



RELISE

APROVEITAMENTO DO EPICARPO DE BABAÇU EXTRAÍDOS EM CAXIAS- MA PARA A PRODUÇÃO DE BRIQUETES¹

USE OF BABAÇU EPICARP EXTRACTED IN CAXIAS-MA FOR THE PRODUCTION OF BRIQUETTES

Judson Rangell Rodrigues do Monte²

Francinaldo de Souza Cardoso³

Leiliane Trindade de Almeida do Monte⁴

RESUMO

Na atualidade, a busca por alternativas energéticas que sejam ambientalmente corretas é cada vez mais crescente. A utilização de biomassa para a geração de energia tem sido foco de muitos estudos. Dentre as possibilidades, destaca-se o coco babaçu, o qual ainda tem baixa exploração do potencial energético. Diante disso, este trabalho tem como objetivo geral fabricar briquetes a partir dos resíduos de babaçu, a fim de verificar características químicas que justifiquem a utilização desta biomassa como biocombustível sólido. Trata-se de uma pesquisa experimental, descritiva e de abordagem quantitativa e qualitativa. Foram utilizadas cascas de coco babaçu, além dos farelos resultantes da trituração de sua amêndoa para a produção de amostras de briquetes, nas quais realizou-se testes de queima e verificação do teor de cinzas e teor de material volátil dessa biomassa. O teor de cinzas encontrado foi de 7,9%, enquanto o teor de material volátil foi de 92,07% e tempo de queima igual a 1 hora e 30 minutos. Os resultados evidenciam que o epicarpo de babaçu é uma alternativa viável para o aproveitamento de resíduos e pode representar uma fonte de renda para muitas famílias.

Palavras-chave: briquetes, sustentabilidade, coco babaçu.

¹ Recebido em 06/09/2022. Aprovado em 16/09/2022. DOI: doi.org/10.5281/zenodo.7942806

² Faculdade do Vale do Itapecuru. judsonrangell@gmail.com

³ Faculdade do Vale do Itapecuru. francisanaraquel@hotmail.com

⁴ Anhanguera Educacional. leilianealmeida.leiliane@gmail.com



RELISE

218

ABSTRACT

Currently, the search for energy alternatives that are environmentally correct is increasingly growing. The use of biomass for energy generation has been the focus of many studies. Among the possibilities, the babassu coconut stands out, which still has low exploitation of energy potential. Therefore, this work has the general objective of manufacturing briquettes from babassu residues, in order to verify chemical characteristics that justify the use of this biomass as solid biofuel. This is an experimental, descriptive research with a quantitative approach. Babassu coconut husks were used, in addition to the bran resulting from the crushing of its kernel for the production of samples of briquettes, in which tests were carried out burning and verification of the ash content and volatile material content of this biomass. The ash content found was 7.9%, while the volatile material content was 92.07% and the burning time was equal to 1 hour and 30 minutes. The results show that the babassu epicarp is a viable alternative for the use of waste and can represent a source of income for many families.

Keywords: briquettes, sustainability, babassu coconut.

INTRODUÇÃO

Nos dias atuais há uma busca crescente por alternativas capazes de garantir a sustentabilidade, visto que o planeta Terra tem sido afetado por diversos problemas ambientais. O uso de fontes renováveis cada vez mais ganha pauta nos estudos, em vista da relevância de sua participação na matriz energética global, pois os recursos energéticos empregados nas indústrias do mundo inteiro, tais como petróleo, gás natural e carvão, são fontes limitadas de energia que causam grande impacto socioambiental (ROCHA, 2018).

Nessa perspectiva, apresenta-se a utilização de biomassa como fonte de energia alternativa e, sobretudo, limpa. Como exemplo de biomassa empregada para fins energéticos, tem-se os briquetes, um produto com alta concentração de energia, que promove a queima por mais tempo, possui aspecto mais uniforme, além de promover melhoria das condições de



RELISE

transporte, uma vez que um volume de briquetes pode ter cinco vezes mais energia que a madeira *in natura* (SILVA *et al.*, 2018).

Diferentes tipos de matéria orgânica que possam ser convertidos em energia mecânica, térmica ou elétrica, classificam-se como biomassa. Dentre as diferentes fontes de biomassa residual, destacam-se: lenha, carvão vegetal, coco babaçu, óleos vegetais, resíduos vegetais, sisal, biogás, casca de arroz, resíduos de animais da pecuária de aterros sanitários e cana de açúcar. É importante ressaltar que o Brasil detém grande potencial de biomassa residual para aproveitamento na geração de energia, a qual poderá permitir maior diversificação da matriz energética nacional e a criação de um modelo sustentável (SILVA; CARNEIRO; LOPES, 2017).

Vários estudos apresentam o potencial energético de diferentes tipos de biomassa, a fim de identificar aquela que produza mais energia em detrimento de uma menor quantidade de material e cujo impacto ambiental seja mínimo (SILVA *et al.*, 2018). Desse modo, a biomassa de babaçu possui considerável importância, no entanto, seu aproveitamento limita-se à utilização do óleo da amêndoa, que representa, em média, 7% da massa do fruto. Nesse processo, é desprezado até 93% do fruto, correspondendo ao epicarpo, mesocarpo e endocarpo (RODRIGUES, 2019).

O babaçu tem ocorrência em uma zona de transição entre as florestas úmidas da bacia amazônica (região Norte) e as terras semiáridas do Nordeste brasileiro, mas existem áreas de babaçuais no Centro-Oeste. Entretanto, a região Nordeste merece destaque por apresentar a maior área com as matas de cocais, especialmente nos estados do Piauí, Maranhão e Tocantins, onde os babaçuais formam agrupamentos homogêneos, densos e escuros, em virtude da proximidade das grandes palmeiras (AMARAL, 2017).



RELISE

Apesar de todos esses dados, no município de Caxias-MA, conhecido por possuir uma grande quantidade dessas palmeiras, há certa escassez de estudos sobre o tema em questão, além de desconhecimento por parte da população a respeito desse material. Por esse motivo, justifica-se este trabalho, o qual mostra-se de grande importância socioambiental, além de contribuir para o enriquecimento do pesquisador como para a literatura em geral. Estima-se que a produção de briquetes poderá representar uma possibilidade de negócio junto ao mercado caxiense, uma vez que a cidade dispõe de vários estabelecimentos com fornos alimentados por carvão vegetal, tais como panificadoras e pizzarias.

O estudo foi guiado pelo seguinte problema: quais as características químicas de briquetes fabricados com o epicarpo de babaçu que favorecem sua produção? Nesse sentido, também elaborou-se a hipótese: os resultados das características químicas dos briquetes fabricados com epicarpo de babaçu aproximam-se de outros estudos semelhantes.

O objetivo geral do trabalho é fabricar briquetes a partir dos resíduos de babaçu, a fim de verificar características químicas que justifiquem a utilização desta biomassa como biocombustível sólido. Os objetivos específicos são: a) descrever a metodologia de fabricação de briquetes; b) verificar o tempo de queima dos briquetes produzidos; c) comparar o potencial energético dos briquetes produzidos àqueles descritos em outros estudos sobre o tema.

Para tanto, foi realizada uma pesquisa experimental, descritiva e de abordagem quantitativa e qualitativa. Foram utilizadas cascas de coco babaçu (epicarpo), além de aglutinantes, como amido de mandioca e papel triturado. Após, realizou-se os testes de queima, verificação do teor de cinzas e teor de material volátil dessa biomassa. A partir dos resultados, a análise foi feita com



RELISE

base nos percentuais obtidos através da pesquisa, que foram comparados com outros estudos.

O marco teórico do trabalho apoia-se nos estudos de: Pedro Henrique de Queiroz Rocha (2018); Victor Miguel Cunha de Sousa (2020); Jose Wilton Fonseca da Silva, Roberto Antônio Fortuna Carneiro e Jerisnaldo Matos Lopes (2017); Francisco de Tarso Ribeiro Caselli (2019); Mateus Soares da Silva *et al* (2018); Francisco Armond do Amaral (2017); Paula Raquel Barreto Rodrigues (2019), entre outros.

O artigo está estruturado em seções. A primeira seção trata do objeto de pesquisa, que abrange os conceitos sobre biomassa e sustentabilidade, o processo de briquetagem e o potencial da biomassa de coco babaçu. A segunda seção descreve a metodologia utilizada no estudo. A terceira seção apresenta os resultados obtidos e a discussão à luz da literatura científica. Por fim, as considerações finais com as limitações do trabalho e perspectivas de estudos futuros.

BRIQUETAGEM: ORIGEM, HISTÓRICO E DEFINIÇÃO

O aquecimento global causado pela emissão de gases que intensificam o efeito estufa e a busca por alternativas energéticas em substituição aos combustíveis fósseis, tem sido uma pauta constante na agenda global, visto que há o entendimento de que é necessário atender a demanda mundial sem causar poluição e degradação ambiental. Em vista dessa consciência ambiental, outras possibilidades passam a ser exploradas, como a bioenergia, por exemplo. Nesse contexto, a biomassa de origem vegetal, apresenta-se como uma solução para a produção de energia limpa, que não emite gases poluentes, renovável e de baixo custo.



RELISE

De acordo com Donato (2020), a biomassa é reconhecida como uma opção eficiente e ecológica em relação aos combustíveis fósseis. O adensamento da biomassa é um fator importante em sua comercialização e manuseio, porque o material densificado proporciona vantagens logísticas, além de melhorar o desempenho energético e qualidade do combustível. Entre as alternativas de densificação de materiais, os mais conhecidos são os pellets, contudo os briquetes também apresentam inúmeras vantagens.

Verifica-se que a biomassa atende aos pilares da sustentabilidade, tendo em vista que é uma opção que pode substituir os combustíveis fósseis e ao mesmo tempo ser uma fonte ecológica. Destaca-se que o adensamento é um fator importante na comercialização de biomassa para conferir maior teor energético e qualidade, sendo que a briquetagem é uma das alternativas para a densificação desse material.

A respeito da briquetagem, ressalta-se que esse processo não é algo recente. Oshiro (2016, p. 25) explica que o adensamento de materiais teve início em 1848, nos Estados Unidos, por William Easby, responsável por patentear um método que transformava carvões miúdos em torrões sólidos aplicando pressão. Após 14 anos, o termo “briquette” surgiu em Paris, usado para designar a mistura de turfa, água e argila plástica.

Contudo, Melo (2000) defende que a aglomeração manual de finos surgiu com o carvão mineral na China e na Inglaterra, empregando-se ligantes de origem vegetal e animal. Já a fabricação comercial e mecânica de briquetes de carvão mineral teve início na França, em 1842. Até o período da Segunda Guerra Mundial houve larga produção em diferentes países europeus, para utilização em fornos e caldeiras. A briquetagem do carvão vegetal foi realizada pela primeira vez em 1915, em uma fábrica americana, no *Tennessee*, a mesma produzia metanol a partir da destilação destrutiva da madeira. Os finos



RELISE

de carvão vegetal, produtos secundários do processo, passavam pela briquetagem, tendo como aglutinante o alcatrão de madeira.

Anos mais tarde, a “*Ford Motor Co*”, em Michigan, EUA, construiu uma usina de briquetagem que utilizava sobras de madeira como matéria-prima. As sobras eram queimadas, trituradas e briquetadas, com emprego de amido e água como ligante. Hoje, a produção de briquetes de finos de carvão mineral e vegetal nos EUA e nos países europeus e do Sudeste Asiático, ocorrem em larga escala. A crise do petróleo ocorrida em 1973, juntamente com a decisão dos países europeus em diminuir o consumo de combustíveis fósseis devido ao agravamento do efeito estufa causado pela emissão de gases, abriram espaço para o mercado de biocombustíveis sólidos manufaturados, como os *pellets* e briquetes (TAVARES, 2013, p. 96).

No Brasil, esse processo surgiu um pouco mais tarde, na década de 1960, na Siderúrgica Belgo Mineiro, em Minas Gerais, quando a empresa alemã Humboldt instalou um equipamento para essa finalidade. Apesar dos EUA e países europeus já conhecerem a briquetagem há muito tempo, no Brasil, esse processo ainda está em fase de crescimento, de tal forma que não existe uma tradição industrial na produção de briquetes no país (OSHIRO, 2016). Tavares (2013) complementa que no Brasil ainda não há nem precisão de quantas indústrias de briquetagem em operação, sendo que esse produto ainda é considerado emergente, pouco demandado e conhecido no território nacional.

Donato (2020) explica que convencionalmente, a briquetagem era realizada pelos países em desenvolvimento para produzirem briquetes de resíduos locais destinados ao uso em fogões domésticos e restaurantes. À medida que a capacidade produtiva das máquinas aumentava, os briquetes



RELISE

passaram a ter uso industrial na alimentação de caldeiras, geração de vapor e calor.

Louzada Junior *et al.* (2017, p.3) conceituam o briquete como “combustível ecológico sólido, proveniente da compactação de resíduos lignocelulósicos”, a exemplo da serragem, cavacos de madeira, casca de arroz, palha de milho e outras biomassas florestais submetidas a altas temperaturas e pressão. Esse bioproduto apresenta-se como uma opção para o aproveitamento de resíduos orgânicos e podem ser obtidos combinando-se um ou mais resíduos lignocelulósicos. Para Oshiro (2016), o briquete substitui de forma eficiente os produtos derivados do petróleo, a lenha, o carvão vegetal, a energia elétrica ou o gás natural.

Já a briquetagem é definida por Donato (2020) como um processo físico em que o resíduo é compactado em formato cilíndrico ou retangular, submetido a altas temperaturas e pressões por via mecânica, com o intuito de aumentar a densidade, facilitar o transporte e armazenagem, além de melhorar o desempenho energético desses resíduos vegetais.

Em outras palavras, a briquetagem é um processo de transformação das propriedades físico-químicas de materiais de origem vegetal, que consiste em diversas etapas, cuja finalidade é melhorar os aspectos logísticos e energéticos. Diante do que foi explanado, qualquer matéria orgânica vegetal possui potencial para ser transformado em briquete.

Segundo Donato (2020), a vantagem da briquetagem é justamente transformar um produto de baixa densidade em uma lenha ecológica com propriedades mais vantajosas para uso energético quando comparada à lenha, além de ser ecologicamente correto. Outras vantagens do briquete são: baixo custo direto e indireto; utilização de pouca mão-de-obra no processo; tamanho padronizado; podem ser usados em caldeiras, lareiras, padarias, pizzarias,



RELISE

cerâmicas e outros; menor umidade comparado à lenha; poder calorífico superior em 2,5 vezes mais do que a lenha comum, além de regularidade térmica e chama com temperatura maior; ocupa menos espaço para armazenamento; produz melhor queima, menos fumaça, cinzas e fuligem em relação à lenha; não danifica a fornalha durante o abastecimento; dispensa licença ambiental, sendo liberado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA); é totalmente reciclável; possui disponibilidade o ano inteiro; é vendido por peso certo e menor índice de poluição.

Por ser um processo, a briquetagem é operacionalizada em etapas. Na literatura observa-se uma variação em relação à quantidade de etapas necessárias. A fim de apresentá-las, o próximo tópico destina-se a discorrer brevemente sobre cada uma, bem como os equipamentos utilizados no procedimento.

Etapas da briquetagem

Conforme discutido anteriormente, a briquetagem consiste na compactação dos resíduos, para obter produtos mais densos e com maior potencial energético. Esse processo envolve uma série de etapas que vão desde a escolha do material e abrangem o processo logístico (armazenagem e transporte).

A depender do autor, percebe-se algumas diferenças e semelhanças entre o processo de briquetagem. Por exemplo, no trabalho de Oshiro (2016) e Donato (2020) são apresentadas sete etapas. Dias *et al.* (2012) descrevem a briquetagem em 12 etapas. Já Souza (2021) menciona que a sequência de produção de briquetes é feita em nove etapas. No entanto, para este trabalho,



RELISE

serão adotadas as etapas propostas por Oshiro (2016), pelo fato de se encaixarem adequadamente na metodologia utilizada nesta pesquisa.

Desse modo, a primeira etapa refere-se à escolha da matéria-prima e pondera-se sobre o tipo de briquete a ser produzido e das características do material, por exemplo, tamanho das partículas, densidade e umidade. Em seguida, tem-se a secagem, que consiste na retirada de umidade dos processos para deixá-los prontos para a execução do procedimento. Após isso, é feita a moagem dos resíduos, cuja finalidade é deixar as partículas menores, com isso, facilitar o processo e a ação dos aglutinantes, caso seja necessário (OSHIRO, 2016; DONATO, 2020).

A quarta etapa consiste no peneiramento, com o objetivo de separar as partículas geradas na moagem em granulometrias distintas, permitindo selecionar as partículas que serão utilizadas e eliminar as indesejadas. A quinta etapa compreende a mistura com o aglutinante, o qual é responsável pela aderência dos resíduos. Deve-se considerar nessa etapa, o tipo e a qualidade do aglutinante, visto que estas impactam nos custos do processo. Contudo, dependendo do resíduo, o aglutinante é dispensável, pois alguns materiais podem se aglutinar apenas com a plastificação da lignina quando submetida a elevadas pressão e temperatura. A penúltima etapa é a da prensagem, que confere resistência aos briquetes, sendo realizada por meio de prensas que aplicam altas pressões e temperaturas à massa de resíduos e ao ligante, além de dar o formato do briquete, conforme a prensa utilizada. Por último, é feita a estocagem e a embalagem, devendo-se dispor de um estoque médio entre produção e distribuição, para serem embalados depois para a comercialização (OSHIRO, 2016; DONATO, 2020).

Durante essas etapas é necessário observar algumas condições para que o briquete tenha um bom desempenho energético. Esses requisitos são



RELISE

indispensáveis para manter a qualidade do produto. Dias (2012) explana algumas observações, por exemplo, na etapa de trituração podem ser realizadas operações prévias para que o material esteja totalmente seco. No caso de biomassa verde, pode haver necessidade de utilizar estufa ou secar ao sol. Em materiais como casca de café, de amendoim e de arroz, a secagem não é obrigatória. Essa indicação é feita para matérias-primas úmidas como a palha de coco, bagaço de cana, capim, em que a secagem é indispensável, podendo ser realizada com gases de combustão do pré-aquecimento do fluido térmico, fornalha ao ar livre ou com qualquer técnica que reduza a umidade.

Além disso, é preciso considerar o tamanho das partículas, pois elas são determinantes para os requisitos de qualidade e durabilidade do briquete. Nesse sentido, o tamanho da partícula é diretamente proporcional à porosidade do produto, as quais são inversamente proporcionais à densidade. Briquetes com muita porosidade podem dificultar a queima. Por outro lado, produtos muito densos possuem menor taxa de combustão e queimam por mais tempo. Também deve-se ter atenção com a armazenagem dos briquetes, uma vez que por seu caráter orgânico podem decompor-se facilmente. Recomenda-se que os insumos fiquem próximos ao local de produção; caso não seja possível, deve-se providenciar um local adequado.

Donato (2020) diz que a briquetagem envolve ainda o emprego de tecnologias, que incluem prensas mecânicas de briquetagem, prensas hidráulicas de briquetagem e prensas de parafuso. É essencial que os produtores escolham tecnologia que melhor atenda suas necessidades. Outro equipamento utilizado na produção de briquetes é a prensa briquetadeira de pistão. Contudo, há diversos tipos de briquetadeiras, cada uma dispõe de um mecanismo diferente para a compactação da biomassa. O processo de



RELISE

briquetagem detalhado, com base no que foi apresentado, está ilustrado na figura 1:

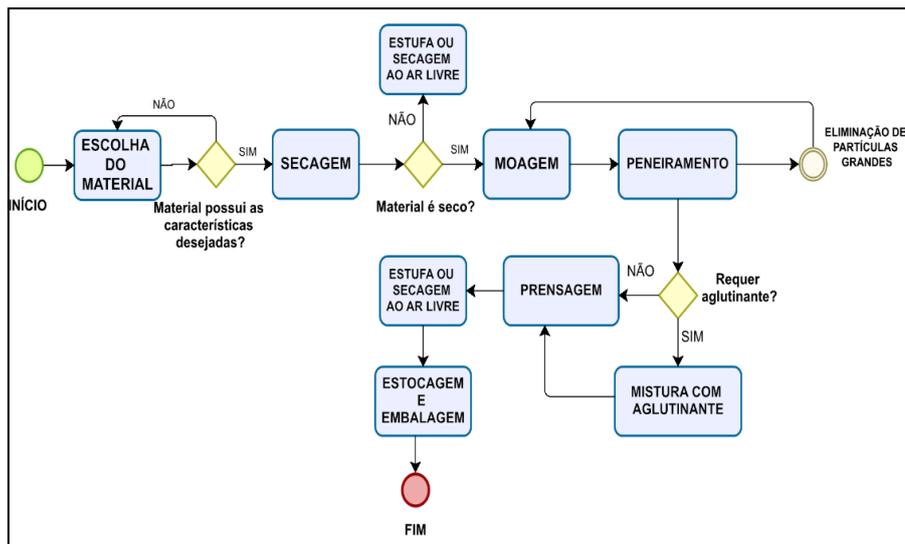


Figura 1: Etapas do processo de briquetagem
Fonte: Dados da Pesquisa

Biomassa do babaçu: uma alternativa viável

Os briquetes podem ser fabricados com diferentes tipos de resíduos ou até mesmo com a mistura de um ou mais. Para esta pesquisa, escolheu-se o babaçu, visto que este produto é encontrado com abundância no Maranhão, especialmente na região leste do Estado, a qual é conhecida como Região dos Cocais. A Região dos Cocais é composta por 17 municípios, conforme visualiza-se na figura 2:



RELISE

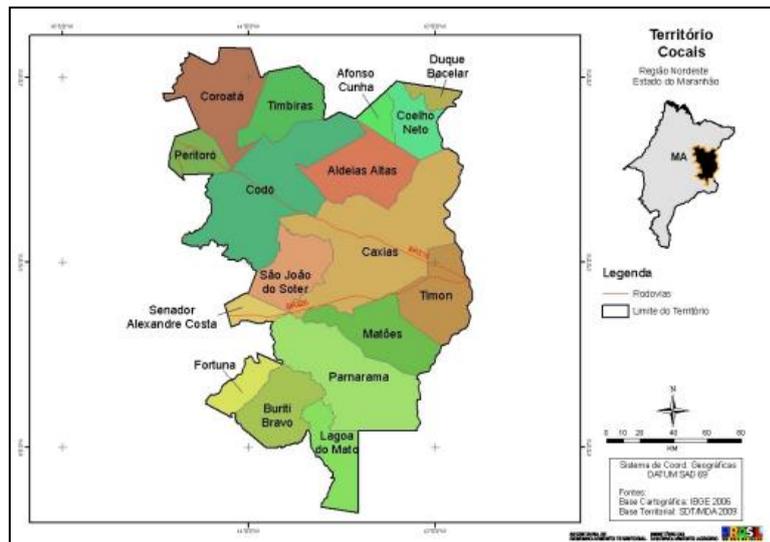


Figura 2: Mapa da região dos cocais, no estado do Maranhão
Fonte: PRDS, 2010, p. 19.

É possível observar que o município de Caxias-MA está compreendido na Região dos Cocais. Uma das características da vegetação local é a predominância de cerrado, com aspectos de cerradão, florestas estacionais com babaçu, sendo que a palmeira de babaçu se destaca devido à maior resistência que outras espécies tropicais. É a palmeira de maior importância econômica para o território por causa dos subprodutos, especialmente para as mulheres que coletam e beneficiam o babaçu, prevalecendo na região a tradição das “quebradeiras de coco” (PRDS, 2010, p. 20).

Rocha (2018) confirma que as atividades desenvolvidas a partir do babaçu têm importância para o contexto social, pois auxiliam na renda de muitas famílias que vivem da agricultura e da exploração desse produto. No aspecto econômico, destaca-se a comercialização da amêndoa, que chega a 120 mil toneladas por ano, correspondendo a R\$150 milhões.

O babaçu é uma espécie pertencente à família *Palmae / Arecaceae* e ao gênero *Attalea*. Esse gênero abrange 29 espécies que são encontradas do sul do México até a América do Sul, dentre elas destacam-se seis diferentes



RELISE

230

espécies de palmeiras, cuja diferença está apenas em seus estames. O tronco dessa palmeira pode atingir cerca de 20 m de altura, com diâmetro de até 40 cm, conjunto de 15 a 20 folhas de até 8 m de altura, e uma quantidade de cachos que variam de 4 a 6 por planta. A floração ocorre durante o primeiro semestre do ano e a maturação no segundo semestre (CASELLI, 2019).

Dentre as utilidades do babaçu, as folhas são usadas para cobertura de casas, artesanato e utensílios domésticos. O tronco pode ser aplicado na construção de casas e os frutos, na alimentação de produção de carvão. Os derivados de maior valor comercial são extraídos dos componentes do fruto, com destaque o óleo da amêndoa, amplamente utilizado na indústria de cosméticos, alimentícia e de biocombustíveis. O fruto do babaçu divide-se em quatro partes: a) epicarpo, que compreende 12% do peso do coco; b) mesocarpo, responsável por 17% do peso do coco; c) endocarpo, responsável por 64% do peso do coco; e d) amêndoa, responsável por 7% do peso do coco (CASELLI, 2019). Tais componentes estão ilustrados na figura 3:

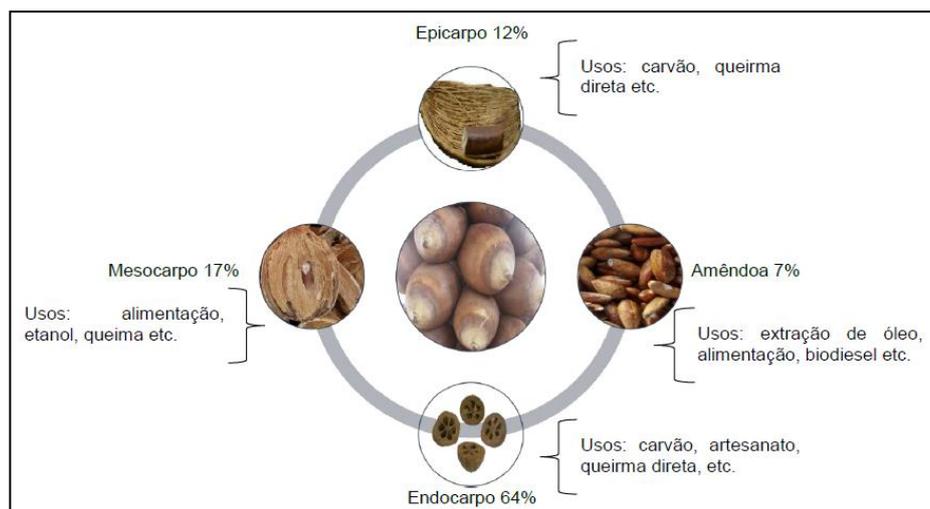


Figura 3: Componentes do fruto do babaçu e principais aplicações
Fonte: CASELLI, 2019, p. 20.



RELISE

Apesar da importância econômica do babaçu, ressalta-se que o extrativismo tem baixa eficiência no aspecto produtivo, visto que o coco não é aproveitado totalmente gerando desperdícios, o mesmo possui um grande potencial energético. Essa tese é defendida por diversos autores que se concentraram em estudar os potenciais do babaçu na geração de energia.

Domingues, Araújo e Silva (2017) argumentam que a casca do babaçu possui potencial calórico similar ao de outras biomassas, como eucalipto e a cana-de-açúcar. No entanto, esses mesmos autores salientam que a quantidade de biomassa de babaçu tem pouca contribuição à matriz energética brasileira, por isso, a definição para a explorar o potencial energético dessa palmeira está ligada a questões regionais. Diante das diversas alternativas tecnológicas para aproveitamento de materiais orgânicos, o babaçu possui maior potencial para se desenvolver, bem como suprir as necessidades mundiais na busca de novas fontes de geração de energia.

Rocha (2018, p. 15) também assente com o exposto ao afirmar que o babaçu é uma alternativa para obtenção de energia, devido aos subprodutos, “sendo oportuna a produção de energia a partir dessa biomassa, pois agrega valor ao produto”. Nesse caso, a energia pode ser gerada por vias termoquímicas e de conversão biológica. Dentre as rotas termoquímicas para a produção de energia, tem-se a pirólise. Frente à possibilidade de geração de energia, esse processo torna-se uma opção diante das buscas atuais por novas fontes renováveis para a produção de energia limpa.

Sousa (2020) destaca a utilização das diferentes partes do babaçu para uso não energético e energético. O epicarpo para uso não energético pode ser empregado em: Xaxim, estofado de banco de carro, vasos, placas, embalagens que substituem o isopor, adubo orgânico, carvão ativado. O uso energético inclui a produção de combustível primário e carvão fino.



RELISE

Como aplicações não energéticas do mesocarpo, tem-se: alimentação humana, óleo comestível, ração animal, aglomerante para fabricação de briquetes; já as aplicações energéticas incluem a produção de etanol e carvão. Como uso não energético do endocarpo destacam-se o proveito para artesanatos diversos, carvão ativado, coque, grafite, gases condensáveis; ao passo que o uso energético é voltado para a fabricação de combustível primário, carvão, metanol e gases combustíveis. Por fim, a amêndoa é utilizada para fins não energéticos na produção de óleo comestível, ração animal, cosméticos, produtos de limpeza, indústria alimentícia, vegetariana, farmacêutica, química; para fins energéticos, destacam-se a fabricação de biodiesel e bioquerosene (SOUSA, 2020).

METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se pela utilização da abordagem quantitativa e qualitativa, que objetivou a realização de briquetes a partir de resíduos do babaçu. De acordo com González (2020), a pesquisa qualitativa abrange uma série de visões, modalidades, abordagens, metodologias, desenhos e técnicas utilizadas no planejamento, condução e análise de estudos, os quais têm a finalidade de descrever, interpretar, compreender, entender ou superar situações consideradas problemáticas.

Na concepção de Mussi *et al.* (2019), a abordagem quantitativa é aquela que se interessa pelo coletivo em detrimento do individual, pessoal ou singular. A principal característica dessa abordagem, portanto, é a generalização, dispensando o estudo integral de uma população e com forte emprego da matemática para descrição dos resultados.

Em relação aos procedimentos, define-se como pesquisa experimental, cujo objeto de estudo é o briquete produzido a partir do epicarpo de babaçu.



RELISE

Nesse caso, buscou-se saber se esse componente influencia no tempo de queima, conseqüentemente, no potencial energético do produto final. Quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa descritiva, que segundo Gil (2008), a finalidade desse tipo de investigação é descrever as características de determinado fenômeno ou população.

Como matéria-prima para a produção dos briquetes foram utilizadas as cascas de coco babaçu, que foram secas ao sol, posteriormente trituradas em uma forrageira. Foram produzidas 10 amostras de briquetes, sendo que metade foram adicionados ligantes de papel e a outra parte, amido de mandioca.

Após a fabricação dos briquetes, estes foram deixados expostos ao sol por 15 dias, depois realizou-se testes do teor de cinzas e teor de material volátil. A partir dos resultados obtidos, procedeu-se à análise descritiva e quantitativa com base nos valores obtidos através da pesquisa, sendo comparados com outros estudos. Os resultados foram apresentados em forma de gráficos e tabelas, utilizando-se editor de planilhas do *Windows*, Microsoft Excel, versão 2013, além do registro fotográfico de cada uma das etapas da fabricação dos briquetes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A matéria-prima utilizada no processo de fabricação dos briquetes foi obtida no povoado Santo Antônio, 3º distrito de Caxias-MA. O material passou previamente pelo processo de secagem ao ar livre por 20 dias. Após a quebra dos frutos (figura 4), foram obtidos 10 kg somente do epicarpo de babaçu (figura 5).

Posteriormente, a próxima etapa consistiu na trituração do material com auxílio de um triturador elétrico forrageiro (figura 6), da marca Tramontina,



RELISE

234

modelo TRE25, com potência de 2.0 hp (aproximadamente 2,03 cv), rotação de 3.400 rpm, o qual dispõe de dois (2) martelos fixos e duas lâminas, optando-se pela peneira de 3mm.



Figura 4: Babaçu utilizado na produção dos briquetes
Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.



Figura 5: Babaçu após a quebra
Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.



Figura 6: Etapa de Moagem do epicarpo de babaçu
Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.



Figura 7: Epicarpo após trituração
Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

Oshiro (2016) explica que a finalidade da trituração é diminuir o material para obter partículas menores e assim, favorecer o processo e a ação



RELISE

235

dos aglutinantes, quando for necessário. Na figura acima é possível observar que após a trituração obteve-se um material fibroso, característico da composição do epicarpo de babaçu. Esse material foi submerso em água por 15 dias com a finalidade de deixar as fibras mais macias, sendo levadas para secagem ao ar livre depois, em temperatura aproximada de 30 °C, recebendo incidência solar por 8 dias, reviradas com frequência para otimizar o processo de secagem. A seguir, procedeu-se ao peneiramento dos resíduos, visando separar as partículas geradas em diferentes granulometrias e selecionar as que seriam utilizadas no processo. O material peneirado está ilustrado na figura 8:



Figura 8: Material após peneiramento

Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

A etapa seguinte consistiu na pesagem do material, com auxílio de uma balança de precisão. Para cada unidade de briquete foram utilizadas 424 g do insumo, que foram prensados em uma forma cilíndrica de 7 cm de altura por 10 cm de diâmetro. A prensa hidráulica manual foi confeccionada pelo autor, a partir de um macaco hidráulico de garrafa, cuja força de compactação



RELISE

236

é de até 10 toneladas. O mecanismo da prensa é o seguinte: o material particulado é alocado no cilindro; logo após, coloca-se uma tampa circular na abertura do cilindro, no espaço entre o cilindro e o macaco hidráulico utiliza-se um bastão de ferro; com auxílio do bastão que acompanha o macaco hidráulico aciona-se a alavanca, o fluido no interior do macaco é responsável por fazer a elevação (no caso dessa prensa, ocorre o inverso); quando atinge-se a elevação adequada, a trava é liberada e o sistema de molas recuperadoras auxilia no retorno do macaco hidráulico à forma original. A figura 9 mostra a prensa hidráulica:



Figura 9: Prensa hidráulica desenvolvida para o estudo
Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

O primeiro teste de compactação foi realizado sem adição de ligante. A execução consistiu em colocar 424 gramas de resíduo de babaçu na forma cilíndrica e aplicar 10 toneladas de pressão, até que não houvesse variação na alavanca, deixando-se nessa posição por 5 minutos. Após isso, o briquete foi retirado da forma, porém com aspecto quebradiço, evidenciando a falta de resistência física, conforme observado na figura 10:



RELISE

237



Figura 10: Aspecto do briquete de epicarpo de babaçu sem ligante
Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

O segundo teste de briquetagem foi realizado com a incorporação de amido de mandioca na proporção de 30% em massa de ligante para 424 gramas de resíduo de babaçu. O amido foi dissolvido em 50 mL de água fervente até virar uma pasta consistente, a qual foi adicionada aos resíduos. Em seguida, a mistura composta por amido e biomassa foi submetida a 10 toneladas de pressão por iguais períodos de 5 minutos. Observou-se uma melhoria nos aspectos dos briquetes.

O terceiro teste foi feito com adição de papel triturado na proporção de 30% em massa de ligante para 424 gramas do material. A mistura também foi submetida a 10 toneladas de pressão por 5 minutos, mostrando-se melhor como ligante em comparação ao amido. Os briquetes produzidos são mostrados na figura 11:



RELISE

238



Figura 11: Comparação entre os briquetes produzidos
Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

Foram realizados alguns cálculos para obtenção do teor de cinzas e teor de massa volátil. O teor de cinzas é calculado pela equação 1 apresentada por Fernandes (2018, p. 22):

$$TCZ = \frac{MCZ}{MAS} * 100 \quad (1)$$

Sendo que: TCZ é o teor de cinzas, dado em porcentagem; MCZ é a massa das cinzas, em gramas; MAS é massa da amostra seca, em gramas. Nesse caso, os briquetes produzidos apresentaram teor de cinzas de 7,9%, valor considerado alto segundo a literatura. O tempo de queima de cada unidade fabricada foi de 1 hora e 30 minutos.

Padilla *et al.* (2016) destacam que o teor de cinzas recomendado para a briquetagem não deve ser superior a 4%, pois valores superiores podem causar corrosão no equipamento. A grande quantidade de cinzas dos briquetes feitos com o epicarpo de babaçu pode ser explicada por uma provável contaminação das amostras, visto que os frutos foram coletados diretamente do solo.



RELISE

Também foi calculado o teor de materiais voláteis (TMV) da amostra. Esse cálculo é realizado por meio da equação 2, apresentada por Fernandes (2018, p. 23):

$$TMV = \frac{MAS - MCZ}{MAS} * 100 \quad (2)$$

Em que: TMV é o Teor de Material Volátil, em porcentagem; MAS é a Massa da Amostra Seca (em gramas) e MCZ é a Massa de Cinzas (em gramas). Isto posto, encontrou-se um TMV de 92,07%, superior aos valores obtidos por Padilla *et al* (2016, p. 1340), que encontraram um valor de 77,5%. No entanto, os valores calculados neste estudo são semelhantes aos da pesquisa de Fernandes (2018, p. 25), que obteve 92,59% de TMV. O alto teor de material volátil acarreta em maior difusão da temperatura, implicando em temperaturas elevadas em determinados pontos e tornando a combustão do briquete mais rápida.

Não foi possível realizar o cálculo do Poder Calorífico Superior (PCS) devido à falta de equipamentos laboratoriais para análise das amostras. Porém, alguns estudos sobre caracterização química de briquetes de babaçu já definiram que o PCS das amostras estão compreendidos entre 16 MJ.kg⁻¹ e 20 MJ.kg⁻¹ (PADILLA *et al.*, 2016; GADELHA *et al.*, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como proposta a fabricação de briquetes a partir dos resíduos de babaçu, a fim de verificar características químicas que justifiquem a utilização desta biomassa como biocombustível sólido. Viu-se que o emprego de biomassa como fonte de energia já é uma realidade, no caso específico do coco babaçu, diversos estudiosos têm demonstrado a aplicabilidade desse material na produção de briquetes.



RELISE

Após algumas observações da biomassa compactada percebeu-se grande viabilidade para a produção dos briquetes, mesmo sem uma briquetadeira automática. Durante o processo de compactação foi percebido que quanto menor os resíduos do babaçu, mais compacto fica o briquete, aumentando, assim, sua densidade e tornando sua queima mais lenta. Ao mesmo tempo, o alto grau de compactação dificulta a ignição da queima, porém contribui para que o briquete atinja temperaturas mais elevadas. No caso deste estudo, como os resíduos utilizados foram maiores, observou-se formação de uma porosidade, além de maior facilidade na queima e em sua ignição, entretanto o tempo de queima do material foi relativamente mais rápido, o que pode significar que o mesmo não consiga atingir temperatura tão altas. O alto teor de cinzas aliado ao alto teor de material volátil encontrados, contribuem diretamente para a rapidez da combustão dos briquetes de epicarpo de babaçu.

Esse aspecto pode ter relação à composição do material utilizado, tendo em vista que o epicarpo de babaçu é bastante fibroso, assim como indica uma possível contaminação das amostras. Desse modo, uma possibilidade de estudos futuros diz respeito ao balanceamento da produção para que os briquetes feitos a partir do epicarpo de babaçu tenham maior tempo de queima e um grau de compactação mais adequado. Neste estudo também foi observado que o papel triturado como ligante teve um desempenho melhor em relação ao amido de mandioca. Contudo, o ponto negativo da incorporação do papel foi a maior quantidade de fuligem e fumaça durante a queima. Mas ainda assim, a adição de papel é um fator benéfico, em razão do reaproveitamento de materiais e sua parcela de contribuição ambiental.

As limitações do estudo referem-se à falta de equipamentos necessários para determinar com mais precisão e detalhes as características



RELISE

químicas dos briquetes fabricados. Esse fator inviabilizou o cálculo do Poder Calorífico Superior e demais parâmetros para a comparação com estudos semelhantes. Apesar disso, o objetivo geral do trabalho foi alcançado e conseguiu-se validar a hipótese levantada, tendo em vista que os resultados encontrados são bem próximos aos de outros trabalhos, uma vez que a fabricação de briquetes de epicarpo de babaçu se configurou como uma alternativa viável. A briquetagem dessa biomassa pode representar uma solução para seu aproveitamento, assim como pode contribuir para a geração de renda de muitas famílias, especialmente na Região dos Cocais, onde a exploração do babaçu não é totalmente aproveitada.

Por fim, é imprescindível a realização de um estudo sobre a viabilidade econômico-financeira da produção de briquetes no município de Caxias-MA, pois essa região ainda não é reconhecida por nenhum tipo de agronegócio. A produção racional de briquetes, especialmente os fabricados a partir do babaçu, pode contribuir para a cultura sustentável desse produto, contudo, a disseminação dos benefícios da briquetagem é essencial para a construção do conhecimento local sobre esse biocombustível sólido.

REFERÊNCIAS

AMARAL, F. A. **Bloco de Adobe**: efeitos da adição de fibra do epicarpo do babaçu. 2017. 68 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2017.

CASELLI, F. T. R. **Análise da Sustentabilidade da cadeia produtiva do babaçu (*Attalea speciosa Mart. ex Spreng*) na mata dos cocais**. 2019. 171. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2019.

DIAS, J. M. C. S. et al. **Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais**. Brasília, DF: EMBRAPA. 2012. 130 p. Disponível em: [https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/)



RELISE

242

/publicacao/952626/producao-de-briquetes-e-peletes-a-partir-de-residuos-agricolas-agroindustriais-e-florestais. Acesso em: 20 maio 2021.

DOMINGUES, L. C. C.; ARAÚJO, G. C.; SILVA, C. R. Análise da Utilização do Coco do Babaçu na Geração de Energia: um estudo em três indústrias de Mato Grosso. In: Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 19., 2017, São Paulo. **Anais** [...] São Paulo: ENGEMA/USP, 2017. p. 1-12. Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/19/anais/arquivos/516.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2022.

DONATO, C. J. **Resíduo de madeira em Presidente Prudente: um estudo sobre a viabilidade ambiental e comercial na fabricação de briquetes**. 2020. 75 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente-SP, 2020.

FERNANDES, L. A. A. **Reaproveitamento de resíduo da poda de *Azadirachta indica* para produção de briquetes**. 2018. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras-PB, 2018.

GADELHA, A. M. T. et al. Biomassas com potencial energético para briquetagem: comparativo na densidade. In: CONGRESSO TÉCNICO-CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 7., 2021. **Anais eletrônicos** [...] São Paulo: CONFEA, 2021. p. 1-5. Disponível em: <https://www.confea.org.br/midias/uploads-imce/Contecc2021/Agronomia/BIOMASSAS%20COM%20POTENCIAL%20ENERG%C3%89TICO%20PARA%20BRIQUETAGEM%20COMPARATIVO%20NA%20DENSIDADE.pdf>. Acesso em: 20 maio 2022.

GONZÁLEZ, F. E. Reflexões sobre alguns conceitos da pesquisa qualitativa. **Revista Pesquisa Qualitativa**, [s.l.], v. 8, n. 17, p. 155-183, 2020. Disponível em: <https://editora.sepq.org.br/rpq/article/view/322>. Acesso em: 25 maio 2022.

LOUZADA JUNIOR, M. A. et al. O contexto brasileiro e as oportunidades de aproveitamento de resíduos de madeira. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, Três Lagoas, v. 5, n. 3, p. 24-40, ago. / dez. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/sameamb/article/view/5254>. Acesso em: 25 maio 2022.



RELISE

243

MELO, V. P. S. **Produção de briquetes de carvão vegetal com alcatrão de madeira**. 2000. 64 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

MUSSI, R. F. F. et al. Pesquisa Quantitativa e/ou Qualitativa: distanciamentos, aproximações e possibilidades. **Revista Sustinere**, [s.l.], v. 7, n. 2, p. 414-430, 2019. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/sustinere/article/view/41193>. Acesso em: 27 abr. 2022.

OSHIRO, T. L. **Produção e caracterização de briquetes produzidos com resíduos lignocelulósicos**. 2016. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina-PR, 2016.

PADILLA, E. R. D. et al. Produção e caracterização físico-mecânica de briquetes de fibra de coco e palha de cana-de-açúcar. **Revista virtual de Química**, [online], v. 8, n. 5, 2016. p.1334-1346. Disponível em: <http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v8n5a07.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2022.

PLANO RURAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (PDRS). **Território Cacaís**. São Luís-MA, 2010. 137 p. Disponível em: http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_qua_territorio034.pdf. Acesso em: 16 jun. 2022.

ROCHA, P. H. Q. **Caracterização e análise dos endocarpos de buriti e babaçu para fins energéticos**. 2018. 71 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Energia) – Faculdade UNB Gama, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2018.

RODRIGUES, P. R. B. **Desempenho físico-mecânico de compósito fabricado com fibra do epicarpo do côco babaçu (*Orbignya Phalerata*) e resíduos poliméricos**. 2019. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, Palmas, 2019.

SILVA, J. W. F.; CARNEIRO, R. A. F.; LOPES, J. M. Da biomassa residual ao briquete: viabilidade técnica para produção de briquetes na microrregião de dourados-MS. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, [online], v. 6, n. 4,



RELISE

244

p. 624-646, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/46401>. Acesso em: 02 fev. 2022.

SILVA, M. S. et al. Análise do babaçu como fonte de biomassa para produção de briquetes na Região Meio Norte do Brasil. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA REGIÃO NORDESTE, 9., 2018, Juazeiro-BA. **Anais eletrônicos** [...]. Juazeiro: UNIVASF, 2018. Disponível em: https://doity.com.br/media/doity/submissoes/artigo-4f7d9c5a62d4c6d17ec2532a3b041a46c41acaea-segundo_arquivo.docx. Acesso em: 02 fev. 2022.

SOUSA, V. M. C. **Potencial do carvão de resíduos do coco babaçu e o desenvolvimento de protótipos de quebra do coco e carbonização**. 2020. 57 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Energia) – Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2020.

SOUZA, C. B. **Reaproveitamento de cascas de cupuaçu através da transformação em briquetes para a produção de energia renovável**. 2021. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves-RS, 2021.

TAVARES, M. A. M. E. **Estudo da viabilidade da produção de briquetes e seus possíveis impactos sobre o meio ambiente e o mercado de trabalho da região do baixo-Açu, RN**. 2013. 246 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal da Paraíba, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, João Pessoa, 2013.