



Contemporânea

Contemporary Journal
3(10): 17352-17370, 2023
ISSN: 2447-0961

Artigo

OBTENÇÃO DE BIODIESEL METÍLICO A PARTIR DA TRANSESTERIFICAÇÃO *IN SITU* DAS SEMENTES DE CUMBARU (*Dipteryx alata* Voguel)

OBTAINING METHYLIC BIODIESEL FROM *IN SITU*
TRANSESTERIFICATION OF CUMBARU (*Dipteryx alata*
Voguel)

DOI: 10.56083/RCV3N10-040

Recebimento do original: 01/09/2023

Aceitação para publicação: 05/10/2023

Isabel Matos Fraga Cunha

Mestra em Engenharia Química

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso (IFMT) – Campus Cáceres Professor Olegário Baldo

Endereço: Avenida Europa, 3000, Vila Real, Cáceres – MT, CEP: 78201-382

E-mail: isabel.fraga@ifmt.edu.br

Keyte Lorrany França de Brito

Tecnóloga em Biocombustíveis

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso (IFMT) – Campus Cáceres Professor Olegário Baldo

Endereço: Avenida Europa, 3000, Vila Real, Cáceres – MT, CEP: 78201-382

E-mail: keyte.brito@estudante.ifmt.edu.br

Marli de Amorim Silva

Tecnóloga em Biocombustíveis

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso (IFMT) – Campus Cáceres Professor Olegário Baldo

Endereço: Avenida Europa, 3000, Vila Real, Cáceres – MT, CEP: 78201-382

E-mail: marli.silva@estudante.ifmt.edu.br

RESUMO: Dentre tantas matérias primas alternativas para a produção de biodiesel, o cerrado mato-grossense, especificamente no município de Cáceres-MT, conta com a presença marcante em sua vegetação, da espécie *Dipteryx alata* Voguel, popularmente conhecida como Cumbaru, rica em teor oleaginoso. No Brasil, a metodologia mais utilizada para a produção de



biodiesel é a reação de transesterificação alcalina convencional, que requer um processo prévio de extração e tratamento de óleo. Esse processo além de ser caro e demandar muito tempo, requer a utilização de solventes apolares como o hexano. O presente estudo tem como objetivo a obtenção de biodiesel metílico a partir da transesterificação *in situ* das sementes de Cumbaru (*Dipteryx alata* Voguel) a fim de diminuir o tempo e custos de produção e eliminar a utilização de solventes no processo. Foram obtidos o biodiesel *in situ* e para efeito de comparação, foi obtido também o biodiesel de cumbaru de maneira tradicional. Foi possível observar nesse estudo que o biodiesel obtido a partir da transesterificação *in situ* das sementes de cumbaru (BCIN) apresentou-se dentro dos padrões da ANP, já o biodiesel de cumbaru obtido pela metodologia tradicional, forneceu um produto fora dos padrões e que não pode ser comercializado. O processo de transesterificação *in situ* mostrou-se altamente promissor para as sementes de cumbaru.

PALAVRAS-CHAVE: *In situ*, Biodiesel, Cumbaru.

ABSTRACT: Among many alternative raw materials for the production of biodiesel, the Mato Grosso savannah, specifically in the municipality of Cáceres-MT, has the striking presence in its vegetation, of the species *Dipteryx alata* Voguel, popularly known as Cumbaru, rich in oleaginous content. In Brazil, the most widely used methodology for the production of biodiesel is the conventional alkaline transesterification reaction, which requires a previous process of oil extraction and treatment. This process, in addition to being expensive and time-consuming, requires the use of nonpolar solvents such as hexane. The present study aims to obtain methyl biodiesel from the *in situ* transesterification of Cumbaru (*Dipteryx alata* Voguel) seeds in order to reduce production time and costs and eliminate the use of solvents in the process. Biodiesel was obtained *in situ* and for comparison purposes, cumbaru biodiesel was also obtained in a traditional way. It was possible to observe in this study that the biodiesel obtained from the *in situ* transesterification of cumbaru seeds (BCIN) was within the ANP standards, while the cumbaru biodiesel obtained by the traditional methodology, provided a product outside the standards and that cannot be marketed. The *in situ* transesterification process showed high promise for cumbaru seeds.

KEYWORDS: *In situ*, Biodiesel, Cumbaru.



Artigo está licenciado sob forma de uma licença
Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.



1. Introdução

A busca por combustíveis alternativos vem ganhando destaque nas últimas décadas. A substituição dos combustíveis fósseis tem sido motivada por fatores ambientais, econômicos e sociais, uma vez que toda a sociedade depende de seu uso. Nesse contexto, uma alternativa que se tem destacado é o uso de biocombustíveis.

Os biocombustíveis têm sido amplamente investigados, pois podem contribuir para a redução das emissões de CO₂. O dióxido de carbono absorvido pelas plantas durante o crescimento da biomassa é equivalente à quantidade produzida quando o combustível for devolvido para a atmosfera. Esse processo permite que esse biocombustível receba a condição de carbono neutro durante o seu ciclo de vida (ARAÚJO, 2014).

Dentre tantos biocombustíveis já desenvolvidos hoje, o biodiesel destaca-se e tem alcançado grande crescimento mundial. O biodiesel é definido como combustível derivado de biomassa renovável, capaz de substituir total ou parcialmente o diesel de petróleo em motores do ciclo diesel (ANP, 2014). No Brasil, o biodiesel é obtido basicamente a partir da reação de transesterificação de óleos vegetais, onde um óleo vegetal ou gordura animal, reage com um álcool de cadeia curta na presença de um catalisador ácido ou básico (GERIS et al., 2007).

Muitas são as matérias primas que podem ser utilizadas na síntese de biodiesel, visto que por definição toda substância que contém óleos em sua composição pode ser usada para a produção de biodiesel. Óleos extraídos de uma vasta variedade de oleaginosas, gorduras animais, óleos residuais oriundos de setores alimentícios, lodo de caixa de gordura, entre outros, vem sendo estudados como fontes alternativas para suprir a indústria de biodiesel. As primeiras oleaginosas a serem investigadas como matéria prima para síntese de biodiesel foram sebo bovino, algodão, canola, milho, palma, mamona, pinhão manso, crambe dentre outros.



O Brasil é privilegiado, pois possui grande extensão territorial com condições e clima favoráveis ao cultivo de biomassa, tornando-o potencial para liderar a produção de oleaginosas e de biodiesel. Apesar do grande potencial para produção de biodiesel a partir de diversas oleaginosas, a produção ainda está centralizada no óleo de soja seguida de sebo bovino (ANP, 2010). No entanto, o alto preço da soja, o crescimento da demanda de biodiesel e as dificuldades encontradas para o processamento do sebo bovino, torna necessária a busca por novas matérias primas, capazes de desvincular a dependência do setor de produção de biodiesel, da cultura da soja.

Nos cerrados brasileiros, existem inúmeras variedades de sementes que podem conter teores de óleo significativos para a produção de Biodiesel. O município de Cáceres-MT, conta com a presença marcante em sua vegetação, da espécie *Dipteryx alata* Vogel, popularmente conhecida como Cumbaru. A utilização do óleo contido nas sementes já vem sendo investigada por diversos autores e os resultados apontam para uma matéria prima alternativa na produção de biodiesel com elevado potencial e alto teor oleaginoso.

Muitas cooperativas, tem se servido dessa espécie que tem alavancado a agricultura familiar na região centro oeste. No município de Cáceres MT, não é diferente, a Associação regional das produtoras extrativistas do pantanal- ARPEP, tem se destacado no beneficiamento das sementes para diversos fins alimentícios.

No Brasil, a metodologia mais utilizada para a produção de biodiesel é a reação de transesterificação alcalina convencional. Essa rota demanda um processo prévio de extração e tratamento de óleo, que além de ser caro e demandar tempo, requer a utilização de solventes apolares como o hexano. A fim de diminuir o tempo e custos de produção, uma metodologia de transesterificação que tem chamado a atenção é a transesterificação *in situ*, onde as sementes com teor oleaginoso são trituradas e inseridas diretamente



no meio reacional, como matéria prima na síntese de biodiesel, desse modo, as etapas de extração e refino dos óleos é completamente eliminada (GAMA; SAN GIL; LACHTER, 2010).

Esse método utiliza como matéria prima os produtos agrícolas originais e eliminam completamente o processo de extração com solventes orgânicos, podendo ser aplicado a qualquer material contendo lipídios. Sem a utilização de solventes orgânicos, a preocupação com o descarte de resíduos é evitada.

Diante do exposto, esse trabalho teve como objetivo a aplicação da metodologia de transesterificação *in situ* para obtenção de biodiesel metílico utilizando como matéria prima as sementes de Cumbaru (*Dipteryx alata* Voguel) coletados no município de Cáceres MT.

A combinação da tecnologia de transesterificação *in situ* com a utilização de uma matéria prima alternativa (cumbaru), faz desse estudo um marco importante para contornar as limitações dos métodos de obtenção de biodiesel da indústria brasileira, bem como diminuem a dependência da soja, lançando mão de uma nova matéria prima, abundante no estado do Mato Grosso, impulsionando a economia local e diminuindo os custos e tempo de produção.

2. Metodologia

As sementes de trituradas de cumbaru foram adquiridas da associação das produtoras extrativistas do pantanal e foram utilizadas como recebidas. Foram utilizados nesse projeto, 6 kg de sementes, todas foram homogeneizadas e conduzidas ao processo de extração para avaliação do rendimento em óleo das sementes.

Para o processo de extração, utilizou-se o método Soxhlet, que consistiu na pesagem de aproximadamente 150 gramas de sementes trituradas, estas foram colocadas em cartucho e encaminhadas ao extrator. Foram montados três sistemas de extração, utilizando 600 mL de hexano



separadamente. O processo de extração ocorreu em refluxo durante o período de 8 horas.

Ao final de oito horas, a mistura hexano/óleo foi conduzida ao evaporador rotatório da marca, para recuperação do solvente. O evaporador rotatório é um equipamento composto basicamente por uma bomba a vácuo, condensador, cuba, sistema de rotação e depósito de água gelada. A separação baseia-se na diferença de ponto de ebulição entre solvente e óleo. No caso do hexano a temperatura variou de 75 °C a 85 °C, já o éter de petróleo começou a evaporar a partir dos 65°C. Assim que atinge sua temperatura de ebulição, o solvente é evaporado, este condensa quando entra em contato com o condensador e é armazenado em um balão logo abaixo. Ao final do processo obteve-se o solvente recuperado e o óleo de cumbaru. O óleo extraído em triplicata foi conduzido separadamente à estufa onde permaneceu por 24 h para retirada de traços de solvente. O rendimento de cada óleo obtido, foi calculado a partir da equação 1.

$$\frac{Mm}{Mb_{\text{cheio}} - mb_{\text{vazio}}} \times 100\% = X \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

Mm: Quantidade de matéria-prima em gramas;
Mb_{cheio}: Massa do bécher cheio de óleo em gramas;
mb_{vazio}: Massa do bécher vazio em gramas;
X: porcentagem de óleo extraído em relação à massa de semente.

Após o processo de extração e cálculo do rendimento em óleo, os óleos obtidos foram homogeneizados e conduzidos à etapa de caracterização de suas propriedades físico-químicas. As análises foram realizadas em triplicatas. Foram verificadas as propriedades de: Índice de acidez, Porcentagem de ácidos graxos, Densidade, Índice de saponificação, Índice de peróxido, Índice de éster, Peso molecular e Índice de iodo.



As análises de índice de acidez (AC) foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Moretto e Fett, (1998). O procedimento consiste em colocar duas gramas da amostra em um erlenmeyer adicionando-se em seguida 25 mL de solução de éter etílico: etanol (2:1) para esse recipiente, agitando-se vigorosamente e adicionando-se a seguir duas gotas de solução alcoólica de fenolftaleína a 1%, e, por fim, titulando-se com solução aquosa de hidróxido de sódio 0,1 N até viragem do indicador de incolor para uma tonalidade rósea. O cálculo da acidez foi determinado pela equação 2.

$$IA = \frac{V \cdot F \cdot 5,61}{P} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

IA: é o índice de acidez;
F: é o fator de correção da solução de NaOH;
V: é o volume de NaOH gasto para titular a amostra;
5,61: é o equivalente grama do KOH;
P: é o número de gramas da amostra.

A determinação da porcentagem de ácidos graxos livres foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Moretto e Fett (1998). O cálculo da porcentagem de ácidos graxos livres foi determinado pela equação 3.

$$AGL = \frac{V \cdot F \cdot 28,2}{P} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

AGL: Porcentagem de ácidos graxos livres em cada amostra;
V: número de mL de solução de hidróxido de sódio a 0,1 N gasto na solução;
F: fator de correção da solução de hidróxido de sódio;
P: número de gramas da amostra.



A determinação do índice de saponificação (IS) foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Moretto e Alves, (1986). Cerca de 2g de óleo foram adicionados em um balão de fundo chato, juntamente com 40 mL de uma solução alcoólica de KOH (4%). Após completa homogeneização, a mistura foi aquecida sob refluxo, durante 30 minutos a fim de facilitar a reação de saponificação. Após a completa saponificação a solução fria foi titulada com ácido clorídrico a 0,5N, utilizando-se como indicador a fenolftaleína. O IS de cada óleo foi obtido a partir da equação 4.

$$IS = \frac{(V_b - V_a) \cdot F \cdot 28,05}{P} \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

V_a: volume de HCl (0,5 N) gasto na titulação da amostra;
V_b: volume de HCl (0,5 N) gasto na titulação do branco;
F: fator de correção do ácido clorídrico;
28,05: equivalente grama do KOH (56 g / mol);
P: peso da amostra em gramas.

A determinação do índice de éster (IE) foi feita a partir dos resultados obtidos do índice de acidez (IA) e índice de saponificação (IS), previamente calculados. O cálculo do índice de éster foi determinado pela equação 5 (MORETTO; ALVES, 1986).

$$IE = IS - IA \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

IE- Índice de éster;
IA- Índice de acidez;
IS- Índice de saponificação.



A determinação da densidade do óleo extraído, foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Moura, (2010).

O peso molecular do óleo de soja foi calculado de acordo com a metodologia descrita por Almeida (2010), após os dados de índice de saponificação obtido, utilizando a equação 6.

$$PM_{\text{médio}} = \frac{I.S}{I.S} \quad \text{Equação (6)}$$

O índice de iodo de um biodiesel é a medida do seu grau de insaturação e é expresso em termos do número de centigramas de iodo absorvido por grama da amostra (% iodo absorvido). A determinação do índice de iodo foi realizada com a adição de 0,25 g de amostra a um frasco erlenmeyer de 500 ml com tampa juntamente com 10 ml de hexano. O mesmo procedimento foi feito para a determinação em branco (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). O índice de iodo foi determinado a partir da equação 7.

$$\text{ÍNDICE DE IODO} = \frac{(V_B - V_A) \times F \times N \times 12,69}{P} \quad \text{Equação (7)}$$

Onde:

N = normalidade da solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;
 V_B = ml gasto na titulação do branco;
 V_A = ml gasto na titulação da amostra;
P = n° g da amostra.

O índice de peróxido de uma amostra é a medida do conteúdo de oxigênio reativo em termos de miliequivalentes de oxigênio por 100g de gordura. O método determina em moles por 1000g de amostra, todas as substâncias que oxidam o iodeto de potássio. O índice de peróxido Meg/100g é calculado a partir da equação 8 (MORETO; FETT, 1998).



$$IP = \frac{(A-B) \times N \times f \times 1000}{P}$$

Equação (8)

Onde:

A = nº de mL da solução de tiosulfato de sódio 0,1 (ou 0,01 N) gasto na titulação da amostra;

B = nº de mL da solução de tiosulfato de sódio 0,1 (ou 0,01 N) gasto na titulação do branco;

N = normalidade da solução de tiosulfato de sódio;

f = fator da solução de tiosulfato de sódio;

P = nº de g da amostra.

Após a caracterização do óleo, foi realizada uma transesterificação do mesmo, para efeitos de comparação com o biodiesel obtido a partir do processo *in situ*.

O biodiesel de cumbaru convencional (BCC) foi obtido seguindo a metodologia descrita por Geris et al., (2007). Para a síntese do BCC, primeiramente foi produzida a solução catalítica de metóxido de potássio adicionando-se 50 mL de metanol em 1 g de hidróxido de potássio (KOH). Após completa dissolução, a mistura foi então vertida em 100 mL de óleo de Cumbaru que se encontrava a temperatura de 60°C. A mistura foi mantida sob agitação constante na faixa de temperatura de 60-70°C durante o período de 1 hora.

Após o tempo reacional, a mistura foi transferida para um funil de separação para separação das fases biodiesel e glicerina. Após 24 h de repouso o biodiesel obtido foi então lavado com ácido clorídrico 5%, solução de cloreto de sódio saturada e água destilada até que seu pH ficasse neutro. Após neutralização do pH, o BCC foi desidratado com sulfato de sódio anidro e conduzido a etapa de caracterização físico-química. A caracterização do BCC se deu em termos de sua densidade, seu índice de acidez, seu índice de peróxido, seu índice de saponificação, seu índice de éster e seu índice de iodo. Todas essas análises foram realizadas de acordo com a mesma



metodologia usada na caracterização do óleo, citada anteriormente (MORETO; FETT, 1998; MOURA, 2010).

Após síntese do biodiesel de cumbaru a partir da transesterificação do óleo extraído, foi dado início à transesterificação *in situ* das sementes de cumbaru (BCIS). A reação foi realizada na razão molar 1:135 álcool/óleo. Inicialmente foi preparada a mistura catalítica onde, em um bécher contendo 1,6 g de hidróxido de sódio (NaOH) foram adicionados, 270 ml de metanol. A mistura foi agitada até completa solubilização. Posteriormente a mistura catalítica foi adicionada à um balão de fundo chato de 500 mL contendo 100 g de sementes de cumbaru moídas. A reação foi conduzida sob refluxo durante um período de 3h, à temperatura de refluxo do metanol, e sob agitação constante (QIAN et al., 2008).

Decorrido o tempo reacional a mistura foi conduzida à etapa de separação de fases em funil de decantação. A fase superior (mistura de biodiesel, metanol e glicerina) foi retirada por meio de pipeta e a fase inferior (torta de cumbaru) foram secas em estufa e depois descartadas. A fase contendo mistura de biodiesel, metanol e glicerina, foi então conduzida ao evaporador rotatório para retirada do excesso de metanol não reagido. Após a separação do metanol, o mesmo agora recuperado foi armazenado para reutilização para outras finalidades.

A mistura contendo biodiesel e glicerina foi então conduzida ao funil de separação para separação de fases biodiesel (superior) e glicerina (inferior). Após 24 h de repouso o biodiesel (BCIS) obtido foi então lavado com ácido clorídrico 5%, solução de cloreto de sódio saturada e água destilada até que seu pH ficasse neutro. Após neutralização do pH, o BCIS foi desidratado com sulfato de sódio anidro e conduzido a etapa de caracterização físico-química. A caracterização do BCIS se deu em termos de sua densidade, seu índice de acidez, seu índice de peróxido, seu índice de saponificação, seu índice de éster e seu índice de iodo. Todas essas análises foram realizadas de acordo



com a mesma metodologia usada na caracterização do óleo, citada anteriormente (MORETO; FETT, 1998; MOURA, 2010).

Os rendimentos de ambos os biodieseis também foram calculados, a partir da equação 9.

$$\frac{V_{\text{óleo utilizado}}}{V_{\text{biodiesel obtido}}} = \frac{100\%}{X} \quad \text{Equação (9)}$$

Onde:

$V_{\text{óleo utilizado}}$ = Volume de óleo adicionado para transesterificação;

$V_{\text{biodiesel obtido}}$ = Volume de biodiesel obtido após lavagem e purificação.

3. Resultados e Discussão

Após a extração do óleo extraído, foi realizada a avaliação do teor de óleo das sementes, os resultados são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Resultados da avaliação do teor oleaginoso das sementes de Cumbaru.

Amostras de sementes	Teor de óleo	Teor médio
Amostra 1	20,60 %	21,02%
Amostra 2	20,88%	
Amostra 3	21,93%	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Observando os valores da tabela 1, pode se verificar que a semente de Cumbaru obteve um valor médio de 21,02% em óleo. Esse resultado mostra que um alto teor oleaginoso em comparação ao óleo da soja, oleaginosa mais utilizada atualmente para produção de biodiesel, que varia de 18 a 19% (LIMA, 2005).

O óleo de Cumbaru foi caracterizado de acordo com os parâmetros de Índice de acidez (IA), Índice de Iodo (I_{odo}), Índice de peróxidos (IP), densidade (d), índice de saponificação (IS), porcentagem de ácidos graxos



(%AGL), índice de ésteres (IE) e Peso molecular (PM). Os resultados dessa caracterização são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Resultados da avaliação dos parâmetros físico-químicos do óleo de Urucum.

Parâmetros Avaliados	Óleo de Cumbaru
IA (mg KOH/g)	0,99
d (Kg/m ³)	0,93
% AGL (%m/m)	2,68
IS	202,50
IP (m _{eq} /Kg)	9,69
I _{iodo} (g de I ₂ / 100g)	9,55
PM (g/mol)	829,62
IE	201,51

Fonte: Elaborado pelos autores.

Observando os valores da tabela 2 pode-se verificar que o índice de saponificação médio do óleo é de 213,48, esse valor encontra-se muito próximo aos valores de IS encontrados na literatura para os óleos de soja e sebo bovino, que atualmente são as matérias primas mais utilizadas na síntese do biodiesel.

O valor encontrado no presente estudo para a densidade do óleo de urucum foi de 0,93 g/cm³. A densidade está diretamente ligada com a estrutura molecular de um composto. Quanto maior o comprimento da cadeia carbônica, maior será a densidade, no entanto, este valor decrescerá quanto maior forem o número de insaturações presentes na molécula. A presença de impurezas também poderá influenciar na densidade (LOBO; FERREIRA; CRUZ, 2009).

O peso molecular encontrado para o óleo foi de 829,62 g/mol, esse resultado aponta para uma menor viscosidade do óleo o que facilita as reações de transesterificação. Quanto maior for o peso molecular de um óleo, menor vai ser a quantidade de insaturações presente no mesmo.

O valor de Índice de Iodo encontrado para o óleo de urucum nesse estudo, foi de 9,55 I₂/ 100g. O índice de iodo, também conhecido como número de iodo é um índice de qualidade com o qual se mede o grau de



instauração, ou seja, as quantidades de ligações insaturadas de um óleo ou gordura (LEAL, 2008) Os valores encontrados nesse trabalho mostram que o óleo possui baixo grau de instauração (MATOS et al., 1992).

O índice de peróxido encontrado para o óleo de cumbaru foi de 9,69 m_{eq}/kg . O Índice de peróxido (IP) indica o grau de oxidação do óleo e até que ponto a oxidação progrediu. No processo de oxidação, os peróxidos podem participar das reações de decomposição e formação de novos radicais livres, necessitando de um catalisador, que pode ser a energia luminosa ou a presença de metais. É a medida do conteúdo do oxigênio reativo em termos de miliequivalentes de oxigênio por 100g de gordura (MORETO; FETT, 1998).

Para as análises de % AGL, o óleo de cumbaru apresentou um valor de 2,68 %, esse valor é adequado quando se trata de matérias primas para serem empregadas na síntese de biodiesel por transesterificação alcalina (rota atualmente utilizada em toda a indústria). De acordo com Serra (2010), para submeter um óleo a transesterificação alcalina é preciso que este apresente um valor de ácido graxo livre menor que 3%, já que a porcentagem de ácido graxo está intimamente relacionada ao índice de acidez e quanto mais elevado for índice de acidez do óleo, menor é a eficiência da conversão, pois certamente ocorrerá a formação do sabão.

Nesse estudo, foram obtidos dois diferentes tipos de biodiesel de cumbaru, o primeiro foi obtido a partir da transesterificação convencional do óleo extraído das sementes de cumbaru (BCC). O segundo foi obtido a partir da transesterificação *in situ* das sementes de cumbaru (BCIN). O BCC foi produzido e avaliado para efeitos de comparação. Os resultados da caracterização dos biodieseis são apresentados na tabela 3.



Tabela 3 – Caracterização Físico-química do biodiesel obtido a partir da transesterificação convencional do óleo extraído das sementes de cumbaru (BCC) e do biodiesel obtido a partir da transesterificação *in situ* das sementes de cumbaru (BCIN).

Parâmetros Avaliados	BCC	BCIN
IA (mg KOH/g)	1,15	0,50
d (Kg/m ³)	0,88	0,87
IP (m _{eq} /Kg)	4,61	5,85
I _{iodo} (g de I ₂ / 100g)	0,75	3,86
IE	202,63	207,51
Rendimento (%)	50%	30,43%

Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir da tabela 3, foi possível observar que o BCIN apresentou um índice de acidez dentro do estabelecido pela ANP que é de 0,5 mg KOH/g de biodiesel (ANP,2014). Um elevado índice de acidez indica que o óleo durante a reação de transesterificação, está sofrendo quebras em sua cadeia lipídica, liberando seus constituintes principais (ácidos graxos). A decomposição dos glicerídeos é acelerada pela ação da temperatura e da incidência de luz, sendo a acidez quase sempre acompanhada pela formação de ácidos graxos livres. Já o BCC apresentou um índice de acidez fora das especificações da ANP e por conta disso, não poderia ser comercializado. Todas as outras características se mostraram conforme para ambos os biodieseis. No entanto quando se trata de índice de acidez, o biodiesel conforme seria somente aquele obtido pela transesterificação *in situ*.

Esse comportamento pode estar relacionado ao processo em si, visto que para transesterificar o óleo diretamente, o mesmo pode sofrer quebras com alta temperatura e agitação, além do que o mesmo já apresentava uma acidez limite para transesterificação. Outro ponto a destacar é que o processo de extração pelo qual o óleo foi obtido (altas temperaturas) pode ter deixado o mesmo suscetível às rupturas na cadeia. O processo de transesterificação *in situ* das sementes de cumbaru, elimina o processo de extração, capaz de submeter o óleo a uma degradação prévia.

Esse estudo comprova então que a transesterificação *in situ* das sementes de cumbaru forneceu um biodiesel dentro dos padrões da ANP, já



a transesterificação do óleo extraído previamente, forneceu um biodiesel fora dos padrões e que não pode ser comercializado. O processo de transesterificação *in situ* se mostrou altamente promissor para as sementes de cumbaru.

4. Conclusões

Foi possível observar nesse estudo que o biodiesel obtido a partir da transesterificação *in situ* das sementes de cumbaru (BCIN) apresentou um índice de acidez dentro do estabelecido pela ANP que é de 0,5 mg KOH/g de biodiesel. Um elevado índice de acidez indica que o óleo durante a reação de transesterificação, está sofrendo quebras em sua cadeia lipídica, liberando seus constituintes principais (ácidos graxos). A decomposição dos glicerídeos é acelerada pela ação da temperatura e da incidência de luz, sendo a acidez quase sempre acompanhada pela formação de ácidos graxos livres. Já o biodiesel obtido a partir da transesterificação convencional do óleo extraído das sementes de cumbaru (BCC) apresentou um índice de acidez fora das especificações da ANP e por conta disso, não poderia ser comercializado. Todas as outras características se mostraram conforme para ambos os biodieseis. No entanto quando se trata de índice de acidez, o biodiesel conforme seria somente aquele obtido pela transesterificação *in situ*.

Esse comportamento pode estar relacionado ao processo em si, visto que para transesterificar o óleo diretamente, o mesmo pode sofrer quebras com alta temperatura e agitação, além do que o mesmo já apresentava uma acidez limite para transesterificação. Outro ponto a destacar é que o processo de extração pelo qual o óleo foi obtido (altas temperaturas) pode ter deixado o mesmo suscetível à rupturas na cadeia. O processo de transesterificação *in situ* das sementes de cumbaru, elimina o processo de extração, capaz de submeter o óleo a uma degradação prévia.



Esse estudo comprova então que a transesterificação *in situ* das sementes de cumbaru forneceu um biodiesel dentro dos padrões da ANP, já a transesterificação do óleo extraído previamente, forneceu um biodiesel fora dos padrões e que não pode ser comercializado. O processo de transesterificação *in situ* se mostrou altamente promissor para as sementes de cumbaru.



MORETTO, Eliane; e ALVES, Roseane Fett. Óleos e gorduras vegetais processamento e análises. Florianópolis. Ed. UFSC, 1986.

MORETTO, Eliane; FETT, Roseane. Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos. São Paulo, Ed. Varela, 149 p.1998.

MOURA, B. S. Transesterificação Alcalina de Óleos Vegetais Para Produção de Biodiesel: Avaliação Técnica e Econômica. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

QIAN, J. et al. In situ alkaline transesterification of cottonseed oil for production of biodiesel and nontoxic cottonseed meal. **Revista Bioresource Technology**, v.99, p. 9009–9012, 2008.

SERRA, Tatiana Maciel. **Desenvolvimento De Catalisadores A Base Deestanho (Iv), Para Produção De Ésteres Metílicos De Ácidos Graxos, Via Transesterificação E Esterificação.** 92 f. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.