

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO USO DE PINHÃO MANSO PARA A GERAÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS



AUTORES: Freddy Zambrano Gavilanes¹

Diva Souza Andrade²

Helder Rodríguez Silva³

Luz García Cruzatti⁴

Carlos Cedeño Palacios⁵

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: freddyzg_86@hotmail.com

Fecha de recepción: 27/05/2019

Fecha de aceptación: 22/04/2021

RESUMO

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) tem-se apresentado como uma oleaginosa importante, com aplicações medicinais e industriais. Assim o trabalho aqui apresentado teve como principal objetivo avaliar o potencial do uso de pinhão manso para a geração de biocombustíveis. A *Jatropha* tem relevância especialmente para o desenvolvimento da bioenergia, pela percentagem de óleo em suas sementes que pode variar de 40-60%, servindo para a fabricação de biodiesel. As cascas de seus frutos podem ser consideradas para a produção de etanol por seu alto conteúdo de celulose. A torta, que fica depois da extração de óleo, é um resíduo sólido rico em nutrientes e proteínas mas limitada, pois possui vários fatores anti-nutricionais e tóxicos como os ésteres de forbol, mas com enorme potencial para a geração de biogás. Embora existam tecnologias para o desenvolvimento dos usos industriais desta espécie, não existe suficiente quantidade de produção dos frutos por planta e gente que se motive a plantar e colher, para suprir a demanda necessária e ser uma cultura altamente lucrativa.

PALABRAS CLAVE: *Jatropha curcas*; biodiesel; bioetanol; biogás.

EVALUATION OF THE POTENTIAL OF THE USE OF physic nut FOR THE GENERATION OF BIOFUELS ABSTRACT

ABSTRACT

¹ Universidad Técnica de Manabí, UTM. Docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador.

² Instituto Agronômico do Paraná, IAPAR. Professora, Pesquisadora. Instituto Agronômico do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil.

³ Universidad Estadual de Londrina, UEL. Programa de Pós Graduação em Bioenergia. Pós Doutorando, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.

⁴ Universidad Técnica de Manabí, UTM. Docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador.

⁵ Universidad Técnica de Manabí, UTM. Docente de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Departamento de Procesos Químicos. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador.

Physic nut (*Jatropha curcas* L.) has been presented as an important oleaginous, with medicinal and industrial applications. Thus, the main objective of this work was to evaluate the potential of the use of *Jatropha* for the generation of biofuels. *Jatropha* is especially relevant for the development of bioenergy, by the percentage of oil in its seeds that can vary from 40-60%, serving for the production of biodiesel. The peels of its fruits can be considered for the production of ethanol because of its high content of cellulose. The cake, which remains after the extraction of oil, is a solid residue rich in nutrients and proteins but limited because it has several anti-nutritional and toxic factors such as phorbol esters, but with enormous potential for biogas generation. Although technologies exist for the development of industrial uses of this species, there is not enough fruit production per plant and people who are motivated to plant and harvest, to supply the necessary demand and be a highly profitable crop.

KEYWORDS: *Jatropha curcas*; biodiesel; bioethanol; biogas.

INTRODUÇÃO

Durante as últimas décadas, o uso de combustíveis fósseis aumentou significativamente a emissão de gases que causam o efeito estufa. Esses problemas têm atraído o interesse na busca por formas de produção mais limpa de energia, para ajudar na conservação do meio ambiente, tornando a produção do biodiesel, bioetanol e biogás uma alternativa importante.

O biodiesel é um combustível líquido renovável que foi reconhecido como uma alternativa potencial e aditivo ao diesel de petróleo convencional. Biodiesel é o nome coloquial para ésteres alquílicos de ácidos graxos, este combustível oxigenado é renovável, biodegradável e ecológico e tem uma boa eficiência de combustão. Possui propriedades físicas e de combustível adjacentes às do diesel de petróleo e, portanto, pode ser usado diretamente em um motor a diesel sem modificações no motor ou com ligeiras modificações (Hosseini, 2019).

O bioetanol tem sido identificado como o biocombustível mais utilizado no mundo, pois contribui significativamente para a redução do consumo de petróleo bruto e da poluição ambiental (Azhar et al., 2017). Nigam e Singh (2011), mencionam que o bioetanol pode ser produzido a partir de vários tipos de matérias-primas, sendo de primeira geração aquele que envolve matérias-primas ricas em sacarose (cana-de-açúcar, beterraba sacarina, sorgo doce e frutas) e amido (milho, trigo, arroz, batata, mandioca, batata-doce e cevada). O bioetanol de segunda geração vem da biomassa lignocelulósica, como madeira, palha e ervas. O bioetanol de terceira geração foi derivado da biomassa de algas, incluindo microalgas e macroalgas. Em comparação com outros tipos de microrganismos, as leveduras, especialmente *Saccharomyces cerevisiae*, são os microrganismos mais comuns empregados na produção de bioetanol, devido a sua alta produtividade de etanol, alta tolerância e capacidade de fermentar ampla gama de açúcares (Azhar et al., 2017).

A digestão anaeróbica de biomassa (resíduos orgânicos) compreende uma série de processos bioquímicos que acontecem em um ambiente livre de oxigênio (anaeróbio), obtido através da ação combinada de múltiplos grupos de microrganismos e que resultam na decomposição da matéria orgânica (Liu, Olsson e Mattiasson, 2004).

Como produto final do processo da digestão anaeróbica tem-se uma mistura gasosa conhecida como biogás, que é um gás combustível composto principalmente de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) obtidos do resultado da fermentação anaeróbica (Ahring, 2003).

O pinhão manso (*Jatropha curcas*) é um membro da família Euphorbiaceae, sendo uma planta resistente à seca, frequentemente encontrada na América do Sul, Sudeste da Ásia Central, na Índia e na África. Tem-se apresentado como uma oleaginosa importante, com aplicações medicinais e industriais (Selanon, Saetae e Suntornsuk, 2014).

O pinhão manso é uma planta relevante para o desenvolvimento da bioenergia, pela elevada concentração de óleo em suas sementes, que pode variar de 40-60% e serve para a fabricação de biodiesel e as cascas de seus frutos podem ser consideradas para a produção de etanol por seu alto conteúdo de celulose (García et al., 2014). Como resultado do processo da extração do óleo sobra a torta, e que não é utilizada na alimentação devido aos fatores tóxicos relacionados à sua composição apesar de possuir alto teor nutricional (Saetae e Suntornsuk, 2010).

Staubmann e colaboradores (1997) mencionam que a torta de pinhão manso é um bom substrato para a produção de biogás encontrando até 70% de gás metano na sua composição, tendo a vantagem do seu uso direto sem nenhum tratamento, obtendo resultados aplicáveis na geração de energia.

O trabalho aqui apresentado teve como principal objetivo avaliar o potencial do uso de pinhão manso para a geração de biocombustíveis.

DESENVOLVIMENTO

PINHÃO MANSO

Em 1753, Carlos Lineu de acordo com a nomenclatura binomial de "Species Plantarum" válida até hoje, foi o primeiro a nomear o pinhão manso *Jatropha curcas* L. O gênero *Jatropha* deriva da palavra grega jatros (médico) e trophe (alimentos), o que implica seus usos medicinais (Divakara, Upadhyaya, Wani e Gowda, 2010).

O pinhão manso pertence à família Euphorbiaceae, gênero *Jatropha* e a espécie *Jatropha curcas* L. A família Euphorbiaceae possui cerca de 8000 espécies, com aproximadamente 320 gêneros, enquanto que o gênero *Jatropha* contém 170 espécies de plantas herbáceas e arbustivas (Heller, 1996).

Os principais nomes populares do pinhão-manso são: pinhão-de-purga, purgueira, grão-de-maluco, pinhão-do-paraguai, pinhão-decerca, tuba, tartago, medicineira, tapete, siclité, pinhão-do-inferno, pinhão-bravo, figo-do-inferno, pião, pinhão-das-barbadas, sassi e outros. É conhecido entre os ingleses pelo nome de physicnut. Os franceses designam por pulghera, purgera, pignon de Inde, pagnon de Barbárie, noixamericaine. É o zicilte do México. No Egito é conhecido como abelboluk (Peixoto, 1973).

Jatropha curcas L. é um arbusto multipropósito de pequeno porte, sendo uma planta com muitos atributos, múltiplos usos e potencial considerável (Pandey et al., 2012). Ela pode ser utilizada para prevenir ou controlar a erosão, para recuperar solos inférteis. Cresce como cerca viva, delimitando uma área de plantio e para demarcar as áreas onde os animais de exploração pecuária irão permanecer. É nativa da América tropical, mas já está disseminada em muitas partes dos trópicos e sub-trópicos, assim como em África e Ásia (Openshaw, 2000).

Jatropha curcas é um arbusto de crescimento rápido, atinge de 3-5 m até 8-12 m de altura com

um diâmetro de tronco de 20 a 30 cm se as condições ambientais forem favoráveis. O caule é liso e macio, verde ou cinzento-castanho, seu lenho é pouco resistente, brando e sua medula desenvolvida. Normalmente formam-se cinco raízes: uma central e quatro periféricas. (Saturnino, Pacheco e Kakika, 2005).

As folhas são decíduas, alternadas subpostas, filotaxia em espiral, cada folha dista 105° da próxima. As folhas novas apresentam-se de coloração vermelho-vinho, cobertas com lanugem branca, e a medida que se expandem tornam-se verdes, pálidas, brilhantes e glabras, com nervuras esbranquiçadas e salientes em sua face inferior (Saturnino et al., 2005).

As inflorescências são monóicas, com cachos contendo numerosas flores masculinas (verdes) em maior número localizadas nas extremidades dos ramos, enquanto as flores do sexo feminino (amarelo - verdosas) encontram-se posicionadas no meio dos ramos (Mendoza, Cañarte, Rodríguez e López, 2008).

Os frutos são cápsulas indeiscentes ovoides com diâmetro de 1,5 a 3,0 cm contendo 3 sementes, mas podem ter duas ou quatro sementes. Inicialmente, eles são verdes; depois da maturação amarelos passando para marrons ou pretos. Eles contêm 60-70% de sementes e 30-40% de cascas do peso total dos frutos (Mendoza et al., 2008).

Cada semente de pinhão-manso pesa entre 1,53 e 2,85 g e contém entre 25 e 40% de óleo inodoro fácil de extrair por pressão. Um quilograma de sementes contém entre 1000 e 2370 sementes (Saturnino et al., 2005). A Figura 1 apresenta os diferentes componentes do pinhão manso.

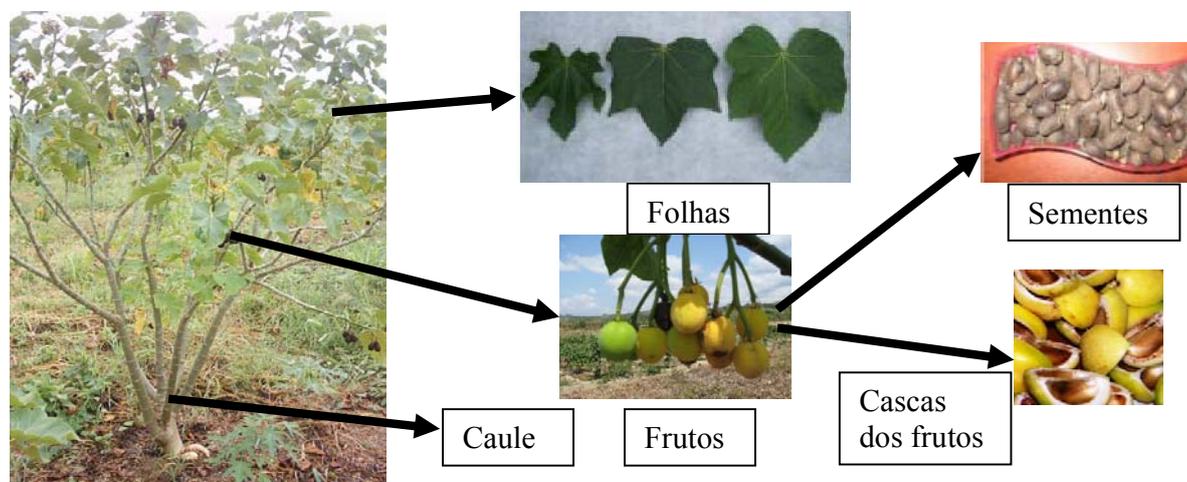


Figura 1 – Diferentes componentes do pinhão manso do Equador.

Fonte: ZAMBRANO, 2010.

Os frutos devem ser colhidos logo que comecem a rachar e postos para secar ao sol. As sementes devem ser retiradas dos frutos e postas a secar à sombra em local bem ventilado e, depois de secas, podem ficar armazenadas antes de serem processadas (Saturnino et al., 2005).

EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE PINHÃO MANSO

O processo de obtenção do óleo das sementes oleaginosas é tão antigo quanto a própria humanidade. A GTZ (Cooperação Técnica Alemã) foi uma das primeiras organizações

envolvidas na questão de extrair óleo das sementes de pinhão manso a partir do final das décadas de 80 e 90 (Beerens, 2009).

Existem dois tipos de extração do óleo das sementes de pinhão manso: extração mecânica e a extração por solventes, estas têm sido as principais tecnologias utilizadas atualmente para extração de óleos vegetais pela maioria das indústrias devido ao seu baixo custo, eficiência e simplicidade em comparação com outras técnicas. A extração mecânica (Figura 2) é a técnica mais antiga e comumente usada, e pode ser operada em lote e processamento contínuo. O processo mais conhecido é o de extração mecânica em lote, que é lento e ineficiente no uso de mão de obra e taxa de rendimento de óleo (Boateng, Teong e JitKang, 2012).

Para fazer a extração do óleo das sementes de *J. curcas* por solvente, é necessário triturar as sementes mecanicamente (Almofariz e pilão) removendo-se cuidadosamente a casca e processando-se somente amêndoa.

Diferentes tipos de solventes podem ser usados, como éter de petróleo, hexano e isopropanol, mediante o aparelho mais usado para esta extração, que é o soxhlet (Shivani, Khushbu, Faldu, Thakkar e Shubramanian, 2011).

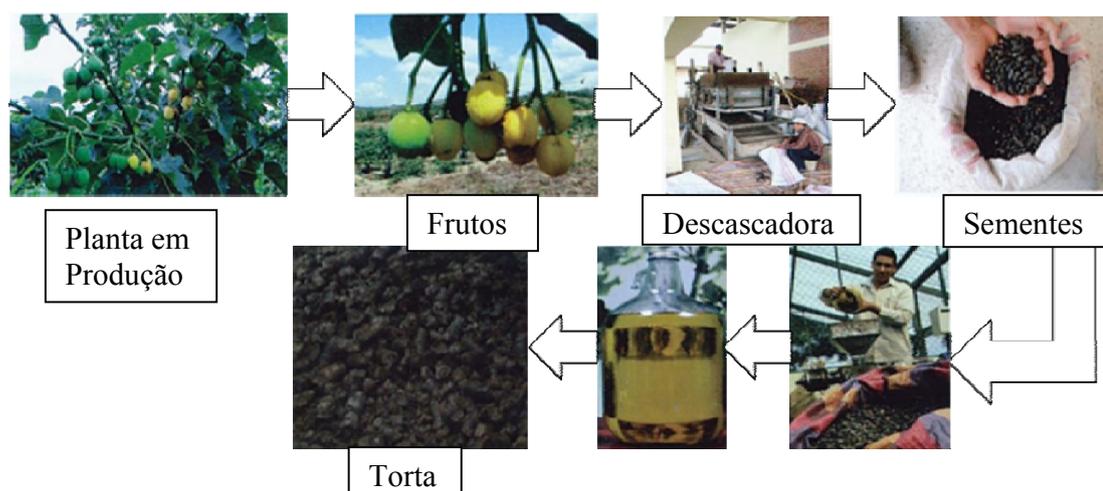


Figura 2 – Processo da extração do óleo de pinhão manso no Equador.

Fonte: Mendoza, López, Mejía, Zambrano e García, 2010 (modificado).

BIODIESEL DE PINHÃO MANSO

Os óleos vegetais, também conhecidos como triglicerídeos, estão se tornando uma das promissoras matérias-primas renováveis para a produção de biodiesel e se tornaram mais atraentes recentemente devido a seus benefícios ambientais. Por ser renovável com conteúdo energético semelhante ao diesel após sofrer algumas modificações químicas, os óleos vegetais estão se tornando uma alternativa promissora como substituto do óleo diesel. As vantagens dos óleos vegetais são renovabilidade, biodegradabilidade, portabilidade líquida da natureza, maior teor de calor (cerca de 88% do diesel) e menor teor de enxofre e aromático. Óleos vegetais comestíveis como canola, soja, colza, girassol e milho têm sido usados para a produção de

biodiesel e considerados bons como substitutos do diesel. Os óleos vegetais não comestíveis, como *Madhuca indica*, *Jatropha curcas* e *Pongamiapinnata* também se mostraram adequados (Koh e Ghazi, 2011).

Vários métodos estão atualmente disponíveis e estão bem estabelecidos para a produção de biodiesel. Os óleos brutos valem a pena serem modificados para reduzir suas viscosidades, de modo que o produto obtido tenha propriedades adequadas para serem usados como combustíveis para motores. Existem muitos procedimentos disponíveis para essa modificação para produzir uma melhor qualidade de biodiesel. Isso pode ser feito de quatro maneiras principais; mistura de óleos crus, microemulsões, craqueamento térmico e transesterificação (Leung, Wu e Leung, 2010).

Em estudo efetuado por Pramanik (2002), analisaram as propriedades e uso de misturas de óleo de *Jatropha curcas* e diesel em motores de ignição por compressão, encontrando que as eficiências térmicas aceitáveis do motor foram obtidas com misturas contendo até 50% do volume de óleo de pinhão manso. A partir das propriedades e resultados dos testes de motores, foi estabelecido que 40-50% do óleo deste óleo pode ser substituído por diesel sem qualquer modificação do motor e pré-aquecimento das misturas.

Para superar algum dos problemas do uso dos óleos vegetais diretamente, os óleos requerem modificação química para que possam corresponder às propriedades do diesel fóssil. Uma das técnicas de processamento que são usadas principalmente para converter óleos vegetais é a microemulsificação (Parawira, 2010), que são fluidos isotrópicos estáveis e claros com três componentes: uma fase oleosa, uma fase aquosa e um surfactante. A fase aquosa pode conter sais ou outros ingredientes, e o óleo pode consistir numa mistura complexa de diferentes hidrocarbonetos e olefinas. Esta fase ternária pode melhorar as características de pulverização por vaporização explosiva dos constituintes de baixo ponto de ebulição nas micelas. Todas as microemulsões com butanol, hexanol e octanol podem atender a limitação máxima de viscosidade para motores a diesel (Koh e Ghazi, 2011).

A pirólise rápida pode se tornar um elemento essencial nas biorrefinarias de *Jatropha* para valorizar as cascas das nozes em óleo de pirólise rápida, um promissor biocombustível de segunda geração. O processo de pirólise é altamente flexível em matéria-prima, implicando que outros resíduos (folhas, madeira) das plantações podem ser valorizados também. O óleo de pirólise resultante pode ser usado no local para geração de energia em, por exemplo, caldeiras ou transportado para instalações maiores para melhoramento adicional para, por exemplo, combustíveis de transporte de líquidos. Além disso, o processo de pirólise também produz uma mistura carvão-areia que é rica em minerais e tem potencial como melhorador de solo (biocarvão). Os componentes gasosos podem ser usados para geração de energia ou síntese de produtos químicos a granel (Manurung et al., 2009).

Outro produto obtido a partir da pirólise é o bio-óleo que é derivado da rápida condensação de vapores liberados durante a pirólise da biomassa. É uma mistura complexa de muitas moléculas orgânicas com diversas massas e estruturas molares. É o biocombustível de menor custo produzido hoje a partir de materiais lignocelulósicos. Os compostos químicos encontrados nos bio-óleos são derivados da decomposição de celulose, lignina, hemicelulose e extrativos de biomassa, tornando esses líquidos muito diferentes dos combustíveis derivados de petróleo, que pode ter vários usos entre eles a elaboração de biodiesel e aditivos para biocombustíveis (García-Perez, Adams, Goodrum, Geller e Das, 2007).

Ésteres alquílicos de ácidos graxos de cadeia longa são chamados biodiesel. Estes ésteres podem ser obtidos a partir de óleos vegetais por transesterificação com metanol / etanol. A transesterificação pode ser realizada quimicamente ou enzimaticamente (Shah, Sharma e Gupta, 2004).

Atualmente, o biodiesel é geralmente produzido pela reação de metanol e óleo vegetal em um reator de tanque agitado em lote usando um catalisador líquido alcalino. O catalisador não pode ser recuperado do reator e é neutralizado e descartado como um fluxo de resíduos. Um processo catalisado de forma heterogênea oferece uma série de vantagens em relação à tecnologia atual, nomeadamente a simplificação e economia do passo de remoção do catalisador, o potencial de remoção pela formação de emulsões e a simplificação dos processos de separação a jusante. A reação de transesterificação pode ser catalisada por ácidos e bases (Vyas, Subrahmanyam e Patel, 2009).

Um processo de duas etapas foi desenvolvido por Lu et al. (2009) para preparar o biodiesel de óleo de *J. curcas* L. Os ácidos graxos livres no óleo cru foram convertidos em ésteres metílicos na pré-esterificação catalisada por ácido sulfúrico ou ácido sólido antes da transesterificação. O valor ácido do óleo diminuiu de 14,0 mg-KOH / g-óleo inicial para abaixo de 1,0 mg-KOH / g-óleo em 2 h a 70 ° C sob a condição de 12% em peso de metanol em óleo, 1% em peso de H₂SO₄ em óleo. O catalisador ácido sólido SO₄²⁻ / TiO₂ (ST) para a pré-esterificação foi preparado por calcinação do ácido metatitânico. Verificou-se que a conversão de ácidos graxos livres foi maior que 97% a 90°C por 2 h usando catalisadores seriados de 4% em massa com relação molar de metanol para ácidos graxos livres de 20: 1. O rendimento de biodiesel por transesterificação foi maior que 98% em 20 min de tempo de reação usando 1,3% de KOH como catalisador, e uma relação molar de metanol para óleo de 6: 1 a 64 ° C. A reação de transesterificação é de pseudo-segunda ordem com uma energia de ativação E_a de 15,46 kJ / mol (Lu et al., 2009).

ETANOL DAS CASCAS DE PINHÃO MANSO

Em estudo da casca de *J. curcas* Martín, García, Schreiber, Puls e Saake (2015), encontraram que a maior parte do material não-celular da casca é composta de extrativos de água, mas a participação de compostos solúveis em solventes orgânicos também é importante. Deve-se notar que os extrativos orgânicos das cascas de *J. curcas* são principalmente compostos hidrofílicos, que são solúveis em solventes polares, como etanol e acetona. Outros componentes importantes das cascas de *J. curcas* são o glucano, a lignina e a cinza. Glucano é responsável por 22,3-22,8% do peso seco. O teor de cinzas (16,4%) é maior do que em fontes biológicas lignocelulósicas típicas, e é comparável apenas a alguns materiais, tais como casca de arroz e casca de cevada. A xilose foi o principal açúcar hemicelulósico, seguido pela manose, galactose e arabinose (Martín et al., 2015).

O material lignocelulósico é constituído de três tipos de polímeros: celulose, hemicelulose e lignina, que se encontram em associação por pontes de hidrogênio ou ligação covalentes. A celulose é formada por subunidades de D-glicose, unidas por ligação glicosídica. A hemicelulose é uma estrutura bem mais complexa por ser constituída por diferentes tipos de pentoses, hexoses e açúcares ácidos unidos entre si. A lignina é associada à parede vegetal, conferindo à planta resistência a ataques microbiológicos e mecânicos, além de rigidez e impermeabilidade (Pacheco, 2011).

As cascas dos frutos de pinhão manso podem ser consideradas para a produção de etanol. Garcia et al. (2013) em trabalho efetuado menciona o potencial de pré-tratamento com ácido sulfúrico

diluído para melhorar a hidrólise enzimática da celulose das cascas de *Jatropha*, neste estudo foram avaliados os efeitos da temperatura (110-150 °C), e concentração de H₂SO₄ (0,5-2,5%) e tempo de pré-tratamento (15-45 min) na formação de açúcares durante o pré-tratamento e na enzima conversão de celulose. Conversões de celulose acima de 80% foram obtidas tanto na hidrólise enzimática separada quanto na sacarificação simultânea e fermentação dos materiais pré-tratados. As conversões ideais de SSF foram previstas para pré-tratamentos a baixa temperatura (136 °C) e concentrações moderadas de ácido (1,5%) e tempo de reação (30 min). A inclusão de um passo de extração antes do pré-tratamento revelou uma melhoria adicional da conversão enzimática da celulose.

TORTA DE PINHÃO MANSO

A produção de biodiesel no Brasil cresce consideravelmente, e com isso aumenta a quantidade disponível dos coprodutos, gerados durante o processo, e que podem ser utilizados em outros setores para minimizar os custos. A torta derivada da extração de óleos vegetais pode ser utilizada tanto para nutrição de animais, quanto para adubação de solos (Teixeira, Yada, Poças, Costa e Balota, 2009).

Podem ser utilizados para a fabricação de biodiesel no caso da soja (*Glycinemax*), o girassol (*Helianthusannuus*), a mamona (*Ricinuscommunis*), o dendê (*Elaeisqueensis*), o pinhão-manso (*Jatrophacurcas*), o nabo forrageiro (*Raphanussativus*), o algodão (*Gossypium spp.*), o amendoim (*Arachishypogaea*), a canola (*Brassicinapus*), o gergelim (*Sesamumorientale*), o babaçu (*Orrbignyaspeciosa*) e a macaúba (*Acrocomiaaculeata*), (Abdalla, Silva, Godoi, Carmo e Eduardo, 2008).

Geralmente, a torta ou farelo gerado a partir da extração do óleo não passa por processo de agregação de valor porque são desconhecidas as suas potencialidades nutricionais e econômicas, salvo algumas exceções como soja, algodão e girassol. Associado a esse fato, são também desconhecidas as possibilidades de obtenção de receitas advindas do mercado de crédito de carbono, relativas à redução da emissão de gás metano passíveis de ocorrer quando se utilizam rações contendo essas oleaginosas. Da extração do óleo de pinhão manso se obtém a torta, que é o resíduo remanescente depois de cada extração (Abdalla et al., 2008).

A torta de pinhão manso é rica em proteínas, mas tem uma utilização limitada devido à presença de fatores antinutricionais (inibidores de tripsina, curcina, taninos, saponinas, fitatos) e fatores tóxicos (ésteres de forbol), compostos responsáveis pela toxicidade do pinhão manso ao homem e alguns animais (Makkar, Becker, Sporer e Wink 1997).

A torta de pinhão manso tem um grande potencial para ser utilizada como um meio de alimentação humana ou animal, por ser constituída de proteínas, podendo ser usada depois um processo de detoxificação, além disso, há o seu potencial como adubo orgânico por ter macro e micronutrientes (Abou-arabe Abu-salem, 2009).

Jatrophacurcas L. gera cerca de 1 tonelada de torta das sementes por hectare depois a extração do óleo. Tomando a Índia como um caso, espera-se que *Jatropha* seja cultivada em mais de 20 milhões de hectares nos próximos anos e espera-se produzir cerca de 20 milhões de toneladas da torta de sementes por ano. Esta é uma proporção significativa de resíduos orgânicos, que demanda uma disposição segura, como por exemplo aplicados em campos de cultivo para repor a fertilidade do solo. No entanto, no momento a torta de sementes é transferida para o campo de cultura para cobertura vegetal (Pandey et al., 2012).

No Equador a espécie *Jatropha curcas* L. tem sido usada como cerca vivas, encontrando-se desde o nível do mar até os 1500 m acima do nível do mar. O Instituto Nacional Autónomo de Investigações Agropecuárias (INIAP) do Equador começou a gerar pesquisas desde 2007, no melhoramento genético e na realização de práticas agronômicas adequadas para a melhor produção do pinhão manso nas cercas vivas, como uma opção diversificada para pequenos produtores. O INIAP vem utilizando a produção de pinhão manso no projeto "Biocombustíveis Galápagos – Substituição de combustíveis fosseis por Biocombustíveis na geração elétrica nas Ilhas Galápagos com óleo de pinhão manso (*Jatropha curcas*) procedente da província de Manabí (Mendoza et al., 2009); (Mendoza et al., 2010). Na sistematização das experiências do Projeto Pinhão Manso para Galápagos do Equador, determinou-se que para 2008 em Manabí haviam em torno de de 7000 km de cercas vivas de pinhão manso, que servem fundamentalmente para divisão de propriedades. No ano de 2011, foram utilizadas 110.579,85 kg de sementes das cercas vivas para a extração do óleo, resultando em grande quantidade de torta de pinhão manso, (70% de massa das sementes), cuja produção se espera no futuro incrementar (IICA, 2013).

Staubmann e colaboradores (1997) estudaram a composição da torta de *Jatropha curcas*, que foi extraída com casca e sem casca para a produção de biogás, na Universidade Nacional de Engenharia de Nicarágua, os resultados são mostrados na Tabela 1, onde são especificados o peso seco, cinza, material orgânico seco, proteína, gordura, fibra, amido, açúcares, hemicelulose, celulose e lignina, caracterizando a torta de pinhão manso para ser usada no processo da biodigestão anaeróbica.

Tabela 1– Composição (%) da torta de *Jatropha curcas* L. extraída em prensa tipo expeller da Nicarágua.

Componentes	Sementes	
	Com casca	Sem casca
	%	
Peso seco	90,86	91,40
Cinza	6,03	6,55
Material Orgânico seco	84,83	84,92
Proteína	24,54	53,11
% de óleo	6,40	6,32
Fibra	32,26	5,60
Amido	0,63	0,68
Açúcares	0,71	9,36
Hemicelulose	5,55	1,94
Celulose	20,30	6,43
Lignina	19,46	0,53

Fonte:Staubmannet al., 1997.

Na tabela 2 foram mostradas a composição físico-química da torta de *Jatropha curcas* L. da Índia, usada na pesquisa de Raheman e Mondal, 2012 na produção de biogás.

Tabela 2– Composição da torta de sementes de *Jatropha curcas* L. da Índia.

Material	Sólidos Totais (%)	Sólidos Voláteis (%)	Carbono (%)	Nitrogênio (%)	C:N
Torta de <i>Jatropha curcas</i> L.	88,00	72,7	26,00	2,88	9:1

Fonte:Raheman e Mondal, 2012.

A metanização da torta de pinhão manso foi realizada em torta armazenada por seis e 18 meses por Gavilanes et al. (2017) em que menciona que a torta, independentemente da duração do armazenamento, com ou sem inóculo de bactérias, é capaz de gerar gás metano.

Mediante o processo da pirólise, é possível obter carvão vegetal a partir da torta e cascas do pinhão manso. Como fonte de energia é um substituto dos combustíveis fósseis por seu alto teor de óleo para biodiesel. Para biogás tem potencial por meio da biodigestão da torta resultante da extração de óleo (Kumar e Sharma, 2008).

A torta de pinhão manso pode ser usada como adubo orgânico, Raheman e Mondal(2012) descobriram que depois da biodigestão anaeróbica da torta, o teor de nitrogênio aumentou em 5,9% devido ao consumo de carbono, enquanto as quantidades de fósforo e potássio

permaneceram inalterados. O substrato de *Jatropha* que foi gerado não teve efeito tóxico e foi considerado adequado para uso como fertilizante de diferentes culturas como o tomate e milho, nas quais foi usado.

CONCLUSÃO

A cultura do pinhão manso tem enorme potencial para suprir algumas das necessidades de energia e serviços para as comunidades rurais e também criando caminhos para maior emprego, por seus diversos usos especialmente para biodiesel, bioetanol e biogás.

Em Equador o Projeto Piñón para Galápagos, fornece de eletricidade para as Ilhas mediante o óleo vegetal puro está gerando emprego direto o indireto para os produtores que colhem o fruto das cercas vivas.

Embora existam tecnologias para o desenvolvimento dos usos industriais desta espécie, não existe suficiente quantidade de produção dos frutos por planta e gente que se motive a plantar e colher, para suprir a demanda necessária e ser uma cultura altamente lucrativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdalla, A. L., Silva Filho, J. C. D., Godoi, A. R. D., Carmo, C. D. A., & Eduardo, J. L. D. P. (2008). Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(SPE), 260-268. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982008001300030>
- Abou-Arab, A. A., & Abu-Salem, F. M. (2010). Nutritional quality of *Jatropha curcas* seeds and effect of some physical and chemical treatments on their anti-nutritional factors. *African Journal of Food Science*, 4(3), 93-103. <http://eprints.icrisat.ac.in/395/1/AfricanJFoodScience.pdf>
- Ahring, B. K., Angelidaki, I., de Macario, C. C., Gavala, H. N., Hofman-Bang, J., Elfering, S. O., ... & Zheng, D. (2003). *Biomethanation I* (Vol. 81). Springer. <https://www.springer.com/us/book/9783540443223>
- Azhar, S. H. M., Abdulla, R., Jambo, S. A., Marbawi, H., Gansau, J. A., Faik, A. A. M., & Rodrigues, K. F. (2017). Yeasts in sustainable bioethanol production: a review. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 10, 52-61. <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2017.03.003>
- Beerens P. (2009). *Jatropha handbook 2d edition*. Chapter 4 (of 6) Oil pressing and purification. FACT Foundation. Holanda. ISBN 978-90-815219-1-8. <http://www.fibronot.nl/download/Jatropha-Handbook-Chapter-4-Appendix.pdf>
- Boateng, C., Teong, L. K., & JitKang, L. (2012). Comparative exergy analyses of *Jatropha curcas* oil extraction methods: solvent and mechanical extraction processes. *Energy Conversion and Management*, 55, 164-171. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2011.11.005>
- Divakara, B. N., Upadhyaya, H. D., Wani, S. P., & Gowda, C. L. (2010). Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: a review. *Applied Energy*, 87(3), 732-742. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030626190900302X>
- García, A., Cara, C., Moya, M., Rapado, J., Puls, J., Castro, E., & Martín, C. (2014). Dilute sulphuric acid pretreatment and enzymatic hydrolysis of *Jatropha curcas* fruit shells for ethanol production. *Industrial Crops*

- and Products, 53, 148-153. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669013007061>
- Garcia-Perez, M., Adams, T. T., Goodrum, J. W., Geller, D. P., & Das, K. C. (2007). Production and fuel properties of pine chip bio-oil/biodiesel blends. *Energy & Fuels*, 21(4), 2363-2372. <https://doi.org/10.1021/ef060533e>
- Gavilanes, F. Z., Guedes, C. L. B., Silva, H. R., Nomura, R. G., & Andrade, D. S. (2017). Physic Nut Seed Cake Methanation and Chemical Characterization of Anaerobic Bio-digested Substrate. *Waste and Biomass Valorization*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0148-y>
- Heller, J. (1996). Physic nut, *Jatropha curcas* L. (Vol. 1). Bioversity international. https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Physic_nut__Jatropha_curcas_L._161.pdf
- Hosseini, M. (Ed.). (2019). *Advanced Bioprocessing for Alternative Fuels, Biobased Chemicals, and Bioproducts: Technologies and Approaches for Scale-Up and Commercialization*. Academic Press. <https://www.elsevier.com/books/advanced-bioprocessing-for-alternative-fuels-biobased-chemicals-and-bioproducts/hosseini/978-0-12-817941-3>
- IICA. (2013). *Sistematización de experiencias del Proyecto Piñón para Galápagos*. Ecuador. 87 p.
- Koh, M. Y., & Ghazi, T. I. M. (2011). A review of biodiesel production from *Jatropha curcas* L. oil. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(5), 2240-2251. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.013>
- Kumar, A., & Sharma, S. (2008). An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): a review. *Industrial crops and products*, 28(1), 1-10. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669008000046>
- Leung, D. Y., Wu, X., & Leung, M. K. H. (2010). A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Applied energy*, 87(4), 1083-1095. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.10.006>
- Liu, J., Olsson, G., & Mattiasson, B. (2004). On-line monitoring of a two-stage anaerobic digestion process using a BOD analyzer. *Journal of biotechnology*, 109(3), 263-275. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2003.11.014>
- Lu, H., Liu, Y., Zhou, H., Yang, Y., Chen, M., & Liang, B. (2009). Production of biodiesel from *Jatropha curcas* L. oil. *Computers & Chemical Engineering*, 33(5), 1091-1096. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2008.09.012>
- Makkar, H. P. S., Becker, K., Sporer, F., & Wink, M. (1997). Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(8), 3152-3157. <https://doi.org/10.1021/jf970036j>
- Martín, C., García, A., Schreiber, A., Puls, J., & Saake, B. (2015). Combination of water extraction with dilute-sulphuric acid pretreatment for enhancing the enzymatic hydrolysis of *Jatropha curcas* shells. *Industrial Crops and Products*, 64, 233-241. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.09.040>
- Manurung, R., Wever, D. A. Z., Wildschut, J., Venderbosch, R. H., Hidayat, H., Van Dam, J. E. G., ... & Heeres, H. J. (2009). Valorisation of *Jatropha curcas* L. plant parts: Nut shell conversion to fast pyrolysis oil. *Food and Bioproducts Processing*, 87(3), 187-196. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2009.06.007>
- Mendoza, H., Cañarte, E., Rodríguez, M., López, J. (2008). El piñón (*Jatropha curcas* L.) una alternativa para tierras

- marginales secas. INIAP E.E. Portoviejo. (Folding informativo # 341). Ecuador. 6p.
- Mendoza, J., Rodríguez, M., López, J., Mejía, N., Zambrano, F. (2009). Tecnologías para el uso del piñón (*Jatropha curcas* L.) como fuente de biocombustibles en tierras marginales secas del litoral ecuatoriano. INIAP-EPN-IICA. Boletim Técnico N° 136. Ecuador, 16p.
- Mendoza, J., López, J., Mejía, N., Zambrano, F., García, P. (2010) Manual de manejo de cercas vivas de Piñón. INIAP. Ecuador. Manual N° 86. Ecuador, 12p.
- Nigam, P. S., & Singh, A. (2011). Production of liquid biofuels from renewable resources. *Progress in energy and combustion science*, 37(1), 52-68. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2010.01.003>
- Openshaw, K. (2000). A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and bioenergy*, 19(1), 1-15. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(00\)00019-2](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(00)00019-2)
- Pacheco, T. F. (2011). Produção de etanol: primeira ou segunda geração?. Embrapa Agroenergia-Circular Técnica (INFOTECA-E).
- Pandey, V. C., Singh, K., Singh, J. S., Kumar, A., Singh, B., & Singh, R. P. (2012). *Jatropha curcas*: A potential biofuel plant for sustainable environmental development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2870-2883. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.004>
- Parawira, W. (2010). Biodiesel production from *Jatropha curcas*: A review. *Scientific Research and Essays*, 5(14), 1796-1808.
- Peixoto, A.R. (1973). *Plantas oleaginosas arbóreas*. São Paulo: Nobel. 282p.
- Pramanik, K. (2003). Properties and use of *Jatropha curcas* oil and diesel fuel blends in compression ignition engine. *Renewable energy*, 28(2), 239-248. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(02\)00027-7](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(02)00027-7)
- Raheman, H., & Mondal, S. (2012). Biogas production potential of *Jatropha* seed cake. *Biomass and bioenergy*, 37, 25-30. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.12.042>
- Saetae, D., & Suntornsuk, W. (2010). Antifungal activities of ethanolic extract from *Jatropha curcas* seed cake. *J. Microbiol. Biotechnol*, 20(2), 319-324. doi: 10.4014/jmb.0905.05035
- Saturnino, H.M., Pacheco, D.D., Kakika, J. (2005). Cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) Informe Agropecuário, v.26, n.229, p.44-78.
- Selanon, O., Saetae, D., & Suntornsuk, W. (2014). Utilization of *Jatropha curcas* seed cake as a plant growth stimulant. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 3(4), 114-120. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2014.08.001>
- Shah, S., Sharma, S., & Gupta, M. N. (2004). Biodiesel preparation by lipase-catalyzed transesterification of *Jatropha* oil. *Energy & Fuels*, 18(1), 154-159. <https://doi.org/10.1021/ef030075z>
- Shivani, P., Khushbu, P., Faldu, N., Thakkar, V., & Shubramanian, R. B. (2011). Extraction and analysis of *Jatropha curcas* L. seed oil. *African Journal of Biotechnology*, 10(79), 18210-18213. <http://dx.doi.org/10.5897/AJB11.776>
- Staubmann, R., Foidl, G., Foidl, N., Gübitz, G. M., Lafferty, R. M., Arbizu, V. M. V., & Steiner, W. (1997). Biogas

production from *Jatropha curcas* press-cake. *Applied biochemistry and biotechnology*, 63(1), 457.
<https://doi.org/10.1007/BF02920446>

Teixeira, E., Yada, M., Poças, E., Costa, A., Balota, E. (2009). Efeito da adição de tortas de oleaginosas e ureia no solo sobre a atividade microbiana. *Synergismuscientifica*. UTFPR. Pato Branco, 04 (1).

Vyas, A. P., Subrahmanyam, N., & Patel, P. A. (2009). Production of biodiesel through transesterification of *Jatropha* oil using KNO_3/Al_2O_3 solid catalyst. *Fuel*, 88(4), 625-628.
<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2008.10.033>

Zambrano Gavilanes, F. (2010). Caracterización agronómica y molecular de la colección de piñón (*Jatropha curcas* L.) de la estación experimental Portoviejo del INIAP (Master's thesis, MANABÍ/Universidad Técnica de Manabí/2010).