



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

**POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DA  
CASCA DO COCO VERDE**

**Acarape  
2021**

**MALMIQUER JOÃO BAPTISTA**

**POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DA  
CASCA DO COCO VERDE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Energias, da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – (UNILAB), como requisito para obtenção do título de Engenheiro de Energias.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Cristiane Martins de Souza

**Acarape  
2021**

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

---

Baptista, Malmiquier João.

B172p

Potencial de geração de energia a partir da casca do coco verde  
/ Malmiquier João Baptista. - Redenção, 2021.  
59f: il.

Monografia - Curso de Engenharia de Energias, Instituto de Engenharias  
e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional  
da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2021.

Orientador: Profa. Maria Cristiane Martins de Souza.

1. Energia - Fontes alternativas. 2. Coco - Produtos. 3. Briquetes. I.  
Título

CE/UF/BSP

CDD 333.79

---

# POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DA CASCA DO COCO VERDE

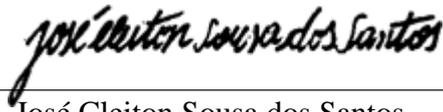
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Energias, da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – (UNILAB), como requisito para obtenção do título de Engenheiro de Energias.

Aprovado em: 20 de Agosto de 2021.

## Banca Examinadora



Maria Cristiane Martins de Souza  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira



José Cleiton Sousa dos Santos  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira



Juliana de França Serpa  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

A Deus.  
À minha família e amigos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus todo poderoso, por ao longo deste processo complicado e desgastante, me ter feito ver o caminho, nos momentos em que pensei em desistir por sempre estar comigo, me abençoando e protegendo em todos os momentos.

Aos meus pais, Carla Baptista e José Baptista por sempre apoiarem os meus estudos, pelo suporte, dedicação, e por serem o meu maior incentivo desde sempre, eu devo a vida e todas as oportunidades que nela tive e que espero um dia poder lhes retribuir, aos meus irmãos pelo amor incondicional e pela confiança que depositam em mim.

A minha orientadora, Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Maria Cristiane Martins de Souza, pela confiança, compreensão, disponibilidade, durante a execução deste trabalho e pelos ensinamentos durante a minha graduação.

As minhas amigas, pela amizade e carinho, por sempre me apoiarem e acreditarem em mim, por todas as vezes que acompanharam os meus choros e alegrias, e ao longo desta etapa me encorajaram e me apoiaram, fazendo com que esta fosse uma das melhores fases da minha vida, em especial a Sara Calumbi, Hugueth Nadina, Isabel Holandês, Sara Loias, Helena Ngunza. Sem esquecer dos meus colegas e companheiros de batalhas Tivaldo, e Benvindo Lukoki por sempre estarem dispostos a me ajudarem no decorrer desse percurso.

Não posso deixar de agradecer a esta universidade por ser um espaço que privilegia o conhecimento e onde todas as ideias são bem recebidas.

Sem a ajuda de vocês esse trabalho não aconteceria

## RESUMO

Estima-se que no Brasil, mais de 2 milhões de toneladas de frutos de coco são produzidas em média anual, sendo que 80% da casca desse fruto é descartada o que representa em um volume expressivo desses resíduos. Angola, no seu contexto atual como um País em desenvolvimento, com abundantes recursos naturais e com uma economia em franco crescimento, reúne todas as condições para o relançamento da agricultura no geral e na implementação de projetos de biocombustíveis em particular, sendo para Biomassa florestal 32 projetos com 1130 MW de potência; Cana-de-açúcar 8 projetos com 250 MW de potência; e Resíduos Sólidos Urbanos 2 projetos com 120 MW de potência, apresentando oportunidades com enormes potenciais benefícios económicos, ambientais e sociais. Estuda-se a cadeia produtiva do coco, a fim de viabilizar a potencialidade de resíduos agrícolas. Seu aproveitamento, dá-se pela geração de energia térmica realizado através da combustão direta, pela produção de briquetes no qual observou-se que os PCS's para os briquetes foram de 16,495 MJ/kg para briquetes feitos com 100% da casca de coco e 15,868 MJ/kg para briquetes feitos com 100% de bagaço da cana; da pirólise para obter carvão vegetal e bio-óleo usado como combustíveis sólidos para alimentação de caldeiras e fornos industriais no qual observou-se um total de produtos identificados de 24, 19 e 27, para as biomassas estudadas; bem como para a geração de energia elétrica, ou em outras aplicabilidades de interesse. Com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento sustentável de Angola e reduzir os impactos que esses resíduos vêm causando no Brasil, o presente trabalho apresenta características de qualidades energética a fim de discorrer sobre o potencial de utilização dos resíduos da casca do coco como fonte de matéria-prima combustível no processo de geração de energia.

**Palavras-chave:** Potencial Energético, Casca de coco, Briquetes.

## ABSTRACT

It is estimated that in Brazil, more than 2 million tons of coconut fruits are produced on an annual average, with 80% of the pods of this fruit being discarded, which represents a significant volume of this waste. Angola, in its current context as a developing country, with abundant natural resources and a rapidly growing economy, has all the conditions for the relaunch of agriculture in general and the implementation of biofuel projects, being for Forest Biomass 32 projects with 1130 MW of power; Sugarcane 8 projects with 250 MW of power; and Solid Urban Waste 2 projects with 120 MW of power, presenting opportunities with enormous potential economic, environmental, and social benefits. The coconut production chain is studied to enable the potential of agricultural residues. Its use takes place through the generation of thermal energy through direct combustion, through the production of briquettes, in which it was observed that the PCS's for the briquettes were 16,495 MJ/kg for briquettes made with 100% coconut shell and 15,868 MJ/kg for briquettes made with 100% sugarcane bagasse; pyrolysis to obtain charcoal and bio-oil used as solid fuels to feed industrial boilers and furnaces, in which a total of 24, 19 and 27 identified products were observed for the studied biomasses; as well as for the generation of electric energy, or in other applications of interest. Aiming to contribute to the sustainable development of Angola and reduce the impacts that these residues have been causing in Brazil, this work presents characteristics of energy qualities to discuss the potential use of coconut shell residues as a source of matter. raw fuel in the power generation process.

**Keywords:** Energy potential, coconut husk, briquettes,

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Matriz Elétrica Brasileira .....	12
Figura 2. Mapa de Angola .....	16
Figura 3. Mapa Topográfico de Angola.....	17
Figura 4. Percentagem de agregados familiares com acesso a eletricidade, segundo área de residência.....	19
Figura 5. Produção de Lenha e Carvão em Angola .....	20
Figura 6. Potencial dos Projetos de Biomassa .....	22
Figura 7. Constituição da casca do coco.....	30
Figura 8. Hemicelulose, Lignina e Celulose.....	30
Figura 9.Exemplo de cavaco da casca do coco verde.....	36
Figura 10. Resíduos de coco .....	37
Figura 11. Briquetes de madeira .....	38
Figura 12. Processo de briquetagem resumido .....	39
Figura 13. Processo de Pirolise em um reator.....	40

## LISTAS DE TABELAS

Tabela 1. Produção anual de coco no Brasil.....	13
Tabela 2. Principais países exportadores de coco do Brasil .....	24
Tabela 3. Caracterização físico-química da casca de coco verde e do endocarpo .....	31
Tabela 4. Análise dos briquetes obtidos da casca de coco/bagaço de cana .....	43
Tabela 5. Poder calorífico da casca de coco com relação a outras Biomassas ...	46
Tabela 6. Produtos da pirolise para produção de bio-óleo.....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEM	Balanco Energético Nacional
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GW	Gigawatt
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	Internacional Energy Agency
IIMS	Inquérito de Indicadores Múltiplos e de Saúde
INE	Instituto Nacional de Estatística
MEP	Ministério da Economia e Planejamento
MG	Megawatt
PDN	Plano de Desenvolvimento Nacional
PESGRU	Plano Estratégico de Gestão de Resíduos Urbanos
PIB	Plano Interno Bruto

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	12
1 INTRODUÇÃO.....	12
CAPÍTULO II.....	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	16
2.1. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO EM ANGOLA.....	16
2.1.1. VISÃO GERAL DA GEOGRAFIA E DEMOGRAFIA DE ANGOLA .....	16
2.2. CONDIÇÕES POLÍTICAS, ECONÓMICAS E SOCIOECÓNOMICAS .....	18
2.3. POTENCIAL ENERGÉTICO DE ANGOLA.....	18
2.3.1. RECURSOS ENERGÉTICOS .....	18
2.4. CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE COCO NO BRASIL E ANGOLA, BEM COMO MERCADO ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	23
CAPÍTULO III.....	29
3 CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS.....	29
3.1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DA CASCA DO COCO.....	29
3.2. COMPARATIVO ENTRE A OBTENÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DO BAGAÇO DA CANA DE AÇÚCAR EM RELAÇÃO A CASCA DO COCO VERDE.....	33
3.3. DIFERENTES FORMAS DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DA CASCA DO COCO VERDE.....	34
3.3.1. IMOBILIZAÇÃO DE ENZIMAS.....	34
3.3.2. COMBUSTÃO DIRETA IN NATURA .....	36
3.3.3. PRODUÇÃO DE BRIQUETES.....	37
3.3.4. PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL E BIOÓLEO .....	40
CAPÍTULO IV .....	42
4 RESULTADO E DISCUSSÃO .....	42
4.1. PRODUTOS DA CASCA DE COCO VERDE COMPARADO COM OUTRAS BIOMASSAS .....	43
4.1.1. BRIQUETES DA CASCA DE COCO VERDE EM RELAÇÃO AO BAGAÇO DA CANA 43	
4.1.2. PRODUTO DA PIROLISE DA CASCA DE COCO VERDE EM RELAÇÃO A OUTRAS BIOMASSAS DA LITERATURA .....	45
CAPÍTULO V .....	49
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51

## CAPÍTULO I

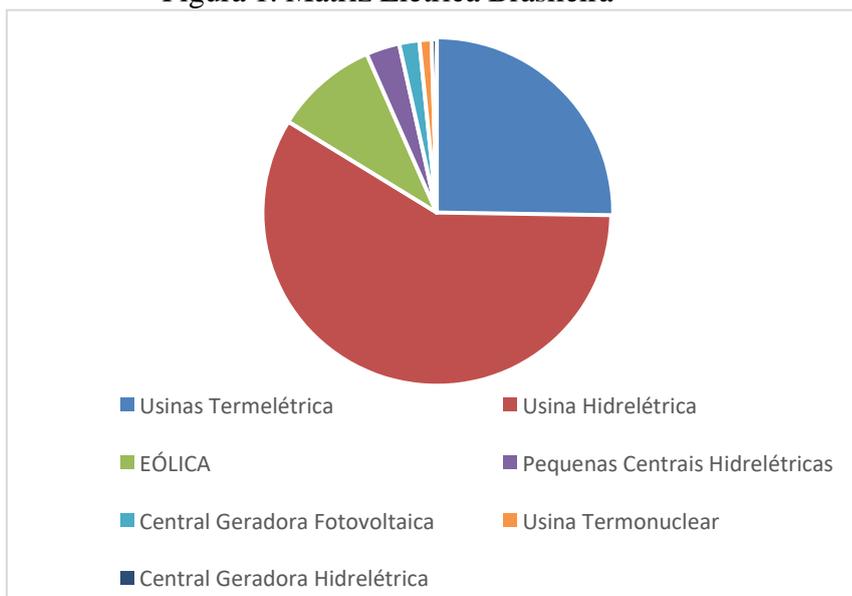
### 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a preocupação com a preservação do meio ambiente e a busca pela diversificação da matriz elétrica, aliada ao crescimento da demanda por energia e desenvolvimento do setor industrial, tem impulsionado a geração de energia elétrica por meio de fontes renováveis. (NASCIMENTO, 2017).

Embora a geração de energia por fontes renováveis inicialmente apresente custo mais elevado, à medida em que se expande torna-se mais competitiva. Isso resulta de fatores como a redução do custo devido ao ganho de escala e avanços tecnológicos. (NASCIMENTO, 2017)

As hidrelétricas têm uma considerável participação na matriz elétrica brasileira (Figura 1), proporcionando ao sistema elétrico do país características únicas quanto aos aspectos ambientais e à emissão de gases poluentes. Entretanto, a geração por fonte hidráulica, assim como outras fontes renováveis, é susceptível aos aspectos climáticos de forma que o recurso hídrico armazenado nos reservatórios, durante o período de estiagem, pode atingir níveis críticos sob o ponto de vista da segurança energética. Assim, no Brasil, tem-se o uso de termelétricas nesse período crítico, e com uso de fonte fóssil.

Figura 1. Matriz Elétrica Brasileira



Fonte: Adaptado de ENEEL, 2021.

Dentre as biomassas disponíveis no Brasil e Angola com potencial para a produção de energia, destaca-se, o coco, nas regiões do litoral devido a sua venda, onde o consumo de água de coco é intensa o que proporciona em uma grande quantidade de resíduos depois do seu consumo. Tem-se em destaque o ranking dos oito Estados que mais produzem coco no Brasil (IBGE,2021)

:

Tabela 1. Produção anual de coco no Brasil

REGIÕES	FRUTOS
<b>Bahia</b>	344,7 milhões
<b>Ceará</b>	254,1 milhões
<b>Pará</b>	191,8 milhões
<b>Sergipe</b>	174,3 milhões
<b>Espírito Santo</b>	150,1 milhões
<b>Pernambuco</b>	139,5 milhões
<b>Alagoas</b>	77,44 milhões
<b>Rio Grande do Norte</b>	70,3 milhões

Fonte: Adaptado de (IBGE,2021)

Tendo também como outra forma de venda o coco seco, resultando em um aumento na sua produção e como consequência a preocupação de um grande volume de resíduos sólidos. (PAZ; PEDROZA et.al, 2017).

Segundo Cardoso e Gonzalez (2016), no Brasil com a grande demanda no mercado do coco, tanto os seus subprodutos como a sua casca ainda são em grande parte depositada em lixões e aterros sanitários. O que impulsiona em custos e grandes impactos para o meio ambiente.

As cascas geradas por este agronegócio representam entre 80% à 85% do peso bruto do fruto e cerca de 70% de todo lixo gerado nas praias brasileiras. Esse resíduo tem grande potencial para se tornar importante matéria-prima para biocombustível, agregar valor e diversificar a matriz energética (EMBRAPA, 2014).

Segundo os pesquisadores Martins e Jesus (2010) da EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária, estimam que são descartados no Brasil cerca de 7 milhões de toneladas de coco por ano. Sendo que o mesmo poderia ser aproveitado de diversas formas, tendo em conta que ele apresenta ser um material de suma importância para a indústria e para a agricultura.

A casca do coco in natura é considerada rica em fibras, e quando são depositados em locais inapropriados como praias, calçadas, parques, dentre outros locais de lazer onde normalmente são comercializados, formam um amontoado que agride a natureza e a saúde pública. Pois o seu acúmulo contribui na proliferação de mau cheiro e de insetos como: mosquitos, moscas, baratas sendo os grandes causadores de doenças como: cólera, malária, febre amarela, febre tifoide dentre outras doenças. (PAZ; PEDROZA et.al, 2017).

O contexto apresentado mostra a importância de compreender que o aproveitamento desse resíduo além de diversificar a economia do país também contribui na preservação do meio ambiente, reduzindo os impactos ambientais, visto que a sua decomposição pode levar um tempo de até 8 anos.

A partir da biomassa da casca do coco verde, é possível produzir carvão vegetal, gás combustível e até mesmo o bio-óleo através do processo de pirólise. (PAZ; PEDROZA et.al, 2017).

O aproveitamento energético das cascas de coco como combustível sólido para geração de energia térmica é uma alternativa interessante que se justifica pelos altos teores de lignina e fibras, conferindo-lhe elevado poder calorífico (EMBRAPA, 2019).

Considerando a economia angolana depende fortemente do sector mineiro, sendo o sector da extração petrolífera responsável por cerca de 52% do PIB, chegando aos 57% quando agregado ao florescente sector dos diamantes. Os abundantes recursos hídricos e o potencial agrícola e piscatório estão francamente ainda subexplorados (KASSOMA, 2009).

O País possui uma Matriz Energética Nacional, que permita uma visualização do planeamento a longo prazo, uma geração de energia de acordo com as crescentes necessidades, a sua transmissão e distribuição de acordo com os sistemas existentes e de forma sustentável (KASSOMA, 2009).

Segundo KASSOMA (2009), estima-se em 60% a população angolana vive no meio rural e que encontra na utilização da lenha e do carvão vegetal a sua principal fonte energética para uso doméstico.

De acordo com informações disponíveis, o consumo energético nacional caracteriza-se pela primazia do consumo da lenha e carvão vegetal, o qual representa 56,8% do consumo de energia, seguido do petróleo com 41,7%, da eletricidade com 1,45% e do gás natural com apenas 0,1% (KASSOMA, 2010).

Para o KASSOMA (2010), as necessidades anuais de lenha e carvão vegetal rondam os 6 milhões de metros cúbicos por ano, o que corresponde a aproximadamente USD 510 000 000,00.

Angola tem um forte potencial para promover gradualmente a substituição do consumo da lenha e do carvão vegetal por gás butano e outras fontes renováveis geradoras de energia.

Para KASSOMA (2012), aumentar as áreas cultivadas contribuindo assim para o relançamento da agricultura, bem como o aproveitamento de toda a cadeia produtiva, favorecendo a criação de indústrias a montante e a jusante, seria uma ótima alternativa para se diversificar a economia de Angola.

Desta forma, a utilização da casca do coco verde para geração de energia e outros produtos de interesse no Brasil e em Angola representa uma excelente alternativa para complementar a geração por fontes já consolidadas como as hidrelétricas.

O principal objetivo da pesquisa é de apresentar características de qualidades energéticas a fim de discorrer sobre o potencial de geração de energia a partir da casca do coco verde quando comparada a outras biomassas já existentes na literatura.

## CAPÍTULO II

### 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO EM ANGOLA

##### 2.1.1. VISÃO GERAL DA GEOGRAFIA E DEMOGRAFIA DE ANGOLA

Angola é um país, que está localizado na região ocidental da África austral, ele ocupa uma área de cerca de 1,2467 milhões  $Km^2$ , fazendo com que Angola seja o sexto maior país de África. A extensão do seu litoral é de mais de 1.600 km, fazendo fronteira com o Oceano Atlântico (Avaliação Rápida e Análise de Lacunas de Angola p.21, 2015).

Angola tem fronteiras terrestres no Norte com a República do Congo, a Leste com a República Democrática do Congo e República da Zâmbia, e a sul com a República da Namíbia, tendo uma extensão com cerca de mais de 1.400 km (Avaliação Rápida e Análise de Lacunas de Angola, 2015).

Figura 2. Mapa de Angola



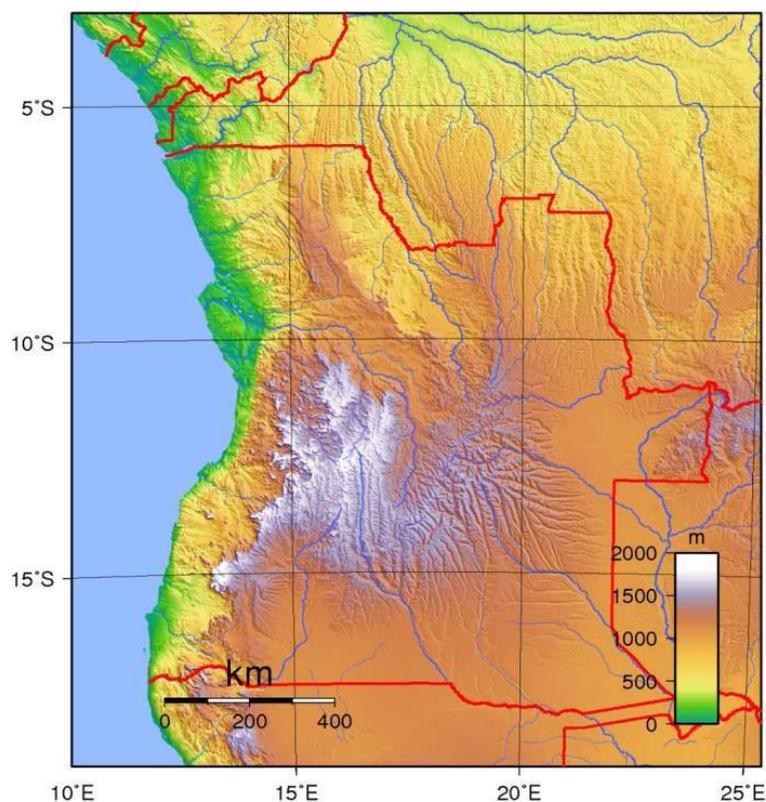
Fonte: (<http://angolaterradaskiandas.blogspot.com/p/fotos.html>)

Apesar de que Angola esteja localizada numa zona tropical no hemisfério sul, o seu clima não é característico desta região, isso devido à confluência de três factores (HUNTLEY, 2019):

- A orografia na zona rural, observado na (Figura 3);
- A influência da corrente fria de Benguela ao longo da costa Sul e a influência do deserto do Namibe no sudeste do território.

O território angolano é basicamente caracterizado por contrastes entre o clima seco e temperado, também conhecido como *Cacimbo*, do mês Maio a Agosto, caracterizado pela baixa precipitação ao longo da costa, e um clima quente e húmido nos meses de Outubro a Abril, mais leves e com uma precipitação mais abundante no interior. (HUNTLEY, 2019).

Figura 3. Mapa Topográfico de Angola



Fonte: Avaliação Rápida e Análise de Lacunas-ANGOLA

Em conformidade com HUNTLEY (2019), o país está dividido em 18 províncias, sendo (Bengo, Benguela, Bié, Cabinda, Cuando Cubango, Cuanza Sul, Cuanza Norte,

Cunene, Huambo, Huíla, Luanda, Lunda Norte, Lunda Sul, Malange, Moxico, Namibe, Uíge e Zaire), que por sua vez estão divididas em Municípios que no total 163.

Os Municípios, por sua vez, estão divididos em um total de 618 comunas. As Províncias são governadas por um Governo Provincial e os Municípios e Comunas têm administrações locais (HUNTLEY, 2019).

## **2.2. CONDIÇÕES POLÍTICAS, ECONÓMICAS E SOCIOECONÓMICAS**

Segundo dados da Avaliação Rápida e Análise de Lacunas de Angola (2015, Pág.19), Angola tem uma das economias de mais rápido crescimento na África Subsaariana. Em grande parte, a sua economia é dependente do sector petrolífero, do qual Angola é o terceiro maior produtor do continente.

Entretanto, nos últimos anos a economia de Angola tem vivido uma significativa diversificação, com um crescimento do sector não-petrolífero superior ao do sector petrolífero, impulsionado principalmente pelos sectores de agricultura, energia, indústria transformadora, construção e serviços (Avaliação Rápida e Análise de Lacunas de Angola, 2015).

No entanto, a economia Angolana continua sendo em grande parte dependente do petróleo, correspondendo cerca de 95% das exportações, 70% das receitas do Governo e 46% do PIB. (Ministério da Economia e Planeamento (MEP) (2018), Plano de Desenvolvimento Nacional (PDN) 2018-2022).

## **2.3. POTENCIAL ENERGÉTICO DE ANGOLA**

### **2.3.1. RECURSOS ENERGÉTICOS**

- **PETRÓLEO E GÁS NATURAL**

Segundo dados do portal TRADING ECONOMICS (2021), Angola é o terceiro maior produtor de petróleo em África, ficando atrás da Nigéria e da Líbia. Até o final de 2014, as suas reservas confirmadas ascenderam até 9 bilhões de barris, o que representa cerca de 15 anos de produção.

A produção de petróleo, permitiu um vasto crescimento económico no país. Contudo, os períodos longos de desenvolvimento de infraestruturas eléctricas e as consequências da guerra sobre as infraestruturas existentes não têm permitido que o

crescimento da procura se mantenha (Avaliação Rápida e Análise de Lacunas de Angola, 2015).

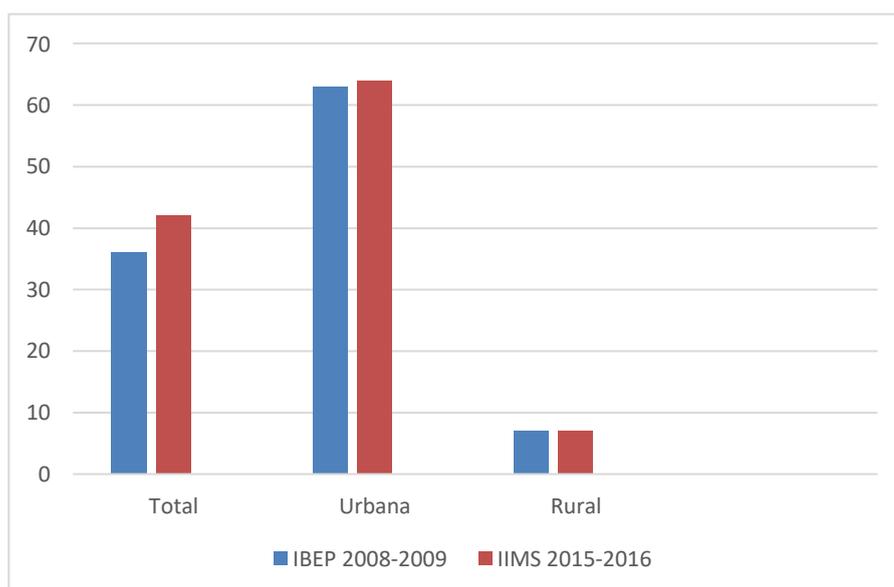
A procura reprimida tem sido compensada pela produção baseada em *diesel* (principalmente de origem privada), com preços subsidiados e consequente impacto sobre a economia do país.

Segundo a Avaliação Rápida e Análise de Lacunas de Angola (2015), quanto ao petróleo e gás em Angola, a sua capacidade de refinação é ainda ineficiente e subdimensionada para atender as necessidades do país, tendo um custo elevado na refinação, e como resultando implica na importação de produtos derivados do petróleo, como diesel e gasolina, e consequentemente o aumento do custo dos subsídios associados.

### • LENHA E CARVÃO VEGETAL

Maior parte das regiões rurais não tem acesso à electricidade e outras formas de energia moderna. Sendo que a lenha ainda constitui uma das fontes de energia mais frequentemente usadas em áreas rurais de Angola para aquecer e cozinhar os alimentos. (Global Tracking Framework Report, 2013).

Figura 4. Percentagem de agregados familiares com acesso a electricidade, segundo área de residência



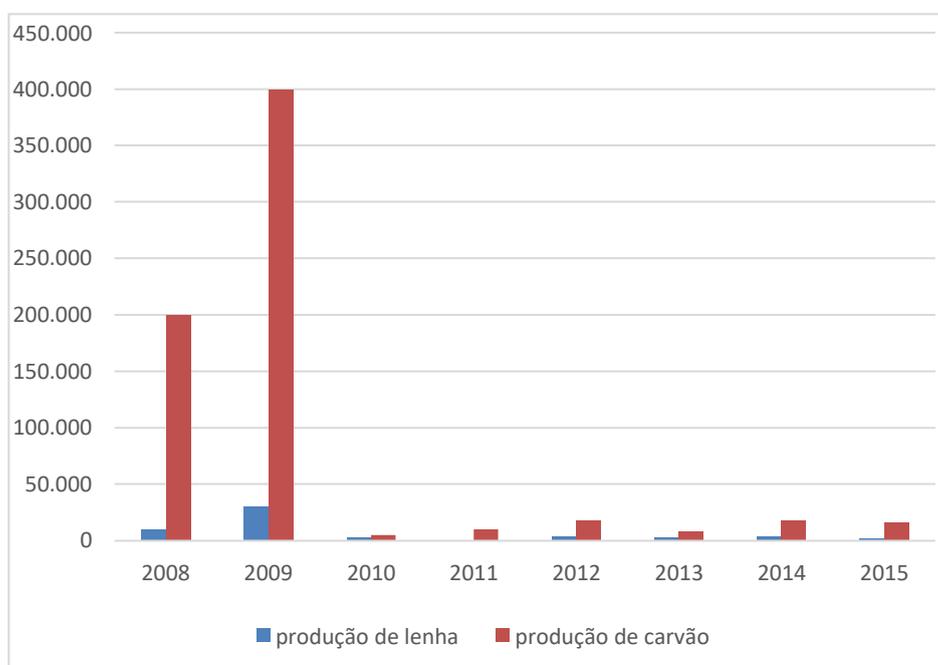
Fonte: Adaptado da (INE, IBEP 2008-2009 e IIMS-2015-2016)

O uso desordenado deste recurso tem causado alguns problemas de desflorestação, embora restringida aos limites de pequenas cidades e aldeias.

O carvão vegetal, usado principalmente em áreas urbanas, é maioritariamente produzido de forma não sustentável, uma vez que as árvores cortadas para a sua produção não são substituídas ou não obedecem a qualquer programa de exploração e reflorestamento sustentável.

Segundo a Divisão de Estatísticas das Nações Unidas de Energia (2014), as estatísticas sobre o uso e produção de lenha ou carvão não são suficientemente conhecidas em Angola e, portanto, é difícil estimar o impacto dessas práticas. Algumas estatísticas disponíveis a partir da *UN Statistics Division Energy Statistics Database (2014)* mostram alguma tendência reveladora em relação à lenha e carvão vegetal.

Figura 5. Produção de Lenha e Carvão em Angola



Fonte: Adaptado de, Plano de Desenvolvimento de Médio Prazo do Sector Agrário (2017).

A produção de lenha diminuiu de 15.681 toneladas em 2008 para 3.095 toneladas em 2015, representando um decréscimo cumulativo médio anual de 21%. Em termos de produtividade observa-se uma tendência semelhante, com redução acentuada nos últimos 3 anos a partir de 2013 (Plano de Desenvolvimento de Médio Prazo do Sector Agrário 2017).

Notou-se, igualmente, uma redução da produção de carvão de 225.561 toneladas em 2008 para 22.718 toneladas em 2015, equivalente ao decréscimo médio anual de 28%. A variação negativa prende-se com o contínuo emprego de técnicas de conversão de lenha em carvão bastante rudimentares e de baixo rendimento, o que provoca um mau aproveitamento do material lenhoso (Plano de Desenvolvimento de Médio Prazo do Sector Agrário 2017).

Segundo um relatório emitido pelo Ministério da Agricultura sobre as Estratégias Nacional de Florestamento e Reflorestamento em Angola no ano de 2011, afirmou-se que as vastas áreas de florestas do país estão sujeitas a deflorestação e à desertificação, isso devido a fenómenos naturais tais como secas ou devido à sua exploração (produção de carvão, mineração etc.), à queima descontrolada devido aos costumes tradicionais de agricultura e caça. Com base nas estimativas da Avaliação Global de Recursos Florestais Mundiais, em média anual Angola perde cerca de 106 mil hectares de florestas naturais e 370 hectares de plantações, com uma taxa anual de 0,2% e 0,5%, respectivamente.

#### • **ENERGIAS RENOVÁVEIS**

Angola, tem um enorme potencial hídrico, um potencial considerável de fontes de energia renováveis com potencial para produção de energia hídrica até 10 MW, solar, eólica e biomassa (Avaliação Rápida e Análise de Lacunas de Angola, 2015).

Angola tem uma estratégia nacional para as novas energias renováveis, que foi publicada no Atlas e Estratégia Nacional para as Novas Energias Renováveis, que estabelece os princípios e objectivos nacionais para a promoção e exploração das novas fontes de energia renovável em Angola (EcoAngola, 2020):

1. Melhorar o acesso à energia nas zonas rurais, com base em energias renováveis;
2. Desenvolver o uso das energias renováveis ligadas à rede;
3. Promover e acelerar o investimento público e privado nas energias renováveis.

Segundo o portal EcoAngola (2020), é importante e fundamental que a transição energética em Angola seja planeada e implementada na escala e horizonte temporal adequado. As receitas petrolíferas deverão financiar projectos para aumentar a capacidade instalada de energias renováveis a curto e médio prazo.

## • BIOMASSA

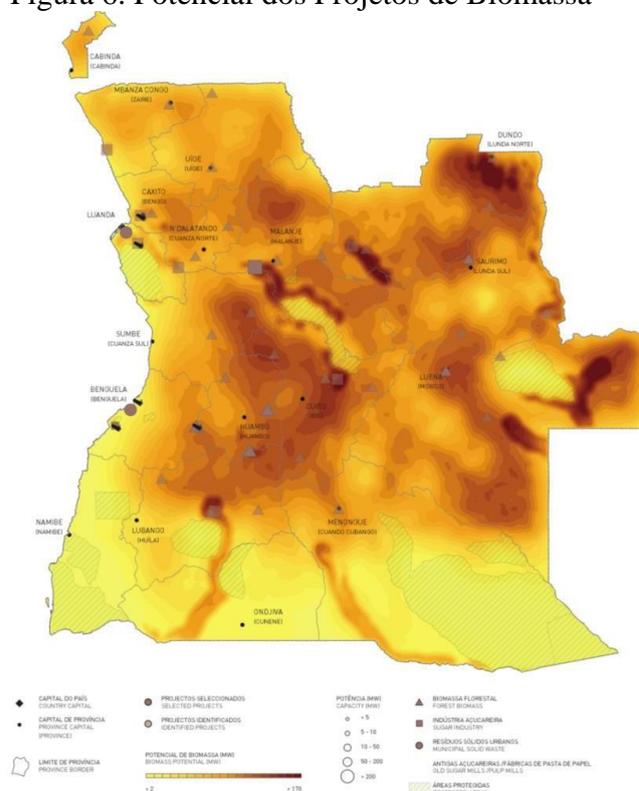
A biomassa é definida como toda e qualquer parte da matéria biodegradável de produtos ou resíduos oriundos da agricultura incluindo substâncias vegetais ou animais, da silvicultura e das indústrias conexas, assim como a componente biodegradável dos resíduos industriais e urbanos (Avaliação Rápida e Análise de Lacunas de Angola, 2015).

Embora não seja uma fonte energética totalmente limpa, ela é uma alternativa viável de substituição de combustíveis fósseis, que não são renováveis e são bastante poluentes. Assim, gerar esse tipo de energia tem um baixo custo, menor impacto ambiental e ela pode ser gerada a partir de grande variedade de materiais (ANEEL, 2020).

A partir da biomassa, podemos obter diferentes subprodutos que podem ser utilizados para produzir energia. Dentre eles destacam-se basicamente quatro tipos diferentes de resíduos da biomassa, na qual os dois primeiros detêm o maior potencial:

- ✓ Resíduos florestais e culturas energéticas;
- ✓ Resíduos da indústria agro-alimentar (em especial cana-de-açúcar);
- ✓ Resíduos agrícolas e pecuários;
- ✓ Resíduos urbanos e industriais biodegradáveis;

Figura 6. Potencial dos Projetos de Biomassa



Fonte:( [www.ucm.minfin.gov.ao](http://www.ucm.minfin.gov.ao) )

Angola possui um importante potencial eléctrico como vê-se ilustrado no mapa anterior, representando o potencial eléctrico dos resíduos florestais emitidos a partir da exploração de madeira proveniente de florestas naturais e o potencial associado à indústria da cana-de-açúcar.

A região central (Huambo, Bié e Benguela) e a região leste (Moxico, Lunda Sul e Lunda Norte) são áreas mais favoráveis em termos de recursos (floresta e indústria agroalimentar), (Avaliação Rápida e Análise de Lacunas de Angola, 2015).

Em Angola os resíduos sólidos concentrados nas maiores áreas urbanas tais como: Luanda e o eixo Alto Catumbela-Benguela-Lobito, apresentam um enorme potencial. Esses resíduos podem ser aproveitados de diferentes formas para a sua valorização (Avaliação Rápida e Análise de Lacunas de Angola, 2015):

- Produção de biogás de aterro;
- Incineração de resíduos/combustão com ou sem pré-tratamento físico-químico.

O Plano Estratégico de Gestão de Resíduos Urbanos (PESGRU) para Angola prevê um aumento importante na produção de resíduos e recomenda o seu tratamento.

#### **2.4. CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE COCO NO BRASIL E ANGOLA, BEM COMO MERCADO ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS**

O coqueiro, é uma plantação que vem sendo cultivada em mais de 90 países.

No Brasil o seu cultivo é mais frequente ao longo do litoral, sendo encontrado em áreas do Pará até Espírito Santo e o seu avanço não se destaca apenas pela evolução em níveis de produção que consequentemente condicionam o país ao lugar de destaque entre os maiores produtores mundiais, como na consolidação do cultivo em regiões consideradas não tradicionais (EMBRAPA, 2014).

Conforme dados do IBGE (2018), o coqueiro foi introduzido no Brasil através da Bahia e consequentemente foi denominado de coco-da-baía, no qual figurava como o maior produtor brasileiro, com cerca de 402.937 mil frutos, seguido pelo Ceará, com produção de 193.729 frutos e o Pará, com 154.957 mil frutos colhidos, isso em 2000. No mesmo ano os estados da (Bahia, Ceará e Sergipe) concentraram cerca de 52,9% da produção nacional de coco o que colocou em destaque a Região do Nordeste na produção do coco.

O aumento da produção de coco no setor brasileiro, deu-se numa proporção maior devido a elevação da produtividade e não necessariamente pela expansão das áreas, isso porque enquanto a área de cultivo com coqueiro cresceu em torno de 13,3%, entre os anos de 1990 e 2015, a produção e a produtividade cresceram aproximadamente, 143,3% e 114,8%. Isso deu-se a partir da implementação de novos plantios nas regiões Norte, Sudeste e Centro-Oeste com uma intensiva utilização de insumos, de tecnologia, criação de grandes projetos em perímetros irrigados e conseqüentemente a utilização da variedade de coqueiro Anão Verde e do Híbrido (BRAINER, 2018).

Segundo as estatísticas atuais, mostram que o Brasil possui 280mil hectares cultivados com coqueiro, praticamente distribuídos em quase todas as Unidades de Federação. A previsão para o ano de 2020 de área colhida de coco-da-baía chegou em torno de 223 mil hectares com produção de 1,95 bilhão de frutos, diferentemente do principal direcionamento dos maiores produtores mundiais (BRAINER, 2018).

De acordo com CIN (2010), a partir de 2002 até 2006, houve incremento de 19% nas exportações de coco fresco. O comportamento do mercado de exportação brasileiro ao longo dos anos demonstra uma flutuação, como pode ser observado na Tabela (MARTIN; JÚNIOR, 2014):

Tabela 2. Principais países exportadores de coco do Brasil

<b>Países</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Holanda</b>	300.998	152.600	47.054	2799	45.920	8847	67.308	-	92567	-
<b>Portugal</b>	67.836	37.288	31.217	99.360	79.938	93.593	14.033	32.117	6.721	1586
<b>Espanha</b>	14.664	2648	31.768	3.768	11.684	145.969	75.780	-	-	-
<b>EUA</b>	24.077	24.523	13.387	12.243	11.0777	6.908	6.881	5.428	6.944	3600
<b>Paraguai</b>	9.789	12.353	15.124	9.848	11.176	8.158	8.876	14.310	16.284	2.558
<b>Argentina</b>	7.073	2.129	3.025	6.096	325	341	511	630	300	-
<b>Uruguai</b>	4.560	6.490	6.000	3.619	6.219	6.342	6.071	5.032	3.400	800
<b>Alemanha</b>	1.312	4.048	15.564	84	46.108	60	33.062	79	120	-
<b>Reino Unido</b>	15.911	196	3.309	17.875	303	2.465	158	72	205	-
<b>Bolívia</b>	50.000	-	-	60	2	31	22	166	17	7
<b>Itália</b>	58.309	27.101	-	114	10	-	700	36	58	-
<b>Angola</b>	727	1.333	9.053	1.182	1.488	258	1.424	9.582	1.023	432

Fonte: Adaptado de (MARTIN; JÚNIOR, 2014)

Observa-se a partir da tabela que Angola, está entre os países que exportam o coco do Brasil, tanto fresco, seco, com e sem casca. A maioria dos demais países que figuram no mercado exportador atua mais como revendedores/processadores do que produtores, comercializando muitas vezes o excedente (MARTIN; JÚNIOR, 2014)

Em relação a importância econômica e social, nota-se que o cultivo de coco assume uma posição bastante importante como atividade geradora de renda e de emprego, incluindo mão de obra durante todo o ano, e conseqüentemente permitindo o consórcio com outras culturas como o cultivo de subsistência e até mesmo para a criação de animais, contribuindo para a fixação do homem no campo (FONTENELE, 2005).

Quanto ao aproveitamento industrial do fruto do coqueiro, se dá com base no processamento do endosperma sólido ou albúmen no qual é submetido a secagem (Copra) ou fresco, sendo o último mais utilizado no Brasil destinado à produção de coco seco in natura, coco ralado, leite de coco e água de coco, empregados na indústria alimentícia, e na culinária doméstica (FONTENELE, 2005).

Um tipo mais recente no processamento e em franca expansão é a extração e embasamento da água-de-coco (endosperma líquido) com base na aplicação de tecnologias de processamento e conservação. Como se não bastasse apenas o grau considerável de diversificação da indústria beneficiada das partes comestíveis do fruto, a partir dos seus produtos oriundos e apresentando uma crescente demanda no mercado internacional, a fibra do coco oriunda do mesocarpo do fruto, dá origem a uma gama de bens como:

- Tapetes;
- Enchimentos para bancos de automóveis;
- Pó para substrato agrícola.

Além da sua utilização do seu fruto no ramo das indústrias, existe uma série de aplicações para as diferentes partes do coqueiro, tais como:

- Uso no artesanato e na formação do tronco (estipe), folhas, raízes, dentre outras utilizações.

Segundo MARCELO (2019), a EMBRAPA tem apoiado a cadeia do coco com resultados de pesquisas e ativos tecnológicos nas áreas de melhoramento genético,

química de alimentos e sistemas de produção, os quais são apresentados e divulgados por meio de publicações técnicas e de capacitações e eventos. Toda essa gama referente as aplicações de seus produtos e subprodutos, confere ao cultivo do coqueiro uma elevada importância econômica, o que torna a agroindústria do coco cada vez mais firme no contexto nacional, tendo em vista a expansão das áreas cultivadas que já ultrapassam os limites da região do Nordeste e alcançando as regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste.

Dentre as possibilidades de aproveitamento energético das cascas de coco, podemos citar a combustão direta em fornos ou caldeiras como combustível sólido para de geração de energia térmica, além da transformação desses resíduos em briquetes (Silveira, 2008), carvão vegetal e/ou bio-óleo (Andrade et al., 2004).

Segundo MARFON et al. (2019), o aproveitamento energético das cascas de coco como combustível sólido para geração de energia térmica é uma alternativa interessante que se justifica pelos altos teores de lignina e fibras, conferindo-lhe elevado poder calorífico.

A forma mais simples de obtenção de energia através da biomassa se dá pela sua combustão direta, cujo calor resultante pode ser utilizado para aquecimento de fornos ou a produção de vapor em caldeiras (MARFON et al., 2019).

Segundo MARFON et al. (2019), no Brasil a problemática de fornecimento de lenha na região Nordeste é que a principal fonte desse combustível sólido é a floresta nativa, representada pela Caatinga, o que provoca a devastação desse bioma. O suprimento de lenha na região ainda depende do desmatamento da vegetação nativa, uma vez que os demais combustíveis disponíveis no mercado apresentam maior custo e que existem poucas florestas plantadas (INT, 2014).

Para KUSSUMUA (2021), entende-se que as principais causas da degradação das florestas em Angola são o desmatamento para a produção de carvão e para a agricultura.

Da análise feita sobre o estado da floresta em Angola, percebe-se que é de caráter urgente que sejam desenvolvidas políticas que visam a mitigar a exploração sustentável dos recursos florestais com base no panorama, devido a relevância ambiental e socioeconômico que essas florestas proporcionam (Revista digital de Meio Ambiente, 2021).

Porém, o desenvolvimento agrícola necessário para atender à crescente demanda por biomassa para geração de energia e garantir, ao mesmo tempo, o atendimento ao

carecimento por alimentos, apresenta desafios para os níveis futuros e para a gestão da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (Chaplin-Kramer, et al., 2015).

Angola, sendo um país em desenvolvimento e que ainda depende significativamente do petróleo para a economia do país, uma possibilidade para contornarem este problema e produzirem bioenergia é pela utilização da biomassa de resíduos agrícolas (Mendu, et al., 2012).

Segundo o portal Angola Energia 2025 o país “possui um potencial para geração elétrica de energia da biomassa e resíduos sólidos urbanos de 3,7 GW”. Sendo este repartido em 42 projetos, onde 3,3 GW associados a biomassa florestal (ANGOLA ENERGIA 2025, 2020).

Projetos para inserção de energias renováveis incluindo a energia da biomassa estão em curso e fazem parte do plano a longo prazo do ministério de Energias e água, com o projeto a longo prazo Angola Energia 2025, descreve o planejamento energético até o ano 2025. “A estratégia nacional para novas energias renováveis aprovou uma meta 800 MW com destaque para biomassa com 550 MW e 100 MW para uma das restantes fontes: vento, sol e mini hídrica” (Angola Energia 2025). Segundo o Ministério de energias e água (2015):

Foram identificados 42 locais favoráveis para a instalação de projetos de biomassa, quer locais com projetos previstos ou em curso, quer novos locais identificados com base no atlas do potencial e na proximidade a vias de comunicação, a povoações principais e à rede eléctrica prevista até 2017.

Apesar destes locais apresentarem um potencial máximo do recurso agregado de 3,7 GW, apenas foi considerado e estudado para cada um destes locais um projeto com potência ajustada ao recurso e à tecnologia. No caso dos projetos previstos ou em curso foi mantida a potência prevista e anunciada.

No total, foram estudados 1,5 GW de potência que se distribuem pelas diferentes tecnologias:

- Biomassa florestal: 32 projetos com 1130 MW de potência;
- Cana-de-açúcar: 8 projetos com 250 MW de potência;
- Resíduos Sólidos Urbanos: 2 projetos com 120 MW de potência.

O ministério de energias e água “prevê uma meta de 50MW com vista a viabilizar o desenvolvimento de projetos de incineração de Combustíveis derivados de Resíduos” (Livro Angola 2025, 2017, p. 108).

Neste sentido, o aproveitamento de resíduos sólidos da biomassa pode contribuir para a economia de lenha bem como no uso de combustíveis fósseis nos diferentes setores industriais e no setor agrícola.

## CAPÍTULO III

### 3 CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

O presente trabalho trata-se de um estudo de caráter descritivo e exploratório que utilizou como fonte a pesquisa bibliográfica. O estudo apresentado foi dividido nas principais formas de aproveitamento da casca do coco verde, a partir do levantamento de dados publicados por empresas de pesquisas de mercado, e pela tendência de se prever novas formas e fontes de energias. Para cada um destes tópicos, foram analisados procedimentos metodológicos específicos para a construção e análise qualitativa das informações que serão apresentadas. Inicialmente fez-se uma busca por trabalhos e artigos em base de dados e informações que foram necessárias para contribuir no aprofundamento do tema, dentre elas destacam-se: EMBRAPA; Plataforma Capes (produção científica internacional); SciELO (periódicos científicos brasileiros de acesso aberto); Web of Science; Base de Dados da Pesquisa Agropecuária (BDPA); Google Acadêmico (ferramenta de busca).

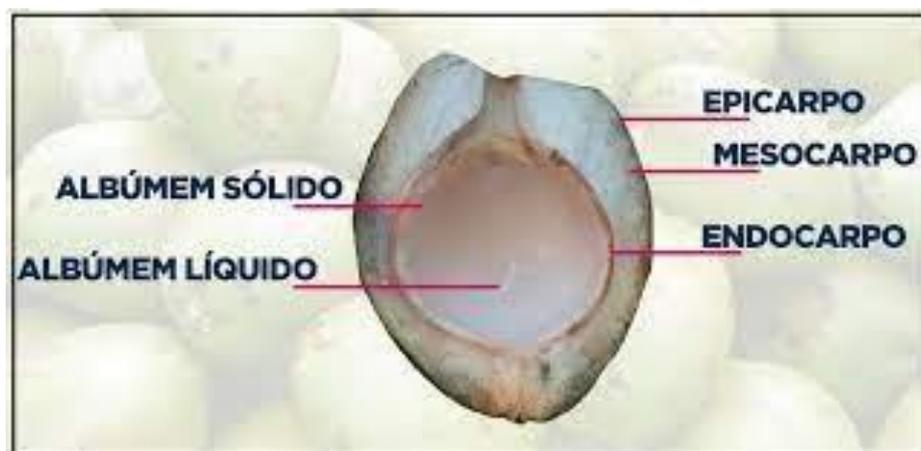
#### 3.1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DA CASCA DO COCO

Para Silva et al., (2006), tanto casca do coco verde, quanto a do coco seco (maduro), são constituídas por fibras (70%) e outra denominada de pó (30%). As fibras da casca de coco apresentam até duas vezes mais lignina quando comparadas com outras fibras vegetais. As fibras de coco caracterizam-se pela sua dureza e durabilidade atribuída ao alto teor de lignina, quando comparadas com outras fibras naturais.

Em conformidade com Mattos et al (2013), a casca de coco verde e suas partes são descritos conforme Figura 8:

- Epicarpo: camada externa; é a “casca” do fruto;
- Mesocarpo: Camada localizada entre o epicarpo e o endocarpo, parte rica em fibras.
- Endocarpo: (camada pétrea) mais interna que o pericarpo, é a parte dura que envolve a semente, possui três depressões circulares na base (carpelos) por onde forma o embrião;
- Albúmen: (endosperma) é o tecido que contém substâncias nutritivas na semente.

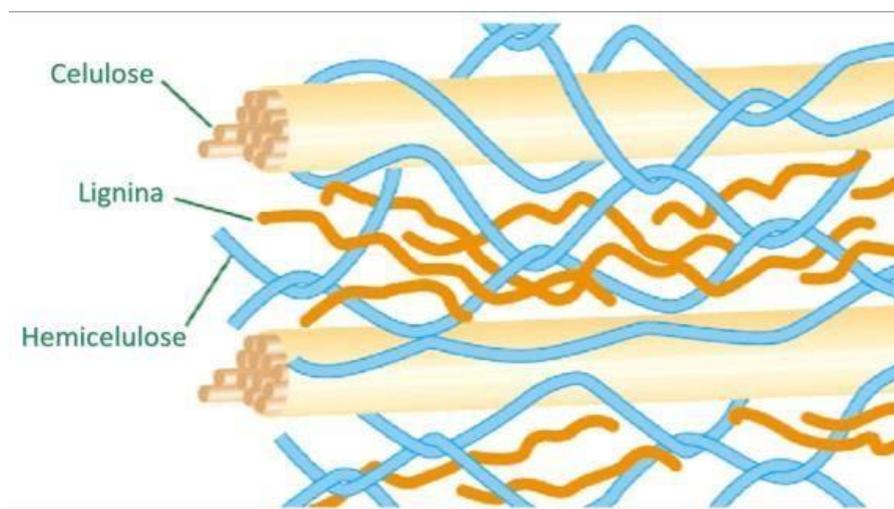
Figura 7. Constituição da casca do coco



Fonte: Mattos et al. (2011).

As fibras são compostas de hemicelulose, lignina e celulose. Esta última, forma longas cadeias de alto grau de polimerização, que apresentam grande resistência mecânica (Miola, B. et al, 2020).

Figura 8. Hemicelulose, Lignina e Celulose



Fonte: (BOUDET, 2003)

Marafon et al. (2019) analisaram algumas das principais características físico-químicas da casca (mesocarpo) e do endocarpo do coco que demonstram a sua excelente qualidade energética como biocombustíveis sólidos.

Tabela 3. Caracterização físico-química da casca de coco verde e do endocarpo

<b>Característica</b>	<b>Casca (fibra + pó)</b>	<b>Endocarpo</b>
<b>Carbono (%)</b>	43,3	48,7
<b>Hidrogênio (%)</b>	5,35	5,56
<b>Nitrogênio (%)</b>	0,46	0,34
<b>Relação C/N</b>	94,3	143,2
<b>Celulose (%)</b>	35,52	42,91
<b>Hemicelulose (%)</b>	33,41	16,76
<b>Lignina (%)</b>	22,28	30,95
<b>Cinzas (%)</b>	7,70	1,31
<b>PCS (<math>Kcal. kg^{-1}</math>)</b>	4.358	4.784
<b>PCI (<math>Kcal. kg^{-1}</math>)</b>	4.059	4.484
<b>Densidade básica (<math>g. cm^{-3}</math>)</b>	0,186	0,922
<b>Densidade energética (<math>Mcal. cm^{-3}</math>)</b>	811	4.411

Fonte: (Adaptado de Rio Largo, AL, 2019)

Segundo OLIVEIRA et. al (2019) a relação C/N é a razão entre as quantidades de carbono (C) e nitrogênio (N) presente na biomassa da cultura. A relação C/N de uma cultura está diretamente relacionado com a sua decomposição e mineralização, sendo que culturas com alta relação C/N apresentam menores taxas de decomposição e seus resíduos permanecem por mais tempo no solo, por outro lado, culturas com baixa relação C/N, apresentam uma rápida decomposição, porém, uma alta mineralização se tornando fonte de nutrientes para o solo, em especial o nitrogênio orgânico.

Van Dam et al., (2006), observaram a partir dos dados obtidos na tabela que tanto a casca como o endocarpo apresentam um número elevado de relação C/N, refletindo em um elevado tempo de decomposição do material em estudo.

Da tabela observa-se que o mesocarpo (94,3) apresenta menor relação C/N em relação ao endocarpo (143,2), para os pesquisadores isso se justifica pelas maiores concentrações de celulose (42,91%) e de lignina (35,34%) em sua constituição. Entretanto, observa-se que os teores de hemicelulose encontrados na casca (33,41%) foram superiores aos do endocarpo (16,16%). Para Van Dam et al., (2006), o uso da casca de coco para finalidades energéticas torna-se atraente por suas elevadas proporções de celulose (35% a 47%), hemicelulose (15% a 28%) e lignina (16% a 45%) e pelos baixos teores de cinzas (2,7% a 10%).

A densidade energética da casca ( $811 \text{ Mcal. cm}^{-3}$ ), produto entre o poder calorífico superior (PCS) e a densidade básica (Db) foi inferior à do endocarpo ( $4.411 \text{ Mcal. cm}^{-3}$ ). Segundo o Documento da (EMBRAPA, 2019), esses valores implicam na necessidade de adensamento desse material visando reduzir despesas com frete e estocagem. Além de que, o teor de cinzas da casca de coco (7,7 %) é significativamente superior ao do endocarpo (1,31%), diminuindo seu PCS.

Em relação ao poder calorífico, a casca de coco apresentou PCS ( $4.358 \text{ Kcal. kg}^{-1}$ ) inferior ao do endocarpo ( $4.784 \text{ Kcal. kg}^{-1}$ ). Para Dermibas, (2004), o que definirá a eficiência do processo de conversão da biomassa em calor será o grau de umidade de cada um desses materiais quando em combustão.

De acordo com Jenkins et al., (1998), conforme citado no Documento 234 da EMBRAPA (2019, p.12), a relação celulose: lignina influencia no poder calorífico dos materiais, tendo em vista que a celulose apresenta menor poder calorífico inferior ( $4.132 \text{ Kcal. kg}^{-1}$ ) do que a lignina ( $6.377 \text{ Kcal. kg}^{-1}$ ), o que está associado com o seu maior grau de oxidação.

Mansaray (1998), afirma que durante a combustão da casca de coco a maior perda de massa cerca (83,4%), ocorre na faixa entre  $200 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (temperatura de ignição) e  $450 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (temperatura de pico), em um intervalo de 20 a 42 minutos.

De acordo com Kuo (2000), “De modo geral, a curva termogravimétrica divide-se em três fases, a primeira (temperaturas  $\leq 200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) caracterizada por uma ligeira perda

de massa ( $\leq 10\%$ ) em função da secagem e da liberação de voláteis, a segunda (temperaturas de  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), quando ocorre a decomposição térmica da hemicelulose, da celulose e da lignina, com diminuição significativa da massa ( $\geq 40\%$ ) e a terceira fase (temperaturas  $\geq 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) com a decomposição de componentes de alto peso molecular” (apud EMBRAPA, 2019, P.13).

Marcelino et al. (2017) observaram, através da curva derivada termogravimétrica (DTG), a existência de quatro estágios de decomposição da casca de coco:

1. Evaporação de água;
2. Decomposição da hemicelulose à  $292\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
3. Degradação da celulose à  $374\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
4. Decomposição da lignina à  $413\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Segundo Demirbas (2004), a decomposição térmica da hemicelulose geralmente ocorre em temperaturas que variam entre  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; enquanto a da celulose podem ocorrer entre as temperaturas de  $275\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$  e a de lignina, na faixa de  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $500^{\circ}\text{C}$ .

### **3.2. COMPARATIVO ENTRE A OBTENÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DO BAGAÇO DA CANA DE AÇÚCAR EM RELAÇÃO A CASCA DO COCO VERDE**

A cana-de-açúcar é considerada uma das grandes alternativas para o setor de biocombustíveis devido ao grande potencial na produção de etanol e seus respectivos subprodutos (MEDINA, 2020).

A fibra do bagaço da cana-de-açúcar é um subproduto da indústria de açúcar sendo um dos recursos renováveis com maior potencial energético. No Brasil, são mais de trezentas usinas de açúcar e álcool que processam quase 400 milhões de toneladas de cana por ano. Cada tonelada de cana produz em média 140 kg de bagaço, dos quais 90% são usados para produzir energia térmica e elétrica na usina durante o processo produtivo (UNICA, 2017).

O bagaço in-natura é composto, aproximadamente, por 44,5% de fibras lignocelulósicas, 50% de umidade, 2,5% de sólidos solúveis em água e 3% de teor de cinza sendo constituída basicamente por  $\alpha$ -celulose (54,3-55,2%), hemicelulose (16,8-29,7%), lignina (25,3-24,3%), cinzas (1,1%) e outros extratos (0,7-3,5%) (THOMAS e JOHN, 2008).

Com relação às propriedades mecânicas, é desejável que as fibras apresentem excelente resistência à tração, alta durabilidade, baixa densidade e boa aderência à matriz (KALIA et al., 2011).

Jenkins (1990) avaliou características químicas das cascas de coco e obteve valores proporcionais de 67,95% para material volátil, 8,25% para cinzas, 23,8% para o carbono fixo e 4.294 kcal kg<sup>-1</sup> para o poder calorífico superior (PCS) (apud EMBRAPA, 2019, P.13).

Foram estudadas as eficiências energéticas do bagaço de cana, resíduo agrícola (casca de arroz), os resíduos descartados pela indústria moveleira, as podas de árvores urbanas, mas também as de alguns plantios como de eucalipto e de capim elefante, com maiores potenciais energéticos e já empregados na produção de energia. A casca de coco verde apresentou potencial energético semelhante ao bagaço de cana, o que a credencia a ser utilizada em pequenas usinas instaladas em grandes cidades (CARMO; TANNOUS 2017).

### **3.3. DIFERENTES FORMAS DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DA CASCA DO COCO VERDE**

#### **3.3.1. IMOBILIZAÇÃO DE ENZIMAS**

As enzimas são consideradas catalisadores biológicos e seu uso pode ser uma alternativa promissora aos catalisadores usualmente empregados para realizar algumas reações de forma mais segura e econômica. Enzimas são responsáveis pela síntese da maioria das reações metabólicas nos seres vivos, elas são muito específicas e, em condições ambientais suaves de pH, temperatura e pressão são muito ativas (BARBOSA et al., 2014).

Um aumento no número de aplicações de lipases em sínteses e biotransformações demanda em um biocatalisador imobilizado eficiente para uso. A imobilização possibilita o reuso de lipases caras, como também, pode melhorar a estabilidade e a atividade da enzima (BRÍGIDA, 2010).

Para BRÍGIDA (2010), a fibra de coco verde apresenta um potencial como suporte para a imobilização sendo um material lignocelulósico. Ela analisou em sua pesquisa três trabalhos que reportam o uso da fibra de coco como suporte para enzimas.

Segundo BRÍGIDA (2010), os pesquisadores Dey et al. (2002) estudaram a imobilização de  $\alpha$ -amilase de *Bacillus circulans* GRS 313 em fibra de coco maduro, com isso a enzima imobilizada por adsorção manteve 90% do seu potencial catalítico após 3 ciclos e teve bom rendimento.

Brígida et al. (2007) estudaram ainda a imobilização de lipase tipo B de *Candida antarctica* em fibra de coco verde funcionalizada com 3-glicidoxipropil-trimetoxisilano. Quando imobilizada em pH 10, a lipase mostrou-se 363 vezes mais estável do que a enzima livre e manteve 70% e 90% da atividade inicial após 3 ciclos reacionais de hidrólise e síntese, respectivamente. Reporta a autora que, a mesma enzima quando imobilizada por adsorção, mostra-se 92 vezes mais estável do que a enzima livre e apresenta estabilidade operacional de síntese similar a obtida pra CALB imobilizada por ligação covalente no mesmo suporte (BRÍGIDA et al., 2008).

Considerando as condições adversas para o uso de lipase livre em algumas reações de interesse industrial, como as de síntese em meio orgânico, bem como visando a otimização do processo através do desenvolvimento de processos contínuos, o uso de lipases imobilizadas tornou-se uma necessidade (BRÍGIDA, 2010).

MALCATA et al., (1990); ILLANES, (2005), afirmam que dentre os benefícios do emprego deste biocatalisador suportado (Lipase Imobilizada), tem-se:

- Redução do potencial de contaminação do produto com lipase residual;
- Reuso do biocatalisador;
- Melhor controle e qualidade do processo diante de biocatalisadores mais estáveis e resistentes; e
- Praticidade na separação do biocatalisador do sistema de reação para posterior reutilização.

### 3.3.2. COMBUSTÃO DIRETA IN NATURA

Segundo o DOCUMENTO 234 apresentado pela EMBRAPA (2019, p.13), o aproveitamento energético das cascas de coco como combustível sólido para geração de energia térmica é uma alternativa interessante que se justifica pelos altos teores de lignina e fibras, conferindo-lhe elevado poder calorífico.

Para Lopes et al. (2016), as cascas de coco são susceptíveis de aproveitamento nos processos de combustão térmica, seja na sua forma natural ou oriundos das transformadas em cavacos. Apesar de sua baixa densidade a granel, os cavacos apresentam como principais vantagens: maior homogeneidade na combustão e facilidade no transporte, além da possibilidade de automatização da etapa de alimentação de caldeiras e/ou fornalhas (EMBRAPA, 2019).

Figura 9.Exemplo de cavaco da casca do coco verde



Fonte: (Anderson C. Marafon, 2020)

A forma mais simples de obtenção de energia através da biomassa se dá pela sua combustão direta, cujo calor resultante pode ser utilizado para aquecimento de fornos ou a produção de vapor em caldeiras. São muitos os exemplos de sistemas industriais que utilizam a energia térmica proveniente da biomassa, predominantemente da lenha. Um desses setores é o da cerâmica vermelha, que utiliza a casca de coco, juntamente com lenha, bambu e podas de árvores, como combustível sólido para secagem e queima de telhas e tijolos (DOCUMENTO 234, EMBRAPA 2019, p.13).

### 3.3.3. PRODUÇÃO DE BRIQUETES

Segundo (BITENCOURT & PEDROTTI, 2008) as cascas de coco verde chegam a representar 80% do lixo recolhido nos grandes centros urbanos. Quando depositados de maneira inadequada no ambiente, ver Figura 10, esses resíduos sólidos podem causar a proliferação de vetores transmissores de doenças (SILVEIRA, 2008).

Figura 10. Resíduos de coco



**Fonte:** Diário do Nordeste (2013).

O briquete é definido como um bloco cilíndrico compacto, de alta densidade, composto por resíduos de madeiras em geral, como pó de serra, maravalhas/fitinhas, cavacos ou pedaços de madeira picadas, sem o uso de aglutinantes. O briquete é utilizado para a queima em Fornos, Caldeiras, Aquecedores, Torradores e outros similares, pois seu poder calorífico é três vezes maior do que da lenha, cavaco ou biomassas diversas (GUIA BIOMASSA BR, 2020).

O aproveitamento do resíduo da casca de coco verde na forma de produção de briquetes é uma alternativa sustentável, apresentando um papel imprescindível na demanda futura de geração de energia por meio de fontes renováveis, reduzindo assim os impactos ambientais de forma direta ou indireta. Além da redução destes impactos, a utilização dos resíduos como fonte energética apresenta vantagens, como a mudança na matriz energética, ampliação na geração de renda, diminuição dos gases de efeito estufa,

diminuição dos volumes de resíduos depositados em aterros sanitários e, conseqüentemente, a redução dos custos de produção (QUIRINO, 2003).

Os derivados da biomassa florestal usados na geração de calor podem constituir de um rendimento energético elevado através do processo de densificação da biomassa. A densificação ou compactação permite a obtenção de produtos como os briquetes. A utilização desses materiais tem o objetivo de aumentar a densidade energética dos mesmos gerando, portanto, um produto com mais energia em um volume menor, facilitando o transporte e armazenamento (MIGLIORINI, 1980).

Os resíduos briquetados, pela exigência de baixa umidade no processo de briquetagem e pela elevada densidade relativa aparente, são menos higroscópicos e muito mais resistentes ao apodrecimento ou a fermentação que os resíduos na condição natural, facilitando a estocagem e o transporte, pois amplia o raio econômico de seu aproveitamento (QUIRINO, 2012).

Figura 11. Briquetes de madeira



Fonte: (STOLF Artefatos de Madeira, 2012)

Os briquetes são materiais que podem ser fabricados a partir da compactação das biomassas vegetais, para tal demonstração tem-se a casca do coco, apresentando-se como alternativa na valorização desses resíduos, com importância na redução de impactos ambientais causados pelo seu descarte inadequado. Furtado et al. (2010) demonstrou que na utilização de resíduos industriais para a produção de briquetes, podem ser aplicadas diferentes pressões de compactação, no entanto, o tipo de matéria-prima utilizada tem mais influência nas propriedades energéticas do briquete do que as variáveis do processo. Para Nunes (2018), as cascas de coco podem ser transformadas em briquetes de alto poder

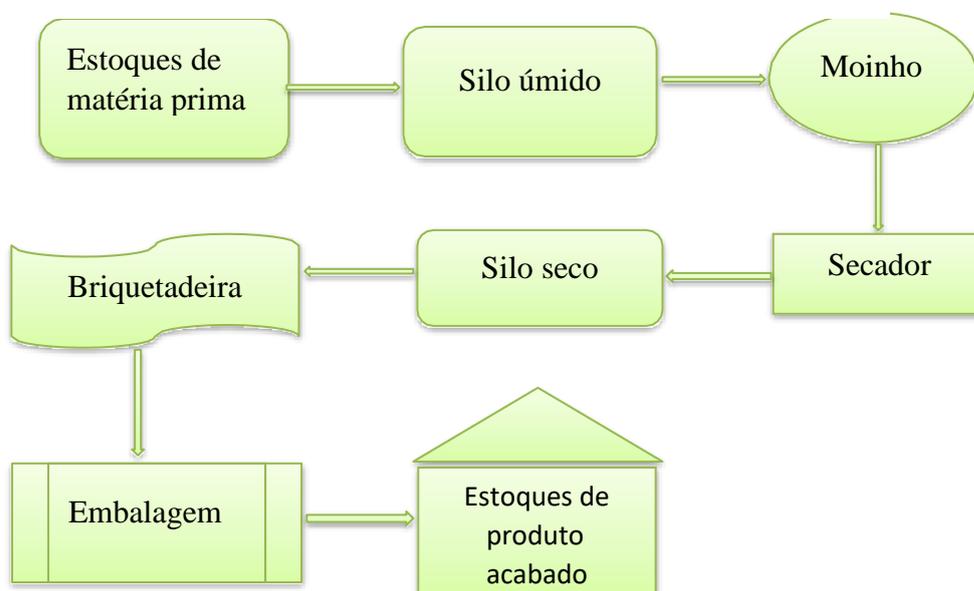
calorífico para a geração de energia, como fonte alternativa de combustível, em substituição a outras fontes vegetais tradicionais altamente exploradas, e podem contribuir na preservação dessas fontes, tais como o carvão vegetal e a lenha nativa.

Do Vale et al. (2012) constataram na casca de coco elevados teores de carbono fixo (23,72%) e materiais voláteis (71,56%) e baixo teor de cinzas (4,71%), características energéticas desejáveis. A briquetagem consiste no adensamento de materiais lignocelulósicos a elevadas pressões e temperaturas, o qual provoca a ‘plastificação’ da lignina, que por sua vez, atua como elemento aglomerante das partículas (EMBRAPA, 2019).

O processo necessita da presença de uma quantidade de água, compreendida entre 8% à 15% e que o tamanho da partícula seja da ordem de 0,5 a 1cm (Dias et al., 2012). Isto explica a característica higroscópica dos briquetes e sua resistência ao apodrecimento ou à fermentação, facilitando sua estocagem e seu transporte (EMBRAPA, 2020).

Na figura abaixo, tem-se representado de forma resumida o processo de briquetagem:

Figura 12. Processo de briquetagem resumido



Fonte: Adaptado de (SOUZA et.al, 2018).

Para a produção de um briquete de boa qualidade, características como umidade e granulometria da matéria-prima devem ser controladas (Nakashima et al., 2017; Hansted et al., 2016).

Quirino et al. (2012), afirmam que uma mistura de partículas de vários tamanhos pode melhorar a qualidade dos briquetes, sendo uma granulometria variando entre 5 mm e 10 mm, considerada a faixa máxima para a se obter uma compactação eficiente.

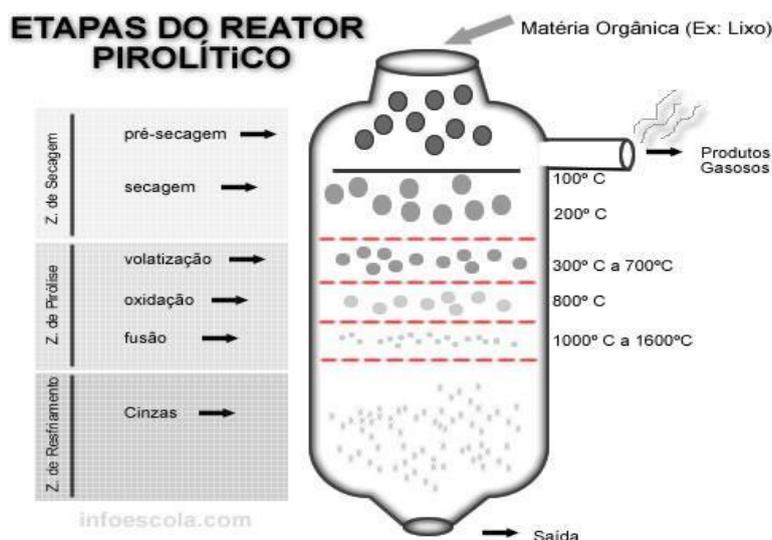
Os briquetes obtidos a partir da casca do coco verde apresentam umidade entre 10% e 12%, valores bem inferiores aos da lenha convencional (30% a 40%), o que permite que estes sejam armazenados e comercializados a preços competitivos (EMBRAPA, 2020).

### 3.3.4. PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL E BIOÓLEO

A pirólise é a decomposição térmica de materiais na ausência de oxigênio, ou em uma atmosfera com tal concentração deste gás que não ocorre combustão (SHENA; Tiago, 2015). A decomposição destes materiais ocorre devido a ação do calor a eles submetidos.

Segundo Andrade (2004), a pirólise ocorre em altas temperaturas (400 °C), até o início do sistema de gaseificação. Paz et al. (2017), afirmam que o processo de pirólise pode ser lento, potencializando a produção de produtos sólidos como o (biocarvão), ou rápido, proporcionando à produção de produtos gasosos (biogás) e líquidos (bio-óleo).

Figura 13. Processo de Pirólise em um reator



Fonte: (Adriano Leal, 2010)

Cortez et al. (2009), alegam que os rendimentos e propriedades dos produtos obtidos no processo de pirólise podem ser afetados pelos tipos de reatores de pirólise, parâmetros

de reação como (temperatura, tempo de residência), bem como as características da biomassa utilizada no processo (tamanho de partícula, forma e estrutura).

Pimenta et al. (2015) afirmam ainda que existe viabilidade técnica de se aproveitar cascas de coco como matéria-prima para produção de carvão vegetal, bem como a sua posterior conversão em briquetes finos de carvão vegetal.

Agrizzi (2018) constatou que a pirólise proporcionou um aumento do PCS da casca de coco de  $4.283 \text{ Kcal. kg}^{-1}$  para  $7.096 \text{ Kcal. kg}^{-1}$  do carvão vegetal. Silveira (2018) também obteve biocarvão da casca de coco (mesocarpo) com PCS de  $6.355 \text{ Kcal. kg}^{-1}$  a partir da pirólise a  $400 \text{ }^\circ\text{C}$ , sendo que a mesma casca in natura apresentava PCS de  $4.173 \text{ Kcal. kg}^{-1}$ . O mesmo autor também obteve um biocarvão do endocarpo do coco com PCS de  $7.424 \text{ Kcal. kg}^{-1}$ , valor significativamente superior ao PCS do endocarpo in natura de  $4.636 \text{ Kcal. kg}^{-1}$ .

Cortez et al. (2009) em experimentos conduzidos por pirólise lenta da casca do coco verde demonstraram que o carvão obtido apresenta, pelo menos em termos qualitativos, viabilidade para uso energético, tendo em conta seus altos teores de fibras e lignina.

Segundo os mesmos autores, constatou-se que a carbonização da casca de coco proporcionou aumento no teor de carbono de 45,48 % para 73,55% e redução no teor de hidrogênio 5,65% para 3,19% no carvão obtido destas cascas.

## CAPÍTULO IV

### 4 RESULTADO E DISCUSSÃO

São inúmeras as iniciativas para utilização dos resíduos do coco verde. Dino (2020) demonstrou que a partir das cascas e fibras de coco podem ser produzidas tigelas, utensílios e artesanato, além de ser usado como fonte de combustível e de repelente quando queimado (a fumaça repele os insetos). Adicionalmente, a fibra extraída da casca de coco pode ser usada para a criação de tapetes e capachos, escovas, cordas, recheio de colchões e calafetagem para barcos e redes de pesca (DINO, 2020).

Para Silveira (2008), existem inúmeras vantagens para o uso dos Briquetes preferencialmente na substituição ao uso da lenha, entre outras vantagens o autor destaca:

- Redução do impacto ambiental sobre as floretas nativas;
- Menos índice de poluição;
- Combustível renovável;
- Não existe a necessidade de regulamentação ambiental pelos órgãos Estaduais e Municipais;
- Permite o aproveitamento de resíduos agrícolas, florestais;
- Maior higiene;
- Menos fumaça, cinza e fuligem;
- Menos necessidade de estoque;
- Maior densidade;
- Maior poder calorífico;
- Menor manutenção regular em grelhas e fornalhas;
- 1 tonelada de briquetes pode substituir até 1,96 toneladas de lenha;
- Maior temperatura de chama;
- Regularidade térmica;
- Sua forma facilita o transporte, a manipulação e o armazenamento.

Na farmacologia, o uso de extratos do coco ou do coqueiro foram efetivos no combate a inflamações, bactérias, parasitas e convulsões (LIMA et al., 2015; SILVA et al., 2013).

#### 4.1. PRODUTOS DA CASCA DE COCO VERDE COMPARADO COM OUTRAS BIOMASSAS

##### 4.1.1. BRIQUETES DA CASCA DE COCO VERDE EM RELAÇÃO AO BAGAÇO DA CANA

Resultados obtidos pelos pesquisadores: João M. M. Bezerra, Mariana de Souza Vidal, Deiby Anne Uchôa Barroso Bizerra, Jackson de Queiroz Malveira.

Aditivamente, a casca do coco verde possui um potencial energético para produzir eletricidade equivalente ao bagaço de cana, já utilizado em várias usinas de álcool, que poderia ser usado em geradores de energia urbanos (ANDRIOTTI, 2020).

Tabela 4. Análise dos briquetes obtidos da casca de coco/bagaço de cana

Amostras	Análises			
	Umidade (%)	Cinzas (%)	Voláteis (%)	Poder Calorífico Superior (MJ/kg)
<b>Briquete (100% coco)</b>	10,89	3,2	77,84	16,495
<b>Briquete (100% cana)</b>	11,35	6,8	75,76	15,868
<b>Briquete (50% coco 50% cana)</b>	11,12	4,8	79,56	16,236
<b>Briquete (75% coco 25% cana)</b>	10,99	3,7	78,96	15,201
<b>Briquete (25% coco 75% cana)</b>	11,23	6,6	79,09	16,295

Fonte: Adaptado de (BEZERRA et.al, 2017)

### **TEOR DE UMIDADE**

O teor de umidade influencia negativamente no valor do Poder Calorífico, sendo, portanto, importante que o briquete não tenha uma umidade elevada. As matérias-primas foram secas em estufa (105 °C) até atingirem uma umidade de 10,89% para a casca do coco e 11,35% para o bagaço da cana (BEZERRA et.al, 2017).

### **TEOR DE CINZAS**

A amostra do briquete produzido com 100% da casca de coco apresentou o menor teor de cinzas (3,2%), o que a torna interessante para utilização como fonte energética em caldeiras e fornos industriais (VIDAL et.al, 2017).

### **TEOR DE VOLÁTEIS**

Os teores de voláteis foram de 77,84% para o briquete de 100% da casca de coco; 75,76% para o briquete de 100% de bagaço da cana; 79,56% para o briquete de 50% de bagaço de cana e 50% de casca de coco; 78,96% para o briquete de 75% de casca de coco e 25% de bagaço de cana e 79,09% para o briquete de 75% de bagaço de cana e 25% de casca de coco, o que indica que as cinco amostras teriam a mesma facilidade para iniciar o processo de combustão (VIDAL et.al, 2017).

### **PODER CALORÍFICO SUPERIOR (PCS)**

BEZERRA et.al (2017), analisaram os PCS's para a casca de coco e bagaço da cana, após secagem em estufa (105 °C). Os valores obtidos foram de 16,567 MJ/kg e 18,675MJ/kg, respectivamente.

BEZERRA et.al (2017), observaram ainda que com uma umidade de 11,35% e 10,89%, os PCS's para o bagaço de cana e casca de coco foram de 14,554 MJ/kg e 10,157 MJ/kg, respectivamente. In natura, o bagaço da cana apresentou PCS de 7,675 MJ/kg, enquanto a casca de coco verde não iniciou combustão.

Observou-se que os PCS's para os briquetes foram de 16,495 MJ/kg para briquetes feitos com 100% da casca de coco; 15,868 MJ/kg para briquetes feitos com 100% de bagaço da cana; 16,236 MJ/kg para o briquete feito com 50% de bagaço de cana e 50%

de casca de coco; 15,201 MJ/kg para briquetes feitos com 75% de casca de coco e 25% de bagaço de cana e 16,295 MJ/kg para briquetes feitos com 75% de bagaço de cana e 25% de casca de coco.

Os valores de PCS encontrados mostraram-se bastante promitente quando comparados aos valores de outros tipos de biomassas, como por exemplo: casca de arroz 16,108 MJ/kg e bagaço de cana 16,673 MJ/kg (SILVA e MORAIS, 2008) e palha do milho com 15,606 MJ/kg (QUIRINO, 1991).

A partir da tabela.4 dos resultados obtidos por BEZERRA et.al (2017), observa-se que os valores de PCS apresentados implicam que os briquetes produzidos com resíduos da casca de coco verde e do bagaço da cana, possuem um potencial energético significativo.

#### **4.1.2. PRODUTO DA PIROLISE DA CASCA DE COCO VERDE EM RELAÇÃO A OUTRAS BIOMASSAS DA LITERATURA**

##### **➤ Pirólise da casca de coco verde para a obtenção de carvão vegetal, em relação a outras fontes**

Resultados obtidos pelo pesquisador: TIAGO AGRIZZI, com referência a outros valores já estudados na literatura.

O aproveitamento das cascas de coco para a geração de energia térmica pode ser economicamente viável e consolidável como uma excelente alternativa de matéria-prima em substituição à lenha convencional e/ou de combustíveis fósseis, proporcionando a conservação da vegetação nativa dos biomas e a promoção do desenvolvimento regional (MARAFON et.al, 2019).

Tabela 5. Poder calorífico da casca de coco com relação a outras Biomassas

<b>BIOMASSA</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>PODER CALORÍFICO SUPERIOR (MJ/Kg)</b>
<b>Casca de coco</b>	AGRIZZI (2017)	17,93±0,18
	Said et al. (2015)	17,35
	Garcia et al. (2012)	18,88±0,06
	Cortez et al. (2009)	17,42
<b>Bagaço de cana</b>	Carrier et al. (2013)	17,60
<b>Eucalipto</b>	Carrier et al. (2013)	14,30
<b>Carvão Vegetal</b>	Garcia et al. (2014)	29,71±0,02

Fonte: Adaptado de (AGRIZZI,2017).

A partir de experimentos realizados pelos autores, observa-se a partir da tabela, que a casca de coco possui PCS aproximados a outros resíduos de culturas agrícolas como bagaço de cana. Destaca-se que o PCS do coco é consideravelmente maior que a do eucalipto, sendo ele muito explorado como recurso energético, contudo ainda é bem menor que a do carvão vegetal que é amplamente utilizado como fonte energética (AGRIZZI,2017).

➤ **Pirólise da casca de coco verde, palha de cana, borra de café para a obtenção de bio-óleo.**

Pesquisadores: M. D. Bispo, C. Dariva, M. C. V. De Campos, S. R. R. Ramos, e L. C. Krause.

Considerando o aproveitamento das biomassas procedentes dos resíduos da palha de cana-de-açúcar, borra de café e fibra de coco através da pirólise para produção de bio-óleo, os resultados experimentais indicaram o potencial para utilização das biomassas estudadas como fonte geradora de produtos de interesse industrial (combustível,

petroquímica, farmacêutica) além de reduzir o impacto ambiental causado pelo acúmulo das mesmas (BISPO et.al, 2014).

BISPO et.al (2014), observam a partir da análise cromatográfica (GC/qMS) os seguintes resultados apresentados na tabela:

Tabela 6. Produtos da pirolise para produção de bio-óleo

<b>Classe de compostos</b>	<b>Fibra de coco</b>	<b>Palha da cana-de-açúcar</b>	<b>Borra de café</b>
	Número de compostos		
<b>Álcool</b>	1	Nd	nd
<b>Ácidos</b>	Nd	nd	3
<b>Cetonas</b>	1	Nd	1
<b>Éster</b>	1	Nd	1
<b>Éter</b>	1	1	nd
<b>Fenol</b>	8	12	4
<b>Hidrocarbonetos aromáticos</b>	10	4	6
<b>Hidrocarbonetos saturados</b>	nd	1	5
<b>Hidrocarbonetos olefínicos</b>	nd	1	6
<b>Nitrogenados</b>	2	Nd	1
<b>Total de produtos identificados</b>	24	19	27

Fonte: Adaptado de (BISPO et.al, 2014)

BISPO et.al, 2014, observaram a partir dos experimentos que as classes dos compostos nos bio-óleos são semelhantes e, observaram também a predominância na classe dos fenóis, característica de biomassas com maior percentual de lignina em acordo com Zhang, et al (2013), um elevado percentual de ácidos carboxílicos na borra de café, em função do teor de glicerídeos nessa biomassa, conforme Bok, et al., (2012).

Foram também detectados em maior percentual de área e picos no bio-óleo da fibra de coco, os hidrocarbonetos (aromáticos) e, no bio-óleo de palha de cana de açúcar, os fenóis (BISPO et.al, 2014).

Os autores concluíram, que os rendimentos em bio-óleo para as 3 biomassas foram semelhantes, porém no processo utilizado observou-se a necessidade de uma limpeza com solvente, no reator, evitando erros de medidas.

O rendimento em massa obtido para o bio-óleo bruto foi de 28,1%, 30% e 29,9% respectivamente para as biomassas fibra de coco, palha da cana e borra de café. Observando que quantidades consideráveis de bio-óleo ficavam retidas no condensador podendo gerar um erro na medida do rendimento, foi feita a limpeza com 300 ml de acetona, aumentando assim o rendimento bruto em líquido dos bio-óleos da fibra de coco verde, palha de cana-de-açúcar e da borra de café em 36,8%, 36,1% e 35,2% (BISPO et.al, 2014).

A fibra de coco verde apresenta um grande potencial de exploração comercial, uma vez que pode ser utilizada como fonte alternativa em diversos setores industriais. Apesar do cultivo do coco ser antigo no país, apenas recentemente em face à conscientização ambiental é que se iniciou o estudo e iniciativas para o processamento e uso comercial da fibra de coco, antes basicamente rejeitada (MONTEIRO et.al, 2010).

## CAPÍTULO V

### 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

No decorrer dos últimos anos, vem se verificando práticas para a redução ou aproveitamento de resíduos sólidos. Colocando uma atenção especial para o coco verde, a redução de seus resíduos gerados, é quase impossível, tendo em vista que implicaria em uma redução do seu consumo, pois este vai além do consumo somente da água de coco uma vez que ela faz parte da cultura e da culinária brasileiras. Seus impactos causados são consideráveis. Em contrapartida implicam em custos elevado para o poder público no que se refere à coleta desses resíduos em aterros.

Diante desse cenário medidas para se minimizar os impactos causados pelo volume de resíduos gerados se dá pelo seu reaproveitamento.

Em virtude da casca de coco usada como fonte de matéria-prima para a produção de energia térmica, depende necessariamente do aumento da densidade energética bem como da redução da umidade presente na biomassa.

De um modo geral, o briquete obtido a partir da casca do coco verde pelos pesquisadores, apresentou resultados significativos para serem usados como energia alternativa quando comparado com as demais biomassas. De igual modo no processo de pirólise, para a obtenção de carvão vegetal e bio-óleo os produtos indicaram um potencial para serem utilizados como fonte alternativa.

De acordo com os resultados observados, pode-se concluir que o aproveitamento das cascas do coco verde para geração de energia, apresenta uma alternativa economicamente viável, e consolida-se por possuir uma excelente alternativa de matéria-prima em substituição de combustíveis fósseis e da lenha convencional, proporcionando assim a preservação da vegetação nativa dos biomas além de promover o desenvolvimento regional.

## SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Para Angola, verificou-se que na literatura quase não existem alternativas que apontam para as várias possibilidades de reaproveitamento energético, não apenas para a casca de coco verde como para outras biomassas como a cana-de-açúcar por exemplo.

Existe uma grande necessidade de o governo apostar em outras formas de energias (sendo que o país apresenta um forte potencial para promover gradualmente a substituição da lenha), de modo a preservar as riquezas nacionais e de igual modo reduzir os usos constantes das lenhas convencionais que são bastante utilizadas e como consequência o desmatamento.

Verifica-se que a prática do cultivo de coco em Angola não se dá na mesma dimensão que no Brasil (sendo que ele está entre os países exportadores de coco do Brasil), isso devido a cultura. Por essa razão a problemática sobre os descartes da casca de coco não é predominante, porém, existem outros resíduos sólidos que seriam uma boa fonte alternativa para o seu aproveitamento energético e que são pouco estudadas, como: o bagaço da cana, a casca de arroz, borra de café.

Diante deste cenário, como recomendação para trabalhos futuros, pode-se realizar estudos que analisem o processo de aproveitamento dos diferentes tipos de resíduos citados, fazendo uma análise técnica-financeira e de seu potencial como recurso energético.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, R. F. A.; SILVA, A. N.; FREITAS, J. A.; ARAGÃO, W. M. **Avaliação do teor de óleo em cultivares de coqueiro**. Fortaleza: COHIBRA, 2013. (Relatório Técnico de Projeto Finep).

AGRIZZI, T. **Produção de bio-óleo a partir da pirólise de casca de coco em leito fixo**. 2018. 95 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade Federal do Espírito Santo - Centro Universitário Norte São Mateus.

AMAZON. **Coconut products**. Copyright © 1996-2020, Disponível em: Acesso em: 11 de out. de 2019.

ANDRADE, A. M.; PASSOS, P. R. A.; MARQUES, L. G. C.; OLIVEIRA, L. B.; VIDAURRE, G. B.; ROCHA, J. D. S. Pirólise de resíduos do coco-da-baía (*Cocos nucifera* Linn) e análise do carvão vegetal. **Revista Árvore**, v. 28, n. 5, p. 707-714, 2004.

ANGOLA ENERGIA 2025.Renovaveis-Biomassa.Disponivel em:[www.angolaenergia2025.com/pt-pt/conteudo/renovaveis-biomassa](http://www.angolaenergia2025.com/pt-pt/conteudo/renovaveis-biomassa) . Acesso em 26 de Jul. 2021.

ARAGÃO, W. M.; ISBERNER, I. V.; CRUZ, E. M. de O. **Água-de-coco**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. 32 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 24).

ARAGÃO, W. M.; RIBEIRO, F. E.; MELO, M. F. de V. Cultivares de coqueiro para produção de coco seco: coqueiro gigante vs híbridos. In: CINTRA, F. L. D.; FONTES, H. R.; PASSOS, E. E. M.; FERREIRA, J. M. S. (Ed.). **Fundamentos tecnológicos para revitalização das áreas cultivadas com coqueiro gigante no nordeste do Brasil**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. p. 37-60.

ARAGÃO, W. M.; RAMOS, S. R. R.; FERREIRA, J. M. S. F. PASSOS, E. E. M. Desenvolvimento de cultivares. p.179226. In: FERREIRA, J. M. S. F.; WARWICK, D.

R. N.; SIQUEIRA, L. A. (Ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 508 p.

ARANCON JÚNIOR, R. N. Global trends and new opportunities for the coconut industry. In: NATIONAL COCONUT CONFERENCE, 2009. **Opportunities for a Sunrise Industry**: proceedings. Damai Laut, Perak: Malaysian Agricultural Research and Development Institute, 2010. Disponível em: Acesso em: 10 jan. 2018.

AVALIAÇÃO RÁPIDA E ANÁLISE DE LACUNAS DE ANGOLA. Disponível em [https://www.lerenovaveis.org/contents/lerpublication/pnud\\_se4all\\_minea\\_mar\\_2016\\_avaliacao-rapida-e-analise-de-lacunas--angola.pdf](https://www.lerenovaveis.org/contents/lerpublication/pnud_se4all_minea_mar_2016_avaliacao-rapida-e-analise-de-lacunas--angola.pdf) . Acesso em: 20. Jun. 2021

BATUGAL, P.; BOURDEIX, R.; BAUDOUIN, L. Coconut breeding. In: JAIN, S. M.; PRIYADARSHAN, P.M. (Ed.). **Breeding Plantation Tree Crops**: tropical species. New York: Springer, 2009. cap. 10. Disponível em: Acesso em: 06 fev. 2021.

BEARDSELL, D.; FRANCIS, J.; RIDLEY, D. Health promoting constituents in plant derived edible oils. **Journal of Food Lipids** n. 9, p. 1-34, 2002. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1745-4522.2002.tb00205.x> >. Acesso: 14 Jun. 2021.

BITENCOURT, D. V.; PEDROTTI, A. Usos da casca de coco: Estudo das viabilidades de implantação de usina de beneficiamento de fibra de coco em Sergipe. *Revista da Fapese*, v. 4, n. 2, p. 113-122, 2008.

BOURDEIX, R.; PRADES, A. (Compilers). **A Global Strategy for the Conservation and Use of Coconut Genetic Resources 2018-2028**: Biodiversity International, 2018. 222 p.

BRAINER, Maria Simone de Castro Pereira. Produção de coco: **o Nordeste é destaque nacional**. Caderno Setorial ETENE. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano.3, n.61, dez.2018. (Caderno Setorial, n.61)

BRÍGIDA A. I. S.; **Imobilização de lipases utilizando fibra da casca de coco verde como suporte para aplicações industriais** 2010. Tese (Pós-graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.p.31-34.

BUCCI, J. **Is coconut fabric the future of sportswear**. [Philadelphia: Start Up Fashion], 2012. Disponível em: Acesso em: 16 de fev. de 2021.

CARVALHO, R. F. **Industrialização do coco: beneficiamento: produção de coco ralado e leite de coco**. Salvador: Rede de Tecnologia da Bahia, 2007. Dossiê Técnico. Disponível em:<http://www.respostatecnica.org.br/dossietecnico/downloadsDT/MTA0>. Acesso em: 10 abr. 2021.

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S. MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**. v. 20, n. 4, p. 533-535, dezembro 2002. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-05362002000400003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362002000400003)>. Acesso em: 28 de fev. de 2020.

CASTILHOS, L. F. F. de. Aproveitamento da fibra de coco. **Instituto de Tecnologia do Paraná, 2011**. Dossiê Técnico. Disponível em: Acesso em: 28 de fev. de 2020.

CAVALCANTE, V. R. **Produção de carvão ativado a partir de coco, banana e laranja**. 2015. 63 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais) – Universidade Católica de Pernambuco, 2015. Disponível em: Acesso em: 10 abr. 2021.

CENTRO INTERNACIONAL DE NEGÓCIOS (CIN). Perfil de mercado: coco verde Estados Unidos da América. Disponível em: [http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes\\_2011/doc\\_164.pdf](http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/doc_164.pdf) . Acesso em: 5 de Ago. 2021.

Chaplin-Kramer, R., et al., (2015). Spatial patterns of agricultural expansion determine impacts on biodiversity and carbon storage. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Corvallis, 112(24), 7402–7407. ISSN 0027-8424.

CORTEZ, L. A. B.; PEREZ, J. M. M.; ROCHA, J. D.; JORDAN, R. A.; MESA, H. R. M. Processamento de casca e fibra de coco verde por carbonização para agregação de valor. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 3 n. 1, p. 21-30, 2009.

DEMIRBAS, A. Combustion characteristics of different biomass fuels. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 30, pp. 219–230, 2004.

DIAS, J. M. C. S.; SOUZA, D. T.; BRAGA, M.; ONOYAMA, M. M.; MIRANDA, C. H. B.; BARBOSA, P. F. D.; ROCHA, J. D. **Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2012. 130 p. (Embrapa Agroenergia. Documentos, 13).

ECOANGOLA. **Energias Renováveis** Disponível em :<https://ecoangola.com/energias-renovaveis/> . Acesso em: 06 de Jul.2021.

FONTENELE, R. E. S.; Cultura do coco no Brasil: caracterização do mercado atual e perspectivas futuras. In: XLIII CONGRESSO DA SOBER. 2005, Ribeirão Preto, **Anais...** Ribeirão Preto. 2005. p. 20-23.

FURTADO, T. S.; VALIN, M.; BRAND, M. A.; BELLOTE, A. F. J. Variáveis do processo de briquetagem e qualidade de briquetes de biomassa florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 62, p. 101-106, 2010.

GENTIL, L. V. B. **Tecnologia e economia do briquete de madeira**. 2008. 197 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília.

HUNTLEY, B.J. Biophysical profile of Lunda-Norte. In: **Avaliação Rápida da Biodiversidade de Região da Lagoa Carumbo, Lunda-Norte-Angola** Angola, p 31-75, 2019.

HUNTLEY, Brian J.; VLADIMIR, Russo; LAGES, Fernanda; DE ALMEIDA, Nuno Ferrand. **Biodiversidade de Angola**. Ciência e conservação: Uma síntese moderna. Porto: Jorge Reis Sá, 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção anual de coco no Brasil**. Disponível em <https://revistacampoenegocios.com.br/coco-producao-no-brasil/> Acesso em 15 Jun. 2021.

JENKINS, B. M. Fuel properties for biomass materials. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON APPLICATION AN MANAGEMENT OF ENERGY IN AGRICULTURE: THE ROLE BIOMASS FUELS, 1., 1990, New Delhi. **Anais...** Ludhiana: Punjab Agricultural University, 1990. p. 21-23.

JENKINS, B. M.; BAXTER, L. L.; MILES JUNIOR, T. R.; MILES, T. R. Combustion properties of biomass. **Fuel Processing Technology**, v. 54, p. 17-46, 1998.

KASSOMA, A.P. Diário da República: **Estratégia para o desenvolvimento dos biocombustíveis em Angola**. Dez, 2009. Disponível em: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ang164452.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2021.

KUSSUMA, S.F. Revista digital de Medio Ambiente Ojeando la agenda: **Panorama Florestal em Angola**. ISSN 1989-6794- N°70, Marzo 2021. Disponível em: <https://ojeandolaagenda.com/2021/03/31/panorama-florestal-em-angola> . Acesso em: 28 de Jul. 2021.

LOPES, G. A.; BRITO, J. O.; MOURA, L. F. Uso energético de resíduos madeireiros na produção de cerâmicas no estado de São Paulo. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 679-686, 2016.

MANSARAY, K. G.; GHALY, A. E. Thermal degradation of rice husks in nitrogen atmosphere. **Bioresource Technology**, v. 65, n. 1-2, p. 13-20, 1998.

MARCELINO, M. M.; MELO, S. A. B. V.; TORRES, E. A. Caracterização da biomassa da casca de coco para obtenção de energia. **Bahia Análise & Dados**, v. 27, n. 1, p. 336-355, 2017.

MARAFON, A. C.; AMARAL, A. F. C.; LEMOS, E. E. P. Characterization of bamboo species and other biomasses with potential for thermal energy generation. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, e55282, 2019.

MARTINS, C. R.; JESUS JÚNIOR, L. A. **Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional**: panorama 2014. Aracaju. Embrapa Tabuleiros Costeiros 2014. 51 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 184).

MARTINS, C. R.; JESUS JUNIOR, L. A. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional**: panorama 2010. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. 28 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 164). BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio; Secretaria de Comércio Exterior. Aliceweb. Disponível em: < <http://aliceweb.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 24 de Jul. 2021

MATTOS, A. L. A.; ROSA, M. F.; CRISOSTOMO, L. A.; BEZERRA, F. C.; CORREIA, D.; VERAS, L. G. C.; **Beneficiamento da Casca de Coco Verde**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. 38 p. Apostila.

MIGLIORINI, A. J; Densificação de biomassa florestal. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.1, n.2, 1980. p.1-9.

NASCIMENTO, R. L. **Energia Solar no Brasil**: situação e perspectivas. Estudo Técnico. Brasília. Março, 2017.

NAKASHIMA, G. T.; ADHMANN, I. C. S.; HANSTED, A. L. S.; BELINI, G. B.; WALDMAN, W. R.; YAMAJI, F. M. Materiais Lignocelulósicos: Caracterização e Produção de Briquetes. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, p. 150-162, 2017.

NUNES, M. U. C. Coprodutos do coqueiro: matéria-prima x sustentabilidade ambiental. In: FERREIRA, J. M. S.; WARKWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A Cultura do Coqueiro no Brasil**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 495-508.

OLIVEIRA, M. E. D. DE; VAUGHAN, B. E.; RYKIEL JÚNIOR, E. J. Ethanol as fuel: energy, carbon dioxide balances, and ecological footprint. *BioScience*, v. 55, n. 7, p. 593–602, 2019.

PAZ, E. C. S.; PEDROZA, M. M.; OLIVEIRA, L. R. A.; PAZ, R. R. S. Alternativa de exploração sustentável dos resíduos do coco verde para a produção de energia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 6, n. 2, p. 318-345, 2017.

PIMENTA, A. S.; SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; CASTRO, R. V. O. Utilização de resíduos de coco (*Cocos nucifera*) carbonizado para a produção de briquetes. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 137-144, 2015.

QUIRINO, W. F.; PINHA, I. V. O. de; MOREIRA, A. C. O. de; SOUZA, F. de; TOMAZELLO FILHO, M. Densitometria de raios x na análise da qualidade de briquetes de resíduos de madeira. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 96, p. 525-536, 2012.

RAVEENDRAN, K.; GANESH, A.; KHILAR, K. C. Pyrolysis characteristics of biomass and biomass components. **Fuel**, v. 75, n. 8, p. 987-998, 1996.

SCHENA, T. **Pirólise da fibra da casca de coco**: caracterização do bio-óleo antes e após a aplicação de dois processos de melhoramento. 173 f. 2015. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SILVA, R. V.; SPINELLIA, A. D.; BOSE FILHO, W. W.; CLARO NETO, S.; CHIERICE, G. O.; TARPANIC, J. R. Fracture toughness of natural fibers/castor oil polyurethane composites. **Composites Science Technology**, v. 66, n. 10, p. 1328-1335, 2006.

SILVEIRA, M. S. Aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquete em Salvador – BA. Dissertação de mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo – Universidade Federal da Bahia, 2008.

VALE, A.T.; GENTIL, L.V. **Produção e uso energético de biomassa e resíduos agroflorestais**. Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III. Rio Branco: Suprema, 2008. p.195-241.

VAN DAM, J. E. G., VAN DEN OEVER, M. J. A, TEUNISSEN, W., KEIJSERS, E. R. P., PERALTA, A. G. Process for production of high density/high performance binderless boards from whole coconut husk. **Industrial Crops and Products**, v. 24, n. 2, p. 96–104, set. 2006.

VIEIRA A. C.; **Caracterização da biomassa proveniente de resíduos agrícolas** 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, PR, 2012. p. 56.