

AÇÃO ANTIOXIDANTE DE EXTRATOS DOS FRUTOS DE PALMEIRAS DA REGIÃO AMAZÔNICA NO BIODIESEL

Leylane da Silva Kozlowski

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima (IFRR)

leylane.kozlowski@gmail.com

Kércia Sabino de Macedo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima (IFRR)

kerciasabino85@gmail.com

Deysedy Thayna Mourão Borba

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima (IFRR)

roniellybsoares@gmail.com

Ronielly Barbosa Soares

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima (IFRR)

roniellybsoares@gmail.com

Romildo Nicolau Alves

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima (IFRR)

romildo.alves@ifrr.edu.br

Guilherme José Turcatel Alves

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima (IFRR)

guilhermeturcatel@gmail.com

RESUMO

Com a introdução dos biocombustíveis na matriz energética foi necessário o desenvolvimento de novas técnicas para obtenção destes. Atualmente, 11% de biodiesel é adicionado ao diesel de petróleo e a maior fonte de matéria prima para produção desse biocombustível é a semente de soja. Após a produção, o biodiesel é facilmente degradado e oxidado causando um inconveniente para o armazenamento e transporte. Para conter parte do processo de oxidação são inseridos diferentes aditivos, de maneira que não modifiquem as características físico-químicas do biocombustível. Esses aditivos contêm antioxidantes que, em sua maioria, são de origem sintética com custo relativamente elevado, além da sua produção que envolve fatores ambientais por serem utilizados reagentes químicos agressivos. Neste trabalho, foi estudado a ação antioxidante dos extratos dos frutos das palmeiras de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), bacaba (*Oenocarpus bacaba*) e inajá (*Attalea maripa*) como aditivos no biodiesel de soja. A partir das análises de estabilidade oxidativa, índice de acidez, teor de umidade, ponto de fulgor e massa específica, verificou-se que o extrato de tucumã adicionado

na etapa inicial da produção do biodiesel, é promissor para essa utilização. As observações das análises, também mostraram que o biocombustível produzido e aditivado, manteve as propriedades que garantem a qualidade, fator que é imprescindível para a comercialização do produto na área bioenergética, sendo registrado como um modelo de utilidade.

Palavras-chave

Biocombustível; TBHQ; antioxidante; Arecaceae.

INTRODUÇÃO

O biodiesel pode ser definido como combustível renovável e biodegradável, obtido pelas reações químicas entre óleos/gorduras vegetais/animais e um álcool, tal como o metanol ou etanol. O biodiesel tem a capacidade de produzir energia em motores de ignição por compressão e pode substituir parcialmente ou totalmente o diesel comum derivado do petróleo (OLIVEIRA, SUAREZ E SANTOS, 2008). Na produção do biodiesel, também existem fatores econômicos e sociais envolvidos, pois pode diminuir a importação de combustíveis derivados do petróleo e aumentar a geração de empregos (FERRARI e SOUZA, 2009).

Com a implantação do uso do biodiesel na matriz de combustíveis do Brasil, a legislação foi elaborada para aumentar gradativamente a porcentagem de biodiesel/ diesel, que atualmente é de 11% em volume (CNPE, 2018). Assim, a produção, comercialização e armazenamento do biodiesel deve aumentar, direcionando-se cada vez mais para a substituição do diesel de petróleo (ANP, 2014, 2019).

Para que os óleos vegetais se tornem combustíveis, estes devem ser previamente tratados para maior eficiência na produção do biodiesel. Por isso, este biocombustível apresenta características melhores ou semelhantes que os combustíveis derivados do petróleo, tais como alto poder de lubrificação e menor impacto ambiental, reduzindo a liberação de monóxido de carbono e materiais particulados. Adicionalmente, o biodiesel é virtualmente livre de compostos de enxofre e aromáticos, fato que impede a formação de fuligem (GERIS et al., 2007; ANP, 2019).

As matérias-primas mais utilizadas na produção do biodiesel são soja, algodão, palma e dendê (vegetais), sebo bovino e banha de porco (animais) (ANP, 2019). O gráfico da Figura 1, apresenta a diversidade das fontes utilizadas para a produção do biodiesel puro (B100), em 2018 no Brasil.

Matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel (B100) no Brasil - 2018

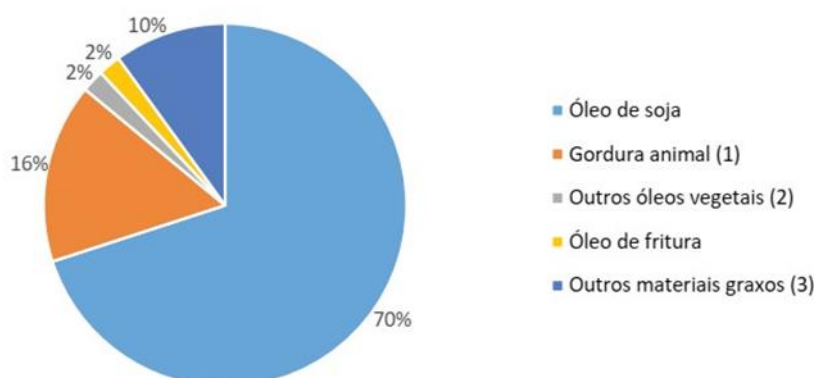


Figura 1 – Matérias-primas utilizadas para a produção de biodiesel no Brasil em 2018. (1) Inclui gordura bovina, de frango e de porco. (2) Inclui óleo de palma, algodão, dendê, amendoim, nabo- forrageiro, girassol, mamona, canola e milho. (3) Mistura de matérias-primas e reprocessamento da produção.

Nota-se na Figura 1, que a maior parte da produção do biodiesel no Brasil, provém da soja, pois é uma das culturas mais praticadas no país. Entretanto, outras fontes estão ganhando espaço. Na região amazônica brasileira, existem muitas sementes e frutos que são ricos em óleos e, por isso, podem ter alta capacidade na produção de biodiesel, tais como o babaçu e o dendê (OLIVEIRA et al., 2014; ANTUNES Jr, 2017).

Independente da fonte da matéria-prima, é necessário que o produto final se encaixe nas conformidades exigidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, que objetiva fixar teores limites dos contaminantes para que não prejudiquem eficiência da queima, desempenho, integridade dos motores e a segurança no transporte e manuseio (ANTUNES Jr, 2017). A resolução nº 45 de 25 agosto de 2014 especifica os limites para 24 parâmetros, dentre os quais, os mais estudados são a estabilidade oxidativa, aspecto, índice de acidez, ponto de fulgor, massa específica e teor de água (ANP, 2014).

Um dos parâmetros mais importantes exigidos pela ANP é a estabilidade à oxidação, pois o biodiesel tem cerca de quatro vezes menos resistência à oxidação quando comparado com o diesel de petróleo, ficando assim, fora das conformidades. Por isso, faz-se necessária a adição de antioxidantes que, na maioria das vezes e os mais utilizados, são de origem sintética (RAMOS, et al., 2017).

Antioxidantes industrialmente produzidos, em sua maioria, estão consolidados no comércio, pois têm a grande vantagem de manter as outras propriedades físico- químicas do biocombustível inalteradas após a sua adição. Mas existem também desvantagens, como possuir um custo relativamente elevado e produzir rejeitos no processo industrial. Um dos antioxidantes

sintéticos mais utilizados no biocombustível comercial é o TBHQ, que já foi utilizado em alimentos, mas na Europa e Canadá, seu uso foi proibido (ITO, FUKUSHIMA e TSUDA, 1985; BOSCHEN, et al., 2015). No Brasil, o Ministério da saúde, por meio de resoluções, autoriza o seu uso, mas com limites permitidos de até 200 mg/kg. Para contornar esses problemas, as pesquisas para o uso de antioxidantes de fontes naturais têm sido encorajadas pela comunidade científica em todo o mundo proibido (ITO, FUKUSHIMA e TSUDA, 1985).

Em estudos que envolvem o uso de antioxidantes naturais, para aplicação como aditivo no biodiesel, geralmente, utiliza-se extratos de vegetais com características antioxidantes já conhecidas, tais como o hibisco (ROMAGNOLI, et al., 2018), amora (ROMAGNOLI, et al., 2018), batata (DEVI, DAS e DEKA, 2018)

e guduchi (KUMAR e SINGH, 2018). Os óleos de diferentes matérias primas, que possuem antioxidantes, também podem ser adicionados ao biocombustível, tais como os lignocelulósicos (GIL-LALAGUNA et al., 2017). Investigações da utilização de resíduos agroindustriais, também têm sido realizados, visto que é uma maneira recuperação e reutilização de matéria prima (VALENGA et al., 2019). Para a escolha de antioxidantes para biocombustíveis, é preferível que se tenha propriedades como estabilidade, compatibilidade e ser eficiente em pequenas quantidades. Com isso, busca-se diferentes antioxidantes e as fontes naturais são as mais acessíveis, em termos econômicos e ambientais, principalmente quando se trata de utilizar descartes vegetais, como cascas e sementes (SOUSA, 2014).

A busca por aditivos para o biodiesel, principalmente a partir de fontes naturais, apresenta um segmento importante para o desenvolvimento de pesquisas e, conseqüentemente, para aumentar a quantidade de registros de propriedade industrial mantendo a proteção do uso da flora nativa. Para a utilização de diferentes espécies, para diferentes aplicações, deve também ser avaliado a sustentabilidade. Um dos aspectos mais importantes, principalmente em locais de produção agrícola ou em regiões interioranas, é que não tenha impacto em atividades extrativistas. Com isso, é possível o aproveitamento de rejeitos ou partes de plantas que ainda não são utilizadas em atividades econômicas (ITO, FUKUSHIMA e TSUDA, 1985; BOSCHEN, et al., 2015).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a ação antioxidante no biodiesel de soja dos extratos dos frutos das palmeiras de tucumã, bacaba e inajá, com o intuito encontrar e registrar o extrato que aumente a vida útil e mantenha a qualidade do biocombustível requerida pelas normas vigentes.

JUSTIFICATIVA

A partir da introdução comercial de biocombustíveis na matriz energética pela lei nº 11.097/2005 (BRASIL, 2005), ficou claro que os objetivos estratégicos de diversificar as matérias-primas, estimular os mercados agrícolas do país e incentivar a criação de polos regionais econômicos a partir das usinas de biodiesel, são pontos fundamentais para o desenvolvimento sustentável do setor. Outro objetivo é marcado também pelo desenvolvimento social, através da incorporação de pequenos produtores, como os agricultores familiares, inclusive os assentados da reforma agrária. Com isso, as pesquisas científicas envolvendo a área de biocombustíveis aumentou significativamente, pois há grande interesse econômico e de propriedade intelectual envolvido. Para aproveitar os recursos disponíveis no país, principalmente das regiões norte e nordeste, são necessárias a pesquisa e o desenvolvimento de novas maneiras de aproveitar todas as partes de uma cultura agrícola, onde se pode extrair diferentes produtos. Isso, dentro do contexto da sustentabilidade, traz o interesse em estudar plantas nativas, que podem disponibilizar em sua estrutura vegetal vários compostos químicos para diversas aplicações, observando sempre a cultura e o negócio local.

A maior parte dos trabalhos da literatura que utilizam fontes naturais como antioxidantes, estão em fase exploratória, ou seja, existe a necessidade de uma definição de limites de valores, inferior e superior, em que o antioxidante deixa de possuir a sua característica principal e começa a alterar as propriedades do

biocombustível. Além disso, existe a possibilidade de utilizar diferentes partes dos frutos, que possuem diferentes compostos químicos para este fim, tais como as cascas ou sementes dos frutos, que são rejeitos industriais, para produzir antioxidantes e adicioná-los ao biodiesel. Por isso, é importante um estudo de aproveitamento dos antioxidantes existentes em todas as partes de um fruto para maior durabilidade do biodiesel, independente da matéria prima utilizada para a produção deste.

São poucos registros de propriedade intelectual envolvendo essa aplicabilidade e as fontes que foram utilizadas neste trabalho, são potencialmente funcionais. Existe também um apelo social e ambiental pelo uso de antioxidantes naturais, já que para a produção dos sintéticos, são necessários reagentes de alto grau de toxicidade e condições industriais delicadas quanto à periculosidade.

OBJETIVO

Estudar e comprovar potenciais aditivos antioxidantes a partir dos extratos produzidos com o máximo de pureza, provenientes de frutos palmíticos de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), bacaba (*Oenocarpus bacaba*) e inajá (*Maximiliana maripa*) no biodiesel de soja.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido em três etapas principais: (1) coleta da matéria prima, (2) obtenção do extrato dos frutos contendo antioxidantes e (3) análise da eficiência dos extratos no biocombustível.

1. Coleta da Matéria Prima

As coletas foram realizadas em diferentes localizações na região sul do Estado de Roraima. Geralmente, as diferentes espécies de palmeiras, ficam aglomeradas em um ponto, facilitando a localização. A Figura 2 mostra os mapas detalhados do local das coletas realizadas.

- Tucumã: foi coletado na Vila Barauana, município de Caracaraí-RR.
- Bacaba: foi encontrado e coletado em uma propriedade próxima ao município de Rorainópolis-RR.
- Inajá: foi encontrado e coletado em alguns pontos nas dependências do Campus Novo Paraíso do IFRR e outros locais no município de Rorainópolis-RR.

Para manter o ponto de amadurecimento após a coleta, os frutos foram lavados, secos e armazenados em congelador. Dependendo da necessidade, os frutos eram retirados do congelador e, antes da utilização, aguardava-se atingir a temperatura ambiente (30°C).

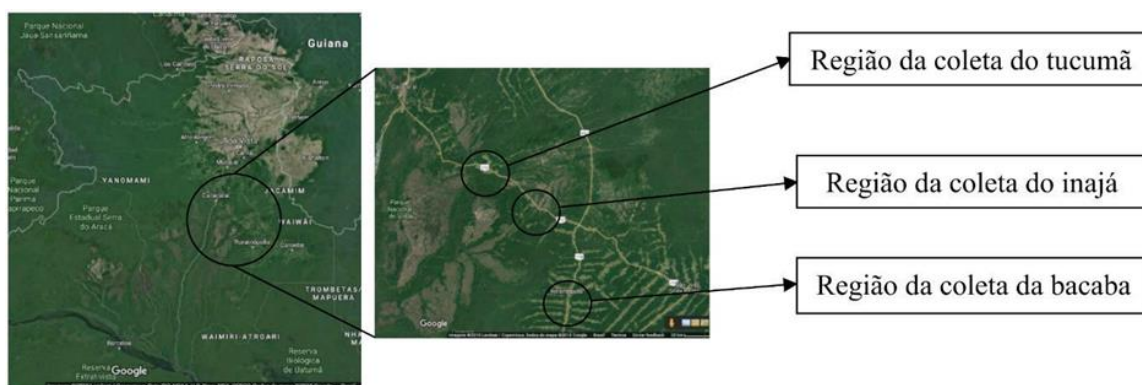


Figura 2. Localização geográfica dos pontos de coleta dos frutos de palmeiras.

2. Obtenção dos Extratos

Todos os frutos escolhidos para o desenvolvimento do trabalho, são constituídos basicamente por casca, polpa e amêndoa (MIRANDA et al., 2001). No estágio de amadurecimento desses frutos, as amêndoas ficam rígidas e é necessário realizar um processo de prensagem, para que o óleo dessa parte do fruto seja extraído. Assim, pela inviabilidade de realizar esse procedimento, foram utilizadas somente a casca e a polpa.

O método utilizado para a extração foi por imersão. Esse processo consistiu em imergir 20 g de casca e polpa dos frutos em 150 ml de metanol, no qual foi deixado por 24 horas. A cada 6 horas, uma agitação foi realizada. Em seguida, a mistura foi filtrada em peneira seguido de filtro de papel. O filtrado foi diluído 30 vezes em metanol e utilizado diretamente para a produção do biodiesel.

3. Produção e Análise do Biodiesel Aditivado

Para a obtenção do biodiesel foi utilizado o procedimento de esterificação do óleo de soja (adquirido no comércio local) por catálise em meio básico.

O processo consistiu em aquecer 500 ml de óleo de soja um béquer, sobre uma chapa de aquecimento, até atingir 80°C. Paralelamente, foi adicionado 5 gramas de NaOH P.A. (catalisador) em 150 ml de metanol, com e sem os antioxidantes, agitado até dissolução e aquecida até 40°C. Essa solução foi cuidadosamente misturada com o óleo, após atingir a temperatura desejada. Esse sistema foi mantido a 60°C com agitação magnética por 90 minutos. Logo após, todo o conteúdo foi colocado em um funil de separação e deixado em repouso por 24 horas coberto com folha de papel alumínio, para evitar a degradação por exposição à luz. Decorrido o tempo, o biodiesel foi separado da glicerina e lavado com três soluções separadamente: (1) água, (2) HCl 1% (m/V) e (3) solução de NaCl saturada. O biodiesel finalizado foi utilizado para realizar os diferentes testes, pela adição de 1000 ppm (m/m) de aditivo (natural ou sintético).

Foram utilizadas as análises de índice de acidez (IA) e estabilidade oxidativa (tempo de indução) do biodiesel como análise para determinar a capacidade antioxidante dos extratos. Para comparação, foi preparado um biodiesel contendo o antioxidante sintético (terc-butil-hidroquinona - TBHQ) empregado atualmente em biocombustíveis comerciais. Assim, as amostras preparadas foram:

- biodiesel puro (branco) - BD;
- biodiesel com TBHQ – BS;

- biodiesel com extrato de tucumã - BT;
- biodiesel com extrato de bacaba - BB e;
- biodiesel com extrato de inajá – BI.

Nos testes de IA, as amostras foram mantidas em estufa a 100°C e as análises foram executadas em um intervalo de 24 horas por 15 dias. Nos testes para obtenção do IA, foi utilizada a metodologia indicada para óleos e graxas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). A análise consistiu na titulação de 2 gramas de amostra adicionados à 25 ml de uma solução neutra de éter-álcool (2:1), com hidróxido de sódio 0,1 M, utilizando fenolftaleína (3 gotas) como indicador. O ponto de viragem (neutralização) foi determinado visualmente pelo aparecimento da coloração rósea. O cálculo de IA foi realizado utilizando a equação 1.

Equação 1

$$\text{Índice de acidez [IA] mg KOH g}^{-1} = \frac{v \cdot c \cdot M}{m}$$

Onde:

v é o volume em ml,

c é a concentração em mol L⁻¹,

M é a massa molar do titulante e

m é a massa de biodiesel utilizada.

Os testes de estabilidade oxidativa foram realizados segundo a Resolução nº 45 da ANP (2014), que utiliza o equipamento Rancimat® para determinar esse parâmetro. O valor mínimo aceito na resolução são 8 horas de tempo de indução. Nesse método, 3 gramas de amostra de biodiesel é adicionado a um tubo de ensaio, e mantido a temperatura de 110°C com fluxo de ar direto de 10 L h⁻¹.

As análises de teor de água, ponto de fulgor, massa específica, condutividade elétrica, teor de água e aspecto foram realizadas em laboratório especializado, de acordo com a norma vigente (ANP, 2014).

PRODUTO

1. Coleta da Matéria Prima

Durante a coleta, foram observados os seguintes detalhes:

- Tucumã: Os frutos foram coletados alguns dias antes do amadurecimento total. Isso faz com que seja possível o transporte e armazenamento. A característica do fruto maduro é a coloração

amarelada e a facilidade da retirada da casca.

- Bacaba: Os frutos estavam maduros sendo possível armazenar determinada quantidade enquanto, com o restante, pôde-se partir para a etapa de extração do óleo e antioxidantes.
- Inajá: Pela característica dos frutos, aparentemente, não possuíam diferenças e provavelmente são da mesma espécie, segundo a literatura (MIRANDA et al., 2001). Alguns frutos foram coletados prematuros e, constatou-se que não é viável aguardar o amadurecimento, pois não há desenvolvimento do fruto fora da palmeira de origem.

A Figura 3 mostra os frutos coletados. Após a coleta, os frutos foram lavados, secos, acondicionados em sacos plásticos e mantidos sob refrigeração por até 10 dias.

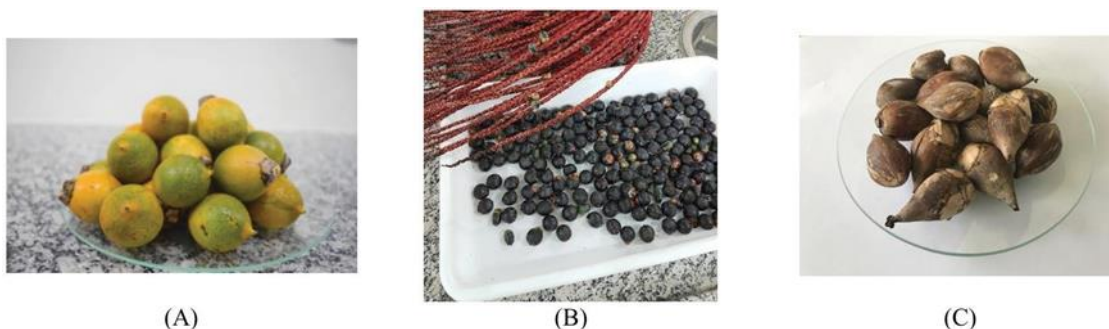


Figura 3. Frutos após a coleta. (A) tucumã, (B) bacaba e (C) inajá.

2. Obtenção dos extratos

Para realizar a extração, os frutos foram previamente fragmentados (casca e polpa) e, em seguida, pesados. Em cada processo de extração, foram adicionados 60 gramas de frutos em 150 ml de metanol. Após a permanência de 24 horas, o extrato foi filtrado e coletado, como mostra a Figura 4, para a bacaba.

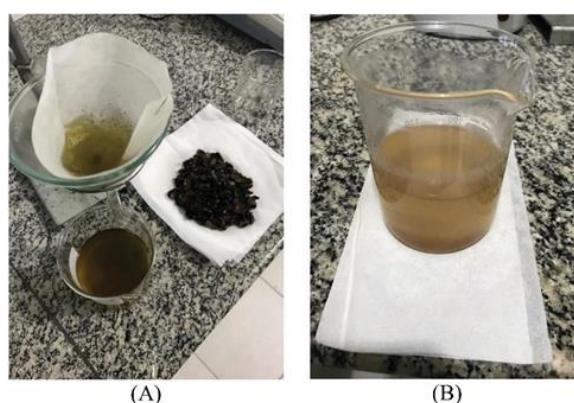


Figura 4. (A) Etapa de filtração do extrato da bacaba, pelo método de imersão e (B) extrato filtrado.

A filtração por gravidade, mostrado da Figura 4A, não impediu a passagem de impurezas para o filtrado (Figura 4B). Assim, houve a necessidade de diluição do filtrado em 30 vezes, pois é necessário que o metanol e todos os reagentes utilizados na produção do biodiesel seja isento de impurezas.

3. Produção e Análise do Biodiesel Aditivado

Os extratos obtidos com metanol, como mostrado na Figura 4, foram utilizados diretamente na produção do biodiesel, mostrado na sequência da figura 5.

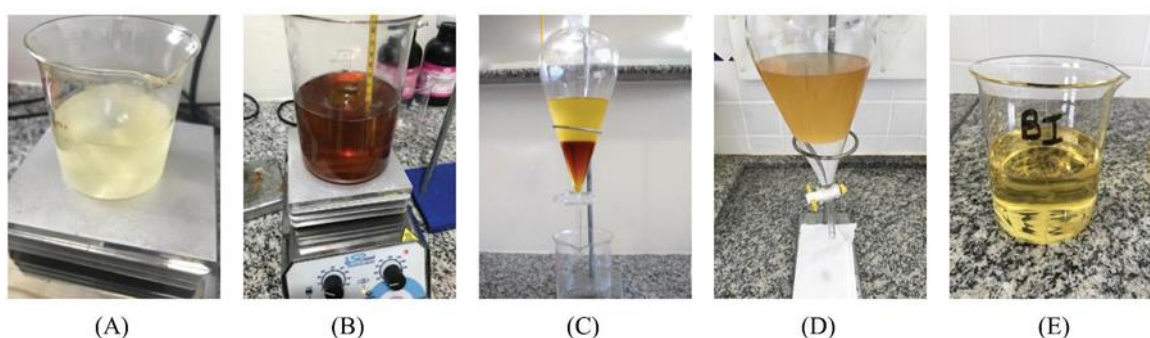


Figura 5. Etapas de produção do biodiesel: (A) metanol com extrato; (B) reação de produção do biodiesel; (C) processo de separação biodiesel/glicerina, (D) etapa de lavagem e (E) biodiesel obtido com antioxidantes (extrato de inajá).

A Figura 5A mostra o extrato diluído e misturado com o catalisador (NaOH), com coloração opaca, característico nessa etapa da produção do biodiesel (WAZILEWSKI, 2012). A diluição do extrato faz com que a reação tenha máxima eficiência e tenha pouca quantidade de subprodutos, somente biodiesel e glicerina (reação de esterificação), mostrado na Figura 5B, que está aparentemente límpida e isenta de impurezas (ANP, 2014). Na Figura 5C, nota-se que somente foram obtidos dois produtos. Observa-se na Figura 5D, que a etapa de lavagem deixa o biodiesel levemente opaco (parte superior), devido a presença de água. Mas, em seguida, para retirada da umidade, o biodiesel foi aquecido a 60°C por 30 minutos, e assim, obteve-se o produto final mostrado na Figura 5E, biodiesel com extrato de inajá. Observa-se também na Figura 5E, que o biodiesel produzido está límpido e isento de impurezas (LII), parâmetro recomendado para um biodiesel de qualidade (ANP, 2014).

As análises de IA das amostras 1 a 5, são mostradas no gráfico da Figura 6.

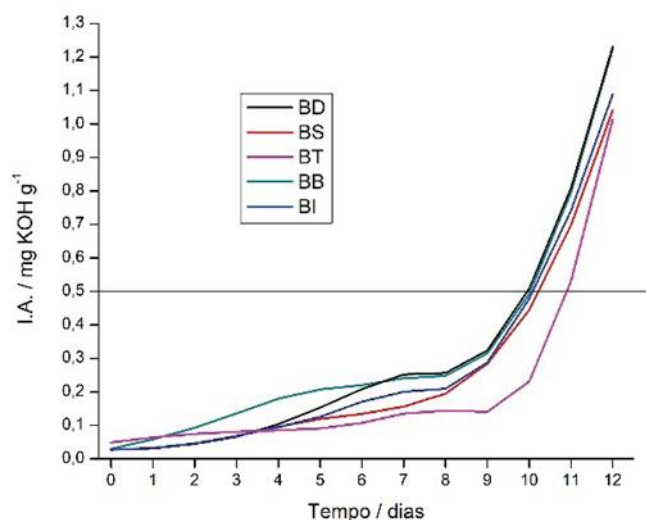


Figura 6. Índice de acidez para as amostras com e sem extratos naturais e sintéticos.

Observa-se no gráfico da Figura 6, que o IA ultrapassou o limite estabelecido pela norma ($0,5 \text{ mg KOH g}^{-1}$) a partir do nono dia de análise, para as amostras BD, BS, BB e BI. Mas, um aumento expressivo já a partir do sétimo dia, é observado para as amostras BD e BB. Esse comportamento é esperado, pois a amostra sem antioxidante (BD) está mais susceptível à oxidação, produção de ácidos graxos livres e consequente aumento da acidez. A amostra com extrato de bacaba (BB) também acompanhou esse comportamento, mostrando que os antioxidantes presentes nesse extrato, provavelmente, não são adequados para esse tipo de aplicação. As amostras BS e BI, com antioxidante sintético e extrato de inajá, respectivamente, tiveram um comportamento semelhante, ou seja, o índice de acidez ultrapassou o limite a partir do nono dia. Isso é esperado para o antioxidante sintético (BS), pois é utilizado atualmente em biocombustíveis comerciais, e seu funcionamento e eficiência já foram comprovados (ANDRADE, et al., 2015; VARATHARAJAN e PUSHPARANI, 2017). Já a amostra com extrato de inajá (BI), se mostrou tão eficiente quanto ao BS, mostrando que pode ser utilizado para essa aplicação, e pode ser melhorado variando os diversos parâmetros que podem influenciar na produção do biocombustível, tais como quantidade do fruto utilizado, tempo de extração ou estágio de maturação dos frutos, entre outros. Esse comportamento também ocorreu para amostra com extrato de tucumã (BT), que se destacou por ter aumentado abruptamente o IA, somente a partir do décimo dia. Isso indica que a ação antioxidante do extrato de tucumã, pode ser utilizado como aditivo no biodiesel, retardando a oxidação e o aumento de acidez, mantendo a qualidade.

Os resultados do tempo de indução para todas as amostras de biodiesel preparadas, são mostradas na Tabela 1, juntamente com as medidas

de massa específica.

Tabela 1. Estabilidade oxidativa e massa específica das amostras preparadas com e sem antioxidantes naturais e sintéticos.

| Amostra | Tempo de indução/ horas | Massa específica a 20°C / g ml ⁻¹ |
|-----------|-------------------------|--|
| BD | 4,38 | 8,833 |
| BS | 8,43 | 8,863 |
| BT | 8,01 | 8,832 |
| BB | 4,90 | 8,855 |
| BI | 5,41 | 8,861 |

Os resultados da Tabela 1, mostram que somente duas amostras tiveram um tempo de indução maiores do que o recomendado pela legislação vigente (8 horas) (ANP, 2014). As amostras preparadas com extrato de tucumã e com antioxidante sintético, apresentaram os tempos de indução de 8,43 e 8,01, respectivamente. Essas análises complementam os resultados obtidos pelos IA das amostras com extrato de tucumã, que mostrou ser eficiente para esse tipo de aplicação (ALVES, 2018). Quanto aos resultados de massa específica, nota-se que não houve variação significativa entre as amostras preparadas e todas estão dentro dos valores estipulados pela norma (8,50 a 9,00 g ml⁻¹). Isso indica que a adição dos extratos não interferiu nesses testes, mantendo a qualidade do biocombustível produzido.

A Tabela 2 mostra os parâmetros complementares analisados para todas as amostras de biodiesel preparadas.

Tabela 2. Parâmetros de qualidade analisados para o biodiesel preparado com e sem antioxidantes naturais e sintéticos.

| Amostra | Ponto de fulgor mínimo/ °C | Condutividade elétrica/ pS m ⁻¹ | Teor de água/ mg Kg ⁻¹ | Aspecto/ Visual |
|---------|----------------------------|--|-----------------------------------|-----------------|
| BD | 68 | 131 | 300,1 | LII |
| BS | > 70 | 142 | 322,8 | LII |
| BT | > 70 | 129 | 680,9 | LII |
| BB | > 70 | 138 | 1080,0 | LII |
| BI | > 70 | 156 | 872,1 | LII |

Nos resultados apresentados na Tabela 2, observa-se que todas as amostras estão em conformidade com a legislação vigente quanto a condutividade elétrica e aspecto (ANP, 2014). Os resultados de teor de água estão todos acima do recomendado pela norma, ou seja, acima do limite de

200,0 mg Kg⁻¹. Isso mostra que o processo de obtenção do biodiesel reteve muita água. Apesar de ser um dos produtos da reação de produção do biodiesel, a quantidade muito elevada de água indica que, provavelmente, o processo de obtenção dos extratos foi um dos principais fatores dessa alteração. Existe então, a possibilidade deste processo não ser recomendado para que o parâmetro teor de água esteja em conformidade, pois segundo a literatura e as evidências apresentadas no decorrer dos testes, mostram que as cascas e polpas dos frutos possuem umidade considerável (MIRANDA et al., 2001). Essa quantidade elevada de água acarreta um aumento no ponto de fulgor obtido para todas as amostras, pois se a umidade for baixa, a queima será facilitada. Já os resultados de condutividade elétrica, se mostraram muito próximos e baixos, indicando que existem poucas espécies que possuem cargas (sais e ácidos).

APRENDIZADO COM A VIVÊNCIA

Os frutos utilizados para o desenvolvimento do trabalho também são empregados para a produção de produtos alimentícios, tais como o tucumã e o patauí. Mas, para essa aplicação, geralmente são utilizadas as polpas, sobrando as cascas e amêndoas. Essas partes do fruto ainda possuem muitos compostos antioxidantes, que podem ser estudados para diferentes aplicações.

Para o desenvolvimento do trabalho, foram utilizadas duas técnicas de extração. O processo por sistema de refluxo, não atingiu a eficiência requerida, necessitando a mudança para o processo de extração por imersão. O método de extração por refluxo para os frutos de palmeiras de tucumã, bacaba e inajá não foram eficientes, pois produziram pouco extrato com a utilização de grande quantidade de matéria prima. Por isso, para a obtenção dos extratos, foi utilizado o método por imersão, que mostrou eficiência e resultou na utilização direta do metanol na produção do biodiesel.

Com a utilização de extração por imersão, é necessário que no processo subsequente seja retirada a maior quantidade de umidade possível. A presença de água no biocombustível compromete a queima nos motores e aumenta a possibilidade do aparecimento de outros subprodutos do processo de obtenção do biodiesel, tais como sabões.

Para outros estudos e possível depósito de propriedade industrial, outros fatores também podem ser avaliados, tais como, diluição, quantidade de casca e polpa utilizada e estágio de maturação do fruto. Com esses estudos, a aplicação pode estendida para outras áreas, tais como a farmacêutica e de

cosméticos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O biodiesel produzido a partir do óleo de soja com e sem os extratos naturais e sintéticos, pode ser obtido com eficiência, pois os extratos não possuíam (ou possuíam pouca) impurezas. Todas as amostras preparadas para as análises, apresentaram todas as características de um biodiesel de qualidade, com pouco subproduto, que pode ser retirado apenas pela filtração simples por gravidade.

As análises de índice de acidez, por 12 dias consecutivos, mostraram que o biodiesel puro se degradou mais facilmente que as amostras que continham antioxidantes naturais ou sintéticos. As amostras que se destacaram foram as que continham extrato de tucumã, podendo este, a partir dessas análises, ser promissor para a aplicação como aditivo antioxidante para o biodiesel.

Os resultados de estabilidade oxidativa, apresentaram tempo de indução maior que o estabelecido pela norma somente nas amostras que continham extrato de tucumã, e juntamente com os resultados de análises complementares mostraram, novamente, que o extrato desse fruto, ou partes do fruto, podem ser utilizados como antioxidante para o biodiesel. Assim, a inovação foi patenteada como modelo de utilidade.

APOIO FINANCEIRO

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica – PIBICT/ IFRR e Fomento para o Desenvolvimento de Pesquisa Aplicada e de Inovação por meio de Grupos de Pesquisa – GP INOVAÇÃO/IFRR.

REFERÊNCIAS

ALVES, G.J.T. **Aditivo natural antioxidante a partir do extrato do fruto de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) para uso em biodiesel**. BR 2020180098760, 15 mai. 2018. 12p.

ANDRADE, A.G.F.; CARAMIT, R.P.; ARAÚJO, T.A.; VIANA, L.J.; SOUZA, J.B.G.; TRINDADE, M.A.G.; FERREIRA, V.S. Otimização de diferentes

procedimentos de preparo de amostras: aplicação na extração de antioxidantes presentes em biodiesel. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry**, v. 7, n. 2, p. 87-98, 2015.

ANP. Resolução nº 45, de 25 de agosto de 2014. **Regulamento técnico para a especificação e controle de qualidade do biodiesel a ser comercializado pelos diversos agentes econômicos autorizados em todo o território nacional**. Diário Oficial União. 2014.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

Biodiesel. Disponível em:

<<http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis/biodiesel>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Perfil nacional de matérias-primas consumidas para a produção de biodiesel**. Disponível em:

<http://www.anp.gov.br/images/PROD_FORN_BIOCOMBUSTIVEIS/Biodiesel/Processamento_de_materias-primas.xlsx>. Acesso em: 10 ago. 2019.

ANTUNES Jr., A.U.; SILVA, A.S.; CARVALHO, M.W.N.C.; PEREIRA, K.R.O. Armazenamento, estabilidade oxidativa e caracterização do biodiesel metílico de soja. **Scientia Plena**. v. 13, n. 3, 2017.

BOSCHEN, N.L.; TAKATA, N.H.; ALVES, G.J.T.; MAIA, G.A.R.; D'ELIA, E.; RODRIGUES, P.R.P. Study on the use of natural antioxidant of soybean biodiesel. In: MÉNDEZ-VILAS, A. **Materials and Technologies for Energy Efficiency**. Boca Raton, Florida: Brown Walker Press, p. 33-36, 2015.

BRASIL. LEI n. 11.097, de 13 de jan. de 2005. **Introdução do biodiesel na matriz energética brasileira**, Brasília, DF, jan 2005.

CNPE – Resolução nº 16, de 29 de outubro de 2018. **Dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional**. Diário Oficial União. 2018.

CREMONEZ, P.A.; FEROLDI, M.; OLIVEIRA, C.J.; TELEKEN, J.G.; MEIER, T.W.; DIETER, J.; SAMPAIO, S.C.; BORSATTO, D. Oxidative stability of biodiesel blends derived from different fatty materials. **Industrial Crops and Products**, v. 89, p. 135- 140, 2016.

DEVI, A.; DAS, V.K.; DEKA, D. Evaluation of the effectiveness of potato peel extract as a natural antioxidant on biodiesel oxidation stability. **Industrial Crops & Products**, n. 123, p. 454-460, 2018.

FERRARI, R.A.; SOUZA, W.L. Avaliação da estabilidade oxidativa de biodiesel de óleo de girassol com antioxidantes. **Química Nova**, v. 32, n. 9, p. 106-111, 2009.

GERIS, R.; SANTOS, N.A.C., AMARAL, B.A.; MAIA, I.S.; CASTRO, V.D.; CARVALHO, J.R.M. Biodiesel de Soja – Reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1369–1373, 2007.

GIL-LALAGUNA, N.; BAUTISTA, A.; GONZALO, A.; SÁNCHEZ, J.L.; ARAUZO, J. Obtaining biodiesel antioxidant additives by hydrothermal treatment of

lignocellulosic bio-oil. **Fuel Processing Technology**, n. 166, p. 1-7, 2017.

GOOGLE MAPAS. Disponível em: <maps.google.com>. Acesso em: 10/08/2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

ITO, N.; FUKUSHIMA, S.; TSUDA, H. Carcinogenicity and modification of the carcinogenic response by BHA, BHT, and other antioxidants. **Critical Review Toxicology**, v. 15, n. 2, p. 50-109, 1985.

KUMAR, D.; SINGH, B. Tinospora cordifolia stem extract as an antioxidant additive for enhanced stability of Karanja biodiesel. **Industrial Crops & Products**, n. 123, p. 10-16, 2018.

MIRANDA, I.P.A.; RABELO, A.; BUENO, C.R.; BARBOSA, E.M.; RIBEIRO, M.N.S. **Frutos de palmeiras da Amazônia**. Manaus: MCT INPA, 2001.

OLIVEIRA, F.C.C.; SUAREZ, P.A.Z.; SANTOS, W.L.P. Biodiesel: Possibilidades e Desafio. **Química Nova na Escola**, n. 28, p. 3-8, 2008.

OLIVEIRA, R.S.; SILVA, E.A.; RODRIGUES, P.R.P.; SOUZA, S.N.M. Avaliação da ação antioxidante de produtos naturais no biodiesel B100 (Glycine max). **Engevista**, v. 16, n. 3, p. 410-419, 2014.

RAMOS, L.P.; KOTHE, V.; CÉSAR-OLIVEIRA, M.A.F.; MUNIZ-WYPYCH, A.S.; NAKAGAKI, S.; KRIEGER, N.; WYPYCH, F.; CORDEIRO, C.S. Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, 2017.

ROMAGNOLI, E.S.; BORSATO, D.; SILVA, L.R.C.; CHENDYNSKI, L.T.; ANGIELLI, K.G.; CANESIN, E.A. Kinetic parameters of the oxidation reaction of commercial biodiesel with natural antioxidant additives. **Industrial Crops & Products**, n. 125, p. 59-64, 2018.

SOUSA, L.S.; MOURA, C.V.R.; OLIVEIRA, J.E.; MOURA, E.M. Use of natural antioxidants in soybean biodiesel. **Fuel**, v. 134, p. 420-428, 2014.

VALENGA, M.G.P.; BOSCHEN, N.L.; RODRIGUES, P.R.P.; MAIA, G.A.R. Agro-industrial waste and Moringa oleifera leaves as antioxidants for biodiesel. **Industrial Crops & Products**, n. 128, p. 331-337, 2019.

VARATHARAJAN, K.; PUSHPARANI, D.S. Screening of antioxidant additives for biodiesel fuels. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 2017-2028, 2017.