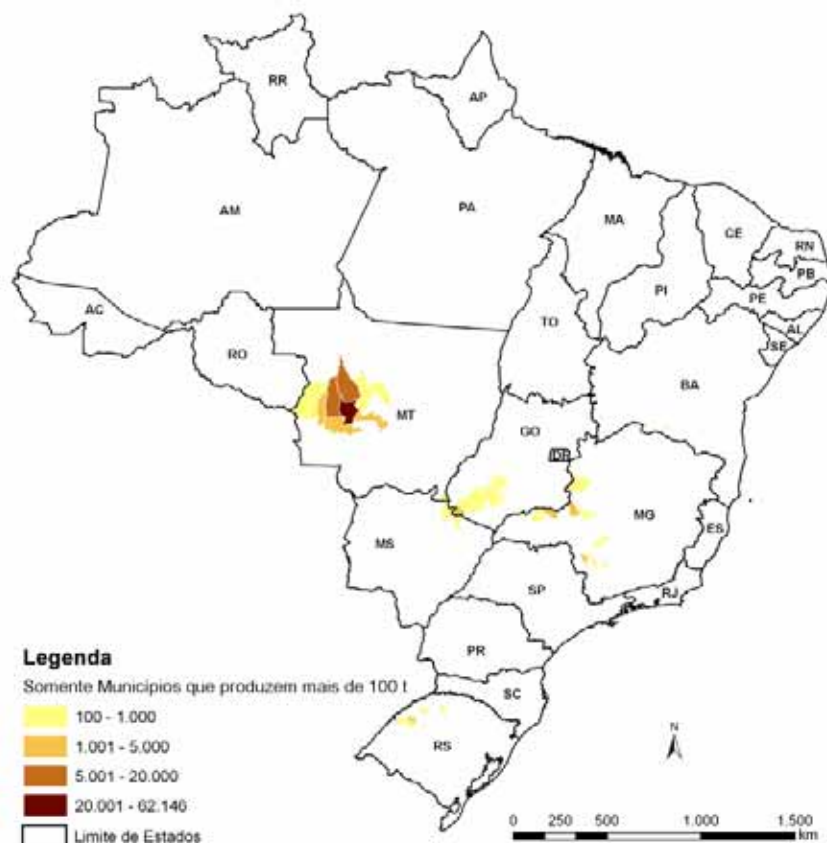


Figura 3. Mapa da produção agrícola do girassol (CONAB, 2015).

Até 2005, o plantio de girassol atendia basicamente a três objetivos: produção de sementes para alimentação de pássaros, produção de ração e óleo para fins comestíveis. Todavia, neste momento, a cultura despertou interesse dos agricultores devido à possibilidade da utilização de seu óleo para manufatura de biodiesel (BACKES et al., 2008).

Características da planta de girassol, como estatura e tamanho do capítulo podem ser alteradas dependendo da época de semeadura, as quais, segundo Castiglioni et al. (1994) e Mello et al. (2006), variam de acordo com o genótipo e as condições edafoclimáticas, além da época de semeadura. De acordo com Cadorin et al. (2012), a altura da planta é influenciada pelas épocas de semeadura e pelo ambiente de cultivo, enquanto que o tamanho do capítulo é influenciado somente pelo ambiente. O rendimento da cultura do girassol é influenciado pelas condições ambientais e pela época de semeadura.

O aquênio, usualmente considerado semente, tem massa de 40 a 400 mg, tamanho variável de 7 a 25 mm de comprimento e 4 a 13 mm de largura. São consideradas sementes pequenas, tendo massa de 1.000 unidades, variando de 30 a 60 gramas e teor de óleo entre 10 a 60% (CASTIGLIONI et al., 1994).

Segundo Mandarinó (2005), o cultivo de girassol baseia-se em dois tipos de cultivares. O primeiro, “não oleoso”, com teor de óleo menor que 30% e maturação tardia. O segundo, “oleoso”, com teor de óleo maior que 40% e maturação precoce. As Tabelas 3 e 4 mostram análise composicional e caracterização físico-química do óleo de girassol, respectivamente.

Devido às características físico-químicas, o girassol é fonte importante para produção de biodiesel no mundo, sendo a quarta matéria-prima mais utilizada para este fim (MILAZZO et al., 2013).

Tabela 3. Análise composicional do óleo de girassol.

Ácido graxo	Nomenclatura	(%)
C 16:0	Ácido palmítico	4
C 18:0	Ácido esteárico	1,47
C 18:1	Ácido oleico	49,08
C 18:2	Ácido linoleico	45,35
Outros	-	0,11

Correia et al. (2014).

Tabela 4. Características físico-químicas do óleo de Girassol.

Propriedades	Unidade	Resultado
Índice de acidez	g de ácido oleico/100g	3,09
Densidade	g/cm ³	0,92
Umidade	%	0,002
Teor de cinzas	%	0,034
Tensão superficial	dyn/cm	27,34
Viscosidade dinâmica a 40°	cP	31,67
Viscosidade cinemática	mm ² /s	34,59
Cor	-	Amarelo
Odor e sabor	-	Característico

Correia et al. (2014).

2.3.5 Pinhão-mansô

O pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.), uma espécie perene, monoica, pertencente à família das Euforbiáceas, é nativa da América Central, porém apresenta-se disseminada nas regiões tropicais e subtropicais do globo e amplamente distribuído na Ásia, África, Brasil e Índia (DIVAKARA et al., 2010; ROSADO et al., 2010). No Brasil, o pinhão-mansô está presente praticamente em todas as regiões, sempre de forma dispersa, adaptando-se às diversas condições edafoclimáticas (ALVES et al., 2010; LAVIOLA et al., 2013).

O pinhão-mansô é uma planta perene, arbusto grande, de crescimento rápido, alcançando a altura de três a cinco metros, mas pode atingir a altura de 8 metros em condições favoráveis (DIVAKARA et al., 2010) (Figura 4).

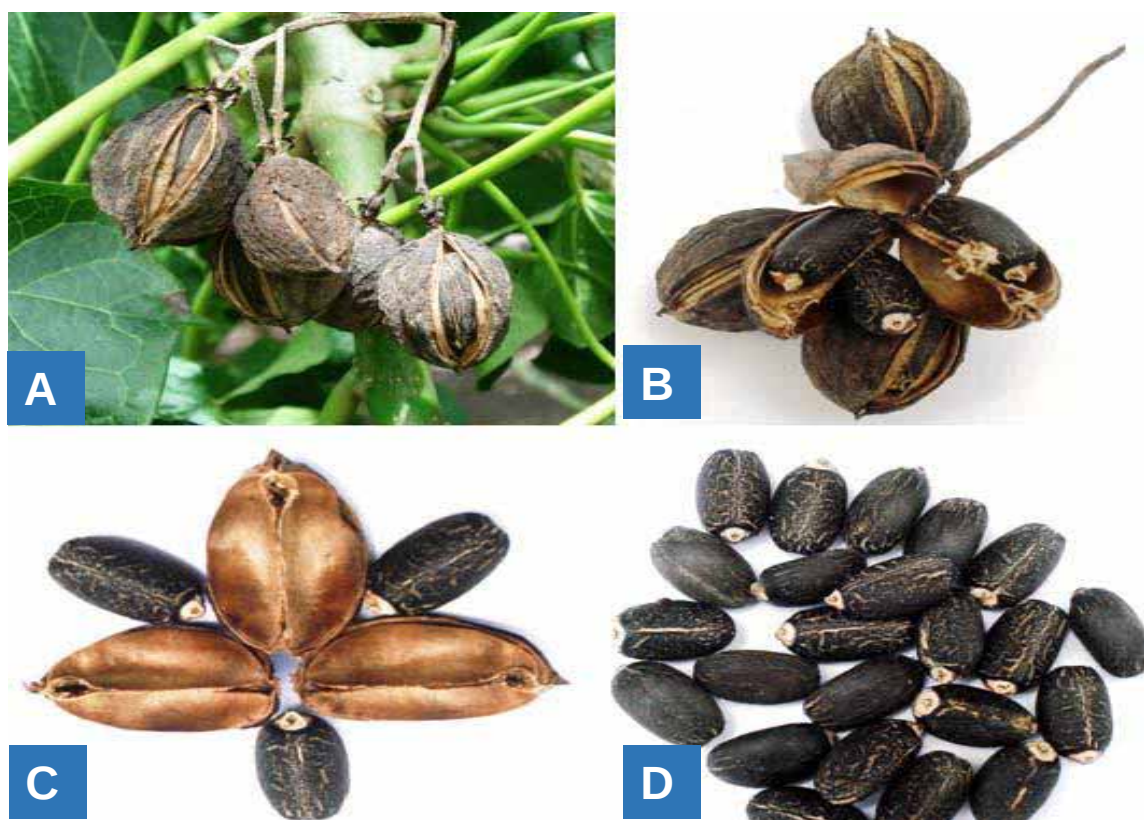


Figura 4. Deiscência dos frutos secos e detalhes das sementes do pinhão-mansô, (A) frutos secos presos à planta, (B) frutos secos, (C) fruto em deiscência, (D) sementes (ALVES et al., 2010).

Os frutos maduros apresentam o epicarpo com coloração externa marrom-escura, e os frutos secos apresentam o epicarpo de coloração preta (NUNES et al., 2009).

O pinhão-mansão, quando plantado em estação chuvosa, inicia a produção de frutos já no primeiro ano de cultivo, atingindo uma produtividade máxima de sementes a partir do quarto ano, com capacidade produtiva potencial por mais de 40 anos. De acordo com informações mais atuais, a planta produz, em média, 100; 500; 2.000 e 4.000 g de sementes por planta no primeiro, segundo, terceiro e quarto anos de cultivo, respectivamente (TOMINAGA et al., 2007). Dependendo do espaçamento, a produtividade pode passar dos 6.000 kg ha⁻¹ de sementes. Com essa produtividade, é possível produzir mais de 2.000 kg ha⁻¹ de óleo (EVANGELISTA et al., 2011).

A produtividade de genótipos encontradas por Drumond et al. (2010), na avaliação de 10 genótipos de pinhão-mansão no Semiárido Pernambucano, variou de 2.853 a 3.542 kg ha⁻¹. O autor afirma que a espécie apresenta potencial como cultura nas condições do semiárido brasileiro, bem como a produtividade é superior à soja (SARIN et al., 2009).

O cultivo do pinhão-mansão despertou o interesse econômico após a descoberta do alto teor de óleo apresentado em suas sementes (33 a 38%), o que representa entre 53 e 79% do peso de seus frutos e por se tratar de uma planta rústica adaptada a diversas condições edafoclimáticas (LIMA et al., 2010; LIMA et al., 2011).

O rendimento de óleo do pinhão-mansão é o principal produto desse cultivo, e o volume de óleo produzido pela planta depende da associação das características produtivas e vegetativas em um determinado ambiente (SPINELLI et al., 2010). Segundo se registra na literatura científica, o óleo de pinhão-mansão cujas características físico-químicas estão apresentadas na Tabela 5, já foi empregado no passado para a iluminação pública nas zonas rurais do Rio de Janeiro e até mesmo em Lisboa. A combustão do óleo das sementes realiza-se sem produzir fumaça nem odor (ALVES et al., 2010).

Tabela 5. Características Físico-químicas do óleo de pinhão-mansão.

Propriedades Físico-químicas	Unidade	Óleo Refinado	Óleo Bruto
Índice de acidez	Mg KOH/g	9	34,12
Índice de saponificação	Mg KOH/g	190,4	201,72
Cor	-	1	1,5
Estabilidade à oxidação	h	12,38	17,03
Viscosidade cinemática a 40° C	mm ² S ⁻¹	36,55	33,82
Densidade a 20° C	Kg m ⁻³	0,914	0,913
Índice de refração a 20° C	-	1,4753	1,4696

Portela (2011).

O pinhão-mansão apresenta-se como alternativa promissora por ser uma cultura que pode ser plantada nas áreas alteradas ou degradadas, propiciando a recuperação e a proteção destas áreas, podendo promover mudanças sociais significativas na vida do agricultor ao produzir o óleo para uso na produção de biodiesel e permitir o consórcio com fruteiras nativas, como o açaí, ou culturas anuais, como o feijão-caupi, que fazem parte de sua dieta básica (ALVES et al., 2010).

A adoção do pinhão-mansão como uma cultura potencial para atender ao programa nacional de produção de biodiesel deve-se, principalmente, ao potencial de rendimento de óleo, por ser uma espécie não alimentar e devido ao seu manejo ser compatível com o perfil da agricultura familiar. A oleaginosa vem sendo implantada em diversas regiões do Brasil, porém os genótipos usados nos plantios são geneticamente desconhecidos, não existindo ainda cultivares melhoradas, sobre as quais se tenha informações e garantias do potencial de produção nas diversas regiões produtoras (DURÃES et al., 2009; CAMARGO et al., 2010; NÓBREGA et al., 2011; SARMENTO et al., 2011).

2.3.6 Óleo residual

O óleo residual, proveniente do processo de frituras, é muito atrativo à produção de biodiesel devido ao baixo custo e à subtração de meios de contaminação ambiental. Reciclar este resíduo pode ser o destino até então mais adequado, auxiliando até esfinges de caráter econômico (COSTA NETO et al., 2000).

A problemática envolvendo descarte de gorduras no solo, água ou esgoto de resíduos, infelizmente é comum e antiga. De acordo com o programa Bióleo, cada litro de óleo contamina 20 mil litros de água. São imensuráveis os danos causados através desta prática irracional: impermeabilização do solo sequenciando enchentes, modificação do ecossistema aquático, dificulta o tratamento de água, provoca entupimentos e contribui para o efeito estufa já que proporciona volume expressivo de gás metano (BIÓLEO, 2014).

Para a Oil World, o Brasil tem capacidade de produção de 9 bilhões de litros de óleos vegetais/ano, sendo 3 bilhões destinados aos óleos comestíveis, 200 milhões de litros/mês têm como destino final os rios e lagos (ECÓLEO, 2015). O que anima é que sua utilização como matéria-prima para obtenção de biodiesel torna-se crescente. Dados da ANP e da Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais- ABIOVE, referentes até o mês de outubro, mostram que, no ano de 2014, cerca de 20.609 m³ de óleo de fritura foram destinados à produção de biodiesel, ultrapassando o ano de 2012, com 17.827 m³ (ABIOVE, 2014).

2.3.7 Gordura animal

2.3.7.1 Sebo bovino

Gorduras de origem animal compõem potenciais fontes de matéria-prima na produção de biodiesel. A utilização de resíduos animais é cada vez mais atraente tendo em vista o reaproveitamento sustentável e o baixo custo. O sebo bovino, juntamente com a gordura de porco são os principais representantes dentre os tipos de gorduras de origem animal destinadas à obtenção do biodiesel (MOREIRA, 2009).

Em virtude dos avanços e tecnologias empregados na pecuária brasileira, considera-se o Brasil como potência na exportação da carne bovina. Em 2004, o País ocupou o primeiro lugar em relação à exportação e até o ano de 2011 liderou este cenário (ABIEC, 2011). De acordo com a ANUALPEC (2010), a pecuária brasileira é apontada com destaque entre os demais países, ocupando o primeiro lugar com o rebanho comercial e o segundo lugar em relação ao número de

cabeças. A quantidade de cabeças bovinas para o IBGE, no ano de 2011, foi de 212 milhões e a produção de carne foi de 7.350.924 toneladas (DERAL, 2014).

Mesmo com altos índices de viscosidade, gorduras de origem animal são vantajosas para produção de biodiesel. Segundo a ANP, o sebo bovino na região Sudeste, é a principal matéria-prima para produção de biodiesel, pois representa mais de 50% do total utilizado (ANP, 2014). Esta fonte é equivalente em importância às palmeiras para as regiões Norte e Nordeste.

Para Moraes (2008), as propriedades físicas e químicas do biodiesel proveniente do sebo bovino assemelham-se ao diesel. O autor afirmou também que o biodiesel oriundo do sebo bovino pode ser mais vantajoso do que os de origem vegetal, pois ésteres metílicos de sebo bovino apresentam teores mais altos de compostos saturados (68,41%) do que de compostos insaturados (31,59%), conforme observado na Tabela 6. A maior concentração de ácidos graxos insaturados no biodiesel proveniente de óleo vegetal pode acarretar em polimerização e oxidação do combustível.

Tabela 6. Composição quantitativa do biodiesel de sebo bovino.

Nº C	Ácido graxo	%
C 12:0	Láurico (PI)	-
C 14:0	Mirístico	4,36
C 15:0	Pentadecanoico	1,62
C 16:1	Palmitoleico	2,23
C 16:0	Palmítico	26,42
C 17:0	Heptadecanoico	1,54
C 18:2	Linoleico	0,86
C 18:1	Oleico (isômero cis)	26,58
C 18:1	Elaídico (isômero trans)	1,92
C18:0	Esteárico	34,47

Adaptado de Moraes (2008).

Martins et al. (2011) ressaltaram a viabilidade econômica do sebo bovino para produzir biodiesel, contudo relataram a necessidade de ampliação da participação do referido produto no mercado nacional e internacional. Ao observarem os anos de 2009 e 2010, os autores perceberam que esta fonte estabelece relação estreita com a soja perante as indústrias fabricantes de biodiesel. Para Fiorese et al. (2011),

avaliando planta de pequeno porte para produção de biodiesel, constatou vantagem do custo do litro de biodiesel de sebo bovino comparado a outras fontes. De acordo com os autores, os custos do litro de biodiesel foram os seguintes, de sebo bovino R\$ 2,01; de frango R\$ 2,20; de girassol R\$ 3,34, e de soja R\$ 3,23.

2.3.7.2 Gordura de frango

De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA, a avicultura no Brasil chega a representar quase 1,5% do PIB nacional (ABPA, 2015). Em 2010, a produção brasileira de carne de frango foi 12,30 milhões de toneladas, e 12, 308 mil toneladas em 2013. Naquele ano, o Estado do Paraná foi o maior produtor (31,12%) de carne de frango (UBAEF, 2014).

Mudanças biotecnológicas no setor avícola foram observadas após a década de 80, o que provocou significativos ganhos em relação à taxa de conversão, rendimento de carcaça e ciclo produtivo das aves (COSTA, 1999). A industrialização da carne de frango acarreta a produção de resíduos gordurosos cujas características bioquímicas são apropriadas para a produção de biodiesel (CENTENARO; FURLAN; SOUZA-SOARES, 2008).

Para Moreira (2009), os resíduos derivados do corte e abate de aves resultam em boa conversão em gordura (média de 40%) e teor de acidez, o que torna a reação de transesterificação mais eficaz, auxiliando o processo de obtenção do biodiesel.

2.3.8 Mamona

De origem asiática e introduzida no Brasil devido à vinda dos escravos africanos durante a colonização portuguesa, a mamona (também conhecida como rícino (*Ricinus communis* L.), é da família das euforbiáceas e, juntamente com o girassol, constitui uma das principais culturas destinadas à obtenção de biodiesel, diferentemente da soja, um dos seus principais subprodutos é o óleo.

Para Savy Filho (2005), o óleo proveniente da semente de mamona obtido via técnica de prensagem, dispõe de 90% de ácido graxo ricinoleico o que auxilia em

maior grau ser produto de alto valor industrial. O teor de óleo presente na semente pode chegar a 50%, com rendimento de 0,5-0,9 ton/ha (PAULILLO, 2006).

As folhas da mamona são expressivas, pecioladas e grandes cujas sementes são ovaladas, providas de tegumento e albúmen carnudo (BIODIESELBR, 2015).

A Índia representa o maior produtor mundial de mamona, produzindo cerca de 1.600.000 toneladas em 2012, segundo dados da FAO. De acordo com levantamento da safra de 2013/2014 feito pela CONAB, a produção total da mamona no Brasil foi de 69,1 mil toneladas. Deste valor, as regiões Norte/Nordeste foram as maiores responsáveis, com produção de 66,4 mil toneladas (CONAB, 2014). Este fato que pode ser explicado devido a esta oleaginosa ser resistente à seca, ao manejo simples e aos baixos custos de produção.

Em termos tecnológicos, as principais cultivares fornecidas pela EMBRAPA-CG foram BRS 149 Nordestina, a BRS Paraguaçu e a AL Guarany 200, que foram desenvolvidas com o intuito de maximizar o aproveitamento da cultura em termos de colheita, produtividade e suscetibilidade a doenças como o mofo-cinzeno (SANTOS; FURLANETTO, 2014).

A reação de transesterificação é fundamental para que o biodiesel seja obtido. Com ela, é possível que triglicerídeos sejam convertidos. No entanto, devido à grande quantidade de ácido ricinoleico quando se diz respeito ao óleo de mamona, essa reação não é suficiente para que propriedades como viscosidade sejam atendidas conforme regulamento. Assim, para que então seja viável a utilização deste óleo como biodiesel, uma das alternativas é misturá-lo com outro óleo (*blends*) que tenha características adequadas para que estas exigências sejam cumpridas (SANTOS et al., 2014).

Muriana et al. (2013) *apud* Silva, Mendes e Kageyama (2013) afirmam que um dos fatores que tornaram a mamona uma das principais matérias-primas para produção de biodiesel, foram a geração de empregos e a renda familiar na região semiárida do País, fomentados pelo governo federal através do Programa Nacional do Biodiesel.

2.3.9 Dendê

Original da África, o dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.) é perene, vindo ao Brasil no século XVII, cujo cultivo inicial foi no Estado da Bahia (MÜLLER; ALVES, 1997). Para valores expressivos em produção, uma das exigências prioritárias é a temperatura mínima acima de 24°C, o que conotará influência significativa em termos de número de folhas, cachos e, no que tange à fabricação do biodiesel, teor de óleo na semente. Assim sendo, tem-se a região Amazônica e a Baiana representativas para melhor comportamento edáfico da cultura (EMBRAPA, 1995), classificando o Brasil potência mundial na produção de óleo de dendê (CONAB, 2006).

O fruto originário desta palmeira produz dois óleos distintos: óleo de dendê ou palma (extraído do mesocarpo) e óleo de palmiste (extraído da semente, semelhante ao óleo de coco ou babaçu) (PARENTE, 2003). O primeiro ocupa mundialmente posição de destaque no mercado de óleo de ácidos graxos devido a inúmeras aptidões e ao baixo custo de produção (CONAB, 2006).

Em termos de rendimento, o dendê pode ser considerado a cultura de maior rendimento por ha, já que, a cada ano, o valor médio por hectare é de 25 a 28 cachos, ou seja, 3.500 a 5.000 kg de óleo de palma e 200 a 300 kg de óleo de palmiste (NUNES; ALVES, 2010).

2.3.10 Buriti

O buritizeiro (*Mauritia flexuosa* L), também conhecido como moriche, miritizeiro e palmeira- do- brejo, pertence à família Aracaceae. Esta cultura ocupa a região Amazônica brasileira e, devido à presença de áreas alagadas nesta região, forma os chamados buritizais, onde se encontram por volta de 75 a 85 buritizeiros masculinos e 60 a 70 buritizeiros femininos por hectare (EMBRAPA, 2010).

Mesmo com condição sazonais vantajosas à cultura do buriti, o Brasil ocupa o 3º lugar na América Latina, perdendo para Colômbia e Equador (NUNES, 2005).

A planta de buriti é dioica e sua floração varia, dependendo da região. No período de maturação, é possível observar heterogeneidade dentro de um mesmo

buritizal, porém esta fase geralmente dura de 7 a 11 meses (CYMERYS et al., 2005). Os frutos do buritizeiro, por meio de suas sementes, produzem óleo oleicos geralmente encontrados na forma de triglicerídios, porém também são compostos por quantidades expressivas de ácido palmítico e láurico, conforme apresentado na Tabela 7 (DURAES et al., 2006).

Tabela 7. Composição de ácidos graxos do óleo de buriti.

Ácido graxo	Teor (%)
Palmítico	16,3
Palmitoleico	0,4
Esteárico	1,3
Oleico	79,2
Linoleico	1,4
Linolênico	1,6

Bicalho (2006).

A capacidade de produção de óleo de buriti é maior do que a produção de óleo proveniente de outras fontes vegetais. Para Lleras e Coradin (1988), supõe-se que 150 plantas de buriti por hectare produzem cerca de 3,6 toneladas de óleo. Esta alta capacidade de produção de óleo/ha faz com que o buriti, como matéria-prima para produção de biodiesel seja viável em termos de rendimento.

A utilização de biodiesel etílico de buriti (B100), em testes de ensaio de opacidade da fumaça do trator agrícola, apontou redução de 33,33% quando comparado ao diesel B S1800 e 28,90% com o diesel B S50 (IAMAGUTI, 2014).

2.3.11 Tucumã

Em meio a diversas opções de oleaginosas na região Amazônica, o tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) é uma palmeira proveniente da família Arecacea também denominado de tucumã-do-mazonas. Para Cavalcante (1991) *apud* Ferreira e Gentil (2006), não se pode afirmar com precisão sobre o estado que deu origem a esta cultura; porém, pela frequência, supõe-se que o tucumã é nativo do Estado do Amazonas, mas também pode ser encontrada nos Estados do Acre, Rondônia e

Pará. Países como Bolívia, Colômbia, Peru e Venezuela também contam a produção expressiva desta oleaginosa.

O fruto de tucumã (Figura 5), para Ferreira et al. (2008), obteve rendimento próximo a 25% de polpa, com teores calóricos e lipídicos elevados.



Figura 5. Representação do fruto de tucumã (PORTAL AMAZÔNIA, 2012).

Para Ferreira e Gentil (2006), mesmo com a assiduidade no Amazonas, os valores de produção do tucumã são baixos devido à dificuldade de germinação de suas sementes que são envoltas por um endocarpo altamente rígido. Para Lorenzi (1996), recomenda-se, assim a remoção do endocarpo, pois compõe cerca de 45% do fruto de tucumã conforme a Tabela 8 (FERREIRA et al., 2008).

Tabela 8 - Caracterização do fruto *in natura* tucumã.

Parâmetros	Médias
Peso do Fruto (g)*	22,01 ± 2,19
Comprimento (mm)*	38,50 ± 2,14
Diâmetro (mm)*	31,23 ± 1,12
Peso do Mesocarpo (g)**	5,68 ± 0,57
Peso do Epicarpo (g)*	6,75 ± 1,00
Peso do Endocarpo (g)*	10,03 ± 1,19
Mesocarpo (%)	25,00 ± 0,57
Epicarpo (%)	29,40 ± 1,00
Endocarpo (%)	45,60 ± 1,19

*e**Médias analisadas de 100 e 30 unidades de fruto, respectivamente. Adaptado de Ferreira et al., 2008.

Alguns autores salientam a produção de tucumã para fins energéticos, dado que, através do endocarpo, é possível a extração de 50% de óleo contendo 90% de ácidos graxos saturados em sua composição (FERREIRA et al., 2008). Outra possível maneira de extração de óleo para a referida cultura é por meio da extração mecânica das amêndoas, porém o teor oleico (36%) é menor comparado com a extração via endocarpo (CASTRO; SILVA; BARRETO, 2006). Os valores das características físico-químicas do óleo de tucumã estão apresentados na Tabela 9 abaixo.

Tabela 9. Características físico-químicas do óleo de polpa de tucumã.

Parâmetros	Unidades	Frutos maduros	Frutos não maduros	Média
Densidade	g cm ⁻³	0,902	0,908	0,903
Viscosidade	mm ² s ⁻¹	77,1	73,5	76,3
Índice de Acidez	mg KOH g ⁻¹	6,35	9,49	7,11
Índice de Iodo	G I ₂ 10 ⁻² g ⁻¹	114,62	110,28	113,84
Índice de peróxido	meq kg ⁻¹	30,31	31,31	30,79
Índice de saponificação	mg KOH g ⁻¹	210,41	213,32	211,38

Zaninet (2009).

2.3.12 Murumuru

A palmeira do murumuru, ou murumuzeiro (*Astrocaryum murumuru* MART), da família Arecaceae, é nativa da região Amazônica (Colômbia, Venezuela, Guianas, Equador, Peru, Bolívia e Brasil) (FERREIRA, 2012). No Brasil, é encontrada no estuário do Rio Amazonas (SILVA, 1996). A referida planta é frequente nas florestas de várzeas e na foz do Rio Amazonas, sendo usual localizar-se entre as primeiras espécies em densidade nos inventários fitossociológicos (QUEIROZ, 2004; ALMEIDA, 2004).

Queiroz et al. (2005) apontaram que, no estuário amazônico, entre os Estados do Amapá e Pará, o murumuru é abundante nas florestas de várzea. Tal planta chega a atingir, nas referidas florestas, até 160 plantas por hectare. Complementando esta informação, Bentes-Gama et al. (2002) também afirmaram que o murumuru apresentou a maior densidade relativa ao estudarem uma floresta de várzea baixa no Pará. De acordo com estes autores, a dispersão destas plantas é aleatória e realizada pelo movimento dos rios e animais terrestres e aquáticos.

Para Pereira et al. (2006) o murumuzeiro é espécie perene não domesticada. Segundo Ferreira (2011) a palmeira do murumuru é palmeira cespitosa, fortemente armada com longos espinhos negros, de pequeno a médio porte. Pode atingir até 15 m de altura, apresenta 8 a 15 folhas pinadas, rígidas, com até 6 m de comprimento, e 38 a 133 pinas lineares em cada lado da raque. As pinas estão regularmente arranjadas e dispostas em um plano. Os frutos maduros são amarelados, oblongos a obovóides, com 3,0 a 8,5 cm de comprimento e 2,0 a 4,5 cm de diâmetro, o epicarpo é espinuloso ou piloso, e o mesocarpo, carnoso e oleoso.

Os frutos do murumuru ficam dispostos nos cachos voltados para a copa da planta, produzindo 4 ou 5 cachos por ano (aproximadamente 300 frutos por cacho de 8,81 kg) (SOUSA et al., 2004; QUEIROZ et al., 2008). De acordo com Bezerra (2008), os frutos não possuem homogeneidade na forma, no tamanho e na coloração (Figura 6). Os frutos maduros são identificados pelo formato oblongo e ovoide, quando cocos possuem formato comprido, redondo e abaulado, com aproximadamente 63,4 mm de comprimento longitudinal e 42 mm de base, resultando em cerca de 35,2 g de massa (QUEIROZ et al., 2008)

Castro, Silva e Barreto (2006) afirmam que não há certeza da produtividade dos frutos; entretanto, o rendimento de óleo na amêndoa é de 40%. O produto extraído das amêndoas é semelhante ao do tucumã, do palmiste e do coco, porém possui maior consistência e melhor qualidade, devido ao ponto de fusão (32,5°C) superior ao do palmito africano (25°C) e do coco (22,7°C). Segundo Pesce (1941), a massa média do caroço do murumuru é de 12 g e contém de 50 a 55% de casca lenhosa e 45 a 50% de amêndoa, e as amêndoas possuem de 40 a 42% de óleo. A coloração da polpa do murumuru pode variar de marrom-clara a amarelo-ouro, sendo o caroço de forma cônica, contendo casca lenhosa de cor cinzenta e amêndoa com forma pouco cônica, constituída de massa branca, dura.



Figura 6. Corte dos frutos de *Astrocaryum murumuru* MART (Murumuru) (QUEIROZ et al., 2008).

Segundo Sousa et al. (2004), cada palmeira de murumuru produz cerca 189 kg de cocos. Pereira et al. (2006), considerando extração mínima de 16,12% de óleo na semente e 4,05% do fruto inteiro, concluíram que cada palmeira de murumuru produz 30,46 L de óleo originados da semente e 7,66 L originados do fruto, totalizando 38,12 L de óleo por ano.

Após a extração, o óleo é manufaturado em “gordura semissólida”, denominada manteiga de murumuru, que devido à concentração de ácidos graxos láuricos (54,60%) pode ser utilizada na indústria de cosméticos para fabricação de sabonetes, cremes, xampus, como secativos, emulsificantes, sabões e tensoativos. A gordura também pode ser utilizada na industrialização da margarina (GONZALEZ, 2008). O óleo do fruto do murumuru é rico em ácidos graxos, sendo predominantes no óleo extraído da polpa o grupo oleico ($\geq 57\%$ ácido oleico) e o óleo da amêndoa o grupo láurico ($\geq 77\%$ ácido láurico) (MAMBRIM; BARRERA-ARELLAANO, 1997).

Tabela 10. Perfil de composição em Ácidos Graxos de Ésteres do óleo de Murumuru.

Ácidos Graxos	Ésteres etílicos	Ésteres metílicos
C-6:0	1,2	--
C-8:0	1,3	1,85
C-10:0	--	1,85
C-12:0	47,8	46,32
C-14:0	29,0	30,66
C-16:0	8,9	8,00
C-18:0	3,1	3,10
C-18:1	--	6,65
C-18:2	--	1,45
C-18:3	6,3	--

Adaptado de Azevedo et al. (2007).

Segundo Nascimento et al. (2007), o óleo extraído do endosperma do murumuru detém potencial de produção em escala industrial para síntese de biodiesel, devido ao grande índice de correlação entre os parâmetros normalmente estudados para tal finalidade. Teixeira et al. (2010) também apontam a satisfatória viabilidade do murumuru como possível matéria-prima a ser usada para produção de biodiesel, podendo trazer vantagens socioeconômicas para a região Amazônica, pois ocorrerá geração de renda para as comunidades locais. A composição do biodiesel de murumuru segue abaixo (Tabela 11).

Tabela 11. Composição do Biodiesel de Óleo de Murumuru.

Ésteres	M (g/gmol)	RF	Biodiesel de Murumuru (%massa)
Laurato de Etila (eC-12:00)	228,38	1,15	48,24
Maristato de Etila (eC-14:00)	256,42	1,18	32,22
Palmitato de Etila (eC-16:00)	284,48	1,21	6,56
Estearato de Etila (eC-18:00)	312,00	1,23	3,07
Oleato de Etila (eC-18:1)	310,00	1,24	7,39
Linoleato de Etila (eC-18:2)	308,00	1,39	2,52

Adaptado de Azevedo et al. (2007).

Para as comunidades da região Amazônica, muitas vezes isoladas de qualquer tecnologia, a utilização do óleo de murumuru como fonte de biocombustível para motores estacionários pode ser alternativa factível, já que a palmeira é nativa, abundante e está dispersa por todo o território amazônico (BEZERRA, 2008). O óleo de murumuru tem como vantagem a qualidade de difícil rancificação, devido à riqueza em ácidos graxos saturados de cadeia curta, como o láurico e o mirístico (LOPES; CORREA; FRANÇA, 2007).

Lopes, Correa e França (2007) analisaram a viabilidade do uso de murumuru como matéria-prima para produção de biodiesel. Estes autores afirmam que óleos ricos em ácidos graxos saturados, principalmente láurico e mirístico, têm boas perspectivas de fornecer alquil ésteres, indicados como aditivos de mistura com diesel ou para serem utilizados como combustível puro. Mas para que isto aconteça, estes óleos devem apresentar características específicas para serem utilizados em máquinas de ignição por compressão e devem atender às normas vigentes.

2.3.13 Babaçu

A palmeira oleífera babaçu é um vegetal nativo do Brasil, mais precisamente das regiões de transição entre florestas da Amazônia e o cerrado (CLEMENT; LLERAS; VAN LEEUWEN, 2005). Possui porte elevado (até 20 m), copa com contorno de taça e tronco cilíndrico (TEIXEIRA, 2002) e é pertencente à família *Palmacea*. A classificação botânica desta palmeira, para Souza Júnior (2003), gera controvérsias, pois alguns autores a classificam como *Orbignia martiniana*, outros a

denominam de *Orbignia speciosa* e, ainda, *Attalea funifera* podendo ser encontrada em alguns trabalhos. Ainda para este autor, a palavra babaçu tem origem tupi e, dependendo da região em que se encontra, pode também ser denominada como óleo de macaco, buassu, bagassu, aguassu e guagassu.

No Brasil, os maiores babaçuais se encontram-se nos Estados do Maranhão, Piauí e Tocantins (Tabela 12), devido à vegetação típica amazônica (ALBIERO et al., 2007).

Tabela 12. Estados produtores de amêndoa de babaçu.

Sete maiores estados produtores	Amêndoa de babaçu (ton)
Norte	424
Amazonas	424
Pará	9
Tocantins	385
Nordeste	102.076
Maranhão	96.160
Piauí	5.268
Ceará	341
Bahia	308
Brasil	102.499

IBGE (2011).

A cadeia produtiva do Babaçu é compreendida em 11 estados, 279 municípios, totalizando aproximadamente 13 a 18 hectares. Os babaçuais cobrem aproximados 196 mil km² no Brasil,

Segundo o IBGE (2013), a cidade de Vargem Grande é a principal produtora de babaçu no Estado do Maranhão, que é o maior responsável pela produção de babaçu nacional (93,9%). Para Barbosa (2008), cerca de 400 mil famílias dependem da extração desta fonte, que geralmente é realizada por mulheres denominadas “quebradeiras”.

Os frutos do babaçu são de formato elipsoidal e têm massa de 90 a 280 g, sendo constituídos pelo endocarpo, mesocarpo, epicarpo e amêndoas (Figura 7).

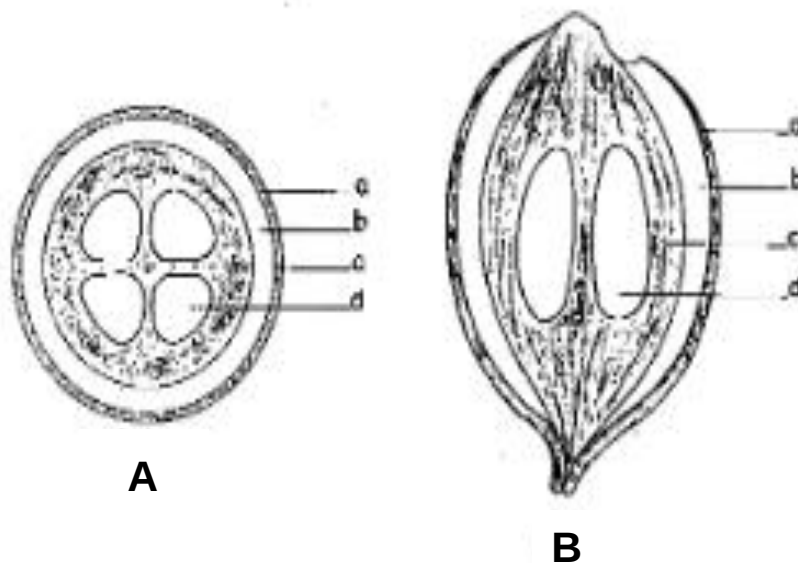


Figura 7. Corte transversal (A) e corte longitudinal do coco babaçu com respectivas partes internas: epicarpo (a), mesocarpo (b), endocarpo (c) e amêndoa (d) (EMMERICH, 1987 *apud* TEIXEIRA, 2002).

Cerca de 60% do coco de babaçu são representado pelo endocarpo, no qual se encontram as amêndoas oleíferas em grandes quantidades (FERREIRA, 2011). As amêndoas correspondem entre 6 e 8% da massa do coco, envoltas de tegumento castanho, e contem de 60 a 68% de óleo, podendo atingir até o limite de 72% sob condições ótimas que favorecem o crescimento da planta (SANTOS, 2008). O óleo de babaçu avaliado por Santos (2008) apresentou 41% de ácido láurico (C12:0) (Tabela 13).

Tabela 13. Ácidos graxos presentes no óleo de babaçu.

Nº C	Ácido	%
C 08:0	Caprílico	6,8
C 10:0	Cáprico	6,3
C 12:0	Láurico	41,0
C 14:0	Mirístico	16,2
C 16:0	Palmítico	9,4
C 18:0	Esteárico	3,4
C 18:1	Oleico	14,2
C 18:2	Linoleico	2,5

Adaptado de Santos (2008).

Para Lima et al. (2007), o teor de ácido graxo láurico no óleo de babaçu foi de 44%, o que possibilita a produção de biodiesel com características físico-químicas excelentes, pois estes ésteres apresentam cadeias curtas que melhor interagem com o catalisador na reação de transesterificação.

O biodiesel de babaçu possui boa estabilidade à oxidação, devido à grande quantidade de ésteres saturados no óleo vegetal, como o miristato, palmitato e, principalmente, o laureato (SANTOS, 2008), e outras características físico-químicas (Tabela 14) que o tornam altamente recomendável para utilização em motores de ciclo diesel, pois atendem às exigência da ANP. Para Nascimento (2004), o babaçu é destaque entre as principais fontes energéticas renováveis, uma vez que o mesocorpo pode ser utilizado na produção de álcool, o endocarpo para produção de carvão e as amêndoas para produção de óleo vegetal utilizado em motores.

Tabela 14. Características físico-químicas do biodiesel metílico de babaçu.

Características	Biodiesel de Babaçu
Poder calorífico (Kcal/kg)	9440
Ponto de névoa (°C)	-6
Índice de cetano	65
Densidade a 20°C (g/cm³)	0,8865
Viscosidade a 37,8°C (cSt)	3,9
Inflamabilidade (°C)	nd
Ponto de fluidez (°C)	nd
Teor de cinzas (%)	0,03
Teor de enxofre (%)	nd

Adaptado de Costa Neto et al. (2000).

A cultura do babaçu pode ser considerada como fonte de biomassa sustentável para a produção de biodiesel renovável, tendo em vista a quantidade de óleo presente nas amêndoas e, conseqüentemente, os rendimentos expressivos de biodiesel cujas propriedades físico químicas se encontram dentro dos limites estipulados pela legislação vigente (NASCIMENTO et al., 2009).

2.4 Conclusões

O Brasil dispõe de várias fontes potenciais para produção de biodiesel e, por isso, diferencia-se de outros países.

A soja, no Brasil, é a principal-matéria prima para produção de biodiesel, enquanto para a produção europeia o primeiro o primeiro lugar é ocupado pela canola.

No Estado de São Paulo, o sebo bovino é a principal fonte para produção de biodiesel, assim como o cultivo do amendoim é apontado como destaque.

O babaçu representa importante fonte de óleo para produção de biodiesel, destacando-se as características socioeconômicas para as regiões Norte e Nordeste.

2.5 Referências

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Superintendência de Refino, Processamento de Gás Natural e Produção de Biocombustíveis. Boletim Mensal do Biodiesel.** 2014. Disponível em: < www.anp.gov.br>. Acesso em: 14 jan. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE – ABIEC. **Pecuária Brasileira.** 2011. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/download/stat_mercadomundial.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS – ABIOVE. **Arquivos com estatísticas do biodiesel. Biodiesel: matérias-primas para produção.** 2014. Disponível em: < <http://www.abiove.org.br/site/index.php?page=estatistica&area=NC0yLTE=>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA. **A avicultura Brasileira. História da Avicultura no Brasil.** 2015. Disponível em: <http://www.ubabef.com.br/a_avicultura_brasileira/historia_da_avicultura_no_brasil>. Acesso em: 04 mar. 2015.

ALBIERO, D.; MACIEL, A. J. da; LOPES, A. C.; MELLO, C. A.; GAMERO, C. A. Proposta de uma máquina para colheita mecanizada de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) para a agricultura familiar. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 3, p. 337-346, 2007.

ALMEIDA, S. S. de; AMARAL, D. D. do; SILVA, A. S. L. da. Análise florística e estrutura de floresta de várzea no estuário amazônico. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 34, n. 4, p. 513-524. 2004.

ANUALPEC – Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: AgraFNP, 2010. 360 p.

ALVES, J. M. A.; de ANDRADE SOUSA, A., SILVA, S. R. G. da; LOPES, G. N.; SMIDERLE, O. J.; UCHÔA, S. C. P. Pinhão-Manso: Uma alternativa para produção de biodiesel na agricultura familiar da amazônia brasileira. **Revista AGRO@MBIENTE ON-LINE**, Boa Vista, v. 2, n. 1, p. 57-68, 2010.

AZEVEDO, F. F. M.; FRANÇA, L. F.; MACHADO, N. T.; MACHADO, N.; CORRÊA, N. C. F.; AZEVEDO, F. F. M.; FRANÇA, L. F.; ARAÚJO, M. E.; CORREA, N. C. F.; MACHADO, N. T. Perfil de composição do biodiesel obtido dos óleos de dendê e murumuru. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 2., 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: RBTB, 2007. 1 CD-ROM.

BACKES, R. L.; SOUZA, A. M.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; GALLOTI, G. J. M.; BAVARESCO, A. Desempenho de cultivares de girassol em duas épocas de plantio de safrinha no planalto norte catarinense. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 41-48, 2008.

BARBOSA, V. O. de. Histórias de trabalhadores rurais no Maranhão: Gênero, Identidades e Mobilização. In: ENCONTRO REGIONAL DE HISTÓRIA, 19., 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANPUH/SP, 2008. 1 CD-ROM.

BARBOSA, R. M.; HOMEM, B. F. M.; TARSITANO, M. A. A. Custo de produção e lucratividade da cultura do amendoim no município de Jaboticabal, São Paulo. **Revista Ceres**, Vicosa, v. 61, n. 4, p. 475-481, 2014.

BICALHO, F. S. **Propriedades físicas do poliestireno e poli (metacrilato demetila) modificados com óleo de butiri (*Mauritia flexuosa*)**. 2006. 121 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

BIODIESELBR. **Descrição Botânica da Mamona. Aspectos Botânicos da Mamona**. 2015. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/plantas/mamona/descricao-botanica-mamona.htm>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

BIÓLEO. **Programa Bióleo. Descarte Inadequado**. Disponível em: <<http://bioleo.org.br/programa-bioleo/descarte-inadequado>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

BENTES-GAMA, M. de M.; SCOLFORO J. R. S.; GAMA, J. R. V. Potencial produtivo de madeira e palmito de uma floresta secundária de várzea baixa no estuário amazônico. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 311-319, 2002.

BEZERRA, V. S. Aspectos do estado da arte, da produção e pesquisa com a palmeira murumuru (*Astrocaryum murumuru* Mart.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 5., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. 1 CD-ROM.

BOLONHEZI, D.; MUTTON, M. A.; MARTINS, A. L. M. Sistemas conservacionistas de manejo do solo para amendoim cultivado em sucessão à cana crua. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 939-947, 2007.

CADORIN, A. M. R.; SOUZA, V. Q. de; MANFRON, P. A.; CARON, B. O. C.; MEDEIROS, S. L. P. Características de plantas de girassol, em função da época de semeadura, na Região Noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 10, p. 1.738-1.743, 2012.

CAMARGO R.; MALDONADO, A. C. D.; SILVA, P. A.; COSTA, T. R. Biossólido como substrato na produção de mudas de pinhão-mansão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 12, p. 1.304-1.310, 2010.

CASTIGLIONI, V., B., R.; BALLA, A.; CASTRO, C.; SILVEIRA, J. M. **Fases de desenvolvimento da planta de girassol**. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 1994. 24 p.

CASTRO, C. de; CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; LEITE, R. M. V. B. C.; KARAM, D.; MELLO, H. C.; GUEDES, L. C. A.; FARIA, J. R. B. **A cultura do girassol**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1996. 38 p.

CASTRO, J. C.; SILVA, L. P.; BARRETO, A. C. Produção sustentável de biodiesel a partir de oleaginosas amazônicas em comunidades isoladas. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1., 2006, Brasília. **Anais...** Brasília, 2006. p. 285-289.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônica**. 5. ed. Belém: Edições CEJUP/Museu Paraense Emílio Goeldi, 1991. 279 p.

CENTENARO, G. S.; FURLAN, V. J. M.; SOUZA-SOARES, L. A. de. Gordura de frango: alternativas tecnológicas e nutricionais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 619-630, 2008.

CENTRO DE INTELIGÊNCIA DA SOJA – CI SOJA. **Sobre a Soja. Aspectos Botânicos**. 2015. Disponível em: < http://www.cisoja.com.br/index.php?p=aspectos_botanicos>. Acesso em: 14 jan. 2015.

CHAVARRIA, G.; TOMM, G. O.; MULLER A.; MENDONÇA, H. F.; MELLO, N.; BETTO, M. S. Leaf area index of canola under varying row spacing and plant density of sowing. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 12, p. 2.084-2.089, 2011.

CLEMENT, C. R.; LLERAS, E.; VAN LEEUWEN, J. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociencia**, Chapingo, v. 9, n. 1-2, p. 67-71, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO – CONAB. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **A Dendeicultura da Bahia**. 2006. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/conabweb/download/sureg/BA/dendeicultura_na_bahia.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2015.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO – CONAB. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Conjuntura mensal da Canola**. 2010. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Oleaginosas_e_biodiesel/10_reuniao/Apresentacao.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2015.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO – CONAB. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Conjuntura mensal da Canola**. 2014. Disponível em: <<file:///C:/Users/Luis/Downloads/CANOLA.pdf>>. Acesso em: 06 fev. 2015.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO – CONAB. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Conjuntura mensal da mamona**. 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_04_11_17_30_40_mamonamarco2014.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2015.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO – CONAB. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2014/15**. 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_01_09_09_00_21_boletim_graos_janeiro_2015.pdf>. Acesso em: 30 de jan. 2015.

CORREIA, I. M. S.; ARAÚJO, G. S.; PAULO, J. B. A.; SOUSA, E. M. B. D. de. Avaliação das potencialidades e características físico-químicas do óleo de Girassol (*Helianthus annuus* L.) e Coco (*Cocos nucifera* L.) produzidos no Nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, Itabaiana, v. 10, n. 3, p. 01- 07, 2014.

COSTA, T. V. A. M. **Integração regional e seus efeitos sobre as exportações brasileiras de carne avícola**. 1999. 131 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 1999.

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

CYMERYYS M.; FERNANDES, N. M. P.; RIGAMONTE-AZEVEDO, C. Buriti *Mauritia flexuosa* L.f. **Frutíferas e plantas uteis na vida amazônica**. Belém: CIFOR, Imazon, 2005. 300 p.

DABDOUB, M. J.; BRONZEL, J. L.; RAMPIM, M. A. Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 776-792, 2009.

DEMBOGURSKI, N. M. S. S. **Determinação do preço da soja para trituração e obtenção do óleo com base na qualidade do grão**. 2003. 86 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2003.

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL – DERAL. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Pecuária de Corte. Levantamento de Março de 2014**. 2014. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/pecuaria_corte_13_14.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2015.

DIVAKARA, B. N.; UPADHYAYA, H. D.; WANI, S. P.; C.L. LAXMIPATHI GOWDA, C. L. Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: a review. **Applied Energy**, Oxford, v. 87, n. 3, p. 732-742, 2010.

DRUMOND, M. A.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R.; MARTINS, J. C.; ANJOS, J. B.; EVANGELISTA, M. R. V. Desempenho agrônômico de genótipos de pinhão manso no Semiárido pernambucano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 1, p. 44-47, 2010.

DURAES, J. A.; DRUMMOND, A. L.; PIMENTEL, T. A. P. F.; MURTA, M. M.; BICALHO, F.S.; MOREIRA, S. G. C.; SALES, M. J. A. Absorption and photoluminescence of Buriti oil/polystyrene and Buriti oil/poly(methyl methacrylate) blends. **European Polymer Journal**, Oxford, v. 42, n. 12, p. 3.324-3.332, 2006.

DURÃES, F. O. M.; LAVIOLA, B. G.; SUNDFELD, E.; MENDONÇA, S.; BHERING, L. L. **Pesquisa, desenvolvimento e inovação: focando pinhão-manso para como matéria prima para produção de biodiesel**. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2009. 27 p.

ECÓLEO. Associação Brasileira para Sensibilização, Coleta e Descarte de Resíduos de Óleo Comestível. **Reciclagem do óleo**. 2015. Disponível em:<<http://www.ecoleo.org.br/reciclagem.html>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **A cultura do dendê**. Brasília: Embrapa, Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental, 1995. 68 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Buriti (*Mauritia flexu* L.)**. 2010. Disponível em: < http://www.cpafo.embrapa.br/media/arquivos/publicacoes/folder_buriti.pdf>. Acesso em: 30 jan.2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Cultura da Soja. História**. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/historia>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Embrapa trigo. Boletim de Pesquisa e desenvolvimento online**. Disponível em < http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp77_3.htm/>. Acesso em: 30 jan. 2015.

EMMERICH, F. G. **Model to granulate, percolation-resistivity, RSE and module of elasticity of carbon materials: Application to the endocarp of babaçu termically treated up to 3200 °C**. 1987. 181 f. (Tese de Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1987.

ESTEVEZ, R. L.; DUARTE, J. B.; CHAMBO, A. P. S.; CRUZ, M. I. F. da. A cultura da canola (*Brassica napus* var. oleifera). **Scientia Agraria Paranaensis**, Cascavel, v. 13, n. 1, p. 1-9, 2014.

EVANGELISTA, ADÃO W. P.; MELO, P. C. de; OLIVEIRA, E. L. DE FARIA, M. A. Produtividade e rendimento de sementes de pinhão-manso submetido à irrigação e adubação com OMM-Tech. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 315-323, 2011

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja: taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.

FERREIRA, S. A. N.; GENTIL, D. F. O. Extração, embebição e germinação de sementes de tucumã *Astrocaryum aculeatum*. **Revista Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 2, p. 141-146, 2006.

FERREIRA, E. S.; LUCIEN, V.; AMARAL, A. S.; SILVEIRA, C. S. Caracterização Físico-Química do fruto e do óleo extraído de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 4, p. 427-433, 2008.

FERREIRA, E. J. L. Caracterização Anatômica das Pinas Foliares de *Astrocaryum murumuru* Mart. (ARECACEAE). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIENCIA. 63., 2011, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBPC, 2011. 1 CD-ROM.

FERREIRA, E. J. L. F. **Manual das palmeiras do Acre, Brasil**. Disponível em: <http://www.nybg.org/bsci/acre/www1/manual_palmeiras.html>. Acesso em: 10 fev. 2012.

IORESE, D. A.; GOMES, L. F. S.; SOUZA, S. N. M. de.; DALLMEYER, A. U.; ROMANO, L. N. Metodologia experimental para avaliação de custos de produção e utilização de biodiesel: estudo de caso de quatro ésteres metílicos e óleo diesel comercial. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 11, p. 1.921-1.926, 2011.

GONZALEZ, W. A. **Biodiesel e óleo vegetal in natura**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008. 26 p.

GUERRA, E. P.; FUCHS, W. Biocombustível renovável: uso de óleo vegetal em motores. **Revista Acadêmica: Ciência Agrária Ambiental**, São José dos Pinhais, v. 8, n. 1, p. 103-112, 2010.

GUNSTONE, F. D. Supplies of vegetable oils for non-food purposes. **European journal of lipid science and technology**, Weinheim, v. 113, n. 1, p. 3-7, 2011.

IAMAGUTI, P. S. **Biodiesel de buriti em trator: desempenho em função do tipo de diesel e da proporção de mistura na operação de preparo do solo**. 2014. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção da extração vegetal silvicultura**. 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2011/default.shtm>>. Acesso em: 15 fev. 2012

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Notícia PEVS 2013: silvicultura e extrativismo produzem R\$ 18,4 bilhões**. 2013. Disponível em: <<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2533>>. Acesso em: 31 jan. 2015.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 11 ed. São Paulo: Nacional, 1993. 777 p.

LAVIOLA, B. G., OLIVEIRA, A. M. C., BHERING, L. L., ALVES, A. A., ROCHA, R. B., GOMES, B. E. L., CRUZ, C. D. Estimates of repeatability coefficients and selection gains in *Jatropha* indicate that higher cumulative genetic gains can be obtained by relaxing the degree of certainty in predicting the best families. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 51, p. 70-76, 2013.

LÉLIS, M. M.; HAMAWAKI, O. T.; TAVARES, M.; AQUINO, L. A. de. Teor de óleo para genótipos de soja em três épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 602-609, 2010.

LLERAS, E.; CORADIN, L. Native neotropical oil palms: State of the art and perspectives for Latin America. In: BALICK, M. J. (Ed.). **The palm - tree of life: biology, utilization and conservation. Advances in Economic Botany**. New York: Botanical Garden, 1988. p. 201-213

LIMA, J. R. O.; SILVA, R. B. da.; SILVA, C. C. M. da.; SANTOS, L. S. S. dos; SANTOS JR, J. R. dos; MOURA, E. M.; MOURA, C. V. R. de. Biodiesel de Babaçu (*Orbignya* sp.) obtido por via etanólica. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 600-603, 2007.

LIMA, R. L.; SEVERINO, L. S.; PEREIRA, W. E.; LUCENA, A. M. A.; GHEYI, H. R.; ARRIEL, N. H. C. Comprimento das estacas e parte do ramo para formação de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n. 11, p. 1234-1239, 2010.

LIMA, R. L.; SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; SOFIATTI, V.; SAMPAIO, L. R.; BELTRÃO, N. E. DE M. Casca de mamona associada a quatro fontes de matéria orgânica para a produção de mudas de pinhão-manso. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 2, p. 232-237, 2011.

LOPES, J. P. N.; CORREA, N. C. F.; FRANÇA, L. F. Transesterificação do óleo de murumuru (*Astrocaryum murumuru*) para a produção de biodiesel. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT/ABIPTI, 2007. 1 CD-ROM.

LORENZI, H. **Palmeiras no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Plantarum, 1996, 303 p.

MAMBRIM, M. C. T.; BARRERA-ARELLANO, D. Caracterización de aceites de frutos de palmeras de la región amazónica del Brasil. **Grasas y Aceites**, Sevilha, v. 48, n. 3, p. 154-158, 1997.

MANDARINO, J. M. G. Óleo de girassol como alimento funcional. In: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGUENTI, A. M.; CASTRO, C. de. **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA- CNPSo, 2005, p. 43-49.

MARTINS, R. **Amendoim: perspectivas para a safra paulista 2010/11**. 2010. Instituto de Economia Agrícola. Disponível em: <<http://www.iesa.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=12006>>. Acesso em: 31 jan. 2015.

MARTINS, R.; NACHILUK, K.; BUENO, C. R. F.; FREITAS, S. M. de. O Biodiesel e o sebo bovino no Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 41, n. 5, p. 56-70, 2011.

MAZIERO, J. V. G.; CORRÊA, I. M.; TRIELLI, M. A.; BERNARDI, J. A.; D'AGOSTINI, M. Avaliação do Desempenho de um motor de ignição por compressão utilizando óleo diesel e éster etílico de óleo de girassol como combustível. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL. 1., 2004, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2004. 1 CD-ROM.

MELLO, R. ET AL. NÖRNBERG, J. L.; RESTLE, J. NEUMANN, M.; QUEIROZ, A. C.; COSTA, P. B.; MAGALHÃES, A. L. R.; DAVID, D. B. Características fenológicas, produtivas e qualitativas de girassol em diferentes épocas de semeadura para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 672-682, 2006.

MILAZZO, M. F.; SPINA, F.; PRIMERANO, BART, J. C. J. Soy biodiesel pathways: Global prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 26, p. 579-624, 2013.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. 2015. **Culturas Soja**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

MORAES, M. S. A. Biodiesel de Sebo: **Avaliação de propriedades e testes de consumo em motor a diesel. Dissertação de Mestrado.** 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2008.

MOREIRA, A. L. V. **Produção de biodiesel a partir de gordura de frango.** 2009. 61 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Química) - Universidade do Porto, Porto, 2009.

MÜLLER, A. A.; ALVES R. M. **A dendeicultura na Amazônia Brasileira.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1997. 44 p.

MURIANA, H. B.; MARI, A. G.; NARDI, R.; ECCO, F. H.; DIERINGS, L. dos S.; SEGALA, A. Exigências agroclimáticas das culturas energéticas no Brasil. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Campinas, v. 2, n. 4, p. 60-72, 2013.

NASCIMENTO, J. F.; FERREIRA, E. J. L.; CARVALHO, A. L.; REGIANI, M. A. Potencial da palmeira murumuru nativa do Acre. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 90-92, 2007.

NASCIMENTO, U. S. **Carvão de babaçu como fonte térmica para sistema de refrigeração por absorção no estado do Maranhão.** 2004. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

NASCIMENTO, U. M.; VASCONCELOS, A. C. S.; AZEVEDO, E. B.; SILVA, F. C. Otimização da produção de biodiesel a partir de óleo de coco babaçu com aquecimento por microondas. **Eclética Química**, Araraquara, v. 34, n. 4, p. 37-48, 2009.

NIMET, G; SILVA, E. A.; PALÚ, F.; DARIVA, C.; FREITAS, L. S.; MEDINA NETO, A.; CARDOZO FLIHO, L. Extraction of sunflower (*Helianthus annuus* L.) oil with supercritical CO₂ and subcritical propane: Experimental and modeling. **Chemical Engineering Journal**, Amsterdam, v. 168, p. 262-268, 2011.

NÓBREGA, J. A. da; AZEVEDO, C. A. V. de; DANTAS NETO, J.; NASCIMENTO, J. J. V. R. do; GOUVEIA NETO, G. da C. Efeito de tipos de adubação e lâminas de água salina em folhas de pinhão-mansão em condições de campo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Belém, v. 5, n. 1, p. 63-67, 2011.

NUNES, E. C. B. **Propriedades ópticas de óleos derivados do fruto da palma**. 2005. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Física) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.

NUNES, C. F.; SANTOS, D. N. dos; PASQUAL, M.; VALENTE, T. C. T. Morfologia externa de frutos, sementes e plântulas de pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 2, p. 207-210, 2009.

NUNES, J. L.; ALVES, T. W. Produção de Biodiesel de Dendê nos sistemas isolados do Amazonas: um meio para geração de desenvolvimento sócio-econômico para o Estado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA & I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 4., 2010, João Pessoa. **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2010, p. 173- 177.

OLIVEIRA, G. P. de; ARAÚJO, D. V. de; ALBUQUERQUE, M. C. F.; ZAMBENEDETTI, E.; MAINARDI, J. T. Avaliação física, fisiológica e sanitária de sementes de soja de duas regiões de Mato Grosso. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 16, p. 106-114, 2012.

PARENTE, E. J. S. Biodiesel: Uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza: Unigráfica, 2003. 66 p.

PAULILLO, L. F.; MELLO, F. O. T.; VIAN, C. E. F. Análise da competitividade das cadeias de agroenergia no Brasil. In: BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. (Coord.). **Análise da competitividade das cadeias agroindustriais brasileiras**. São Carlos: DEP-UFSCAR/IE-UNICAMP, 2006. 119 p.

PEREIRA, J. E. S.; MACIEL, T. M. S.; COSTA, F. H. S.; PEREIRA, M. A. A. Germinação in vitro de embriões zigóticos de murmuru (*Astrocaryum ulei*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 251-256, 2006

PEREIRA, S. S. C.; BEZERRA, V. S.; FERREIRA, L. A. M.; LUCIEN, V. G.; CARIM, M. de J. V.; GUEDES, M. C. Avaliações físico-químicas do fruto do Murumuruzeiro [i.e. murumuruzeiro] (*Astrocaryum murumuru* Mart.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 3., 2006, Varginha. **Anais...** Varginha: UFLA, 2006. p. 576-580.

PESCE, C. **Oleaginosas da Amazônia**. Belém: Editora Revista da Veterinária, 1941. 334 p.

PIGHINELLI, A. L. M. T.; PARK, K. J.; RAUEN, A. M.; BEVILAQUA, G.; GUILLAUMON FILHO, J. A. Otimização da prensagem a frio de grãos de amendoim em prensa contínua tipo expele. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 28, p. 66-71, 2008.

PORTAL AMAZÔNIA. **Pesquisadores estudam potencial do tucumã no AM**. 2012. Disponível em: <<http://www.portalamazonia.com.br/editoria/atualidades/ciencia-estuda-potencial-do-tucuma-no-amazonas/>>. Acesso em: 09 mar. 2015.

PORTAL DIA DE CAMPO. **Evento destaca tecnologias para o crescimento da canola na América Latina**. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=30519&secao=Agrotemas/>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

PORTELA, F. M. **Efeito da catálise ácida e alcalina na produção e propriedades físico-químicas do biodiesel metílico de pinhão-manso**. 2011. 76 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

QUEIROZ, J. A. L. de. **Fitossociologia e distribuição diamétrica em floresta de várzea do estuário do rio Amazonas no Estado do Amapá**. 2004. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

QUEIROZ, J. A. L. de; MOCHIUTTI, S.; MACHADO, S. do A.; GALVÃO, F. Composição florística e estrutura de floresta em várzea alta estuarina amazônica. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 1, p. 41-55, 2005.

QUEIROZ, J. A. L. de; BEZERRA, V. S.; MOCHIUTTI, S. A palmeira murumuru (*Astrocaryum murumuru* Mart.) no estuário do rio Amazonas no Estado do Amapá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 5., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. 1 CD-ROM.

REZENDE, P. M. de; CARVALHO, E. A. Avaliação de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para o sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1616-1623, 2007.

RODRIGUES, O. B.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; BERTAGNOLLI, P. F.; LUZ, J. S. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 431-437, 2001.

ROSADO, T. B.; LAVIOLA, B. G.; FARIA, D. A.; PAPPAS, M. R.; BHERING, L. L.; QUIRINO, B.; GRATTAPAGLIA, D. Molecular markers reveal limited genetic diversity in a large germplasm collection of the biofuel crop L. in Brazil. **Crop Science**, Madison, v. 50, n. 6, p. 2.372-2.382, 2010.

SANTOS, N. A. **Propriedades Termo-oxidativas e de fluxo do biodiesel de babaçu (*Orbignya phalerata*)**. 2008. 129 f. (Mestrado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

SANTOS, F. C. dos; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; FOLONI, J. M.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R de; KER, J. C. Produtividade e aspectos nutricionais de plantas de soja cultivadas em solos de cerrado com diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 2.015-2.025, 2008.

SANTOS, R. C. dos; FREIRE, R. M. M.; LIMA, L. M.; ZAGONEL, G. F.; COSTA, B. J. Produtividade de grãos e óleo de genótipos de amendoim para o mercado oleoquímico. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 72-77, 2012.

SANTOS, F. F. P. dos; ALMEIDA, F. D. L.; MOTA, F. de. A. da. S. M.; RIOS, M. A. de. S.; LIMA, A. A. da. S. Análise de Superfície de Resposta dos Blends do óleo de Mamona e Babaçu. **Revista GEINTEC**, São Cristóvão, v. 4, n. 3, p. 1.139-1.149, 2014.

SANTOS, E. D.; FURLANETTO, E. L. Inovação Sustentável do Biodiesel de Mamona: Uma análise da percepção da Embrapa/ CG e dos Cooperados da COOPAIB. **Revista Eletrônica Polêm!ca**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 1.081-1.093, 2014.

SAMORA, R. **REEDIÇÃO – Colheita de soja segue atrasada em Mato Grosso e afeta plantio de milho**. 2015. Disponível em: < <http://br.reuters.com/article/businessNews/idBRKBN0LH1NK20150213?pageNumber=2&virtualBrandChannel=0&sp=true> >. Acesso em: 10 mar. 2015.

SARIN, A.; ARORA, R.; SINGH, N. P.; SHARMA, M.; MALHOTRA, R. K. Influence of metal contaminants on oxidation stability of Jatropha biodiesel. **Energy**, Rondebosch v. 34, n. 9, p. 1.271-1.275, 2009.

SARMENTO, R. A.; RODRIGUES, D. M.; FARAJI, F.; ERASMO, E. A.; LEMOS, F.; TEODORO, A. V.; KIKUCHI, W. T.; SANTOS, G. R. dos; PALLINI, A. Suitability of the predatory mites *Iphiseiodes zuluagai* and *Euseius concordis* in controlling *Polyphagotarsonemus latus* and *Tetranychus bastosi* on *Jatropha curcas* plants in Brazil. **Experimental & Applied Acarology**, Dordrecht, v. 53, n. 3, p. 203-214, 2011.

SAVY FILHO, A. Mamona tecnologia agrícola. Campinas: EMOPI, 2005. 105 p.

SBARDELOTTO, A.; LEANDRO, G. V. Escolha de cultivares de soja com base na composição química dos grãos como perspectiva para maximização dos lucros nas indústrias processadoras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 614-619, 2008.

SILVA, S. P. **Frutas no Brasil**. São Paulo: Empresa das Artes, 1996. 233 p.

SILVA, B. B.; MENDES, F. B. G.; KAGEYAMA, P. Y. **Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental da Agricultura Familiar pelo Conhecimento Agroecológico**. Disponível em: <<http://www.lcb.esalq.usp.br/extension/DESAAFCA/mamona.pdf>>. Acesso em: 07 de jul. 2013.

SPINELLI, V. M.; ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R.; MARCOLAN, A. L.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; FERNANDES, DE C. F.; MILITÃO, J. S. L. T.; DIAS, L. A. S. Componentes primários e secundários do rendimento de óleo de pinhão-mansão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 8, p. 1.752-1.758, 2010.

SOUSA, J. A. de; RAPOSO, A.; SOUSA, M. M. M.; MIRANDA, E.M. de; SILVA, J.M.M. da; MAGALHÃES, V.B. **Manejo de murmuru (*Astrocaryum* spp.) para produção de frutos**. Rio Branco: Secretaria de Extrativismo e Produção Familiar, 2004. 30 p.

SOUZA JR.; F. A. **Substituição parcial do farelo de soja e milho por farelo de babaçu na terminação de ovinos**. 2003. 58 f. . Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2003.

TEIXEIRA, M. A. **Biomassa de babaçu no Brasil**. Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/energia/agre2002/pdf/0081.pdf>>. Acesso em: 07 de jul. 2013.

TEIXEIRA, L. C. G.; FRANÇA, L. F.; SOUZA, A. R.; CORREA, N. C. F.; SOUZA, M. M. V. M. Investigação da viabilidade da oleaginosa Murumuru (*Astrocaryum Murumuru*) para produção de biodiesel através da avaliação do uso de catálise heterogênea básica. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 4., 2010, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2010. p. 923-924.

TOMINAGA, N.; KAKIDA, J.; YASUDA, E. K.; SOUZA, L. A. S.; RESENDE, P. L.; SILVA, N.D. **Cultivo de pinhão-mansão para a produção de biodiesel**. Viçosa: CPT, 2007. 220 p.

UNIÃO BRASILEIRA DE AGRICULTURA – UBAEF. **Relatório anual de 2014**. 2014. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/8ca705e70f0cb110ae3aed67d29c8842.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2015.

ZANINETI, R. A. **Caracterização do óleo de frutos de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) para produção de biodiesel**. 2009. 47 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2009.

CAPÍTULO 3 – Ensaio de opacidade do trator agrícola com biodiesel de babaçu e diesel em seis diferentes horários do dia

RESUMO – Desde os anos 90 até os dias de hoje, grandes esforços têm sido feitos a fim de reduzir a utilização de combustíveis derivados de petróleo para geração de energia e transporte a nível mundial. Dentre recentes alternativas propostas, o biodiesel tem chamado a atenção para uso em motores de ciclo diesel, apresentando-se como uma das soluções, em diversos países, especialmente no que tange à diminuição de emissões de poluentes. O presente trabalho objetivou avaliar a opacidade da fumaça no trator agrícola funcionando com diesel B S1800 (B0) e biodiesel de babaçu (B50 e B100), em seis horários do dia (6 h; 10 h; 14 h; 18 h; 22 h e 02 h). O experimento foi desenvolvido no Departamento de Engenharia Rural, da UNESP, Câmpus de Jaboticabal-SP. Conclui-se que a opacidade da fumaça fora influenciada pelos fatores climáticos, diminuindo nos horários de menor temperatura ambiente e maior umidade relativa do ar. Notou-se, também, que a opacidade da fumaça mostrou-se menor ao acrescentar proporções de biodiesel etílico de babaçu à mistura com diesel B S1800, tornando-se assim um método eficiente para redução da opacidade da fumaça em motores de ciclo diesel.

Palavras-chave: biocombustíveis, emissões de escape, *Orbignya* sp.

3.1 Introdução

Segundo Braga et al. (2005), a poluição, nas suas mais variadas formas, pode ser definida como alteração das características físicas, químicas e biológicas da atmosfera. Pode-se afirmar que o ar se encontra poluído quando substâncias ou energias estão presentes em elevadas concentrações na atmosfera (TEIXEIRA et al., 2010).

Para a CETESB (2013), pode-se considerar poluente qualquer substância presente no ar, que, dependendo da concentração, possa torná-lo ofensivo à saúde e é neste ensejo que o Material Particulado (MP) está inserido. Partículas finas de material particulado podem chegar à região bronquíolo-alveolar, causando dificuldades respiratórias e cardíacas (USEPA, 2011). Sua composição básica média é de 70% de massa de carbono, 20% de oxigênio, 3% de enxofre, 1,5% de hidrogênio, menos que 1% de nitrogênio e, aproximadamente, 1% de elemento traços (NEEFT; MAKKEE; MOULIJN, 1996).

No que diz respeito à poluição global, o material particulado afeta diretamente o clima do planeta através da dispersão e da absorção da radiação solar (KUMAR et al., 2010). Guarieiro, Vasconcellos e Solci (2011) ressaltam que partículas derivadas de emissões veiculares de tamanhos diversos podem atuar como centro de condensação de nuvens, podendo alterar a nitidez atmosférica, em termos de visibilidade. Estas partículas podem ser originárias da combustão incompleta, ou seja, quando o combustível injetado no cilindro não encontra a quantidade necessária de ar para queima.

Quanto mais escura a cor da fumaça, maior será a concentração de carbono resultante do processo de combustão (TECNOMOTOR, 2014). Em consequência, haverá teores altos de material particulado, que é indicado por meio da opacidade da fumaça, sendo este um dos fatores que devem ser aferidos em sistemas produtivos que utilizam máquinas (GONÇALVES et al., 2013). Diminuição da cor escura e consequente redução da emissão de material particulado são expressivas e favorecem o uso do biodiesel (TABILE et al., 2009; BORGES et al., 2011). Delalibera (2012) garante que diferentes óleos vegetais acrescidos a blends com

petrodiesel acarretam distintas emissões quando se trata de emissão de M.P nos gases de escapamento.

Os veículos, de maneira análoga, emitem partículas poluentes de tamanhos diversos, obtidas por meio da combustão incompleta, ou seja, quando o combustível injetado no cilindro não encontra a quantidade necessária de ar para sua queima (GUARIEIRO; VASCONCELLOS; SOLCI, 2011).

A crescente demanda energética mundial e o efeito das mudanças climáticas, associadas à liberação de gases a partir da queima de combustíveis fósseis, são fatores que fomentam a utilização do biodiesel (LÔBO; FERREIRA; CRUZ, 2009; LIMA et al., 2012). Quando comparado aos combustíveis derivados do petróleo, o biodiesel se expõe potencialmente livre de enxofre, presente no diesel para lhe conferir lubricidade (CAMARA, 2009). Souza (2010) afirma que a lubricidade pode aumentar em 65% quando é adicionado ao diesel comercial 1% de biodiesel. A emissão de enxofre pode se apresentar-se quase nula quando concentrações de biodiesel no diesel forem maiores que 65%, (B>65) (REIS et al., 2013).

Lôbo, Ferreira e Cruz (2009) afirmam que decrescidos valores de opacidade podem ser evidenciados uma vez que o biodiesel apresenta estrutura molecular mais simples e menor viscosidade, garantindo queima mais eficiente e, conseqüentemente, menor deposição de resíduos na parte interna do motor.

Considerando as inúmeras opções de óleo vegetal para a produção de biodiesel, é de fundamental importância que suas características físico-químicas sejam consideradas a fim de que se possibilite a avaliação dos efeitos nas emissões de gases, desempenho do motor e consumo específico (MAZIERO et al., 2004). Neste pressuposto, o comportamento registrado pelo biodiesel de babaçu (B100), ao emitir maior opacidade em horário diferente ao registrado para os demais tipos de combustível, pode, também, estar relacionado às propriedades físico-químicas deste combustível (DABDOUB; BRONZEL; RAMPIN, 2009).

Com peculiaridades e elegância, e capacidade de atingir até 20 m de altura, a palmeira oleífera babaçu (*Orbignya* sp.) é altamente indicada para produção de biodiesel, já que possui, em média, 44% de ácido láurico facilitador do processo de transesterificação, permitindo que seja obtido um produto de características físico-químicas excelentes. O Nordeste brasileiro destaca-se na produção contando

com aproximados 12 milhões de ha plantados e extração mensal de 140.000 toneladas de amêndoas no Maranhão (LIMA et al., 2007)

Para averiguação de opacidade da fumaça, o horário de execução do ensaio deve ser considerado (LIOTTI et al., 2010). Lopes et al. (2009), ao observarem o comportamento do diesel (B0) em relação à opacidade da fumaça, concluíram que o fator horário foi significativo, pois a temperatura ambiente menor e a maior umidade relativa contribuem para melhorar a combustão no motor. O opacímetro é o aparelho que determina a opacidade da fumaça proveniente da combustão do motor, por meio de uma sonda e um tubo de captação responsável pela coleta parcial do fluxo do gás emitido (LIMA et al., 2012).

A necessidade de suscitar mais informações acerca dos combustíveis alternativos para o funcionamento dos motores de ciclo diesel motivou a investigação hipotética da redução de opacidade da fumaça emitida pelos tratores agrícolas, neste estudo.

3.2 Objetivo

Objetivou-se avaliar a opacidade da fumaça de um trator agrícola funcionando com diesel B S1800 e biodiesel etílico de babaçu como combustível, influenciada pelas alterações climáticas decorrentes no período de cada ensaio.

3.3 Material e Métodos

3.3.1 Área experimental

O trabalho foi conduzido no Laboratório BIOEM – Biocombustível e Ensaio de Máquinas, do Instituto de Pesquisa em Bioenergia (IPBEN), departamento de Engenharia Rural, UNESP, Câmpus de Jaboticabal - SP. O laboratório encontra-se localizado nas coordenadas geodésicas 21°15' S e 48°18' O, com altitude média de 570 m. A região apresenta temperatura média anual de 22,2 °C, umidade relativa

média do ar de 71% e pressão atmosférica de 94,3 kPa, sendo o clima classificado como Aw, segundo a classificação de Köppen, apresentando-se tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno (UNESP, 2011).

3.3.2 Óleo diesel

O óleo diesel foi o B S1800 (B0), regulamentado no mercado nacional pelo Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, classificado de acordo com a resolução da ANP n. 42, de 16 de dezembro de 2009 (ANP, 2009), tendo quantidade de enxofre máximo de 1800 mg kg⁻¹, advindo da cidade de Jaboticabal-SP.

3.3.3 Biodiesel

O biodiesel ensaiado foi o de babaçu (*Orbignya* sp.) etílico destilado (B100), produzido no Laboratório de Desenvolvimento de Tecnologias Limpas, LADETEL – USP, Câmpus de Ribeirão Preto-SP. Para obter a proporção de mistura (B50), foram utilizados 50% de diesel B S1800 e 50% de biodiesel etílico de babaçu, auxiliado por provetas de 500 mL e 250 mL, funil e recipientes.

3.3.4 Trator

Utilizou-se de um trator agrícola da marca Valtra, modelo BM125i, 4x2, com tração dianteira auxiliar (TDA), potência máxima no motor de 91,9 kW (125 cv) a 2.300 rpm (ISO1585), equipado com sistema turbocompressor e *intercooler*, massa total de 7.000 kg, distribuídos 40 e 60% nos eixos dianteiro e traseiro, respectivamente, relação massa/potência de 76 kg kW⁻¹ (56 kg cv⁻¹).



Figura 1. Instrumentação do trator Valtra BM125 i utilizado no ensaio (LOPES, 2006).

3.3.5 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6×3 , tendo 18 tratamentos e três repetições, totalizando 54 observações. Os fatores foram compostos por seis horários de execução do ensaio no dia (2 h, 6 h, 10 h, 14 h, 18 h e 22 h) e três tipos de combustível (diesel B S1800 (B0), 50% de biodiesel adicionado ao diesel (B50) e biodiesel sem misturas (B100). Neste tipo de ensaio, o número de amostragem pode variar entre sete e dez, sendo considerada característica inerente ao momento do ensaio, pois o próprio equipamento gerencia o processo em função da homogeneidade dos resultados, podendo ser influenciado pelo estado de conservação do motor, pelo combustível, pelas condições do ambiente (temperatura, pressão e umidade relativa do ar), entre outros fatores.

3.3.6 Caracterização das condições climáticas

Condições de temperatura e umidade relativa do ar foram obtidas na estação meteorológica da UNESP – Jaboticabal-SP, localizada próxima ao local do ensaio, cuja caracterização se mostra na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização do ambiente no horário de realização dos ensaios

Horário do ensaio (h)	Temperatura ambiente (°C)	Umidade Relativa do ar %
2	14,7	72
6	13,9	95
10	22,4	60
14	28,4	27
18	25,2	42
22	18,0	63

3.3.7 Ensaio de opacidade da fumaça

3.3.7.1 Opacímetro

O opacímetro de fluxo parcial usado para o teste de opacidade apresentou uma sonda no cano de escape do motor. A fumaça que passa pela câmara de medição acarreta modificações no fecho de luz.

A opacidade da fumaça do motor do trator foi medida através de um opacímetro (Figura 2) da marca Tecnomotor, modelo TM 133, que está compatível com as normas NBR 13037, Inmetro e CEE 72/306. Utilizou-se, também, de um controlador serial para a comunicação dos equipamentos de inspeção veicular por meio de uma porta serial ao microcomputador e *software* denominado IGOR®.

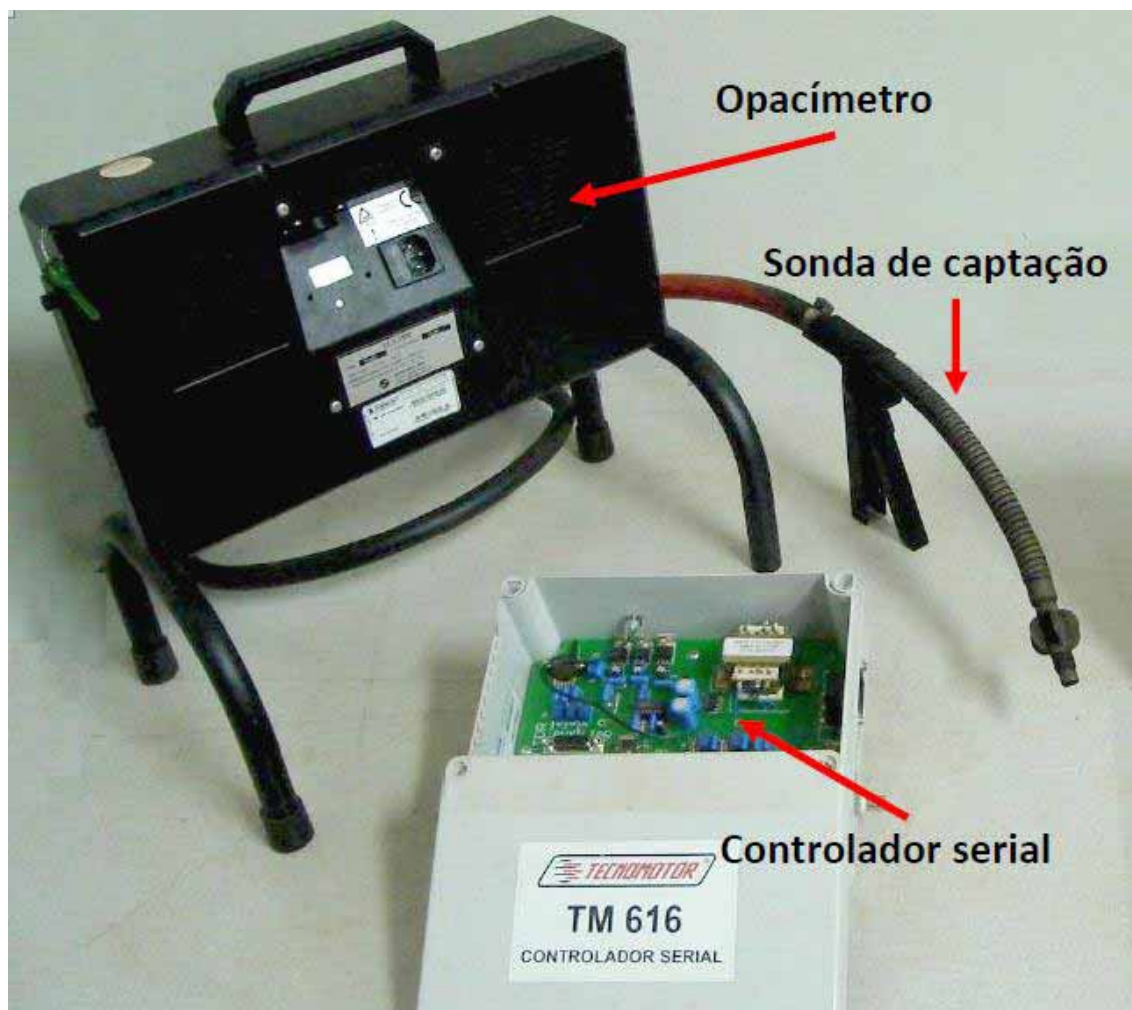


Figura 2. Instrumentação utilizada no ensaio de opacidade da fumaça (LOPES, 2006).

Os ensaios foram realizados de acordo com o método de aceleração livre, (Figura 3), que é o regime de rotação a que o motor é submetido com o acelerador no curso máximo de 3 a 5 segundos, sendo a potência desenvolvida, absorvida somente pela inércia dos componentes mecânicos do trator, uma vez que o trator estava estático, conforme NBR 13037 (ABNT, 2001). As medições de opacidade foram feitas em K, que é o coeficiente de absorção de luz e tem como unidade m^{-1} (TECNOMOTOR, 2012).

Resultados do opacímetro

Ficha: 0000001 Montadora: CHRY Veículo: DODGE Combustível: DIESEL Ano: ANTERIOR À 1995 15/09/2004

ACELERAÇÃO LIVRE

Amostra	RPM lenta	RPM corte	Mínimo	Valor	Máximo
01	---	---	0.00	0.93	2.80
02	---	---	0.00	1.01	2.80
03	---	---	0.00	0.93	2.80
04	---	---	0.00	0.99	2.80
05	---	---	0.00	1.01	2.80
06	---	---	0.00	0.95	2.80
07	---	---	0.00	0.95	2.80
08	---	---	0.00	---	2.80
09	---	---	0.00	---	2.80
10	---	---	0.00	---	2.80
			Média	0.97	
			Desvio	0.05	

Observações

1. Teste realizado sem medição de RPM.
 2. Condições do teste
 a. Temperatura do óleo = *** °C
 d) Altitude do local de ensaio > 350 m

APROVADO

F1 Gravar
 F5 Exportar
 F6 Resumo
 F7 Imprimir
 F8 Anterior
 F9 Próxima

Figura 3. Simulação de resultados do teste opacidade (TECNOMOTOR, 2012).

A mistura de biodiesel no diesel foi realizada no momento de cada ensaio, no qual o biodiesel não consumido proveniente dos depósitos, dos filtros e das tubulações foi drenado para evitar a contaminação do ensaio seguinte. Para a estabilização após a troca de cada amostra de combustível, o motor permaneceu em funcionamento durante 10 minutos antes do início de cada ensaio. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

3.4 Resultados e Discussões

Os resultados estão apresentados na forma de figuras e tabelas, nas quais médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas ou de mesma letra minúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A ausência de letras nas tabelas mostra que a interação entre tipo de combustível e horário de execução do ensaio foi significativa, e neste caso, com

a discussão dos resultados, será embasada numa tabela de desdobramento da interação.

Na Tabela 2, encontra-se a síntese da análise de variância, em que os dados referentes aos fatores tipo de combustível e horário de execução do ensaio representaram médias de 18 e 9 observações, respectivamente.

Tabela 2. Síntese dos valores da análise de variância e do teste de médias para variável opacidade da fumaça.

FATORES	OPACIDADE (m⁻¹)
TIPO DE COMBUSTIVEL (TC)	
Diesel B S1800	2,21
Biodiesel B50	1,79
Biodiesel B100	1,11
HORÁRIO (H)	
2	1,66
6	1,51
10	1,82
14	1,93
18	1,68
22	1,64
TESTE F	
TC	6630,2308 **
H	208,4222 **
TC x H	27,3399 **
C.V.%	3,38

** significativo (P<0,01); *: significativo (P<0,05); NS: não significativo; C.V.: coeficiente de variação

De acordo com a Tabela 2, observa-se que, para a opacidade da fumaça, houve interação significativa entre os fatores tipo de combustível e horário de execução do ensaio. Em virtude disso, a referida variável foi analisada utilizando-se de uma tabela complementar de desdobramento (Tabela 3).

Tabela 3. Síntese do desdobramento da interação tipo de diesel e horário de realização do ensaio para a variável opacidade da fumaça (m^{-1}).

TIPO DE COMBUSTÍVEL	HORÁRIOS					
	2 h	6 h	10 h	14 h	18 h	22 h
Diesel B S1800	2,10 Aab	2,04 Aa	2,31 Ad	2,48 Ae	2,17 Ac	2,15 Abc
Biodiesel B50	1,71 Bb	1,59 Ba	1,89 Bc	2,12 Bd	1,75 Bb	1,69 Bb
Biodiesel B100	1,19 Ccd	0,91 Ca	1,23 Cd	1,14 Cbc	1,13 Cbc	1,08 Cb

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

3.4.1 Proporção de biodiesel em cada horário de execução do ensaio

Na Tabela 3, analisando o fator horário, nota-se que comparando, B0 com B50 e B100, a opacidade foi superior em todos os horários conduzidos no experimento, diferindo dentre todos os fatores tipo de combustível. Verifica-se ainda que a opacidade da fumaça reduziu à medida que aumentou a quantidade de biodiesel utilizado, salientando (B100) com redução significativa, principalmente nos horários das 6 h e 14 h, com decréscimo de 55,4% e 54,0%, respectivamente, quando comparado ao diesel B S1800.

Resultados semelhantes foram observados por Silva, Oliveira e Lima (2011), que ao avaliarem a opacidade da fumaça de um trator agrícola funcionando com biodiesel de dendê (B100), observaram redução de 28,4% na opacidade quando comparado a B0. Tabile et al. (2009) e Camara (2009) também indicaram que a opacidade da fumaça reduziu à medida que houve adição de biodiesel na mistura.

Buyukkaya (2010) ao avaliar a emissão de combustão de um motor de ciclo diesel com óleo de colza (B5, B20, B70 e B 100), notou que a utilização de biodiesel acarreta menor opacidade, concluindo que a adição de biodiesel ao óleo diesel propicia aumento no teor de oxigênio na mistura, ou seja, mais oxigênio será disponível para a combustão, tornando-a mais eficiente.

Ainda, segundo Lôbo, Ferreira e Cruz (2009), valores diminutos de opacidade podem ser explicados em detrimento da estrutura molecular mais simples e menor viscosidade que o biodiesel apresenta, tornando reduzidas as deposições residuárias na parte interna do motor.

3.4.2 Horário de execução do ensaio em cada proporção de biodiesel

Analisando o fator tipo de combustível, verifica-se que, para diesel B S1800 (B0) e a mistura (B50), a maior opacidade da fumaça foi registrada no horário das 14 h (28,4 °C – 27%), aumentando 17,7% e 25%, respectivamente, quando comparada a menor opacidade, ambas ocorridas no horário das 6 h (13,9 °C – 95%). Em contrapartida, ao avaliar o comportamento de biodiesel (B100), a opacidade aumentou 26%, sob condições distintas, ou seja, às 10 h (22,4 °C – 60%) do registrado por B0 e B50, diferindo dos horários das 6, 18 e 22 h.

Nota-se, também, que a opacidade da fumaça emitida pela combustão do motor se reduziu à medida que foram registradas menor temperatura e maior umidade relativa do ar. O horário do ensaio também foi determinante para Gonçalves et al. (2013), em que o índice da opacidade foi menor nos horários iniciais do ensaio (6:30 h, 9:30 h e 10:30 h), com a temperatura ambiente máxima de 25,4 °C e umidade relativa do ar acima de 50%.

A partir das 12 h, sob condições contrárias (temperatura acima de 25 °C e umidade menor que 50%), foram encontrados maiores valores de opacidade. Resultados semelhantes foram apresentados por Liotti et al. (2010), ao pesquisarem a opacidade da fumaça do trator com diesel (B0), em função das condições climáticas (umidade 91,4 a 69% e temperatura de 20 a 25 °C) nos seguintes horários (3 h; 6 h; 9 h; 12 h; 15 h; 18 h; 21 h e 24 h), apontando maiores índices de opacidade às 12 e 15 h e menores, às 6 e 24 h.

Soares e Sodré (2002) também concluíram que as condições atmosféricas afetam o desempenho de motores de combustão interna. Em se tratando de emissão de opacidade, Silva (2014) aponta que o combustível B20 (diesel B S10 com 20% de biodiesel) apresentou maior massa de fuligem proveniente da queima, quando comparados aos combustíveis fósseis B S50 e B S10.

A explicação plausível para os dados acima ocorre uma vez que a temperatura ambiente, a umidade relativa, os parâmetros operacionais e composição do combustível influenciam na quantificação de compostos químicos presentes no material particulado emitido (RINALDI et al., 2007). A queima do

biodiesel, quando comparada ao diesel, proporciona menos fuligem, já que este se encontra livre de compostos aromáticos, os quais, em geral, em condições cotidianas sofrem combustão incompleta, além de apresentar grupo éster que favorece a queima mais completa, produzindo dióxido de carbono e água.

O comportamento da opacidade, em função da execução do ensaio e das condições climáticas, pode ser observado na Figura 12.

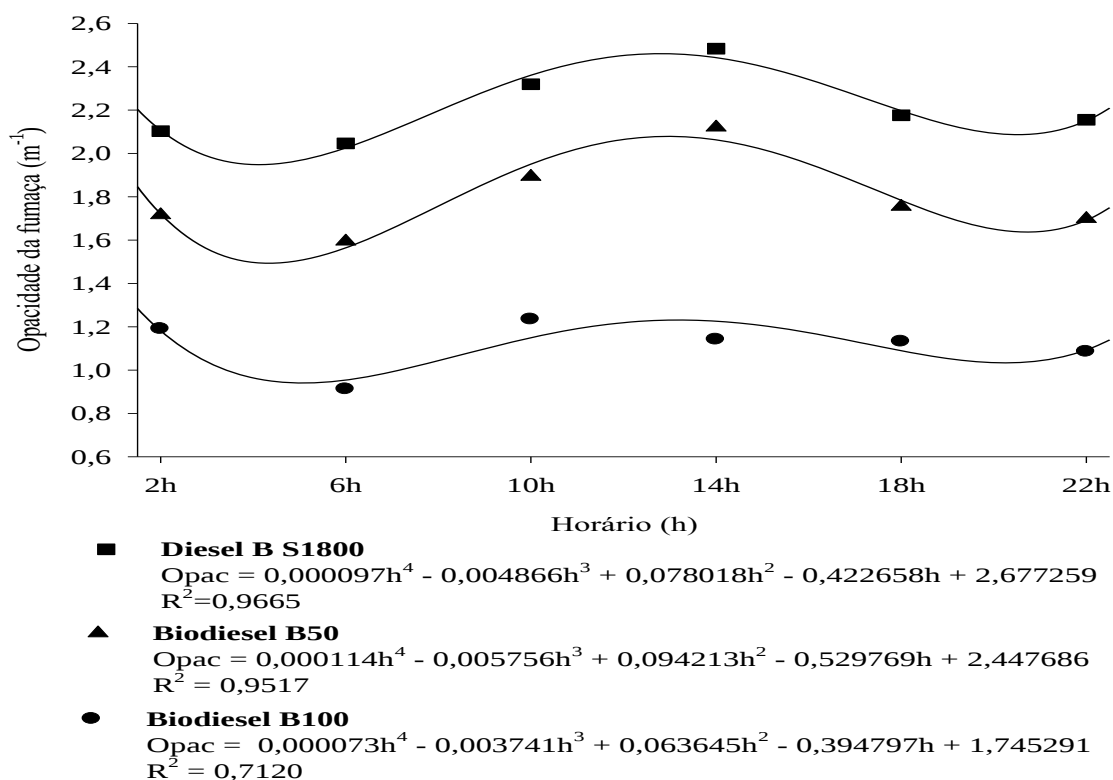


Figura 4. Representação gráfica da opacidade da fumaça em função do horário de execução do ensaio para B0, B50 e B100.

3.5 Conclusões

As condições climáticas no horário de execução do ensaio influenciaram na opacidade da fumaça do motor do trator agrícola. Neste trabalho, no horário de menor temperatura e maior umidade relativa do ar ambiente (6 h), a opacidade da fumaça reduziu-se em 17,7, 25 e 26%, respectivamente, quando comparado aos

maiores valores registrados em cada tipo de combustível, ocorridos nos horários de maior temperatura e menor umidade relativa do ar.

A opacidade da fumaça reduziu à medida que aumentou a quantidade de biodiesel de babaçu no tipo de combustível, destacando-se biodiesel (B100), no horário 6 h (menor temperatura e maior umidade relativa do ar) e 14 h (maior temperatura e menor umidade relativa do ar), houve uma redução de 55,4 e 54%, respectivamente, quando comparados ao diesel B S1800 (B0).

3.6 Referências

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Resolução ANP n. 42, de 16 de dezembro de 2009**. 2009. Disponível em: <http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2009/dezembro/ranp%2042%20-%202009.xml>. Acesso em: 04 set. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13037: Veículos rodoviários automotores – Gás de escapamento emitido por motor em aceleração livre – Determinação da opacidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 5 p.

BRAGA C. F.; TEIXEIRA, E. C.; MEIRA, L.; WIEGAND, F.; YONEAMA, M. L.; DIAS, J. F. Elemental Composition of PM10 and PM2.5 in Urban Environment in South Brazil. **Atmospheric Environment**, Oxford, v. 39, n. 10, p. 1.801-1.815, 2005.

BUYUKKAYA, E. Effects of biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics. **Fuel**, Houston, v. 89, n. 10, p. 3.099–3.105, 2010.

BORGES, J. L. B.; ÁVILLA, M. T. de; RALISH, R.; INNOCENTINI, M. D. de. M. Emissão de material particulado por misturas ternárias compostas de biodiesel, etanol e óleo vegetal: uma comparação com o óleo diesel convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1.667-1.676, 2011.

CAMARA, F. T. **Biodiesel de dendê em trator agrícola: desempenho em função do tempo de armazenamento e da proporção de mistura na operação de preparo do solo**. 2009, 92 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **A qualidade do ar**. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/bqar.htm>>. Acesso em: 10 out. 2013.

DABDOUB, M. J.; BRONZEL, J. L.; RAMPIN, M. Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 776-792, 2009.

DELALIBERA, H. C.; CAMPOLINA, N.; WEIRICH NETO, P. H.; RALISCH, R. Performance of a diesel engine fueled with a preheated blend of soybean oil and petrodiesel. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 6, p. 1.058-1.067, 2012

GONÇALVES, S. S.; CORTEZ, J. W.; ARCOVERDE, S. N. S.; MACHADO, N. S. Ensaio de opacidade e nível de ruído de um trator agrícola. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 244-252, 2013.

GUARIEIRO, L. L. N.; VASCONCELLOS, P. C.; SOLCI, M. C. Poluentes Atmosféricos Provenientes da Queima de Combustíveis Fósseis e Biocombustíveis: Uma Breve Revisão. **Revista Virtual Química**, Niterói, v. 3, n. 5, p. 434-445, 2011.

KUMAR, S. D.; DOBHAR, D. P.; JUYAL, N. Variability of aerosol optical depth and recent recession trend in Dokriani Glacier, Bhagirathi Valley, Garhwal Himalaya. **Current Science**, Rajasthan, v. 99, n. 12, p. 1.816-1.821, 2010.

LIMA, J. R. O.; SILVA, R. B. da; SILVA, C. C. M. da; SANTOS, L. S. S. dos; SANTOS JR, J. R. dos; MOURA, E. M.; MOURA, C. V. R. de. Biodiesel de Babaçu (*Orbignya* sp.) obtido por via etanólica. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 600-603, 2007.

LIMA, L. P. de; LOPES, A.; OLIVEIRA, M. C. J. de; NEVES, M. C. T. N.; KOIKE, G. H. A. K Comparativo entre biodiesel de dendê e tucumã no desempenho operacional de trator agrícola. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 20 n. 3, p. 234-243, 2012.

LIOTTI, C. G.; LOPES, A.; LIMA, L. P.; CAMARA, F. T.; GUIOTTO, F. A.; KOIKE, G. H. A. Opacidade da fumaça de trator agrícola em função do uso de biodiesel de dendê e das condições climáticas. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 22., 2010, Marília. **Anais...** Marília: UNESP, 2010. p.1-4.

LÔBO, I. P.; FERREIRA, S. L. C.; CRUZ, R. S. da. Biodiesel: Parâmetros de qualidade e métodos analíticos. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 6, p. 1.596-1.608, 2009.

LOPES, A. **Biodiesel em trator agrícola: desempenho e opacidade**. 2006, 158 f. Tese (Livre Docência em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

LOPES, A. CÂMARA, F. T.; OLIVEIRA, M. C. J.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; MELLO JÚNIOR, J. G. S. Opacidade da fumaça de trator agrícola utilizando biodiesel em função das condições climáticas no horário de execução do ensaio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 38., 2009. Juazeiro/Petrolina. **Anais...** Juazeiro/Petrolina: SBEA, 2009. p.1-4.

MAZIERO, J. V. G.; CORRÊA, I. M.; TRIELLI, M. A.; BERNARDI, J. A.; D'AGOSTINI, M. Avaliação do Desempenho de um motor de ignição por compressão utilizando óleo diesel e éster etílico de óleo de girassol como combustível. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL. 1., 2004, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2004. 1 CD-ROM.

NEEFT, J. P. A.; MAKKEE, M.; MOULIJN, J. A. Diesel particulate emission control. **Fuel Processing Technology**, Amsterdam, v. 47, n. 1, p.1-69. 1996.

REIS, E. F.; CUNHA, J. B.; MATEUS, D. L. S.; DELMOND, J. G.; COUTO, R. F. Desempenho e emissões de um motor gerador ciclo diesel sob diferentes concentrações de biodiesel de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 565-571, 2013.

RINALDI, R.; GARCIA, C.; MARCINIUK, L. L.; ROSSI, A. V. R.; SHUCHARDT, U. Síntese de biodiesel: uma proposta contextualizada de experimento para laboratório de química geral. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 5, p. 1.374-1.380, 2007.

SILVA, F. J.; OLIVEIRA, C. A. A.; LIMA, L. P. Opacidade da fumaça do trator agrícola em função do tempo de armazenamento das misturas de biodiesel mais diesel de petróleo. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 3., 2011, Uberlândia, 2011. **Anais...** Uberlândia: IFTM, SIN, 2011. 1 CD-ROM.

SILVA, T. O. B. **Inventário da emissão do material particulado proveniente de diesel e biodiesel brasileiro: Estudo em um banco de provas de motores.** 2014. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SOARES, S. M. C.; SODRÉ, J. R. Avaliação de fatores de correção de potência para diferentes condições ambientais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS TÉRMICAS, 9., 2002, Caxambu. **Anais...** Caxambu: CIT02-0849. 2002. 1 CD-ROM.

SOUZA, G. **Impactos da adição de biodiesel no motor ciclo diesel.** 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Biocombustíveis) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza Faculdade de Tecnologia, Araçatuba, 2010.

TABILE, R. A.; LOPES, A.; DABDOUB, M. J.; CAMARA, F. T. da; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P. da. Biodiesel de mamona no diesel interior e metropolitano em trator agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 412-423, 2009.

TECNOMOTOR. **Tecnomotor eletrônica do Brasil. Manual de operação.** 2014. Disponível em: < download.tecnomotor.com.br/?TM133/manual/Manual_133_port.pdf >. Acesso em: 08 out. 2014.

TECNOMOTOR. **Tecnomotor eletrônica do Brasil. OPACER TM 133 Opacímetro de amostragem. Manual de Operação.** São Carlos, 2012, 26 p.

TEIXEIRA, E. C.; WIEGAND, F.; NORTE, F. Química da Atmosfera. In: MORAES, O. L. L. (Org.). **Meteorologia e Poluição Atmosférica: Teoria, Experimentos e Simulação.** Santa Maria: FACOS - UFSM, 2010, 240 p.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO” CÂMPUS DE JABOTICABAL – UNESP. **Departamento de Ciências Exatas: Estação meteorológica – Dados normais.** 2011. Disponível em: < www.fcav.unesp.br >. Acesso em: 08 out. 2014.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. **Particulate Matter Air & Radiation.** 2011. Disponível em: <www.epa.gov/oar/particulatepollution/>. Acesso em: 15 abr. 2011.