



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA
LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA
INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIAS**

MANOEL NAZARENO RIBEIRO FILHO

**ESTUDO COMPARATIVO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DAS CASCAS DAS
SEMENTES DA PLANTA NIM (*Azadirachta indica*) E DAS AMÊNDOAS DO COCO
BABAÇU (*Attlea speciosa* Mart.) PARA PRODUÇÃO DE BRIQUETE**

REDENÇÃO-CE

2023

MANOEL NAZARENO RIBEIRO FILHO

**ESTUDO COMPARATIVO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DAS CASCAS DAS
SEMENTES DA PLANTA NIM (*Azadirachta indica*) E DAS AMÊNDOAS DO COCO
BABAÇU (*Attlea speciosa* Mart.) PARA PRODUÇÃO DE BRIQUETE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Energias da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energias.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ada Amélia Sanders Lopes.

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria Alexandra de Sousa Rios.

REDENÇÃO-CE

2023

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Ribeiro Filho, Manoel Nazareno.

R484e

Estudo comparativo do potencial energético das cascas das Sementes da planta Nim Azadirachta Indica e das Amêndoas do Coco Babaçu Attlea Speciosa Mart. Para Produção de Briquete / Manoel Nazareno Ribeiro Filho. - Redenção, 2023.

48fl: il.

Monografia - Curso de Engenharia de Energias, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2023.

Orientadora: Profa. Dra. Ada Amélia Sanders Lopes.

Coorientadora: Profa. Dra. Maria Alexandra de Sousa Rios.

1. Briquete. 2. Nim. 3. Babaçu. 4. Energia. I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 662.74

MANOEL NAZARENO RIBEIRO FILHO

**ESTUDO COMPARATIVO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DAS CASCAS DAS
SEMENTES DA PLANTA NIM (*Azadirachta indica*) E DAS AMÊNDOAS DO COCO
BABAÇU (*Attlea speciosa* Mart.) PARA PRODUÇÃO DE BRIQUETE**

Aprovado em: 25/01/2023

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Energias da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energias.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ada Amélia Sanders Lopes.

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Alexandra de Sousa Rios.

BANCA EXAMINADORA

Ada Amélia Sanders Lopes

Prof^a. Dr^a. Ada Amélia Sanders Lopes
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Maria Alexandra de Sousa Rios

Prof^a. Dr^a. Maria Alexandra de Sousa Rios
Universidade Federal do Ceará

Francisco Simão Neto

Eng.º Francisco Simão Neto
Universidade Federal do Ceará

*A Deus.
A minha mãe, Paula.
A minha avó, Antônia
Aos meus irmãos, Ana Paula, Darlany, Naziel e Lya.*

AGRADECIMENTOS

Á Deus, pelo dom da vida e por sempre me surpreender com bençãos ao qual nunca sonhei.

Á minha mãe, Paula Marques, pelo amor, carinho e apoio e toda confiança depositada em mim.

Á minha avó, Antônia Alves, pelo amor, carinho e conselhos.

Aos meus irmãos, Ana Paula, Darlany, Naziel e Lya, por sempre acreditarem em mim.

Aos meus amigos Lucas Souza, Victor Lemos, Pedro Henrique, Ailton Santos, Carla Gomes, Nilson Neto, Erico Castro, Marcus Bernadino, Jerry, Batista Dala, De Assis Monte, Luis Andrade, Vitoria Moreno, Sheyla Alencar, Aryadna Mendes, Bruna Coelho, Sonalli e Marisabel França, por todo companheirismo e auxílio durante nossa trajetória.

Ao colega Francisco Simão Neto, por me auxiliar e orientar durante os experimentos em laboratório. Sua ajuda foi fundamental para a conclusão deste trabalho.

À UNILAB e ao IEDS, por me capacitar e pelas oportunidades a mim oferecidas.

Ao Prof. Dr. Carlos Cáceres, pelo reconhecimento de minha dedicação e me recomendar para projetos com outros professores, também por me orientar no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI/ CNPq).

Ao Prof. Dr. Sergio Servilha, pelo reconhecimento de minhas habilidades e a oportunidade de participar do projeto BATUmobile.

Ao Prof. Dr. José Cleiton, por acreditar no meu potencial, pelo apoio e incentivo. Sua ajuda me proporcionou ir mais longe.

Á minha orientadora Prof^ª. Dr^ª. Ada Sanders. Uma pessoa mais que especial que sempre torceu pelo meu sucesso, agradeço por todos os conselhos, orientações e tempo dedicado a mim. Seu apoio me fez sonhar mais alto.

Ao grupo GEPEMA (Grupo de Extensão e Pesquisa em Energias e Meio Ambiente) da UNILAB, por me acolher e proporcionar diversas oportunidades.

Ao Grupo de Inovações Tecnológicas e Especialidades Químicas da Universidade Federal do Ceará (GRINTEQUI/UFC), por todo suporte para a realização das análises que compõem este trabalho. Em especial a Prof^ª. Dr^ª. Alexandra Rios e ao João Vitor Nunes.

*“Há uma força motriz mais poderosa que o vapor,
a eletricidade e a energia atômica: A VONTADE”*

Albert Einstein

RESUMO

A cada ano a demanda energética aumenta e conseqüentemente a procura por novas fontes de energia para complementar a matriz energética também. Ademais, essa procura tem um foco nas fontes de energia renovável pelas suas características benéficas ao meio ambiente. Nesse cenário os biocombustíveis, produzidos a partir da biomassa, se apresentam como uma excelente solução com a característica de ser utilizada de diversas formas na geração de energia. Ainda, cabe ressaltar que a possibilidade de se misturar biomassas na síntese de briquetes também fortalece seu uso. Em vista disso, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise comparativa do potencial energético entre duas biomassas as cascas das sementes da planta Nim (*Azadirachta indica*) e a torta gerada no processo de extração do óleo de coco Babaçu (*Attlea speciosa* mart.) com a finalidade de produzir briquetes. A metodologia apresentou um passo inicial, a produção do briquete que consiste na utilização de um molde de aço inox SAE 304 projetado para compactação ou densificação da biomassa. Assim, colocou-se 20g da biomassa nesse recipiente, em seguida com o molde já preenchido com o material o mesmo foi posto em uma prensa hidráulica para promover a agregação das fibras formadas pela biomassa. Em seguida, realizou-se a análise imediata que é a definição dos teores de umidade, sólidos totais, cinzas, materiais voláteis e carbono fixo. Estes índices indicam se a biomassa é eficiente na queima e geração de energia térmica. Por fim, como resultado das análises foram determinados $11,47 \pm 0,36\%$ de umidade, $88,52 \pm 0,35\%$ de sólidos, $4,33 \pm 0,57\%$ de cinzas, $95,08 \pm 0,57\%$ de materiais voláteis e $2,94 \pm 1,16\%$ de carbono fixo para as cascas das sementes da planta Nim. Também, para a torta gerada no processo de extração do óleo de coco Babaçu foi obtido $09,72 \pm 0,34\%$ de umidade, $90,28 \pm 0,34\%$ de sólidos, $4,33 \pm 0,02\%$ de cinzas. Com estes índices foi realizada uma análise comparativa entre cascas das sementes da planta Nim e a torta gerada no processo de extração do óleo de coco Babaçu, do qual apresentou a capacidade de geração de energia térmica com valores acima de 15 MJ/kg para o poder calorífico superior. Dessa forma, através dessa análise energética entre duas biomassas é possível indicar que as biomassas possuem potencial para a geração de energia térmica, tornando seu uso como energia alternativa interessante, para diversificar a matriz energética com fontes de energia limpa e assim proporcionar um futuro sustentável para as futuras gerações do nosso planeta.

Palavras-chave: Briquete. Nim. Babaçu. Energia.

ABSTRACT

Every year the energy demand increases and consequently the demand for new sources of energy to complement the energy matrix as well. Moreover, this demand has a focus on renewable energy sources for their beneficial characteristics to the environment. In this scenario, biofuels, produced from biomass, present themselves as an excellent solution with the characteristic of being used in various ways in energy generation. Furthermore, it should be noted that the possibility of mixing biomass in the synthesis of briquettes also strengthens its use. In view of this, the present work aimed to perform a comparative analysis of the energy potential between two biomasses the seed shells of the Neem plant (*Azadirachta indica*) and the cake generated in the process of extraction of Babassu coconut oil (*Attlea speciosa mart.*) in order to produce briquettes. The methodology presented an initial step, the production of the briquette that consists in the use of a SAE 304 stainless steel mold designed for compaction or densification of biomass. Thus, 20g of biomass was placed in this container, then with the mold already filled with the material it was put in a hydraulic press to promote the aggregation of the fibers formed by biomass. Then, the immediate analysis was performed, which is the definition of the moisture content, total solids, ash, volatile materials and fixed carbon. These indices indicate whether the biomass is efficient in burning and generating thermal energy. Finally, as a result of the analyses, $11.47 \pm 0.36\%$ of moisture, $88.52 \pm 0.35\%$ of solids, $4.33 \pm 0.57\%$ of ash, $95.08 \pm 0.57\%$ of volatile materials and $2.94 \pm 1.16\%$ of fixed carbon were determined for the Neem plant seed hulls. Also, for the cake generated in the Babaçu coconut oil extraction process was obtained $09.72 \pm 0.34\%$ moisture, $90.28 \pm 0.34\%$ solids, $4.33 \pm 0.02\%$ ash. With indices a comparative analysis was performed between the shells of the seeds of the Neem plant and the cake generated in the process of extraction of Babaçu coconut oil, of which presented the capacity of generating thermal energy with values above 15 MJ/kg for the higher calorific value. Thus, through this energy analysis between two biomasses it is possible to indicate that biomass has the potential for thermal energy generation, making its use as an interesting alternative energy, to diversify the energy matrix with clean energy sources and thus provide a sustainable future for future generations of our planet.

Keywords: Briquette. Nim. Babassu. Energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fruto do Nim	18
Figura 2 - Árvore Nim.....	19
Figura 3 - Fruto do Babaçu.....	20
Figura 4 - Palmeira de Babaçu	21
Figura 5 - Gráfico matriz energética brasileira em 2020.....	23
Figura 6 - Partes do molde.....	30
Figura 7 - Molde de aço inox SAE 304.....	30
Figura 8 - Medição da massa.....	30
Figura 9 - Molde com o material.....	31
Figura 10 - Molde na prensa hidráulica.....	32
Figura 11 - Remoção do briquete do molde	32
Figura 12 - Cadinho de porcelana	33
Figura 13 - Estufa com cadinho.....	33
Figura 14 - Forno mufla	35
Figura 15 - Amostras para Análise Imediata.....	37
Figura 16 - Gráfico potencial em gerar calor	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de biomassa e seus respectivos potenciais energéticos	26
Tabela 2 - Caracterização energética das biomassas	38

LISTA DE SIGLAS

GRINTEQUI	Grupo de Inovações Tecnológicas e Especialidades Químicas
UFC	Universidade Federal do Ceará
ASTM	American Society for Testing and Materials
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
NBR	Norma Regulamentadora
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BEN	Balanco Energético Nacional
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
MME	Ministério de Minas e Energia
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
CBIE	Centro Brasileiro de Infra Estrutura
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
SAE	Society of Automotive Engineers
UNILAB	Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
TU	Teor de umidade
TS	Teor de sólidos totais
MAu	Massa amostra úmida
MAs	Massa da amostra seca
TCt	Teor de cinzas totais
MCt	Massa de cinzas totais
TMV	Teor percentual de materiais voláteis
Mf	Massa final
Mi	Massa inicial
TCf	Teor de carbono fixo
PCS	Poder calorífico superior

LISTA DE SÍMBOLOS

m ³	Metro cúbico
Mpa	Mega pascal
Ø	Diâmetro
N	Newton
°C	Grau celsius
min	Minutos
g	Gramas
kg	Quilograma
MJ	Megajoule

Sumário

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo Geral.....	17
2.2 Objetivos Específicos.....	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1 Planta Nim (<i>Azadirachta indica</i>)	18
3.2 Planta Babaçu (<i>Attlea speciosa</i> Mart.).....	19
3.3 Matriz Energética Brasileira	21
3.4 Biomassa - Energia Renovável	23
3.5 Potencial Energético da Biomassa do Brasil.....	25
3.6 Biomassa e Briquetagem.....	27
4 METODOLOGIA	29
4.1 Materiais	29
4.2 Métodos	29
4.2.1 Origem da Biomassa para o estudo	29
4.2.2 Produção do Briquete	29
4.2.2.1 Montagem do Molde de Aço Inox SAE 304.....	29
4.2.2.2 Medição da Massa.....	30
4.2.2.3 Trituração da biomassa.....	31
4.2.2.4 Preenchimento do Molde com a biomassa	31
4.2.2.5 Compactação da Biomassa.....	31
4.2.3 Análise Imediata.....	32
4.2.3.1 Análise do teor de umidade e sólidos totais	33
4.2.3.2 Análise do teor de cinzas.....	34
4.2.3.3 Análise do teor de materiais voláteis.....	35
4.2.3.4 Análise do teor de carbono fixo	35
4.2.4 Estimação do poder calorífico superior a partir da análise imediata	36
4.2.5 Comparativo na capacidade de gerar energia térmica	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1 Teor de Umidade e Sólidos Totais.....	39
5.2 Teor de Cinzas	39
5.3 Teor de Materiais Voláteis.....	40
5.4 Teor de Carbono Fixo	40
5.5 Poder Calorífico Superior	40
6 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais motivos que impulsiona o mundo a buscar por energias renováveis é a dependência do petróleo um combustível fóssil cuja taxa de utilização é maior que a de sua reposição natural, ou seja, é um combustível não renovável. Também, a geração de energia a partir de combustíveis fósseis, é algo extremamente prejudicial ao meio ambiente e a nossa saúde. Um dos principais impactos causados é a poluição atmosférica (oriunda dos combustíveis fósseis) que tem por definição a presença de partículas nocivas que em excesso causam desequilíbrio nos ciclos naturais do meio a que estão inseridas, que provocam danos aos seres vivos e intensificam o aquecimento global (BIZERRA et al., 2018). Diante disso, a escolha por produtos e serviços sustentáveis é interessante para o governo, empresas e indústria que tenham objetivos de causar baixo impacto ambiental.

De fato, a participação das energias renováveis está cada vez mais presente na matriz energética Brasileira, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2021) o mundo possui uma matriz energética composta, principalmente, por fontes não renováveis, como o carvão, petróleo e gás natural. Ainda segundo a (EPE, 2021) o Brasil já é um caso especial, pois, somando lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana e outras renováveis, nossas renováveis totalizam 48,3%, quase metade da nossa matriz energética. Dentre estas fontes de energia temos a biomassa com 9% voltada para geração de energia elétrica.

Do ponto de vista energético, biomassa é toda matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizada na produção de energia, (ANEEL, 2002). O Brasil é um país que reúne inúmeras vantagens em relação a países em desenvolvimento que o torna capaz de atuar como líder no mercado mundial de produtos agrícolas, agroindustriais e silviculturas, em particular aqueles dedicados a energia (MME, 2007). Como também, possui os biocombustíveis que de acordo com Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), são derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores a combustão ou em outro tipo de geração de energia (ANP, 2020). No Brasil, os principais biocombustíveis são: biodiesel, etanol e briquete.

A biomassa usada de forma sustentável possibilita diversas aplicações de baixo impacto ambiental e social, uma dessas aplicações é o biocombustível sólido e em especial o briquete que é um bloco cilíndrico compacto, de alta densidade, composto por resíduos de madeiras em geral, como pó de serra, cavacos ou pedaços de madeira picadas, sem o uso de aglutinantes. A briquetagem é uma forma muito eficiente para concentrar a energia disponível na biomassa. Exemplifica-se este fato na consideração de que 1,00 m³ de briquetes contém pelo menos 5

vezes mais energia que 1,00m³ de resíduos, levando-se em consideração a densidade a granel e o poder calorífico médio destes materiais (QUIRINO et al., 1991).

Uma planta que apresenta um enorme potencial energético para a produção do briquete é o Nim (*Azadirachta indica*), as árvores de Nim produzem de 10 a 40 toneladas de matéria seca por hectare, dependendo das chuvas, material genético, condições locais e espaçamento. As folhas abrangem cerca de metade da biomassa produzida, enquanto frutos e madeira, cerca de 25% cada (PAES et al., 2011). É uma excelente fonte de lenha e combustível, produzindo carvão de alto poder calorífico (ARAÚJO et al., 2000).

Outra fonte energética que pode ser utilizada para geração de energia é o Babaçu por ser considerada uma matéria orgânica que produz energia renovável, fornecendo combustíveis que são utilizados por indústrias na produção de vapor para as caldeiras, substituindo os combustíveis de origem fóssil, como o óleo e o gás natural (ROCHA et al., 2009).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo comparativo do potencial energético das cascas das sementes da planta Nim (*Azadirachta indica*) e da torta gerada no processo de extração do óleo de Babaçu (*Attlea speciosa* Mart.) para produção de briquete, com foco na geração de energia térmica. A fim de produzir um combustível sólido como fonte de energia alternativa e renovável. Em princípio foi produzido o briquete com cada biomassa, em seguida realizou-se a análise imediata composta pelos teores de umidade, sólidos totais, cinzas, materiais voláteis e carbono fixo. Por fim, com os valores destes índices foi realizado uma análise comparativa, esta análise comparativa teve como fundamento a capacidade de gerar energia térmica.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo comparativo do potencial energético das cascas das sementes da planta Nim (*Azadirachta Indica*) e da torta gerada no processo de extração do óleo de coco Babaçu (*Attlea Speciosa* Mart.) para produção de briquete com foco na geração de energia térmica.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Preparar a matéria prima.
- b) Produzir um briquete com as duas biomassas selecionada, as cascas das sementes da planta Nim e da torta gerada no processo de extração do óleo de coco Babaçu.
- c) Produzir uma blenda através da mistura entre as cascas das sementes da planta Nim e a torta gerada no processo de extração do óleo de coco Babaçu.
- d) Realizar a Análise Imediata do briquete do Nim, do briquete de Babaçu.
- e) Comparar a capacidade de gerar energia térmica entre as três amostras.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Planta Nim (*Azadirachta indica*)

O Nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss ou *Melia indica* Brandis), a sua família pertence a meliaceae. É uma planta que possui folhas verdes-escuras, composta por um número ímpar de folíolos, com frequências aglomeradas nos extremos dos ramos, simples e sem estípulas (ARAÚJO, Lúcio, 1999). O porte da árvore pode variar de 15 a 20 m de altura, com tronco semi-reto a reto, de 30 a 80 cm de diâmetro, relativamente curto e duro, com fissuras e escamas, de coloração marrom-avermelhada. O diâmetro da copa varia de 8 a 12 m, podendo atingir 15 m em árvores isoladas (MARTINEZ, 2002).

Suas flores são brancas ou de cor creme e aromáticas, reunidas em inflorescências densas, de cerca de 25 cm de comprimento, encontrando-se tanto flores masculinas como hermafroditas na mesma planta (GARCIA NETO, 2013). Seu fruto é uma baga ovalada que apresenta cor verde-clara durante seu desenvolvimento inicial, se tornando amarelado, com polpa macia e amarga quando madura. As sementes tem casca dura, porém, fina, de coloração branca, contendo em seu interior a semente propriamente dita, de coloração marrom (BITTENCOURT, 2006). Os frutos, as sementes, os óleos, as folhas, as cascas do caule e as raízes possuem os mais variados usos antissépticos e antimicrobianos com atividades farmacológicas e podem ser aplicados no uso medicinal (JÚNIOR, Dário Soares et al., 2021). A Figura 01 apresenta o fruto, as sementes e suas cascas, também indica qual a matéria prima foi utilizada para este trabalho.

Figura 1 - Fruto do Nim



Fonte: Autor (2022)

É uma planta que se desenvolve em clima tropical podendo se adaptar bem em regiões de clima subtropical, porém a produção de seus frutos fica comprometida. Visto que são exigentes solos profundos e bem drenados para ter um bom desenvolvimento e produção (BISWAS et al., 2002). A árvore normalmente começa a fornecer frutos após 3 ou 5 anos do

plântio, com produção superando 25 kg/planta a partir do quinto ano (*Schmutterer*, 1990). Torna-se completamente produtiva em dez anos e, daí em diante, pode produzir até 50 quilos de frutas por ano. O ciclo de vida do nim pode atingir até 200 anos produzindo (*DAS NEVES et al.*, 2003). Por fim, por apresentar grande durabilidade e resistência, é usada também na fabricação de postes para cerca, móveis, confecção de ferramentas e implementos agrícolas, além de ser excelente fonte de lenha e combustível, gerando carvão de alto poder calorífico (*SOARES et al.*, 2006). A Figura 02 apresenta a Árvore Nim como paisagismo.

Figura 2 - Árvore Nim



Fonte: Autor (2022)

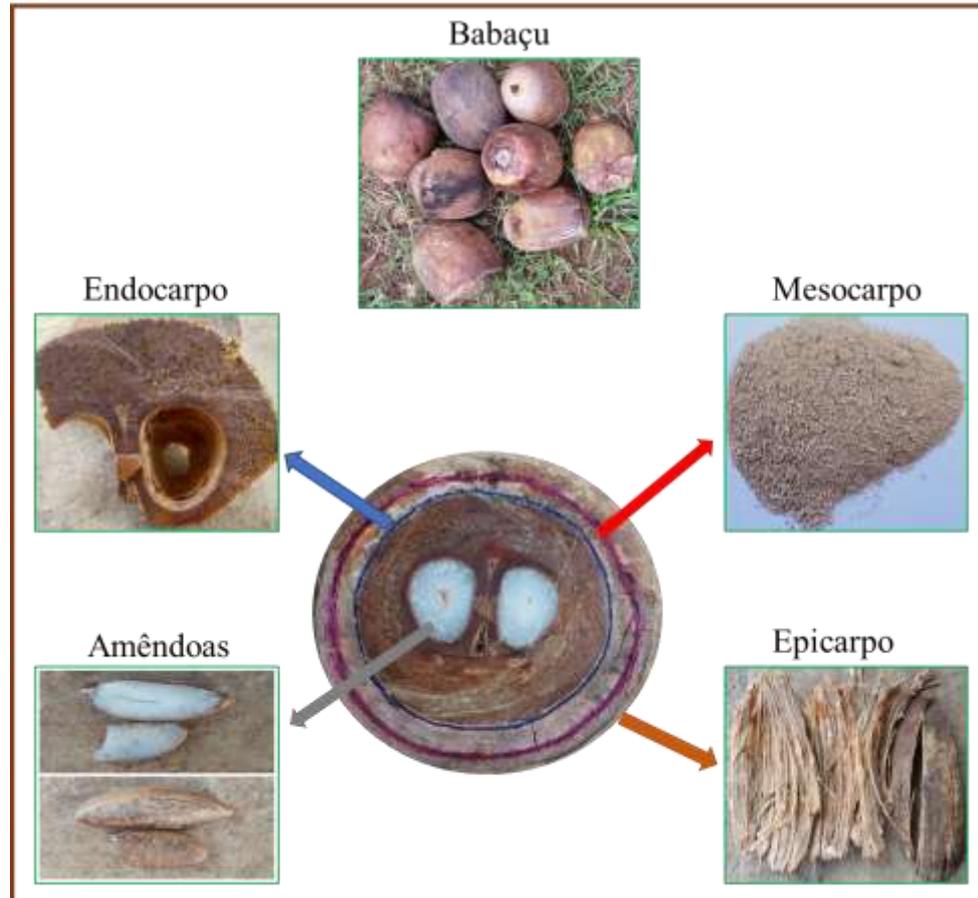
3.2 Planta Babaçu (*Attalea speciosa* Mart.)

O Babaçu pertence à família *Palmae* (*Arecaceae*) tribo *Attaleae* da subfamília *Cocosoideae*. Essa tribo possui os gêneros *Attalea*, *Scheelea*, *Orbignya*, *Maximiliana* e *Markleya*, cujas espécies fornecem amêndoas, muitas comercializadas indefinidamente como Babaçu (*ARAÚJO*, 2008). O Babaçu é uma palmeira oleífera não-cultivada e originária do Brasil, com ampla distribuição por mais de 18 milhões de hectares, abrangendo, principalmente, os estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Mato Grosso (*LORENZI et al.*, 1996).

O fruto de Babaçu é constituído de 4 partes: epicarpo – formado de fibras, representa em média 15% do fruto e é portador de forte poder calorífero; endocarpo – responde por 60% do peso do fruto e tem, também, elevado poder calorífero, sendo usado na fabricação de carvão; mesocarpo – representa em torno de 20% do fruto e é composto por de 60% de amido, sendo usado principalmente na fabricação de ração animal; e amêndoas – representam de 6 a 7% do

peso do fruto e têm teor de óleo acima de 60% (GUIMARÃES, 2009). A Figura 03 ilustra o coco Babaçu e seus componentes.

Figura 3 - Fruto do Babaçu



Fonte: Autor (2022)

A palmeira de Babaçu se apresenta como monocaule, podendo ter até 20 metros de altura, com estipe liso de até 41 cm de diâmetro como é apresentado na Figura 04, frutos elipsoides lisos de coloração marrom quando maduros; o coco Babaçu é um coco de 8 a 15 cm de comprimento e 5 a 7 cm de largura (Soler MP et al., 2007). O Babaçu também costuma produzir mais de 500 frutos a cada florada (BRASIL, 2009). Esta planta é considerada o maior recurso oleífero nativo do mundo. É um dos principais produtos extrativistas do Brasil, contribuindo, de maneira significativa, para a economia de alguns estados da federação (LIMA, 2006).

Figura 4 - Palmeira de Babaçu



Fonte: Autor (2022)

Além do óleo o Babaçu contribui de outras maneiras para indústria como exemplo, visando atender às demandas das usinas de ferro gusa instaladas no Maranhão e Pará, foi formado um mercado para os coprodutos energéticos oriundos do Babaçu, como pellets e briquetes das fibras do epicarpo, e carvão siderúrgico e carvão ativo do endocarpo (EMBRAPA, 2008). O epicarpo ou casca, também denominado pelas quebradeiras de coco como "capela do coco" constitui 11% do peso do fruto, pode ser usado como biomassa para produção de biocombustível ou para queima direta em caldeiras. As quebradeiras como são chamadas as pessoas que exploram o coco do Babaçu têm livre acesso as palmeiras, inclusive em propriedades privadas, ficam proibido então que os latifundiários retirem as palmeiras de sua propriedade ou façam alguma atividade que prejudique a palmeira (CARRAZZA; D'ÁVILA, 2010).

3.3 Matriz Energética Brasileira

A matriz energética representa todo o conjunto de fontes de energia disponíveis, incluindo para se locomover através de meio de transportes e para gerar eletricidade (CBIE,

2020). As fontes de energia brasileira possuem o consumo predominante composto por fontes não renováveis. Entretanto, usamos mais fontes renováveis que no resto do mundo. Somando lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana e outras renováveis, as renováveis totalizam 48,3%, quase metade das fontes de energia do Brasil (EPE, 2021). Em um momento em que as pessoas cada vez mais se preocupam com meio ambiente e o nosso planeta, a escolha por uma energia renovável é de extrema importância. Nesse contexto, as economias que melhor se posicionam quanto ao acesso a recursos energéticos de baixo custo e de baixo impacto ambiental obtêm importantes vantagens comparativas (Mauricio T. et al., 2007).

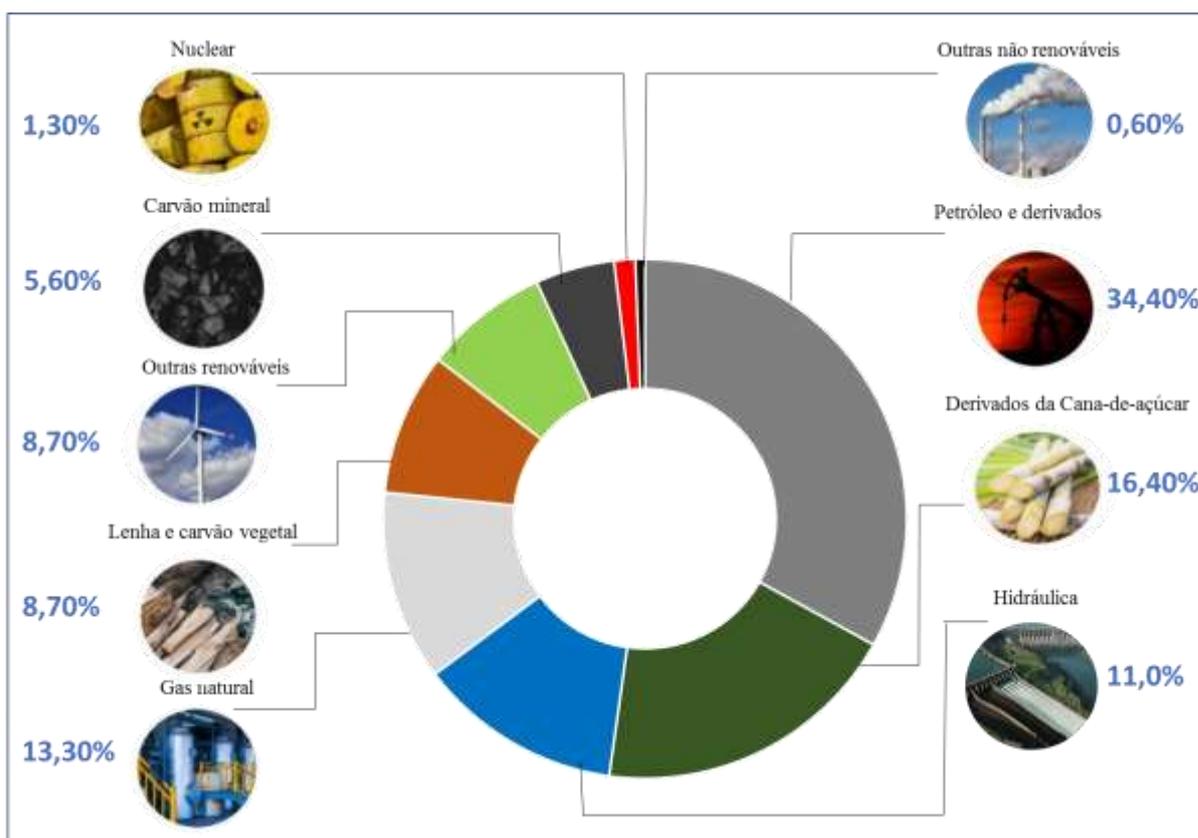
O consumo energético, a produção industrial e o estilo de vida do homem moderno que cada vez mais aumenta a demanda energética tem como consequência a chegada de um ponto crítico, quando as fontes atualmente conhecidas e disponíveis para a geração de energia não terão a capacidade de suprirem as demandas das populações (RIPPEL. et al., 2006). A produção e o consumo de energia são ambientalmente impactantes, mas os padrões atuais de consumo podem ser melhorados, estimulando o uso mais eficiente de energia e transição de fontes de energia fósseis para fontes renováveis (GOLDEMBERG. et al., 2007).

O modo como vivemos está em constante mudança, décadas atrás para fazer um pagamento e transferências bancaria com dinheiro era necessário comparecer a uma agência bancaria, hoje resolvemos tudo em questão de segundos com um smartfone. Além disso, a tecnologia não foi a única coisa a ter uma grande mudança, pois o mundo como pensamos também, a preocupação com meio ambiente não é mais um assunto apenas para cientistas, atualmente qualquer pessoa sabe a importância de cuidar do nosso meio ambiente, pois o futuro das próximas gerações dependem disso. Diante deste novo cenário, o conceito de Desenvolvimento Sustentável veio a fortalecer o processo de mudança no uso dos recursos naturais, na orientação dos investimentos, nas decisões de ordem política e na reformulação das instituições públicas (HOPPE, Letícia, 2009).

De fato, a conscientização ambiental tem aumentado e isso tem um impacto positivo na matriz energética brasileira com a expansão da utilização das fontes de energias renováveis. Além disso, a escassez de fontes não renováveis, impulsionada pela crise energética, proporcionou o avanço intensivo de estudos e pesquisas para a diversidade da matriz energética, implantando fontes energéticas alternativas e renováveis (TSURUDA, LEANDRO KAZUAKI et al., 2017). No âmbito local, o Brasil demonstra sua iniciativa com a implementação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), que tem o objetivo de aumentar a participação de fontes alternativas renováveis (pequenas centrais hidrelétricas, usinas eólicas e empreendimento termelétricos a biomassa) na produção de

energia elétrica (ANEEL, 2015). O Brasil tem uma posição singular entre as nações de base industrial: a fatia da Energia Renovável na matriz energética brasileira é da ordem de 48% em 2021, sendo essa fatia no mundo de apenas 14% (BEN, 2021). A Figura 05 apresenta a composição da matriz energética Brasileira os dados foram extraídos do relatório síntese do Balanço Energético Nacional (BEN) ano base 2020.

Figura 5- Gráfico matriz energética brasileira em 2020



Fonte: Adaptado, Balanço Energético Nacional (BEN) 2022.

3.4 Biomassa - Energia Renovável

O Brasil tem desenvolvido tecnologia a vários anos para a utilização da biomassa como fonte geradora de energia, gerando empregos e com muito pouco recurso financeiro (FIESP/CIESP, 2001).

A pesquisa e o desenvolvimento de fontes alternativas na matriz energética têm alcançado escala mundial. Uma alternativa para equilibrar este descompasso da utilização de fontes não renováveis, atrelada à questão ambiental é incentivar e fomentar a utilização da biomassa como fonte de energia primária e renovável (BORGES, Ane Caroline et al., 2017). Além disso, biomassa é uma importante fonte de energia para estes países e que o modo como esse combustível é utilizado pode ser aperfeiçoado, por meio de tecnologias mais eficientes

promovendo melhorias socioambientais, tais como a redução dos níveis de poluição, aumento da qualidade de vida, geração de emprego e renda (GUARDABASSI, 2006).

A biomassa mais simples e abundante na natureza, a madeira, ajudou o homem a dar grandes saltos na evolução. Com a madeira na forma de lenha o ser humano descobriu como produzir fogo, isto é, luz e calor, possibilitando a transformação de materiais, esta fonte de energia foi o que por milhares de anos tornou possível a evolução das tecnologias utilizadas pelo homem. (DE FREITAS, GIOVANY MARTINS, 2016). Entretanto, na sociedade atual somente luz e calor não satisfaz todas as nossas necessidades, em consequência as tecnologias e métodos de uso da biomassa como energia se desenvolveu e hoje é possível a partir da biomassa gerar energia Térmica e elétrica.

De fato, a madeira foi por um longo período de tempo a principal fonte energética, com ela a cocção, a siderurgia e a cerâmica foram empreendidas. Óleos de fontes diversas eram utilizados em menor escala. O grande salto da biomassa deu-se com o advento da lenha na siderurgia, no período da Revolução Industrial (UNESP, 2015).

A geração de energia elétrica a partir da biomassa já é uma realidade em importantes setores onde significativo percentual da demanda de energia elétrica das plantas industriais — no sucroalcooleiro (100%) e o de papel/celulose (50%) — são supridos pelo bagaço e a lúxvia negra/resíduos florestais, respectivamente (LEAL, 2005). O aumento da participação da biomassa na geração de energia no Brasil depende do estudo de seu potencial e disponibilidade, uma vez que o uso de resíduos como combustível em alguns setores não é algo tradicional (MARAFON, Anderson Carlos et al., 2016).

A energia com base na biomassa pode ser classificada em energia primária, existente no estado natural da biomassa, como na madeira e nos resíduos agrícolas, ou em energia secundária, existente no estado não natural da biomassa, como no carvão vegetal e na eletricidade (VIDAL, 2011). Também, é possível classificar a obtenção da energia da biomassa em duas categorias principais: (a). tradicional, em que é obtida por meio de combustão direta de madeira, lenha, resíduos agrícolas, resíduos de animais e urbanos, para cocção, secagem e produção de carvão; ou (b). moderna, em que é obtida por meio de tecnologias avançadas de conversão, como na geração de eletricidade ou na produção de biocombustíveis (GOLDEMBERG; COELHO, 2004).

Através de um levantamento e discussão sobre as energias renováveis no Brasil e no Mundo, com uma análise da matriz energética brasileira e o uso sustentável de biomassa para fins energéticos será possível perceber a importância destas fontes sustentáveis para o equilíbrio do tão sonhado “desenvolvimento sustentável” (BORGES, Ane Caroline Pereira et al., 2017).

3.5 Potencial Energético da Biomassa do Brasil

No Brasil para a geração de energia elétrica através da biomassa há diversos tipos como a lenha, carvão vegetal, resíduos de madeira e lixívia negra (biomassa de origem florestal); palha e bagaço de cana-de-açúcar, palha e casca de arroz, capim-elefante, palha do milho, palha da soja (biomassa derivada de cultura agrícola); lixos líquidos e sólidos (rejeitos urbanos e industriais) (REZENDE, 2018). Além disso, estima-se que o Brasil tenha mais de 200 espécies oleaginosas com potencial para a produção de biodiesel (BELTRÃO, 2006). Como o Brasil é um dos maiores produtores agrícolas e florestais do mundo, a quantidade de biomassa residual representa um depósito de energia que pode ser melhor aproveitada, especialmente na forma de briquetes e péletes (DIAS et al., 2012).

Nos processos produtivos agrícolas e florestais, a geração de resíduos pode se tornar um desperdício de produção, visto que estes nem sempre são convertidos em uma nova fonte de renda para as empresas produtoras (NONES, Daniela Letícia et al., 2017). Desse modo, o estudo de novas tecnologias para o reaproveitamento de resíduos agrícolas e florestais gera um impacto positivo não só ao meio ambiente, mas também ao setor industrial. Um exemplo do setor agrícola é a casca do arroz, que já tem sido explorada como fonte de energia (em combustão) e de sílica microparticulada, abundante nas cinzas resultantes da sua queima, que é hoje um importante aditivo de cimentos Portland (GALEMBECK, Fernando et al., 2009).

Segundo a ANEEL (2023), o país possui um total de 623 usinas de produção energética em operação, cuja fonte de geração é a biomassa, que totalizam 17.059.544,45 kW de potência registrada (outorgada), representando 8,94% do total de potência prevista entre todas as fontes utilizadas na matriz nacional, que correspondem a 190.913.966,73 kW. A Tabela 1 apresenta os tipos de biomassa que constituem as 623 usinas em operação no país. A energia da biomassa contribui de forma significativa para o balanço energético nacional e é, de longe, a maior fonte renovável de energia a nível mundial (MALICO, 2008).

Tabela 1 - Tipos de biomassa e seus respectivos potenciais energéticos

Biomassa	Fonte	Usinas em Operação	Potência Outorgada (kW)	Potência Outorgada (%)
Bagaço de Cana de Açúcar	Agroindustriais	420	12.268.814,20	71,92%
Licor Negro	Floresta	21	3.299.414,00	19,34%
Resíduos Florestais	Floresta	72	713.990,00	4,19%
Lenha	Floresta	11	231.450,00	1,36%
Biogás - RU	Resíduos sólidos urbanos	26	201.887,60	1,18%
Gás de Alto Forno - Biomassa	Floresta	12	127.705,05	0,75%
Casca de Arroz	Agroindustriais	13	53.333,00	0,31%
carvão Vegetal	Floresta	7	38.197,00	0,22%
Biogás-AGR	Agroindustriais	4	31.867,00	0,19%
Capim Elefante	Agroindustriais	2	31.700,00	0,19%
Resíduos Sólidos Urbanos - RU	Resíduos sólidos urbanos	8	24.413,00	0,14%
Óleos vegetais	Biocombustíveis líquidos	5	17.180,40	0,10%
carvão - RU	Resíduos sólidos urbanos	3	8.250,00	0,05%
Biogás - RA	Resíduos animais	17	6.023,20	0,04%
Biogás - Floresta	Floresta	1	5.000,00	0,03%
Etanol	Biocombustíveis líquidos	1	320,00	0,00%
Total		623	17.059.544,45	100,00%

Fonte: ANEEL (2023)

Na matriz energética brasileira, biomassa tem uma participação importante devido ao uso de cana de açúcar para a produção de etanol e eletricidade (17,5%) e o uso de lenha e carvão vegetal (10,1%) para a produção de eletricidade nas usinas (GOLDEMBERG, José, 2016).

Os recursos mundiais de biomassa são enormes, e existem várias técnicas que produzem energia de forma economicamente eficiente em vez das formas não-comerciais utilizadas nos países mais pobres. Estudos recentes mostram quem em cenários futuros haverá muitas vantagens em produzir energia da biomassa, principalmente quando as fontes de energia renovável se tornarem competitivas em relação aos combustíveis fósseis (GENOVESE, Alex Leão et al., 2006).

Dessa forma, o aproveitamento da energia contida nessa matéria prima torna-se uma das mais importantes alternativas para o enfrentamento de uma série de problemas ligados à sustentabilidade e ao suprimento energético, especialmente para os países tropicais em desenvolvimento (MATSUOKA, Sizuo et al., 2012).

3.6 Biomassa e Briquetagem

O setor madeireiro apresenta um grande potencial para o aproveitamento de resíduos, já que as perdas são inerentes ao processo produtivo, representando 40% a 70% do volume de matéria-prima sem uma utilização determinada. (Boundelle et al., 2002). Assim, torna-se necessário encontrar novas formas de reutilizar a biomassa, nesse cenário o briquete é uma alternativa de grande potencial, pois a briquetagem de biomassa é um processo de densificação que melhora as características da biomassa residual, ou seja, proporciona um aumento da densidade energética, reduz custos com transporte e produz um combustível uniforme (GRANADA et al., 2002).

briquete é um bloco cilíndrico compacto, de alta densidade, composto por resíduos de madeiras em geral, como pó de serra, fitinhas, cavacos ou pedaços de madeira picadas, sem o uso de aglutinantes (FENERICK et al., 2019). O uso de briquetes em caldeiras industriais elimina a necessidade de adequação das mesmas, permitindo também uma queima mais uniforme e melhoria das condições de transporte, manuseio, armazenamento e alimentação das caldeiras (Dias, 2002).

Comparado à lenha, o briquete apresenta muitas vantagens. O seu poder calorífico e o baixo teor de umidade (10 a 12%) o farão superar à lenha (25 a 35% de teor de umidade) (LUCENA, 2008). Tanto pela maior densidade como pelo maior poder calorífico ter-se-á na estocagem mais energia por unidade de volume, reduzindo-se pátios de estocagem a dimensão de equipamentos de queima (QUIRINO et al., 1991). A produção atualmente é de 960 mil toneladas de briquete por ano, sendo 620 mil toneladas de madeira e 340 mil t de resíduos agrícolas, principalmente de bagaço de cana, palha de arroz e de algodão. De acordo com a revista *Agroanalysis*, a tonelada do produto custa de US\$ 117 no atacado, e varia de US\$ 152 a US\$ 195 no varejo (DOS SANTOS et al., 2012). Apesar da produção de briquetes no Brasil estar em plena expansão – cresce a um ritmo de 4,4% ao ano –, ela ainda é incipiente. Para se ter uma noção disso, anualmente a indústria da madeira produz um total de 14 milhões de toneladas de resíduos – a maioria se transforma em lixo (UnB, 2011).

A substituição de outro combustível pelo briquete é mais vantajosa nas atividades ligadas aos setores alimentícios com grande disponibilidade de resíduos orgânicos em seus processos de produção (GENTIL, 2009). Consequentemente a principal demanda briquete no Brasil é nesse setor. Existem alguns locais propícios para o uso do briquete em substituição do carvão mineral ou da lenha. Como por exemplo, em aquecedores de hotéis, onde há uma grande redução de custo para o aquecimento de água; hotéis que tem alta rotatividade e necessitam de

água quente e vapor; aquecimento de piscinas, proporcionando grande economia em energia (DANTAS et al., 2012).

O processo de briquetagem utiliza resíduos após a moagem, por isso este processo pode ser desenvolvido usando diversos tipos de resíduos agrícolas, industriais e urbanos. Pesquisas apontam como uma das principais vantagens na utilização do briquete o preço, que, em geral, é menor que algumas fontes de energia concorrentes (elétrica, gás, lenha) (DA SILVA et al., 2017). Devido às pressões ambientais por otimização no uso de recursos naturais, busca-se desenvolver metodologias para a briquetagem de resíduos florestais ou da indústria madeireira (FURTADO, Thielly Schmidt et al., 2010).

Por fim, o briquete possui muitas vantagens, ambientais e econômicas, fazendo dele um grande diferencial e uma alternativa forte para a substituição da lenha e do carvão vegetal: É totalmente liberado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), dispensa guia e reposição florestal junto ao órgão fiscalizador, é uma energia limpa, pois possui menor índice de poluição comparado à outros combustíveis, é uma fonte de energia renovável, tem alto valor agregado (FERNANDES, C. R. et al., 2013).

4 METODOLOGIA

4.1 Materiais

Os experimentos foram realizados no Laboratório do Grupo de Inovações Tecnológicas e Especialidades Químicas (GRINTEQUI/UFC), onde foram utilizados:

- Cascas das sementes do Nim
- Torta gerada de extração do óleo de Babaçu
- Molde de aço inox SAE 304
- Placa de petri
- Balança analítica
- Liquidificador
- Cadinhos cerâmicos
- Pinças de cadinho
- Forno Mufla
- Estufa para secagem
- Dessecador de vidro com Sílica
- Luva Raspa de Couro Punho
- Prensa hidráulica Marcon MPH 15 ton

4.2 Métodos

4.2.1 Origem da Biomassa para o estudo

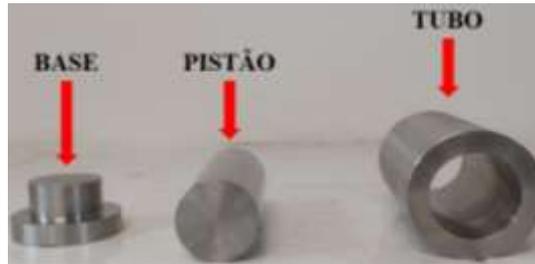
A amostra de Nim foi adquirida no município de Redenção-CE e a amostra da torta gerada na extração do óleo de babaçu foi cedida pelo GRINTEQUI/UFC. Com a matéria prima foi realizado a secagem do fruto do Nim e separação das cascas da semente.

4.2.2 Produção do Briquete

Todos os procedimentos utilizados para produzir o briquete com cascas das sementes da planta Nim, foram replicados para produção do briquete com a torta gerada no processo de extração do óleo de Babaçu e para a produção da blenda.

4.2.2.1 Montagem do Molde de Aço Inox SAE 304

Montou-se o molde, primeiro a base, segundo o tubo, com atenção de colocar as partes na posição correta, todas com o chanfro voltadas para cima. O molde permite produzir o briquete com Ø50 mm de diâmetro, fabricado com aço inox 304, com limite de escoamento de 241 MPa e carga de 10 toneladas (100.000 N) para assegurar a resistência do molde. A Figura 06 apresenta as partes que compõem o molde. A Figura 07 apresenta o molde vazio e modo correto da montagem.

Figura 6 - Partes do molde

Fonte: Autor (2022)

Figura 7 - Molde de aço inox SAE 304

Fonte: Autor (2022)

4.2.2.2 Medição da Massa

Para obter um controle sobre a qualidade do briquete, utilizou-se uma balança analítica para medir a massa da biomassa, foi utilizado a placa de petri como recipiente para o material. A massa utilizada foi de 20 gramas do material. A Figura 08 apresenta a balança analítica com o material.

Figura 8 - Medição da massa

Fonte: Autor (2022)

4.2.2.3 Trituração da biomassa

Após pesar e anotar a massa do material, foi necessário triturar a biomassa para facilitar a compactação no molde, assim com auxílio de um liquidificador, realizou-se esse procedimento com todas as biomassas do presente trabalho.

4.2.2.4 Preenchimento do Molde com a biomassa

Com material já triturado, colocou-se a biomassa dentro do tubo e em seguida o pistão foi colocado. A Figura 09 apresenta o material dentro do tubo e mostra o molde montado já com o material dentro.

Figura 9 - Molde com o material



Fonte: Autor (2022)

4.2.2.5 Compactação da Biomassa

Com o molde já preenchido com o material, colocou-se na Prensa hidráulica Marcon MPH 15 ton (toneladas) com pressão de 5 a 10 toneladas por um tempo de 5 minutos. Atenção para não ultrapassar as 10 toneladas de pressão, para conservar as características mecânicas do molde. Após os 5 minutos retirou-se a pressão e a base para assim retirar o briquete. A Figura 10 apresenta o Molde de aço inox SAE 304 na prensa hidráulica.

Figura 10 - Molde na prensa hidráulica



Fonte: Autor (2022)

Por consequência do atrito algumas vezes o briquete não sai de maneira fácil, assim para removê-lo de forma a não o danificar é indicado fazer o seguinte procedimento remover a base, afastar os apoios, e continuar pressionando para expelir o briquete. A Figura 11 apresenta como o procedimento é feito. Foi constatado que é indicado aguardar 5 minutos antes de manusear o briquete.

Figura 11 - Remoção do briquete do molde



Fonte: Autor (2022)

4.2.3 Análise Imediata

Todos os procedimentos utilizados para efetuar a análise Imediata do briquete com cascas das sementes da planta Nim, foram replicados para análise Imediata do briquete com a torta gerada no processo de extração do óleo de coco Babaçu e para a produção da Blenda.

4.2.3.1 Análise do teor de umidade e sólidos totais

Para realizar a análise do teor de umidade e sólidos totais, utilizou-se como base NBR 16550. Colocou-se um cadinho de porcelana sem tampa na estufa apresentada na Figura 13 com os cadinhos em seu interior a uma temperatura 105 ± 3 °C durante 1 hora. Em seguida, retirou-se o cadinho da estufa e o mesmo foi posto em um dessecador pelo tempo necessário para atingir a temperatura ambiente, que ocorre em cerca de 30 min. Alcançado a temperatura ambiente, foi medido e anotado a massa do cadinho. Todo o processo foi repetido até que a massa se manteve constante. A Figura 12 apresenta o cadinho de porcelana sem a tampa, como pode ser observado todo experimento foi realizado em duplicata.

Figura 12 - Cadinho de porcelana



Fonte: Autor (2022)

Figura 13 - Estufa com cadinho



Fonte: Autor (2022)

Com a massa do cadinho constante, o passo seguinte foi pesar aproximadamente 1,0 g do briquete no cadinho, o valor da massa foi anotado e corresponde a massa exata da amostra úmida. Assim, o cadinho com a massa úmida foi colocado na estufa a 105 ± 3 °C durante 2 horas. Passado este tempo retirou-se o cadinho da estufa e o mesmo foi posto em um dessecador pelo tempo necessário para atingir a temperatura ambiente, que ocorre em cerca de 30 min. O cadinho com a amostra foi pesado e sua massa anotada. Para obter a massa da amostra seca foi subtraído a massa do cadinho. O procedimento foi repetido até que a massa se manteve constante. Para concluir, utilizou-se as Equações 01 e 02 baseadas na NBR 16550, para calcular os teores de umidade e sólidos totais, respectivamente.

$$(1) \quad TU(\%) = \left(\frac{MAu - MAs}{MAu} \right) \times 100$$

$$(2) \quad TS(\%) = \left(\frac{MAs}{MAu} \right) \times 100$$

Onde, TU é o teor de umidade da amostra, expresso em porcentagem massa por massa (% m/m); TS é o teor de sólidos totais da amostra, expresso em porcentagem massa por massa (% m/m); MAu é a massa da amostra úmida, utilizada na determinação do teor de umidade, expressa em gramas (g) e MAs é a massa da amostra seca, expressa em gramas (g).

4.2.3.2 *Análise do teor de cinzas*

Para a análise do teor de cinzas também foi utilizado ABNT NBR 16550, inicialmente foi colocado 2 cadinhos com tampa, semiaberto, em mufla, à temperatura de 575 ± 25 °C, pelo período de 4 horas. Após este tempo os cadinhos foram inseridos em um dessecador e ficaram pelo tempo necessário para atingir a temperatura ambiente, aproximadamente 1 hora. Alcançado a temperatura ambiente, foi medido e anotado a massa do cadinho.

Depois, foi pesado 1 g do briquete, em base seca, no cadinho, e sua massa exata foi anotada. Assim, o cadinho com a amostra foi levado para a mufla à temperatura de 575 ± 25 °C durante o período de 4 horas, o cadinho foi colocado com a tampa semiaberta para permitir a entrada de oxigênio. Após este tempo o cadinho foi inserido em um dessecador pelo tempo necessário para atingir a temperatura ambiente, aproximadamente 1 hora. Alcançado a temperatura ambiente, foi medido e anotado a massa do cadinho com amostra, desta vez o cadinho com tampa. Com objetivo de obter a massa de cinzas totais foi subtraído a massa do cadinho. Por fim, foi utilizado a Equação 3 de acordo com a NBR 16550, para determinar o teor de cinzas totais.

$$(3) \quad TCt(\%) = \left(\frac{MCt}{MAs} \right) \times 100 = \left(\frac{MCt \times 100}{MAu \times TS} \right) \times 100$$

Onde TCt é o teor de cinzas totais, expresso em porcentagem massa por massa (% m/m); MCt é a massa de cinzas totais, expressa em gramas (g); MAs é a massa da amostra, em base seca, empregada na determinação de cinzas totais, expressa em gramas (g); MAu é a massa da amostra, em base úmida, empregada na determinação de cinzas totais, expressa em gramas (g); TS é o teor de sólidos totais da amostra, expresso em porcentagem massa por massa (% m/m).

4.2.3.3 Análise do teor de materiais voláteis

Para realizar a análise do teor de materiais voláteis, utilizou-se como base a norma ASTM D3175. O passo inicial, foi medir e anotar a massa de 2 cadinhos de porcelana. Em seguida, foi adicionado aos cadinhos, 1 g do briquete em base seca, e suas massas também foram registradas. Assim, os cadinhos foram levados até o interior da mufla, onde permaneceram por 7 minutos na temperatura de 950 °C. O passo seguinte foi inserir o cadinho em um dessecador pelo tempo necessário para atingir a temperatura ambiente. Alcançado a temperatura ambiente, foi medido e anotado a massa do cadinho com amostra. Por fim, para determinar o teor de materiais voláteis foi utilizado a Equação 4, de acordo com a ASTM D3175. O forno mufla utilizado no experimento é indicado na Figura 14.

Figura 14 - Forno mufla



Fonte: Autor (2022)

$$(4) \quad TMV(\%) = \left(\frac{M_i - M_f}{M_i - M_c} \right) \times 100$$

Onde TMV: teor percentual de materiais voláteis; Mc: massa do cadinho de porcelana com tampa (g); Mf: massa final do cadinho de porcelana com tampa com a amostra (g); Mi: massa inicial do cadinho de porcelana com tampa com a amostra (g).

4.2.3.4 Análise do teor de carbono fixo

Utilizando a norma ASTM D3172, utilizou-se os resultados das análises anteriores para calcular o teor de carbono fixo utilizando a Equação 5.

$$(5) \quad TCf(\%) = 100 - TCt - TMV$$

Onde, TCf é o teor de carbono fixo na amostra (%). TCt é o teor de cinzas totais da amostra (%). TMV é o teor de materiais voláteis da amostra (%).

4.2.4 Estimação do poder calorífico superior a partir da análise imediata

O poder calorífico superior foi estimado a partir de análise imediata pela equação (6), obtidas através de modelagem da análise imediata e do poder calorífico de diversas biomassas carbonáceas sólidas com erro absoluto de 3,74% (PARIKH et al., 2005).

$$(6) \text{ PCS} = 0,3536 \times (\% \text{ TCf}) + 0,1559 \times (\% \text{ TMV}) - 0,0078 \times (\% \text{ TCt})$$

Onde, PCS é poder calorífico superior, base seca, (MJ/kg). TCf é o teor de carbono fixo na amostra (%). TMV é o teor de materiais voláteis da amostra (%). TCt é o teor de cinzas totais da amostra.

4.2.5 Comparativo na capacidade de gerar energia térmica

Com a metodologia utilizada para produzir o briquete, foi produzido três amostras a primeira foi um briquete com as cacas da semente da planta Nim, a segunda outro briquete com a torta gerada no processo de extração do óleo de coco Babaçu, a terceira uma Blenda fabricada com 50% da massa constituída pelas cacas da semente da planta Nim e outros 50% pelas a torta gerada no processo de extração do óleo de coco Babaçu. A Figura 15 apresenta as três amostras e sua respectiva proporção de cada biomassa.

Com as amostras prontas, realizou-se a análise imediata e com os dados obtidos elaborou-se tabelas, estas tabelas foram utilizadas para comparar as características de cada amostra e assim determinar o potencial de cada uma para gerar energia térmica.

Figura 15 - Amostras para Análise Imediata

Fonte: Autor (2022)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

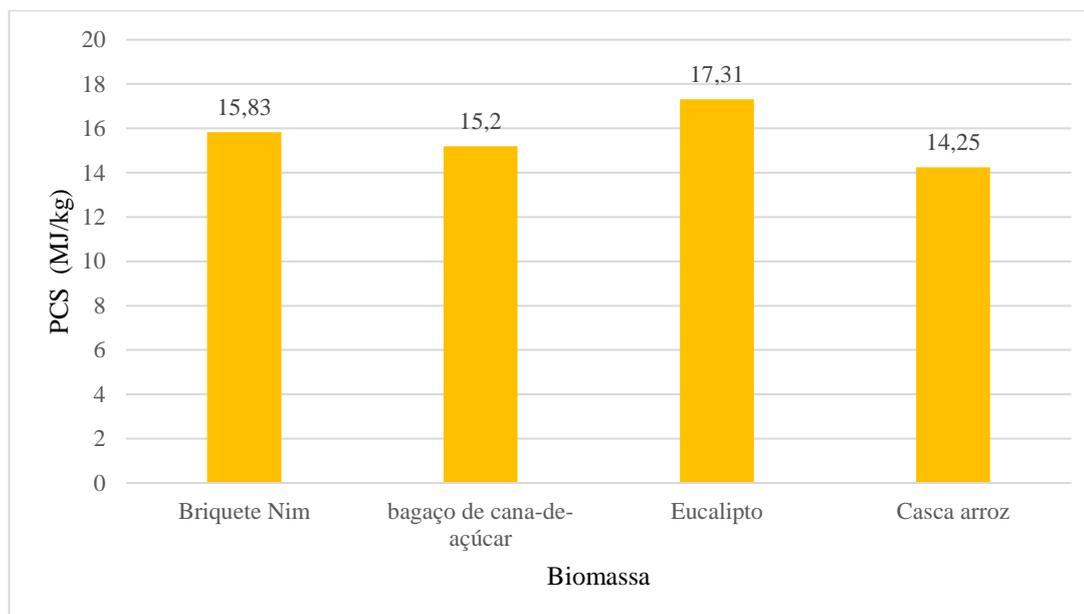
Na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos na análise imediata para as biomassas em estudo. Também foi adicionado a esta tabela a análise imediata de outras biomassas realizado por outros pesquisadores, com o objetivo de obter valores de referência para efeito de comparação com as características da análise deste trabalho.

Tabela 2 - Caracterização energética das biomassas

Biomassa	Umidade (%)	Cinzas Totais (%)	Materiais Voláteis (%)	Carbono Fixo (%)	Poder calorífico superior (MJ/kg)	Referências
Cascas da Semente do Nim	11,47±0,36	4,33±0,57	95,08±2,23	2,94±1,66	15,83	(Autor, 2022)
Torta gerada de extração do óleo Babaçu	09,72±0,34	4,33±0,02	-	-	-	(Autor, 2022)
Blenda	11,12±0,07	4,27±0,01	-	-	-	(Autor, 2022)
bagaço de cana-de-açúcar	14	15,40	69	15,40	15,20	(PONTE, Marcelo Rodrigues et al., 2019)
Eucalipto	10,94± 1,28	1,42 ± 0,35	86,46 ± 1,24	12,12±1,15	17,311	(VASCONCELOS, 2017)
Casca Arroz	10,12± 0,04	12,03± 0,09	66,61± 0,59	11,24± 0,58	14,25	(MACHADO, et al., 2022)

Fonte: Adaptado Autor (2022)

A Figura 16 apresenta o gráfico potencial em gerar calor é constituído pelos dados do Poder Calorífico Superior (PCS) de cada biomassa, com a finalidade de destacar a capacidade de gerar energia térmica, pois o PCS consiste na quantidade de calor liberada numa combustão.

Figura 16 - Gráfico potencial em gerar calor

Fonte: Autor (2022)

5.1 Teor de Umidade e Sólidos Totais

O presente estudo apresentou um teor de umidade de $11,47 \pm 0,36\%$ para as cascas da semente do Nim, $09,72 \pm 0,34\%$ com a torta gerada no processo de extração do óleo de coco Babaçu e $11,12 \pm 0,07\%$ para a blenda. Comparando com outros valores encontrado em outros trabalhos, é possível citar PONTE et. al. (2019), que obteve uma umidade de 14% com o bagaço de cana-de-açúcar. Também VASCONCELOS (2017) com $10,94 \pm 1,28\%$ de teor de umidade com Eucalipto e MACHADO et. al. (2022) que obteve $10,12 \pm 0,04$ utilizando as cascas do arroz. Assim, as amostras que foram analisadas representam uma alternativa interessante com valores próximos a de outras biomassas. Além disso, o teor de sólidos totais encontrado foi de $88,52 \pm 0,35\%$ para as cacas da semente do Nim, $90,28 \pm 0,34\%$ com a torta gerada no processo de extração do óleo de coco Babaçu e $88,87 \pm 0,07\%$ para a blenda.

5.2 Teor de Cinzas

Os valores obtidos para o teor de cinzas foi de $4,33 \pm 0,57\%$ para as cacas da semente do Nim, $4,33 \pm 0,02\%$ com a torta gerada no processo de extração do óleo de coco Babaçu e $4,27 \pm 0,01\%$ para a blenda. Este índice também foi determinado por outros autores como PONTE et. al. (2019) com teor de 15,40% utilizando a bagaço de cana-de-açúcar, MACHADO et. al. (2022) com $12,03 \pm 0,09\%$ com as cascas de arroz e VASCONCELOS (2017) que encontrou $1,42 \pm 0,35\%$ analisando o Eucalipto. Brand (2010) afirma que altos teores de cinzas contribuem para a redução do poder calorífico, visto que os materiais minerais (cinzas) não

participam do processo de combustão. Diante disso, as biomassas analisadas neste estudo são materiais com potencial para fins de combustão.

5.3 Teor de Materiais Voláteis

O teor de materiais voláteis obtido foi de $95,08 \pm 2,23\%$ utilizando as cascas da semente do Nim, através do levantamento bibliográfico foi consultado outros trabalhos como o de VASCONCELOS (2019) com o Eucalipto que obteve um teor de $86,46 \pm 1,24$, MACHADO et. al (2022) utilizando as cascas de arroz que encontrou um teor de $66,61 \pm 0,59\%$ e PONTE et. al. (2019) com teor de 69% utilizando a bagaço de cana-de-açúcar. Poder calorífico, teor de carbono e a relação carbono/ hidrogênio correlacionam-se positivamente entre si e negativamente com o teor de materiais voláteis (SOARES et al., 2014). O teor de materiais voláteis obtido experimentalmente é relativamente alto, o que faz com que tenham uma certa facilidade para se realizar a queima (PEREIRA, 2014).

5.4 Teor de Carbono Fixo

Com as cascas da semente do Nim o teor de carbono fixo encontrado foi de $2,94 \pm 1,66\%$. PONTE et. al. (2019), com o bagaço de cana-de-açúcar que obteve 14% de carbono fixo. Também, MACHADO et. al (2022) utilizando as cascas de arroz obteve um teor de $11,24 \pm 0,58\%$ e VASCONCELOS (2019) com o Eucalipto que obteve um teor de $12,12 \pm 1,15\%$. O teor de carbono fixo depende principalmente do teor de material volátil. Desta forma, madeira com maiores teores de material volátil tem menores teores de carbono fixo (CHAVES et al., 2013). Portanto, o baixo teor de carbono fixo é explicado pelo alto teor de materiais voláteis que é de $95,08 \pm 2,23\%$.

5.5 Poder Calorífico Superior

O valor estimado para o poder calorífico superior das cascas da semente do Nim foi de 15,83 MJ/kg. Também, é possível citar este índice energético obtido por outros autores, como VASCONCELOS (2019) com o Eucalipto que obteve um Poder Calorífico Superior (PCS) de 17,31 MJ/kg, PONTE et. al. (2019) com teor de 15,20 MJ/kg utilizando a bagaço de cana-de-açúcar e MACHADO et. al. (2022) com 14,25 MJ/kg com as cascas de arroz. Assim, os valores encontrados na literatura, mesmo que de espécies diferentes, estão em uma faixa equivalente aos que foram obtidos no presente estudo.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi produzido briquetes utilizando como matéria prima as cascas das sementes da planta Nim (*Azadirachta indica*) e a torta gerada no processo de extração do óleo de coco Babaçu (*Attlea speciosa* Mart.). Com os resultados obtidos através das análises do briquete de Nim, briquete torta gerada extração do óleo de coco Babaçu e da blenda, constatou-se que as três amostras têm um grande potencial para uso energético e o fato da possibilidade de mistura com outras biomassas, torna ainda mais interessante o uso destas como fonte de energia renovável.

O briquete a partir da torta gerada no processo de extração do óleo de coco Babaçu foi a que obteve maior desempenho para a utilização como combustível sólido. Este apresentou o menor teor de umidade, indicativo de um alto poder calorífico característica para gerar energia térmica.

A produção da blenda apresentou resultados positivos, pois seu teor de cinzas ficou na faixa das amostras, indicando que é possível aproveitar as qualidades de diferentes biomassas e mistura-las para obter um combustível com maior eficiência. Por fim, o estudo e desenvolvimento de novas formas de energia limpa para complementar a matriz energética brasileira é de suma importância para acabar com a dependência de fontes não renováveis e assim garantir um estilo de vida mais sustentável para as gerações futuras.

REFERÊNCIAS

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília, 2002.

ANP, **Biocombustíveis**, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). maio de 2022.

ARAÚJO et al. **Características físico-químicas e energéticas da madeira de nim indiano**. *Scientia Forestalis*, n.57, p.153-159, 2000.

ARAÚJO, Lúcio Valério Coutinho de. **Características silviculturais e potencial de uso das espécies moringa (*Moringa oleifera* Lam.) e nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss.): uma alternativa para o semi-árido paraibano**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 1999.

ARAÚJO, Eugênio Celso Emérito. **Estado da arte e potencial do Babaçu para a agroenergia**. 2008.

ANEEL, Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Disponível em: < <https://www.aneel.gov.br/proinfa> >. Acesso em 08/03/2022.

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Brasília, 2002.

ANEEL, **Capacidade de Geração do Brasil, Matriz por Origem de Combustível**. Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração (SCG), Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA). Disponível em: < <https://url.gratis/Qe9Rp> >. Acesso em 14/01/2023.

BIZERRA, Ayla Márcia Cordeiro; DE QUEIROZ, Jorge Leandro Aquino; COUTINHO, Demétrios Araújo Magalhães. **O impacto ambiental dos combustíveis fósseis e dos biocombustíveis: as concepções de estudantes do ensino médio sobre o tema**. Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA), v. 13, n. 3, p. 299-315, 2018.

BITTENCOURT, A. M. **O Cultivo do Nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss): uma visão econômica**. Dissertação (Mestrado). 2006. 147.

BISWAS, K.; CHATTOPADHYAY, I.; BANERJEE, R. K.; BANDYOPADHYAY, U. **Biological activities and medicinal properties of neem (*Azadirachta indica*)**. Current Sci., v. 82, n. 11, p. 1336-1345, 2002.

Brasil. Ministério do desenvolvimento agrário (MDA), ministério do desenvolvimento social e combate a fome (MDS) & ministério do meio ambiente (MMA). **Promoção nacional da cadeia de valor do coco Babaçu**. Brasília, 2009.

BORGES, Ane Caroline Pereira et al. **Energias renováveis: uma contextualização da biomassa como fonte de energia**. REDE-Revista Eletrônica do Prodema, v. 10, n. 2, 2017.

BELTRÃO, N. E. M. **Considerações gerais sobre o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. Campina Grande: RBB, 2006.

BOUNDELLE, G. M.; CHIES, D.; MARTINS, D. G. **O processo de fabricação de painéis compensados no Estado do Paraná analisado por meio dos rendimentos e dos resíduos gerados**. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS FLORESTAIS, 2., 2002, Curitiba. Anais. Curitiba: UFPR, 2002.

BRAND, M.A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência. 2010. 131p.

CARRAZZA, L. R.; D'ÁVILA, J. C. C. **Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto do Baru**. Brasília: ISPN, 2010.

CBIE, **O que é Matriz Energética**, Centro Brasileiro de Infra Estrutura (CBIE). Disponível em: < <https://cbie.com.br/artigos/o-que-ematriz-energetica/> >. Acesso em 04/03/2022.

CHAVES, Antonio et al. **Características Energéticas Da Madeira E Carvão Vegetal De Clones de *Eucalyptus* Spp**. Enciclopédia biosfera, v. 9, n. 17, 2013.

DAS NEVES, Belmiro Pereira; DE OLIVEIRA, Itamar Pereira; NOGUEIRA, J. C. M. **Cultivo e utilização do nim indiano**. Embrapa Arroz e Feijão-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2003.

DE FREITAS, GIOVANY MARTINS. **Biomassa, uma fonte de energia**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

DIAS, JMC de S. et al. **Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais**. Embrapa Agroenergia-Documentos (INFOTECA-E), 2012.

DIAS, J. M. **Utilização da biomassa: avaliação dos resíduos e utilização de pellets em caldeiras domésticas**. 2002.

DOS SANTOS, Raisal Rodrigues; DANTAS, Arícia Pessoa; DE SOUZA, Samir Cristino. **O briquete como combustível alternativo para a produção de energia**. In: VII CONNEPI- Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. 2012.

DANTAS, Arícia Pessoa; SANTOS, RR dos; SOUZA, SC de. **O briquete como combustível alternativo para a produção de energia**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. 2012. p. 1-5.

DA SILVA, Jose Wilton Fonseca; CARNEIRO, Roberto Antônio Fortuna; MATOS, Jerisnaldo. **Da biomassa residual ao briquete: viabilidade técnica para produção de briquetes na microrregião de Dourados-MS**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 6, n. 4, p. 624-646, 2017.

EPE, Matriz Energética e Elétrica, Empresa de Pesquisa Energética (EPE). maio de 2022.

EPE, **Matriz Energética e Elétrica**, Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Disponível em: < <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica> >. Acesso em 04/03/2022.

EPE, **Balanco Energético Nacional (BEN)**, Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Disponível em:< <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022> > . Acesso em 14/01/2023.

EMBRAPA. INUNDÁVEIS, EMBRAPA COCAIS E. PLANÍCIES. **Estratégia tecnológica de uso sustentável do Babaçu em comunidades tradicionais de quebradeiras de coco**. 2008.

FIESP, **Ampliação da oferta de energia através da biomassa**, FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP). 2001.

FENERICK, Debora Cristina et al. **CADEIA PRODUTIVA DE BRIQUETES: competitividade no mercado, processo de produção e projeção em longo prazo**. Revista Interface Tecnológica, v. 16, n. 1, p. 437-448, 2019.

FURTADO, Thielly Schmidt et al. **Variáveis do processo de briquetagem e qualidade de briquetes de biomassa florestal**. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 30, n. 62, p. 101-101, 2010.

FERNANDES, C. R. et al. **Produção de briquete industrial: energia limpa e sustentável**. In: Anais Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Goiânia, GO, Brasil. 2013.

GARCIA NETO, Sebastião. **Efeito do extrato aquoso das folhas de nim indiano (*Azadirachta indica*) sobre o crescimento inicial de plantas daninhas.** Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2013.

GUIMARÃES, Alane Rosane Castro et al. **Características físicas de frutos e amêndoas de diferentes acessos de Babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.).**

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia e meio ambiente no Brasil. Estudos avançados**, v. 21, p. 7-20, 2007.

GUARDABASSI, Patricia Maria. **Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia: perspectivas para países em desenvolvimento.** Universidade de São Paulo (Dissertação). São Paulo, 2006.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T. **Renewable energy – traditional biomass vs. modern biomass.** Energy Policy, v. 32, p. 711-714, 2004.

GALEMBECK, Fernando; BARBOSA, César Augusto Sales; SOUSA, Rafael Arromba de. **Aproveitamento sustentável de biomassa e de recursos naturais na inovação química.** Química Nova, v. 32, n. 3, p. 571-581, 2009.

GOLDEMBERG, José. **Atualidade e perspectivas no uso de biomassa para geração de energia.** Revista Virtual de Química, v. 9, n. 1, p. 15-28, 2016.

GENOVESE, Alex Leão; UDAETA, Miguel Edgar Morales; GALVAO, Luiz Cláudio Ribeiro. **Aspectos energéticos da biomassa como recurso no Brasil e no mundo.** Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural, 2006.

GRANADA, E.; LÓPEZ GONZÁLEZ, L. M.; MÍGUEZ, J. L.; MORAN, J. **Fuel lignocellulosic briquettes, die design and products study.** Renewable Energy, Oxford, GB, v. 27, n. 4, p. 561–573, 2002.

GENTIL, Luiz Vicente. **Briquete Um atraente biocombustível.** AgroANALYSIS, v. 29, n. 09, p. 19-19, 2009. Disponível em: <
<https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/view/26647/25505>>. Acesso hem 15/02/2022.

HOPPE, Letícia. **Geração de energia limpa e diversificação da matriz energética: a viabilidade da produção de gás natural a partir do armazenamento geológico de CO2 na**

jazida de Charqueadas. 2009. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

JÚNIOR, Dário Soares et al. **Características botânicas e etnobotânicas das espécies hexóticas utilizadas para arborização na cidade de Parazinho-RN**. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 7, p. 65955-65972, 2021.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; MEDEIROS-COSTA, J.T.; CERQUEIRA, L.S.C.; BEHR, N.von. **Palmeiras do Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Plantarum, 1996.303p.

LIMA, Ademi Moraes et al. **Utilização de fibras (epicarpo) de Babaçu como matéria-prima alternativa na produção de chapas de madeira aglomerada**. Revista Árvore, v. 30, p. 645-650, 2006.

LEAL, Manoel Regis Lima Verde. **O potencial de aproveitamento da energia da biomassa**. Inovação Uniemp, v. 1, n. 3, p. 40-41, 2005.

LUCENA, Daniel Avelar et al. **Aglomerado de moimha de carvão vegetal e sua possível aplicação em alto-forno e geração de energia**. 2008.

MME, **Plano Nacional de Energia 2030**, colaboração Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Brasília, 2007.

Martinez, S.S. **O Nim - *Azadirachta indica* Natureza, Usos Múltiplos, Produção**. Publicado pelo IAPAR – Londrina, (Ed) (2002).

MME, **Plano Nacional de Energia 2030**, Ministério de Minas e Energia (MME), colaboração Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Brasília, 2007.

MARAFON, Anderson Carlos et al. **Uso da Biomassa para a geração de energia**. Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2016.

MALICO, Isabel. **Energia da biomassa**. Geoboletim, v. 7, p. 4-5, 2008.

MATSUOKA, Sizuo et al. **Bioenergia da cana. Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool**, v. 2, p. 487-517, 2012.

MACHADO, Adilson Geraldo et al. **Aproveitamento energético dos rejeitos da triagem de resíduos sólidos urbanos combinados com biomassa: uma opção energética para a região sul de Santa Catarina**. 2022

NONES, Daniela Letícia et al. **Biomassa residual agrícola e florestal na produção de compactados para geração de energia**. Revista de Ciências Agroveterinárias, v. 16, n. 2, p. 155-164, 2017.

PAES, Juarez Benigno et al. **Eficiência dos óleos de nim (*Azadirachta indica*) e de mamona (*Ricinus communis*) na proteção da madeira de sumaúma (*Ceiba pentandra*) contra cupins xilófagos em ensaio de preferência alimentar**. Revista Árvore, v. 35, p. 751-758, 2011.

PARIKH, J.; CHANNIWALA, S. A.; GHOSAL, G. K. *A correlation for calculating HHV from proximate analysis of solid fuels*. *Fuel*, v. 84, n. 5, p. 487-494. 2005.

PONTE, Marcelo Rodrigues et al. **Blendas de bagaço de cana-de-açúcar, podas de mangueira e cajueiro: caracterização das propriedades e investigação de seus potenciais energéticos**. Matéria (Rio de Janeiro), v. 24, 2019.

PEREIRA, Thiago Voigtlander; SEYE, Omar. **Caracterização física térmica de biomassa local**. Cana, v. 45, n. 43, p. 5-71, 2014.

QUIRINO et al. **Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal**. Brasília, Brazil: IBAMA, Laboratório de Produtos Florestais, 1991.

QUIRINO, Waldir Ferreira; BRITO, J. O. **Briquetagem de resíduos ligno-celulósicos**. Brasília, DF: LPF/IBAMA, 1991.

ROCHA, E. P. A.; SOUZA, D. F.; DAMASCENO, S. M. **Estudo da viabilidade da utilização de briquete de capim como fonte alternativa de energia para queima em alto-forno**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8, 2009, Anais. Uberlândia, MG. 2009.

RIPPEL, Ricardo; RIPPEL, Valderice Cecília Limberger; LIMA, Jandir Ferrera. **Percepções Genéricas sobre o crescimento populacional a demanda por energia e os padrões de consumo dos recursos ambientais atuais**. ANAIS XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, realizado em Caxambu–MG–Brasil, de, v. 18, 2006.

REZENDE, Bianca Xavier. **Estudo da viabilidade da utilização de biomassa para geração de energia elétrica**. 2018.

Schmutterer, H. (1990) Annu. Rev. Entomol. 35: 271-97.

SOARES, F. P. et al. **Cultivo e usos do Nim (*Azadirachta indica* A. Juss)**. Boletim Agropecuário, v. 68, p. 1-14, 2006.

Soler MP, Vitali AA, Muto EF. **Tecnologia de quebra do coco Babaçu (*Orbignya speciosa*)**. Cien Tecnol Aliment 2007; 27(4): 717-722.

SOARES, Vássia Carvalho et al. **Correlações entre as propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto**. Revista Árvore, v. 38, p. 543-549, 2014

TOLMASQUIM, Mauricio T.; GUERREIRO, Amilcar; GORINI, Ricardo. **Matriz energética brasileira: uma prospectiva**. Novos estudos CEBRAP, n. 79, p. 47-69, 2007.

TSURUDA, LEANDRO KAZUAKI et al. **A importância da energia solar para o desenvolvimento sustentável e social**. *Ten Years Working Together For A Sustainable Future*, São Paulo, v. 1, n. 6, p. 2-4, 2017.

UNESP. **Energia da Biomassa**, Departamento de Engenharia Elétrica. Disponível em: < <https://www.feis.unesp.br/#!/departamentos/engenharia-eletrica/pesquisas-e-projetos/eco2/fontes-de-energia/biomassa/> >. Acesso em 27/12/2022.

UnB, **UnB mapeia matérias primas para a fabricação de briquetes**, Universidade de Brasília (UnB), UnB Ciência, 2011. Disponível em: < <https://unbciencia.unb.br/biologicas/34-engenharia-florestal/201-unb-mapeia-materias-primas-para-a-fabricacao-de-briquetes> >.

Acesso em 16/03/2022.

VIDAL, André Carvalho Foster; HORA, André Barros da. **Perspectivas do setor de biomassa de madeira para a geração de energia**. BNDES Setorial, n. 33, mar. 2011, p. 261-314, 2011.

VASCONCELOS, Rafael Barbosa de. **Análise imediata e avaliação do poder calorífico das espécies: eucalipto (*Eucalyptus globulus*), marmeleiro (*Croton sonderianus*) e ipê roxo (*handroanthus impetiginosus*)**. 2017.