

Reaproveitamento de resíduos da cadeia do biodiesel obtido a partir do óleo de palma (*elaeis guineensis*)

Oliveira, Nayra Morgana Lima de
Alves, Samara Cardoso
Dantas, Sara Bruna Sousa
Martins, Eláiny Cristina Alves

Resumo

Este artigo tem como objetivo avaliar a utilização dos resíduos oriundos da cadeia produtiva do biodiesel obtido a partir do óleo de palma. O aproveitamento dos resíduos oriundos da produção de biodiesel agregaria valor à cadeia produtiva e evitaria que eles se tornassem um passivo ambiental, por isso, a utilização integral do dendê é essencial para a sustentabilidade do negócio. Os dois principais resíduos deste processo são os materiais lignocelulósicos, como as toras e os cachos da palmeira, e a glicerina bruta, um resíduo que surge a partir da reação de transesterificação do óleo. Além destes dois resíduos, existem ainda as tortas, que surgem no processo de extração do óleo e são passíveis de serem utilizadas em processos com valor agregado.

Palavra – Chave: Biocombustível; Dendê; Oleaginosa; Glicerina Bruta.

Abstract

This article aims to evaluate the use of residues from the production chain of biodiesel obtained from palm oil. The use of residues from biodiesel production would add value to the production chain and prevent them from becoming an environmental liability, so the integral use of palm oil is essential for the sustainability of the business. The two main residues of this process are the lignocellulosic materials, such as the logs and bunches of the palm tree, and the crude glycerin, a residue that arises from the transesterification reaction of the oil. Besides these two residues, there are still the pies, which arise in the process of oil extraction and are likely to be used in processes with added value.

Key – Words: Biofuel; Palm oil; Oleaginous; Glycerin Gross.

Resúmen

Este artículo tiene como objetivo evaluar la utilización de los residuos provenientes de la cadena productiva del biodiesel obtenido a partir del aceite de palma. El aprovechamiento de los residuos procedentes de la producción de biodiesel agregaría valor a la cadena productiva y evitaria que se convirtiera en un pasivo ambiental, por lo que la utilización integral del dendê es esencial para la sostenibilidad del negocio. Los dos principales residuos de este proceso son los materiales lignocelulósicos, como los troncos y los racimos de la palmera, y la glicerina bruta, un residuo que surge a partir de la reacción de transesterificación del aceite. Además de estos dos residuos, existen aún las tortas, que surgen en el proceso de extracción del aceite y son pasibles de ser utilizadas en procesos con valor agregado.

Palabras – Clave: Biocombustibles; Aceite De Palma; Oleaginosa; Glicerina Bruta

INTRODUÇÃO

Os recursos não renováveis como petróleo e seus derivados e o carvão mineral, substituíram gradualmente as fontes renováveis que eram antigamente utilizadas. Esse evento é reflexo de um sistema baseado no consumo de combustíveis fósseis, ocorrendo de forma insustentável. Devido à questão energética ser irreversível, a mudança de matéria prima para uma fonte novamente renovável, tornou-se uma medida aceitável a curto, médio, e longo prazo com o desenvolvimento de pesquisas em tecnologias mais eficientes (MATA *et al.*, 2011).

A capitalização do petróleo tem sido cada vez mais discutida, devido aos fortes danos e riscos socioambientais. Dessa forma, a ideia de adoção de maneiras renováveis de energia consegue um novo patamar, a sustentabilidade. O Brasil apresenta inúmeras alternativas energéticas renováveis, pois é rico em biodiversidade, com uma vasta extensão de terras agricultáveis, além do clima favorável (BERGMANN *et al.*, 2016).

O biodiesel é um dos combustíveis renováveis mais importantes nos dias de hoje, se apresentando como uma tecnologia aplicável na substituição a um dos combustíveis derivados de petróleo, o diesel. Esse biocombustível é obtido pelo processo de transesterificação de óleos vegetais ou gordura animal com álcool de cadeia curta, na presença de um catalisador básico ou ácido. Por ser de origem vegetal, as emissões de CO₂, vindas da queima do biodiesel cooperam para o ciclo de carbono na natureza, uma vez que as plantas que o produziram consomem CO₂ no processo de fotossíntese (STATTMAN *et al.*, 2014).

Na fabricação do biodiesel são produzidos resíduos e co-produtos que devem ter algum fim, para que toda a cadeia de produção do biodiesel seja economicamente viável e sustentável. Os resíduos que se destacam são a torta ou farelos gerados na prensagem dos grãos para a obtenção do óleo, e também a glicerina obtida no processo de transesterificação (TSOUTSO *et al.*, 2016). Tem se desenvolvido formas de aproveitamento desses resíduos, com o objetivo de diminuir o impacto ambiental que eles poderiam trazer se fossem rejeitados de forma direta no meio ambiente. Mas não só pensando no meio ambiente, esta é uma maneira de se agregar ainda mais um valor econômico à cadeia de produção do biodiesel (STATTMAN *et al.*, 2014).

A palma (*Elaeis guineenses*) é uma palmeira de origem africana, conhecida por possuir maior produtividade de óleo por área cultivada, sendo até 10 vezes mais produtiva que a soja. Sua produção mundial tem se destacado em relação a óleos e gorduras, onde este é extraído por prensagem, sem o uso de solventes. Esta metodologia faz com que o óleo de palma seja categorizado como óleo natural. Neste contexto ele pode ser utilizado como matéria prima para a produção de biodiesel, com um caráter inovador e possibilidade de aproveitamento dos resíduos gerados na produção (GABRIEL, 2015).

Portanto este artigo tem como objetivo indicar as possíveis utilizações dos resíduos oriundos da cadeia produtiva do biodiesel, obtido a partir do óleo de palma.

BIODIESEL: CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS

O biodiesel refere-se a ésteres de ácidos gordos, originados de gorduras animais e óleos vegetais, podendo suprir totalmente ou parcial o óleo diesel derivado de fonte fóssil (GABRIEL, 2015). O biodiesel pode reduzir em 78% as emissões de gás carbônico em relação ao óleo diesel proveniente do petróleo. Também reduz em 90% as emissões de fumaça e acaba com as emissões de óxido de enxofre (TALEBI *et al.*, 2014).

A definição aceita no âmbito do Programa Brasileiro de Biocombustíveis, citada por Amorim (2005), diz: “Combustível obtido a partir de misturas, em diferentes proporções, de diesel e éster de óleos vegetais”. Óleos vegetais, gordura animal, óleos e gorduras residuais, são as matérias prima que podem ser utilizadas para produzir biodiesel (STATTMAN *et al.*, 2014).

Existem fontes alternativas para a extração do óleo vegetal, com potencial para a obtenção do biodiesel, dentre elas estão a baga de mamona, polpa de dendê, amêndoa do coco de babaçu, amêndoa do coco de dendê, semente de girassol, amêndoa do coco da praia, caroço de algodão, grão de amendoim, semente de canola, semente de maracujá, polpa de abacate, caroço de oiticica, semente de linhaça, semente de tomate e de nabo forrageiro. Em meio às gorduras animais, se sobressai o sebo bovino, os óleos de peixes, o óleo de mocotó, a banha de porco, entre outros (OMAZZONI *et al.*, 2014).

Em termos técnicos, o biodiesel é definido como um éster alquílico de ácidos graxos, obtidos da reação de transesterificação de qualquer com álcool de cadeia curta (metanol ou etanol). A transesterificação consiste na reação química de um óleo vegetal com um álcool, que pode ser etanol ou metanol, na presença de um catalisador ácido (HCl – ácido clorídrico) ou básico (NaOH - hidróxido de sódio). Como resultado, obtém-se o éster metílico ou etílico (biodiesel), conforme o álcool utilizado, e a glicerina (GABRIEL, 2015).

Cadeia produtiva do Biodiesel

Segundo a ANP (2016), a cadeia produtiva do biodiesel no Brasil tem como principal destaque a região Centro-Oeste com maior participação na produção concentrada na cultura da soja como principal fonte de matéria-prima. Para que as outras regiões comecem a ter participação efetiva sobre esta produção, pesquisas voltadas para novas fontes de matéria prima tem se mostrado efetivas para suprir a necessidade de, principalmente, óleo vegetal.

A tabela 1 apresenta algumas das culturas energéticas presentes no Brasil que podem ser utilizadas para a extração do óleo vegetal e a produção do biodiesel.

Tabela 1: Matérias Primas para o Biodiesel

Matéria-prima	Óleo presente (%)	Cultura	Rendimento em óleo (kg/ha)
Óleo de Palma	22	Permanente	2000-8000
Pinhão-Manso	38	Permanente	1200-1500
Coco	58-65	Permanente	1481
Babaçu	60	Permanente	120
Mamona	39.6-59.5	Anual	470-810
Amendoim	40-60	Anual	788
Girassol	40-47	Anual	774
Soja	18-21	Anual	560
Canola	34-40	Anual	570
Algodão	18-20	Anual	361

Fonte: Bergmann *et al.* (2013).

Algumas culturas são de regiões específicas, para que estas possam ser favorecidas e se desenvolvam se tornando participantes expressivos na cadeia produtiva do biodiesel. O babaçu, por exemplo, é uma oleaginosa de cultura permanente, que está presente na região Nordeste do Brasil, principalmente no estado do Maranhão. O óleo de mamona, amplamente estudado, foi indicado para ser um estímulo na região norte do estado de Minas Gerais (BERGMANN *et al.*, 2013).

O óleo de palma foi selecionado para aumentar a participação da região Norte na produção de biodiesel. Esta oleaginosa não conseguiu a evolução esperada no seu cultivo dos últimos anos. Segundo César e Batalha (2010) a falta de instrução dos agricultores e a baixa infraestrutura de armazenamento e transporte foram fatores cruciais para que esta oleaginosa não obtivesse o alto sucesso, mesmo com seu elevado rendimento de óleo por área de cultivo. Neste contexto, esta planta pode ser considerada uma alternativa para a produção do biodiesel, já que não compete com a alimentação, como é o caso da soja, e é uma cultura permanente (SANTOS, 2008).

Cultura do Dendê (*Elaeis guineensis*)

O dendezeiro (*Elaeis guineensis*) é uma palmeira de origem africana, sendo uma planta perene cultivada no Brasil desde o século XVII, inicialmente, implantada na Bahia e depois no Pará e em outros estados da Amazônia. O Pará, atualmente, é o maior produtor de óleo de palma do Brasil, concentrando 80% da sua área plantada com dendezeiros. Esta região representa quase 90% da produção total brasileira (PÁDUA, 2012).

O Pará possui o clima favorável para esta cultivar, proporcionando altos ganhos de produtividade. Porém por ser uma região que deve ser preservada a plantação de dendezeiros se torna menos favorável (REBELLO; COSTA, 2012).

Segundo Brasil, (2013) o óleo de palma se consolida como a maior produção de óleo no mundo. Sua produtividade média é estimada em cinco (05) toneladas por hectare, superando as demais oleaginosas cultivadas (SANTOS, 2008). Na safra 2014/2015, a produção mundial de óleo foi aproximadamente 62,35 milhões de toneladas (UNITED STATES, 2014).

Esta planta possui um sistema radicular fasciculado, e por esta característica consegue se adaptar a solos profundos, visto que a maior parte das suas raízes se encontra entre 20 e 60 cm, além de possuírem textura argilosa e uma boa drenagem (RAMALHO FILHO, 2010).

Devido sua característica monóica, o dendezeiro apresenta inflorescências masculinas e femininas na mesma planta, porém um dos sexos sempre permanece rudimentar com o desenvolvimento do outro, sendo influenciado pelas condições climáticas, visto que em períodos chuvosos caracterizam a formação de inflorescências femininas e as secas favorecem o desenvolvimento de inflorescências masculinas, ambas contendo milhares de flores (PÁDUA, 2012).

É uma palmeira grande com folhas pinadas, tendo um caule colunar solitário, com entrenós curtos. Possui espinhos curtos no pecíolo da folha e nos cachos. O cacho é formado pelos frutos que são os fornecedores de óleo na planta. O cacho do dendê tem forma ovóide, e seu peso médio pode variar de 15kg a 20kg, na idade adulta, em plantações industriais. O número médio de frutos por cacho é de aproximadamente 1.500, o que representa cerca de 60% a 70% do peso do cacho (REBELLO; COSTA, 2012; CORLEY; TINKER, 2003).

O fruto é uma drupa séssil de forma bastante variável que mede de dois (02) a cinco (05) cm de comprimento e pesa de 3 a 30 g. A formação de óleo na amêndoa inicia com cerca de 70 dias de formação do cacho e está completamente formado aos 120 dias. A síntese do óleo mesocarpo começa com cerca de 120 dias e continua até que o fruto se separe do cacho. A semente da palma é uma noz que é envolvida pelo mesocarpo e possui polpa oleosa que consiste

em um reservatório com uma, duas ou três amêndoas. Na maioria dos casos, as sementes contêm somente um núcleo, uma vez que dois dos três óvulos no ovário tricarpelar geralmente abortam. (CORLEY; TINKER, 2003).

Caracterização do óleo de Palma

O fruto da palmeira *E. guineensis* contém elevada quantidade de lipídios, contendo cerca de 73 % no mesocarpo e 32 % nas sementes (amêndoa). O óleo obtido do mesocarpo apresenta concentrações relativamente altas de ácidos graxos livres e pequenas quantidades de fosfolipídios em comparação com o óleo extraído das sementes, tendo como principal componente o triacilglicerol (REBELLO; COSTA, 2012).

O óleo de palma bruto é semi-sólido à temperatura de 25 a 30 °C, e devido a sua composição lipídica, o mesmo pode ser dividido em uma fração líquida (oleína) e uma fração mais sólida (estearina). A oleína de palma é a fração mais insaturada, com níveis mais elevados dos ácidos oléico (43-49 %) e linoléico (10-15 %), já a estearina de palma, contém mais ácidos graxos saturados, com o teor de ácido palmítico entre 47-74 %, enquanto que o ácido oléico varia 15-37 % (CORLEY; TINKER, 2003).

Segundo Lin (2011) a composição química do óleo de palma revela uma relação de quase 1:1 no teor de ácidos graxos saturados e insaturados, com alta porcentagem de monoinsaturados.

Análises químicas sobre o óleo de palma bruto determinaram a presença de 24 ácidos graxos, sendo 15 saturados (42,8%), onde os dois principais são o palmítico (C16:0) com 36,9% e o ácido esteárico (C18:0) com 4,68%, 7 monoinsaturados (45,73%), destacando - se o oleico (C18:1) com 45,29% do total, e 2 poliinsaturados (10,96%), o linoléico com o maior percentual 10,69 % e o linolênico com 0,27 % (BORA *et al.*, 2003).

Processo de Produção do Biodiesel

O processo para se produzir o biodiesel pode ser categoricamente dividido em duas partes principais, a obtenção do óleo (óleo vegetal / gordura animal) e o processo de transesterificação (reação química).

Extração do óleo de Palma

As extratoras de fruto de palma estão localizadas estrategicamente próximas as plantações com o objetivo de facilitar o transporte dos frutos até a indústria de extração, visto que pequenas lesões no fruto no ato da colheita até o armazenamento podem ativar enzimas (Lipases), que irão hidrolisar triacilgliceróis, ácidos graxos livres e glicerol (FRANK *et al.*, 2011).

Vários processos operacionais são utilizados para obter o produto acabado. Nos primeiros passos do processamento, há produção do óleo bruto que é extraído do mesocarpo do fruto, em seguida se realiza seu refino. Segundo a AGROPALMA (2014) as principais etapas do processo de extração são:

Esterilização - Os cachos de frutos são depositados em caixas de metal, sendo condicionados em esterilizadores horizontais com sistema de cocção por vapor direto a 2,5 – 3 kg/cm² de pressão. O tempo total de esterilização é de 90 minutos e tem como finalidades: inativar ação das enzimas; facilitar o desprendimento dos frutos do cacho; coagular proteínas, além de promover a separação das amêndoas do mesocarpo.

Debulhamento - Após a esterilização as caixas de metal contendo os cachos esterilizados alimentam o debulhador, equipamento responsável pela centrifugação, promovendo a separação dos frutos dos cachos.

Digestão e Prensagem - Os frutos liberados durante o debulhamento são transferidos para o digestor, equipamento formado por sistema de aquecimento com vapor indireto (90 a 100 °C) e braços agitadores, sua principal função é executar o rompimento do mesocarpo e das células oleíferas com o objetivo de facilitar a extração do óleo, o tempo total de digestão é de 30 minutos. Imediatamente após a digestão dos frutos a prensagem libera 53% de óleo, 7% de sólidos e 40% de fase aquosa e torta.

Clarificação e Purificação - A clarificação é realizada em tanques de decantação e centrífuga com três fases, incide no isolamento do óleo das impurezas, em seguida o óleo recuperado é purificado em centrífugas de pratos e seco a vácuo. O refino tem como objetivo remover elementos com efeitos deletérios na estabilidade, sabor, odor e cor do óleo de palma.

As principais etapas do refino que podem ser empregadas são:

Degomagem – adição de solução aquosa de ácido cítrico para remoção de fosfatídeos e metais; **Branqueamento** – adição de terra branqueante natural para adsorção das impurezas geradas na etapa de degomagem; **Desodorização/desacidificação** – Retirada dos ácidos graxos livres e compostos, oxidados por meio do desodorizador de coluna empacotada.

Reação de Transesterificação

O óleo vegetal obtido é um triacilglicerol, ou seja, três ácidos graxos ligados a uma molécula de glicerol. Para que este se torne o biodiesel e passe a ser usado como combustível, é

necessária a realização de uma reação que separe as três moléculas de ácido graxo da molécula de glicerol e os transforme em éteres. Esta reação é conhecida como transesterificação (MATA *et al.*, 2011).

A reação de transesterificação se baseia na estequiometria do alquil glicerol com um álcool, preferencialmente de cadeia curta, na presença de um catalisador, que pode ser homogêneo ou heterogêneo. O processo global de transesterificação de óleos vegetais é uma sequência de três reações reversíveis e consecutivas em que os mono e diacilgliceróis são os intermediários, e os ésteres e o glicerol são os produtos finais (CÉSAR; BATALHA, 2010).

Os principais álcoois utilizados são metanol e etanol, e os monoésteres são chamados respectivamente de metil e etil ésteres. Para que esta reação ocorra são necessários 3 moles de álcool para cada mol de triacilglicerol, porém na prática se utiliza um excesso de álcool para que se aumente o rendimento dos ésteres e se force a reação para a formação do produto final, permitindo a separação do glicerol formado (GABRIEL, 2015).

Na maioria dos casos se utilizam catalisadores homogêneos, como o NaOH ou KOH para catálises básicas, ou H₂SO₄ para catálises ácidas. Catalisadores heterogêneos também podem ser utilizados, como é o caso de enzimas específicas para esta conversão (MATA *et al.*, 2011).

Reaproveitamento dos Resíduos da produção de biodiesel

A produção de biodiesel a partir do dendê gera além de produtos, uma elevada quantidade de resíduos, tanto no campo quanto na usina. O processamento dos frutos do dendezeiro fornece em média os seguintes produtos e subprodutos: óleo de palma bruto 20%; óleo de palmiste 1,5%; torta de palmiste 3,5%; engaços 22%; fibras da prensagem do mesocarpo (torta de dendê) 12%; cascas 5%; e uma enorme quantidade de efluentes líquidos, denominado Palm Oil Mill Effluent (POME), além destes, uma grande quantidade de glicerina é gerada como resíduo na síntese do biodiesel (ROSA *et al.*, 2011).

Estes resíduos gerados no processo podem inicialmente se apresentar como um problema para a indústria, desta forma faz-se necessária a busca por processos que promovam a utilização dos mesmos, como forma de valorizar a cadeia produtiva do biodiesel. Visto que pode ocorrer uma elevação na geração destes resíduos a partir do aumento na produção de biodiesel e redução no consumo de combustíveis fósseis, diversos estudos estão sendo desenvolvidos para utilização destes resíduos para produção de diferentes produtos de valor agregado, tornando a indústria do biodiesel mais competitiva.

Em relação aos aspectos econômicos na utilização destes resíduos, as empresas devem se atentar ao custo dos processos, devido a necessidade de tratamento em alguns resíduos, o que

culmina em investimento de recursos, tanto para o uso quanto para o descarte. No aspecto social a utilização dos resíduos pode gerar atividades na pequena agricultura/pecuária pelo uso de composto e de torta de amêndoa. No lado sanitário/ambiental, a reciclagem ou tratamento dos resíduos diminui ou até elimina os riscos de poluição (FURLAN, 2006).

Biomassa Para Produção De Etanol (Lignocelulose)

A palma produz em massa, uma quantidade muito elevada de biomassa (fibras dos frutos, cachos, palha, folhas). Uma forma de promover agregação de valor a esse resíduo é aproveitar a fibra celulósica existente nessa biomassa residual, para a produção de bioetanol através de processos hidrolíticos e fermentativo (CARVALHO, 2009).

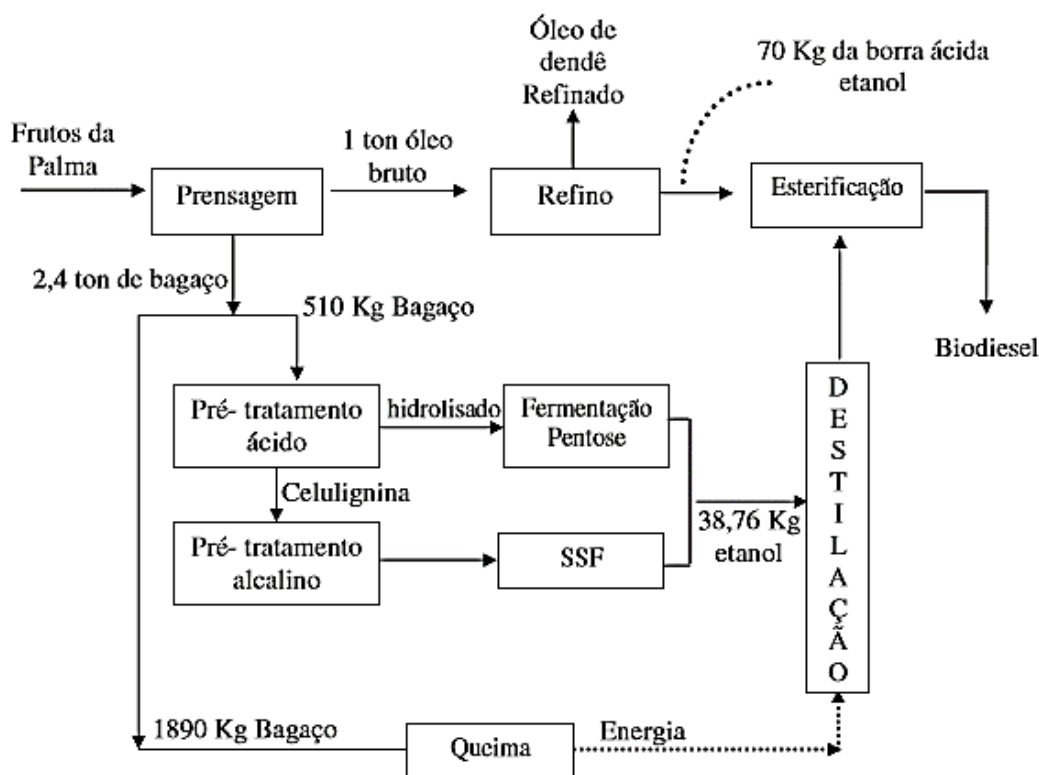
A biomassa de dendê é constituída por celulose, um polímero da glicose formado por seis carbonos, as hexoses; por hemicelulose, composta por açúcares de cinco carbonos, chamados de pentoses, não aproveitados ainda para a produção de açúcar; e pela lignina, um material estrutural da planta, associado à parede vegetal celular, responsável pela rigidez, impermeabilidade e resistência a ataques microbiológicos e mecânicos aos tecidos vegetais (RADOMSKI; GONZALEZ; FIAUX, 2012).

Para que as biomassas possam ser utilizadas como matérias-primas para processos químicos e biológicos elas precisam ser submetidas a um pré-tratamento que pode ser físico, químico ou biológico, para desorganizar o complexo lignocelulósico e torna-lo mais susceptível ao ataque enzimático, para conversão dos açúcares constituintes em etanol e outros subprodutos (COSTA, 2013).

Desta forma a biomassa lignocelulósica do dendê, possui alto potencial de produção de carboidratos por hidrólise seguida de fermentação para produção de etanol, constituindo-se assim em uma fonte abundante e renovável de matéria prima que pode ser utilizada em processos biotecnológicos. Portanto, a palma é uma das poucas espécies conhecidas que podem gerar ao mesmo tempo grande quantidade de óleo utilizado na produção de biodiesel e etanol. Sendo está uma opção muito atrativa, levando em conta não somente o consumo de energia, mas também a mitigação e valorização do resíduo sólido gerado durante o processamento do óleo de palma (CARVALHO, 2009).

A figura 1 esquematiza o processo integrado de produção do biodiesel a partir da extração do óleo de dendê e produção de etanol a partir dos resíduos lignocelulósicos gerados no processo. Além disso, exhibe a utilização do excedente de resíduos do dendê como geração de energia para o processo de destilação do etanol.

Figura 1: Fluxograma para destilação do etanol aproveitando o excedente do Resíduo da indústria de dendê



Fonte: CARVALHO, 2009.

Na figura 1 podemos perceber o processo de obtenção tanto do óleo refinado do dendê quanto do biodiesel, onde notamos que após a prensagem do fruto obtém-se o óleo bruto que segue para as etapas de refino e produção de biodiesel. Os resíduos liberados pela prensagem, como o bagaço, podem ser usados para agregar valor a cadeia do biodiesel, onde os mesmos serão utilizados como biomassa lignocelulósica para produção de etanol, que poderá ser usado no processo de transesterificação para obtenção do biodiesel e o resíduo restante pode ser queimado, visando a geração de energia que será utilizada para a destilação do etanol gerado no processo anterior. Desta forma notamos a integração dos processos para maior rentabilidade na indústria.

Engaço

O engaço gerado no processamento dos frutos do dendê para produção de biodiesel se destaca como um suporte fibroso que sustenta o fruto e corresponde de 22% a 25% do peso dos cachos de frutos frescos processados (FURLAN, 2006). São considerados resíduos do processo, porém pode ser utilizado em diferentes aplicações promovendo maior rentabilidade.

Os engaços podem ser devolvidos ao campo como cobertura, incinerados para produzir cinza ou utilizados na usina como fonte extra de energia. Quando utilizados como cobertura do

solo, pode promover o aumento dos níveis foliares de N, P e K logo aos 6 meses após a aplicação, quando comparados com os das plantas que receberam somente fertilização inorgânica, além de possuir cerca de 65% de água (GENTIL *et al.*, 2012).

Segundo Redshaw (2003) outra utilização importante desses engaços, é a sua aplicação em plantios de dendezeiro, tanto em palmeiras mais jovens quanto em plantas adultas, permitindo a suplementação das mesmas com nutrientes. A aplicação desses engaços, quantidade e resultados, sofrem variação em função do tipo de solo, local e da análise das folhas para cada ambiente. Comumente, são usadas aplicações anuais de 30-60 t/ha. Quantidades de 80 t/ha podem ser usadas em ciclos de 18 a 24 meses. Os engaços podem ser usados como substitutos parciais dos fertilizantes minerais, mas a quantidade total de fertilizante a ser aplicada deve levar em conta a quantidade de nutrientes fornecidos pelos engaços menos os nutrientes requeridos pela palmeira. Além disso, a sua utilização diminui a necessidade do controle de ervas daninhas e a de práticas de coroamento das palmeiras.

A compostagem é outro método para utilização dos engaços, onde ocorre uma redução considerável do volume a ser removido e torna o material produzido mais higiênico pela ação das altas temperaturas durante a fermentação, resultando em um composto estável, rico em húmus e com potencial para utilização como adubo orgânico na agricultura (COMPOSTING, 2003).

Segundo Furlan Júnior *et al.* (2006), o composto obtido do engaço de dendê, além de fornecer quantidades consideráveis de nutrientes, pode atuar como condicionador do solo, melhorando as características físicas, agindo ainda em processos químicos e biológicos. O composto pode ser usado diretamente sem causar risco às plantas, pois se encontra maturado, e há uma redução substancial no tempo de compostagem em até 70% se comparado ao processo natural.

Além do engaço, as cascas e as fibras do mesocarpo são importantes fontes de geração de energia própria para as usinas extratoras, possuindo um alto poder calorífico (4401 kcal/kg e 20% de umidade). Possui também potencial de uso como adubo orgânico, fornecendo boa quantidade de nutrientes. As folhas podadas podem ser usadas como cobertura do solo e assim minimizar os efeitos erosivos das chuvas, conservar a umidade do solo e dificultar o desenvolvimento de ervas daninhas. E a utilização das estirpes assim como as folhas, pode fornecer grande quantidade de nutrientes, sendo importantes no ciclo de nutrientes de dendezeiros adultos (JÚNIOR *et al.*, 2014).

Torta de Dendê para alimentação animal

A torta de dendê é o produto resultante da polpa seca do dendê, após moagem e extração do seu óleo (BRASIL, 2013). Possui alto conteúdo de fibra, teor de proteína bruta de 14% a 15% e digestibilidade da matéria orgânica de 50% a 60%. Apresenta de 3% a 5% de óleo residual de palmiste, cerca de 11% de água, 48% de carboidratos e 4% de cinzas. É também considerada relativamente rica em termos de minerais, com teores de fósforo e cálcio de 0,48-0,71% e 0,21-0,34%, respectivamente, teores de magnésio, potássio, enxofre (S), zinco, ferro, manganês, molibdênio (Mo) e selênio a níveis aceitáveis (ALIMON & WAN ZAHARI, 2012).

Sendo que esta composição pode ser afetada por diversos fatores como, o método utilizado para a obtenção do óleo de dendê, ou até mesmo fatores relacionados à interação dendezeiro, clima e solo, fase de colheita e maturação dos frutos, podem interferir na composição da torta de dendê, não sendo considerada como um produto padronizado (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Segundo Barros e Fernandes (2012), essa torta apresenta uma elevada disponibilidade de matéria seca e bom valor nutritivo, em níveis em torno de 30%, e permite elevada digestibilidade e consumo de matéria seca, proteína bruta, matéria orgânica, com suprimento adequado de energia, podendo ser utilizada para alimentação de animais domésticos ruminantes e não-ruminantes ou ainda como fertilizante orgânico.

A torta de dendê demonstra alto potencial de aplicação, devido não só a sua rica composição em nutrientes, teores de proteína e fibra que podem suprir parte dos nutrientes na alimentação animal, como também por estar disponível permanentemente ao longo do ano e o seu baixo custo, principalmente em regiões de alta produção como as regiões Norte e Nordeste do Brasil (COSTA *et al.*, 2011).

Devido ao seu elevado teor de óleo residual, possui grande potencial de aplicação na alimentação animal, sendo empregado como substituto econômico e satisfatório de alimentos energéticos como o milho. A utilização da torta de dendê na alimentação animal tem proporcionado excelentes rendimentos produtivos. Essa fonte energética mostra-se adequada para as condições tropicais, e representa alternativa para a inclusão em sistemas produtivos sustentáveis (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Na alimentação de carneiros o nível recomendado de inclusão de torta de dendê, de acordo com Costa (2009), é 30%, pois alimentação durante longo prazo, em nível superior a 80%, pode causar intoxicação por cobre, o que não ocorre em bovinos, búfalos, cabras e outros animais domésticos. Porém a determinação dos níveis ótimos da torta de dendê para alimentação

animal, ainda apresenta muita variação na literatura devido à despadroneização na sua industrialização e comercialização.

Portanto a inclusão da torta de dendê na dieta animal pode representar uma opção regional quanto ao preço e disponibilidade favoráveis em relação a outras fontes energéticas e proteicas convencionais. E mesmo que ainda não tenha níveis estipulados de inclusão na alimentação, apresenta-se como alternativa interessante na alimentação de ruminantes, desde que disponível na região e utilizada em níveis que não prejudiquem o desempenho zootécnico (SOUSA, 2010).

Glicerina Residual

A glicerina bruta é um subproduto resultante da produção do biodiesel através da reação de transesterificação. Após a reação, como o biodiesel é menos denso que a glicerina, ocorre a precipitação desta, permitindo a retirada do biodiesel e separação da glicerina. As características físicas, químicas e nutricionais da glicerina bruta obtida dependerão do tipo de ácido graxo (gordura animal ou óleo vegetal) e do tipo de catálise empregada na produção de biodiesel (PAIVA *et al.*, 2015).

Na reação de transesterificação para a produção do biodiesel com a utilização de óleos vegetais cerca de 10% do volume total resultante da reação é glicerina bruta. Este excedente da cadeia do biodiesel tem se tornado uma preocupação, devido a glicerina não possuir legislação específica para seu descarte, sendo armazenada e, conseqüentemente, tem se acumulado nas usinas de produção de biodiesel, formando grandes estoques de glicerina bruta, a qual ainda não possui destino certo (RODRIGUES; RONDINA, 2013).

Esta glicerina na forma pura pode ter aplicações como na utilização em cosméticos, produtos químicos, alimentícios e farmacêuticos (ARRUDA *et al.*, 2015). Porém essas utilizações ainda não são capazes de abarcar toda a glicerina bruta gerada no processo, desta forma, torna-se necessário a busca por novas maneiras para o aproveitamento total deste resíduo, agregando valor a cadeia produtiva do biodiesel e diminuindo os riscos ambientais.

Uma possível utilização desta glicerina residual é como uma fonte energética alternativa na alimentação animal, particularmente para ruminantes, onde o glicerol pode ser disponibilizado diretamente para produção de ácidos graxos de cadeia curta que são absorvidos no rúmen para obtenção de energia (MACH *et al.*, 2009). Apresentando potencial de aplicação como substrato gliconeogênico, podendo ser incluída na formulação de rações animais, reduzindo a pressão sobre os cereais disponibilizando-os para a alimentação humana (BESERRA; CESAR; PERES, 2016).

Parsons *et al* (2009) citado por Rodrigues e Rondina (2013), incluiu glicerina bruta, em substituição ao milho, na dieta de novilhos em terminação, observando maior ganho peso e melhor conversão alimentar. Segundo Donkin (2008), a glicerina também pode ser aplicada na área de bovinocultura leiteira para prevenção de distúrbios metabólicos associados ao período de transição, recomendando-se para esta fase de 5 a 8% na matéria seca da dieta, e como suplemento para vacas em lactação, principalmente no pico de lactação.

O glicerol bruto contém elementos nutricionais, como, fósforo, enxofre, magnésio, cálcio, nitrogênio e sódio, e que podem ser assimilados por microrganismos para o seu crescimento durante processos fermentativos. Desta forma, diversos estudos foram desenvolvidos objetivando o uso de glicerol como fonte de carbono para microrganismos. Onde muitos deles estão relacionados principalmente a assimilação de glicerol por estes microrganismos para a produção de compostos intermediários de polímeros, resinas e aditivos para combustíveis (RIVALDI *et al.*, 2016).

A glicerina bruta também pode ser usada no preparo de emulsões a serem empregadas como veículo de pulverização do herbicida Togar®, em substituição a utilização de diesel. Segundo Arruda *et al.* (2015) para utilização da mesma fez-se necessário a sua pré-purificação com H₃PO₄ (Ácido Fosfórico) e misturas com emulsificantes, onde a glicerina apresentou características do óleo diesel após o processo de diluição e adição do herbicida Togar, principalmente em relação ao valor de pH, sendo propícia a substituição do diesel como veículo de aplicação, possibilitando a diminuição nos custos de pulverização e nos problemas ambientais causados pela utilização do diesel.

Burkert *et al.* (2013) avaliou a utilização da glicerina como fonte de carbono adicional no cultivo mixotrófico da microalga marinha *Skeletonema costatum*, constatando que o seu uso na concentração de 0,05 M teve impacto positivo sobre os parâmetros do crescimento celular de *S. costatum*, podendo vir a constituir uma alternativa para agregar valor à cadeia produtiva do biodiesel, contribuindo para o seu desenvolvimento sustentável.

Diante de tudo que aqui foi exposto, pode-se afirmar que o glicerol possui várias possibilidades de uso, sendo assim um subproduto que merece visibilidade e maiores estudos que permitam sua utilização com maior eficácia e eficiência, já que o Brasil possui condições favoráveis e vantajosas para ampliar o emprego do glicerol no mercado nacional e mundial (APOLINÁRIO *et al.*, 2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se a existência de diversas alternativas para o aproveitamento sustentável dos resíduos gerados na cadeia do biodiesel do óleo de palma. As propostas apresentadas podem assegurar melhores condições para que os subprodutos derivados do processo de produção do biodiesel sejam valorizados, com uma maior agregação de valor. Com isso ficam identificados destinos mais adequados aos resíduos agroindustriais que, no Brasil, são desprezados e/ou parcialmente aproveitados de maneira muitas vezes inadequada.

Os resíduos geralmente são descartados pelas indústrias de biodiesel, por possuírem baixo valor agregado e não serem vistos como alternativas de investimento. Como exemplo temos a glicerina bruta, que no mercado equivale a R\$ 80/tonelada, porém para ser utilizada deve ser refinada para se ter um valor aproximado a R\$400/tonelada, onde se pesando custo-benefício para as usinas de biodiesel não são favoráveis o gasto com seu refino em comparação com seu lucro.

REFERÊNCIAS

AGROPALMA. *Sobre a Agropalma*. 2014. Disponível em:

<http://www.agropalma.com.br/agropalma.asp>. Acesso em 03/08/2016.

ALIMON, A. R.; WAN ZAHARI, M. Recent advances in the utilization of oil palm byproducts as animal feed. In: International Conference On Livestock Production And Veterinary Technology, 2012, Ciawi. *Proceedings*. Ciawi: ICARD, 2012. Disponível em:

<<http://umkeprints.umk.edu.my/1148/>>. Acesso em: 04 de Agosto de 2016.

AMORIM, P. Q. R. *Perspectiva histórica da cadeia da mamona e a introdução da produção de biodiesel no semi-árido brasileiro sob o enfoque da teoria dos custos de transação*. Monografia apresentada à escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP: Esalq, 2005.

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, *Anuário e Dados Estatísticos 2016*, Disponível em:

<http://www.anp.gov.br/?pg=64555%26m=%26t1=%26t2=%26t3=%26t4=%E5%3C8%26cachebust=1408326992231>; Acesso em: 03/08/2016.

APOLINÁRIO, F. D. B.; PEREIRA, G. F.; FERREIRA, J. P. Biodiesel e Alternativas para utilização da glicerina resultante do processo de produção de biodiesel. Bolsista de Valor: *Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense*, v. 2, n. 1, p. 141-146, 2012.

ARRUDA, R. L.; SILVA, J. I. C.; ARRUDA, E. L.; DOTTO, M. C.; SARMENTO, R. A.; ERASMO, E. A. L. A. New vehicle for herbicide application using crude glycerin, a by-product of biodiesel production. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 14(21), pp. 1832-1837, 27 May, 2015.

bioenergia em revista: diálogos, ano 7, n. 2, p. 103-121, jan./jun. 2017.

Oliveira, N. M. Lima de; Alves, S. Cardoso; Dantas, S. B. Sousa; Martins, E. C. Alves

Reaproveitamento de resíduos da cadeia do biodiesel obtido a partir do óleo de palma (*elaeis guineensis*)

BARRETO, C. C., & QUIRINO, B. F. Biodiesel production in Brazil and alternative biomass feedstocks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, 411-420, 2013.

BARROS, B.B; FERNANDES, L.O. Torta de Dendê: Alimento Alternativo para Nutrição de Ruminantes no Pará. *Caderno de Pós Graduação da FAZU*, v. 3, Minas Gerais, 2012.

BERGMANN, J. C., TUPINAMBÁ, D. D., COSTA, O. Y. A., ALMEIDA, J. R. M., TSOUTSOS, T. D., TOURNAKI, S., PARAÍBA, O., & KAMINARIS, S. D. The Used Cooking Oil-to-biodiesel chain in Europe assessment of best practices and environmental performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 74-83, 2016.

BESERRA, V. A.; CESAR, A. S. E.; PERES, A. A. C. *Adoção da glicerina bruta na dieta animal e seu impacto no produto final*. Departamento de Engenharia de Agronegócios. Universidade Federal Fluminense. Volta Redonda- RJ. Arch. Zootec. 65 (250): 259-266. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Anuário estatístico de agroenergia 2012: statistical yearbook of agrienergy*. Brasília: Secretaria de Produção e Agroenergia, 2013. 284 p.

BORA, P. S. *et al.* Characterization of principal nutritional components of Brazilian oil palm (*Elaeis guineensis*) fruits. *Bioresource Technology*, v. 87, p 1-5, 2003.

BURKERT, C. A. V.; NOGUEIRA, D.; RIBEIRO, N. T. Desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva do biodiesel: obtenção de biomassa microalgal em cultivo mixotrófico com glicerina residual. *Vetor*, Rio Grande, v. 23, n. 2, p. 39-48, 2013.

CARVALHO, L. G. *Produção De Biocombustíveis A Partir Da Biomassa De Dendê (Elaeis guineensis)*. Dissertação do programa de pós graduação em tecnologia de processos químicos e bioquímicos, UFRJ Rio de Janeiro, 2009.

CÉSAR, A. S., BATALHA, M. O. Biodiesel production from castor oil in Brazil: A difficult reality, *Energy Policy*, v 38, 2010.

COMPOSTING: more effective use of palm oil mill by-products. *BUROTROP Bulletin*, Montpellier, n. 19, p. 37, fev. 2003.

CORLEY, H.; TINKER, B. *The palm oil*. 4. ed. Oxford: Blackwell Science, 2003. 608 p.

COSTA, A. G. *Estratégias de pré-tratamentos para a produção de metano a partir dos resíduos lignocelulósicos dos biocombustíveis*. Tese de Doutorado, programa de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

COSTA, D. A, da. Avaliação Nutricional da Torta de Dendê Para Suplementação de Ruminantes na Amazônia Oriental. *Revista Amazônia Ciência e Desenvolvimento*, Belém, v. 4, n. 8, jan./jun. 2009.

COSTA, D. A. da; COLODO, J. C. N.; FERREIRA, G. D. G.; ARAÚJO, C. V. de; MOREIRA, G. R. Uso da torta de dendê na alimentação de ruminantes. *Arq. Ciênc. Vet. Zool.* UNIPAR, Umuarama, v. 14, n. 2, p. 133-137, jul./dez. 2011.

DONKIN, S. S. Glicerol from biodiesel production: the new corn for dairy cattle. *Brazilian Journal of Animal Science*, 37(suppl.):280-286, 2008.

bioenergia em revista: diálogos, ano 7, n. 2, p. 103-121, jan./jun. 2017.

Oliveira, N. M. Lima de; Alves, S. Cardoso; Dantas, S. B. Sousa; Martins, E. C. Alves

Reaproveitamento de resíduos da cadeia do biodiesel obtido a partir do óleo de palma (*elaeis guineensis*)

FRANK, N. E. G., ALBERT, M. M. E., LAVERDURE, D. E. E., & PAUL, K. Assessment of the quality of crude palm oil from smallholders in Cameroon. *Journal of Stored Products and Postharvest Research*, 2 (3), 52-58. 2011.

FURLAN J. J., *Dendê: manejo e uso dos subprodutos e dos resíduos*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006.

FURLAN JÚNIOR, J.; OLIVEIRA, R. F.; TEIXEIRA, L. B. Compostagem de Engaços de Dendê em Processo de revolvimento mecanizado. *Comunicado técnico 156*. Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA, Maio, 2006.

GABRIEL, K. C. P. *Produção De Biodiesel A Partir De Óleo De Palma*. 2015. Dissertação (Mestrado em Química), Técnico Lisboa, Março de 2015.

GENTIL, R. M.; SERRA, J. C. V.; CASTRO, R. B. Resíduos sólidos orgânicos provenientes da extração de oleaginosas para biodiesel e seus potenciais de uso. *Revista eletrônica do curso de geografia-campus Jataí-UFG*. n. 18, Jataí-GO, Jan-Jun/ 2012.

JÚNIOR, C. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; LIMA, R. L. F. A.; CEZAR MENEZES, R. S. C. Potencial de Aproveitamento Energético de Fontes de Biomassa no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 07, n. 02, 207-221, 2014.

LIN, S. W. Palm oil. In: GUNSTONE, F. D. *Vegetable oils in food technology: composition, properties and use* (pp. 59-93). Iowa: Blackwell Publishing. 2011.

MATA, T. M., MARTINS, A. A., SIKDAR, S. K., & COSTA, C. A. Sustainability considerations of biodiesel based on supply chain analysis. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 13(5), 655-671, 2011.

MACH, N.; BACH, A.; DEVANT, M. Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. *Journal of Animal Science*, 87:632-638, 2009.

OLIVEIRA, M. V.; GONÇALVES, M. F.; MARTINS, J. M. S.; MOHALLEM, R. F. F.; FERREIRA, I. C. Torta de dendê na alimentação de ruminantes. *Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer*. v. 9, n. 16; p. 2029. Goiânia- GO, 2013.

OMAZZONI, G., QUINTELLA, C. M., PEPE, I. M., MEIRA, M., OKAMURA, L. A., NETO, P. R. C. Prospecção do uso de clorofila como parâmetro de diferenciação da adição de óleo vegetal ao diesel em vez de biodiesel. *Cadernos de Prospecção*, v. 6, n. 2, p. 199, 2014.

PÁDUA, M. S. *Germinação in vitro, indução e caracterização de massas pró-embriogênicas de dendezeiro (Elaeis guineensis Jacq.)*. 2012. 120f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Vegetal), Universidade Federal de Lavras. Lavras-MG.

PAIVA, P. G.; RENNÓ, F. P.; DEL VALLE, T. A.; JESUS, E. F.; SANTOS, F. C. R.; COSTA, A. G. B. V. B.; CABRAL, G. F.; ALMEIDA, G. F. *Glicerina na alimentação de bovinos*. V. 3 n. 1, p. 31-55. São Paulo, jan/jun 2015.

PARSONS, G. L.; SHELOR, M. K.; DROUILLARD, J. S. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. *Journal of Animal Science, Champaign*, 87:653-657, 2009.

bioenergia em revista: diálogos, ano 7, n. 2, p. 103-121, jan./jun. 2017.

Oliveira, N. M. Lima de; Alves, S. Cardoso; Dantas, S. B. Sousa; Martins, E. C. Alves

Reaproveitamento de resíduos da cadeia do biodiesel obtido a partir do óleo de palma (*elaeis guineensis*)

RADOMSKI, B. M. GONZALEZ, W. A.; FIAUX, S. B. Tratamento da biomassa lignocelulósica da cadeia produtiva de dendê (*Elaeis guineensis*) para produção de glicose por hidrólise ácida. *Revista de Química Industrial*, n. 734, p. 19-25, 2012.

RAMALHO FILHO, A. *Zoneamento agroecológico, produção e manejo da cultura de palma de óleo na Amazônia*. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro-RJ, 2010.

REBELLO, F. K.; COSTA, D. H. M. A experiência do Banco da Amazônia com projetos integrados de dendê na agricultura familiar. *Contexto Amazônico*, v. 5, n. 22, p. 1- 8, 2012.

REDSHAW, M. Utilization of field residues and mill by-products. In: FAIRHURST, T.; HÄRDTER, R. (Ed.). *Oil Palm: management for large and sustainable yields*. Singapore: PPI: PPIC; p. 307-320, Basel: IPI, 2003.

RIVALDI, J. D.; SARROUH, B. F.; FIORILO, R.; SILVA, S. S.; Glicerol de biodiesel: Estratégias biotecnológicas para o aproveitamento do glicerol gerado da produção de biodiesel. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento* - n° 37. <http://docslide.com.br/documents/glicerol-de-biodiesel.html>. - Acesso em 04 de agosto de 2016.

RODRIGUES, F. V.; RONDINA, D. Alternativas de uso de subprodutos da cadeia do biodiesel na alimentação de ruminantes: glicerina bruta. *Acta Veterinaria Brasilica*, v. 7, n. 2, p. 91-99, Fortaleza - CE, 2013.

ROSA, M. F.; SOUZA FILHO, M S. M.; FIGUEIREDO, M. C. B.; MORAIS, J. P. S.; SANTAELLA, S.T.; LEITÃO, R.C. *Valorização de resíduos da agroindústria*. II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais. Foz do Iguaçu-PR, março de 2011.

SANTOS, A. M. *Análise do potencial do biodiesel de dendê para a geração elétrica em sistemas isolados da Amazônia*. 2008. 224 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

SOUSA, J.P.L. Uso da torta de dendê em dietas para animais de produção. *PUBVET*, Londrina. V. 4, n. 6, ed. 111, art. 751, 2010.

STATTMAN, Sarah L.; MOL, Arthur PJ. Social sustainability of Brazilian biodiesel: The role of agricultural cooperatives. *Geoforum*, v. 54, p. 282-294, 2014.

TALEBI, A. F.,TABATABAEI, M., CHISTI, Y. BiodieselAnalyzer: a user-friendly software for predicting the properties of prospective biodiesel. *Biofuel Research Journal*, v. 1, n. 2, p. 55-57, 2014.

TSOUTSOS, T. D., TOURNAKI, S., PARAÍBA, O., & KAMINARIS, S. D. The Used Cooking Oil-to-biodiesel chain in Europe assessment of best practices and environmental performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 74-83, 2016.

UNITED STATES. Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. *Oilseeds: world market and trade*. 2014. Disponível em:

<<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2014.

1 Oliveira, Nayara Morgana Lima de. E-mail: nm.oliveira01@gmail.com

2 Alves, Samara Cardoso. E-mail: samarastz@hotmail.com

3 Dantas, Sara Bruna Sousa. E-mail: saradantasp@hotmail.com

4. Martins, Eláiny Cristina Alves. Graduada em Ciências Biológicas (Licenciatura e Bacharelado) pela Universidade Federal do Tocantins. É Mestre em Agroenergia pela mesma instituição. Tem Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia (Rede BIONORTE). Possui experiência nas áreas de: Biocombustíveis, com ênfase na produção de etanol a partir da batata-doce; Genética, com ênfase em Genética molecular, incluindo estudos em Biodiversidade e Conservação Vegetal; Microbiologia do Solo, com ênfase na diversidade da comunidade fúngica utilizando técnicas independentes de cultivo. Atualmente docente do curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia pela Universidade Federal do Tocantins. E-mail: biocris@mail.uft.edu.br