

# REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

## ALTERNATIVA DE EXPLORAÇÃO SUSTENTÁVEL DOS RESÍDUOS DO COCO VERDE PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA<sup>1</sup>

ELAINE CUNHA DA SILVA PAZ<sup>2</sup>, MARCELO MENDES PEDROZA<sup>2</sup>, LUCIANA  
REZENDE ALVES DE OLIVEIRA<sup>3</sup>, RICARDO RESPLANDES DE SOUSA PAZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aceito para Publicação no 1º Trimestre de 2017.

<sup>2</sup>Instituto Federal do Tocantins, campus Palmas, AE 310 SUL, Av. LO 05, Palmas-TO, Brasil, CEP.: 77.021-090. [mendes@ifto.edu.br](mailto:mendes@ifto.edu.br), [elaine@ifto.edu.br](mailto:elaine@ifto.edu.br), [ricardosousapaz@gmail.com](mailto:ricardosousapaz@gmail.com)

<sup>3</sup>Avenida Costábile Romano, 2201, Ribeirânia, Ribeirão Preto- SP, Brasil, CEP.: 14096-900.: [lroliveira@unaerp.br](mailto:lroliveira@unaerp.br)

### Resumo

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica acerca da origem e das propriedades do coco da baía, bem como uma análise minuciosa de duas atividades de produção, industrialização e consumo, de acordo com regiões e unidades federativas brasileiras. Tais análises têm como objetivo embasar o estudo sobre a produção de resíduos sólidos proveniente da comercialização do fruto, tanto para consumo de sua água como para o consumo de sua polpa (coco verde e coco seco, respectivamente). A revisão também incluiu a apresentação de uma solução para os citados resíduos: a pirólise. Fazendo uma análise crítica de diversos trabalhos que tratam deste assunto, entendeu-se que a pirólise dos resíduos é uma alternativa viável e ecologicamente correta, produzindo carvão, óleo e gás, produtos estes que podem ser utilizados como filtros ou combustíveis.

**Palavras- chaves:** Coco da baía, Energia, Pirólise.

## Abstract

This study aims to conduct a literature review about the rise and coconut properties as well as a thorough analysis of two production activities, industrialization and consumption, according to regions and Brazilian states. These analyzes aim to base the study on the production of solid waste from the marketing of the fruit for consumption of their water as for the consumption of its pulp (coconut, dry coconut, respectively). The review also included the presentation of a solution to the above residues pyrolysis. Making a critical analysis of several studies that address this issue, it was understood that the pyrolysis of waste is a viable and environmentally friendly alternative, producing coal, oil and gas, these products can be used as filters or fuel.

**Keyword:** Coconut, Energy, Pyrolysis.

## Introdução

Sendo um dos principais produtos de consumo nas faixas litorâneas brasileiras, o coco da baía passa por um processo de franca expansão de produção e consumo.

O coco se destaca comercialmente nas regiões litorâneas, onde a venda de sua água é intensa, gerando uma grande quantidade de resíduos após o consumo. Outra modalidade de venda é na forma seca, tendo como principal produto de venda a sua polpa. Assim sendo, nota-se um crescente aumento na sua produção, tornando-o fato de preocupação no que se refere à produção de resíduos sólidos.

Segundo Cardoso e Gonzalez (2016), no Brasil com o crescente mercado do coco verde, a casca do coco verde, subproduto do uso e da industrialização da água de coco, ainda é em grande parte depositada em lixões e aterros sanitários. Este resíduo gera custos e impactos para a sociedade, agravados nas cidades litorâneas, onde o consumo de água de coco é mais elevado.

Pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA, Martins e Jesus Jr (2010), estimam que sejam descartados no Brasil cerca de sete milhões de toneladas de coco por ano. Vale ressaltar, que os resíduos de coco é um material nobre que pode ser aproveitado de várias formas, sendo este um material de alto valor para a indústria e para a agricultura.

Os resíduos sólidos, proveniente do consumo coco *in natura*, cujas cascas são ricas em fibras formam amontoados em locais inadequados tais como parques e calçadas onde esses produtos são comercializados, ou até mesmo quando depositado em terrenos baldios,

ruas onde normalmente é considerado lixo urbano. Estes degradam a paisagem, produzem mau cheiro, e colocam em risco o meio ambiente e a saúde pública.

Sabe-se que o acúmulo de resíduos sólidos contribui significativamente na proliferação de vetores como: moscas, mosquitos, baratas e roedores; transmissores de enfermidades dentre elas: febre tifoide, cólera, amebíase, giardíase, malária, febre amarela, dengue, leptospirose, peste bubônica e tifomurido.

É importante entender que o aproveitamento dos resíduos do coco, contribui para a preservação do meio ambiente, uma vez que sua decomposição na natureza leva cerca de 8 anos.

A aplicabilidade dos resíduos gerados na produção do coco *in natura* no processo de geração de energias renováveis pode gerar subprodutos energéticos que torne o processo muito rentável e recomendável ao meio ambiente. Sabe-se que o Brasil possui um enorme potencial na geração de energias renováveis. O Ministério de Minas e Energias (MME) prevê que até o fim de 2015 as energias renováveis correspondam a 42,5% de toda a matriz energética brasileira em 2015. O destaque fica para o crescimento da participação das energias renováveis alternativas à geração hidrelétrica, como a eólica, a solar e a biomassa (GÓMEZ, 2011).

Entende-se por biomassa qualquer recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia.

A biomassa gerada pelas cascas do coco pode ser utilizada na produção de carvão vegetal, gás combustível ou ainda de bio-óleo por intermédio do processo termoquímico de pirólise. O uso dessa biomassa na produção de carvão ativado o confere uma agregação de valor e formação de renda para a comunidade onde se descarta esses produtos o que também contribui para a diminuição de impactos à natureza.

Gómez *et al.*, (2011) informam que a pirólise é um dos cinco processos de conversão térmica da biomassa que se caracteriza ela biodegradação térmica do combustível sólido, a qual pode ser realizada em ausência completa de oxidante ou em quantidades que a gaseificação não ocorra extensivamente, cujo objetivo principal é a obtenção de biocombustíveis tecnicamente mais avançados de forma econômica e ambientalmente competitiva e sustentável.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o processo de pirólise como alternativa de aproveitamento do resíduo do coco *in natura* proveniente da industrialização da água de coco em uma perspectiva de geração de energia, tendo como finalidade a obtenção de

finos de biocarvão, biogás e biocombustível, possibilitando assim a redução da disposição desses resíduos sólidos e agregando valor a essa importante cadeia produtiva econômica.

## **Metodologia**

Esta pesquisa constituiu-se de uma revisão da literatura com a finalidade de se verificar a origem, propriedades e atividades de produção, industrialização e consumo do coco da baía de acordo com regiões e unidades federativas brasileiras. Trata-se, portanto de uma pesquisa exploratória descritiva que proporciona uma maior familiaridade e torná-lo mais explícito (GIL, 2002). Para isso foram consultados trabalhos publicados em artigos científicos, teses, dissertações e dossiês técnicos. Os principais termos utilizados para a pesquisa foram: “resíduos do coco”, “produção de coco”, “pirólise”, “biomassa”, “produção de resíduos”, “aproveitamento energético” e “carvão”. A discussão dos resultados se deu através da análise crítica dos autores fundamentada nos dados reportados na literatura.

## **Resultados e Discussão**

São apresentados aqui os resultados na forma de dados numéricos em tabelas e quadros.

### ***Origem, Morfologia e Ecofisiologia do coqueiro***

As variedades do coqueiro tem histórico divergente entre os autores, sendo que alguns defendem que surgiu no Pacífico, porém, de acordo com De Candolle (1985) *apud* Silveira (2008), a origem vem do Continente Asiático e o seu cultivo foi disseminado em todos os continentes.

As diferentes espécies do coqueiro citadas por Silveira (2008), que são o coqueiro gigante, o coqueiro anão e o híbrido têm suas características distintas, sendo que o híbrido é fruto do cruzamento das duas espécies anteriores e tem como características a produção de frutos grandes e com maior quantidade de polpa e água, produz precocemente, em média, a partir do terceiro ano.

O coqueiro gigante começa a florescer e produzir fruto a partir do sexto ano, em média, pode alcançar uma altura 18 metros, seu fruto tem tamanhos variados. Sua polinização é cruzada, é uma planta que se adapta em qualquer lugar e seu período de reprodução econômica, em condições favoráveis, pode durar até 60 anos, visto que há uma produção média de 50 a 80 frutos ao ano. Estas plantas têm estipe com circunferência de 84 cm em

medial e os comprimentos de suas folhas podem variar, mas fica com tamanho por volta de 5,5m, sendo uma produção contínua (SIQUEIRA, 2002).

O coqueiro anão cresce cerca de 10m, é uma planta susceptível a pragas, sofre com a falta de água, mas seu fruto é grande, tem maior quantidade de poupa e água. Sua produtividade econômica é de 40 anos, produzindo 100 a 120 frutos ao ano, sua fecundação é por autopolinização, (MARTINS *et al*, 2011).

O coqueiro gigante e o anão foram importados em diversas etapas e de várias regiões do mundo, dentre elas à Índia, Malásia e Costa do Marfim. Sendo que Silveira (2008) menciona que a primeira ocorreu por volta de 1925, em meio aos interessados estão investidores e pesquisadores como a EMBRAPA para montar seu banco de dados.

Segundo Joly (1966) *apud* Silveira (2008), o coqueiro possui a classificação taxonômica conforme Tabela1.

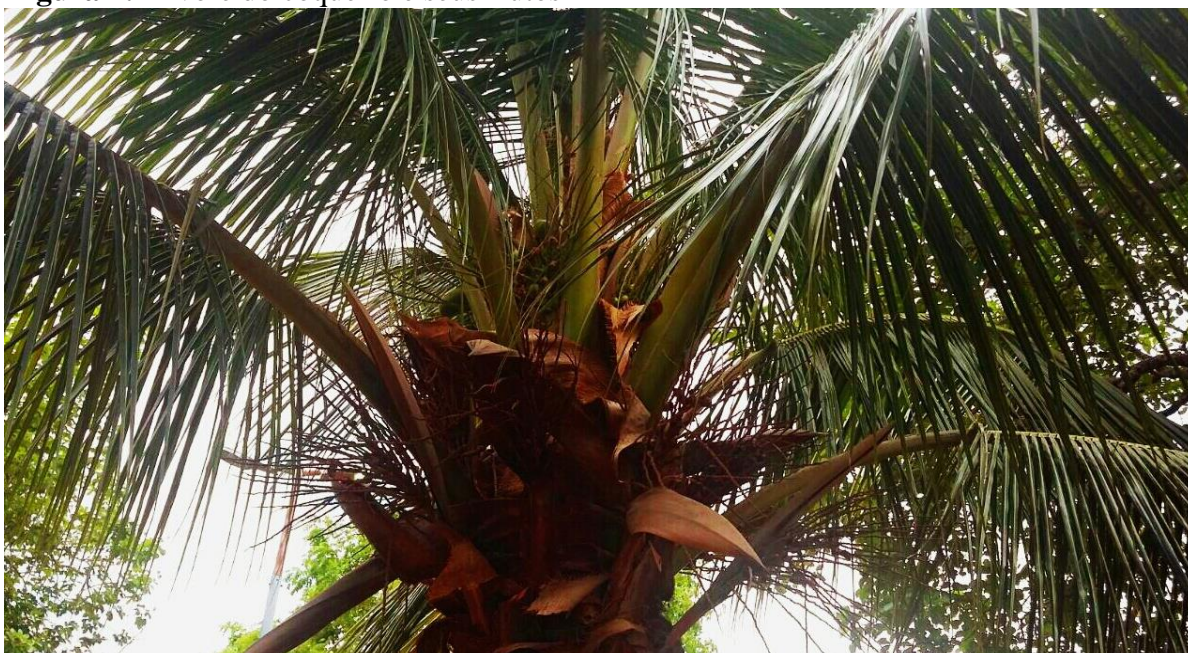
**Tabela1:** Classificação Taxonômica do coqueiro (Joly, 1966, *apud* Silveira 2008).

Divisão	Espermatófita
Classe	Angiosperma
Sub Classe	Monocotyledoneae
Ordem	Palmales
Família	Palmae
Sub família	Cocoidae
Gênero	Cocos
Espécie	Coco <i>nucifera</i> , L.
Nome Vulgar	Coqueiro

De acordo com Sousa (2006), a Espécie *Cocos nucifera*, L. apresenta sistema radicular fasciculado, uma característica das plantas Monocotiledôneas, têm raízes primárias, secundárias e terciárias em um raio de 1 m com profundidade de 0,2 a 0,6m. Sendo que as raízes terciárias produzem radícolas com diâmetro de 1 a 3 mm, seu caule é do tipo estipe, não ramificado e resistente que prende suas folhas protegendo a gema terminal.

O coqueiro é uma planta que apresenta contínuo florescimento e frutificação ao longo do ano de acordo com a Figura 1.

**Figura 1:** Árvore do coqueiro e seus frutos



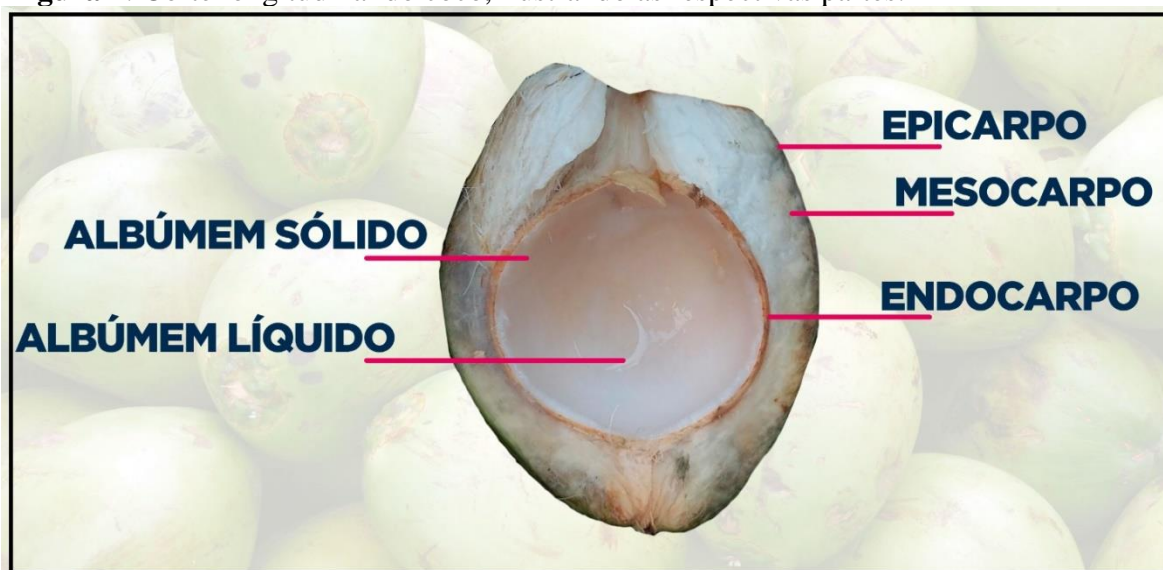
**Fonte:** Silva Paz (2016)

Em conformidade com Mattos *et al* (2013), a casca de coco verde e suas partes são descritos conforme Figura 2.

- **Epicarpo:** camada externa; é a “casca” do fruto;
- **Mesocarpo:** Camada localizada entre o epicarpo e o endocarpo, parte rica em fibras.
- **Endocarpo:** (camada pétreo) 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.

O fruto do coqueiro é constituído por albúmen líquido (água de coco), albúmen sólido ou amêndoa, endocarpo conhecido popularmente como “Quenga” e casca. A casca representa em torno de 57% do fruto sendo composta pelo mesocarpo (fibra e pó) e epicarpo (camada mais externa). O volume e o peso da casca variam com as condições e da forma climáticas da região de plantio, a adubação, os tratamentos culturais e fitossanitários do coqueiro e a variedade cultivada (MARTINS e JESUS JÚNIOR, 2010).

**Figura 2:** Corte longitudinal do coco, ilustrando as respectivas partes.



Fonte: Silva Paz (2016)

Segundo Aragão *et al.*, (2002), o albúmen líquido é formado após dois meses da inflorescência atingindo um volume entre 300 a 600 mL dependendo da variedade em frutos com idade de 6 a 7 meses. Com o amadurecimento do fruto ocorre à formação do albúmen sólido e o volume do líquido diminui.

O mesocarpo constitui o material fibroso do fruto, que apresenta elevada elasticidade e resistência à umidade e a altas variações climáticas sendo formada de lignina e celulose de biodegradação lenta (VALE; SOARES; CASAGRANDE, 2007).

De acordo com a Pesquisadora Correa (2006), o processamento dos resíduos do coco geram três tipos de fibras, que são classificadas em: fibra branca longa, fibra marrom longa e fibra marrom curta. A fibra branca é extraída da casca do coco-verde com 8 a 10 meses de idade; é mais fina, mais longa e mais macia do que a fibra marrom, em conformidade com a Figura 3. A fibra marrom longa pode ser fina ou grossa. As fibras marrons são extraídas de cocos maduros com aproximadamente 12 meses de idade.



**Figura 3:** Imagem da fibra de coco da baía verde.

Fonte: Silva Paz (2016)

A Tabela 2 apresenta a composição química de algumas fibras naturais, dentre elas a composição da fibra do coco segundo Faruk *et al.*, (2012).

**Tabela 2:** Composição química de algumas fibras naturais.

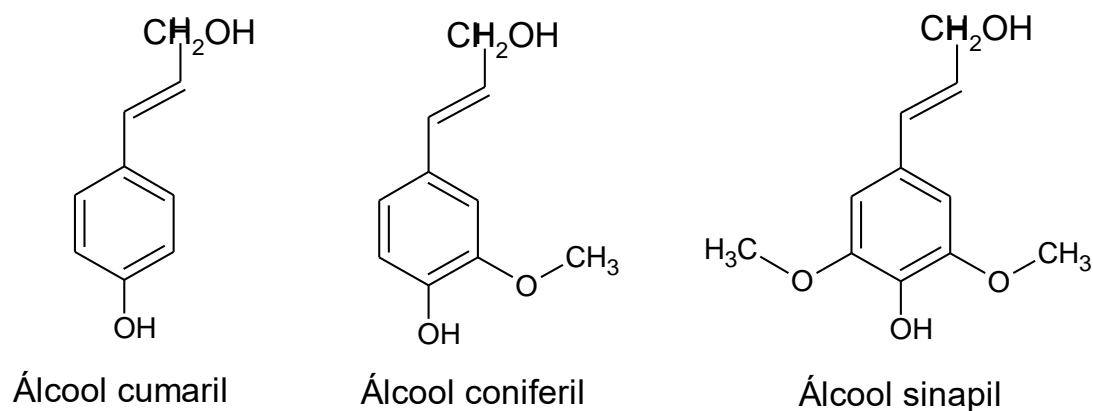
	Celulose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina (%)	Extrativos (%)
<b>Coco</b>	<b>32-43</b>	<b>0,15-0,25</b>	<b>40-45</b>	-
Linho	71	18,6-20,6	2,2	1,5
Cânhamo	68	15	10	0,8
Juta	61-71	14-20	12-13	0,5
Rami	68,6- 76,2	13-16	0,6-0,7	0,3
Sisal	65	12	9,9	2

Fonte: Adaptado de FARUK *et al.*,(2012).

A lignina é uma macromolécula aromática, altamente irregular em sua constituição amorfa, possui composição elementar carbono, hidrogênio e oxigênio. É um polímero complexo responsável pela formação da parede celular que tem alto peso molecular e como base estrutural unidades fenil - propano e provavelmente está ligada aos Polissacarídeos (polioses) da madeira. De acordo com Silveira (2009), a lignina apresenta um papel importante no transporte de água, nutrientes e metabólitos, sendo responsável pela resistência mecânica de vegetais, conforme Figura 4.



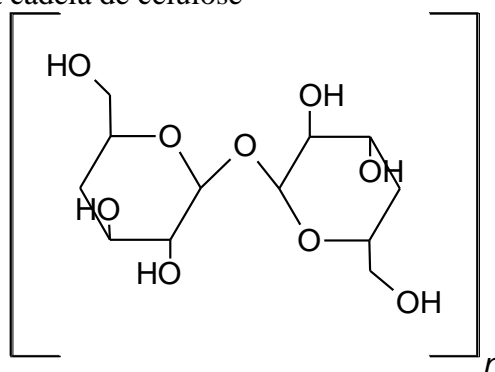
**Figura 4:** Principais componentes da lignina.



**Fonte:** adaptada de Mohan, T. *et al.*, (2006)

A Celulose é um polissacarídeo de característica fibrosa, localiza-se dentro das células das plantas. Apresenta fórmula molecular empírica  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$  de acordo com a Figura 5 (SUMMERSCALES, 2010).

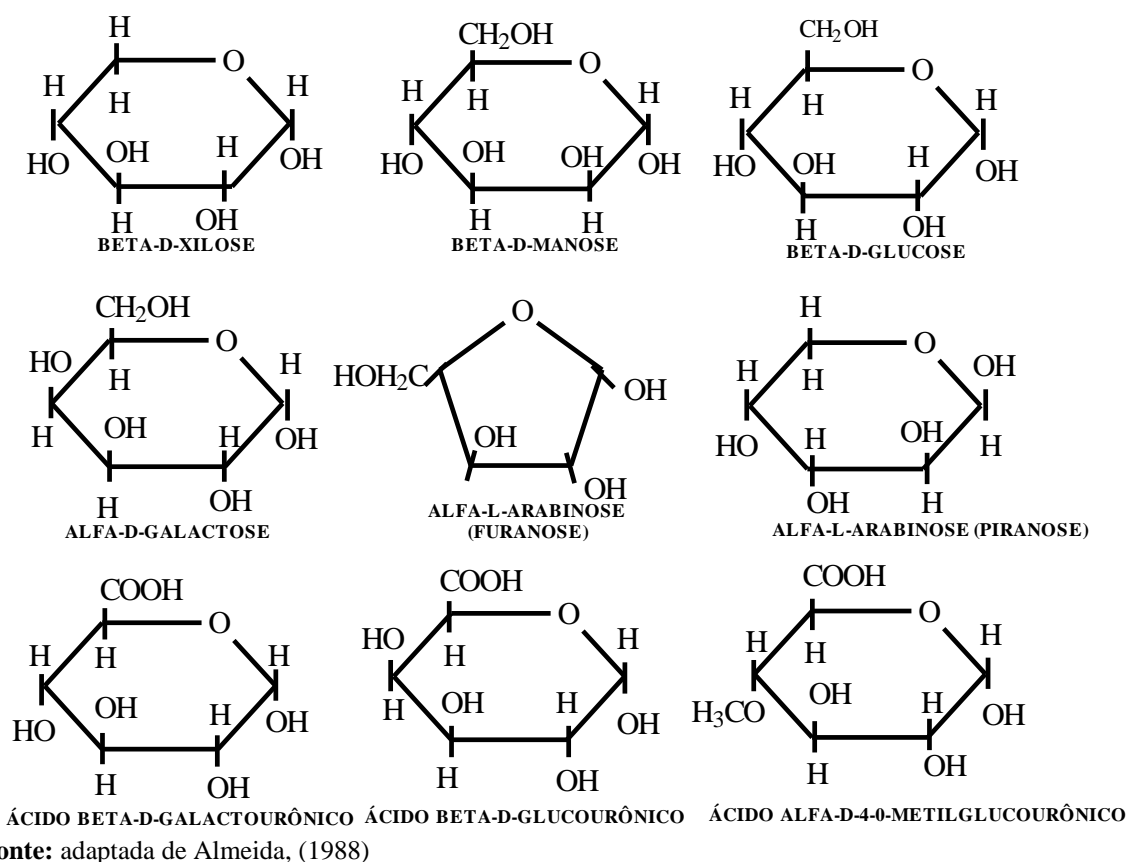
**Figura 5:** Estrutura de uma cadeia de celulose



**Fonte:** adaptada de Mohan, T. *et al.*, (2006)

A hemicelulose é constituída por polímeros de diferentes unidades de açúcares que formam cadeias ramificadas e curtas (SCHELLER e ULVSKOV, 2010).

De acordo com Sun *et al.*, (2014), a hemicelulose é responsável por cerca de 25 a 35% da composição da biomassa e apresenta inúmeras aplicações, desde bio-materiais (filmes, fibras, biocompósitos), produtos químicos como aditivos químicos à produtos farmacêuticos para tratamento de feridas. A Figura 6 mostra os monossacarídeos presentes na Hemicelulose.

**Figura 6:** Estruturas químicas das Hemiceluloses

### *Produção Mundial, Nacional e no Tocantins de Coco*

Em concordância com FOALE e HARRIES (2009), o coqueiro encontra-se em mais de 200 países diferentes, sendo encontrado em grandes plantios entre os paralelos 23°N e 23°S. Atualmente o plantio comercial do coqueiro existe em cerca de 90 países que possuem características favoráveis do tipo solo arenoso, intensa radiação solar, umidade e boa precipitação. Destes, 80% da área plantada situa-se na Ásia (FONTES; WANDERLEY, 2010). A Indonésia com uma área de plantio de 2.950.000 ha se destaca como o maior produtor mundial de coco (MARTINS e JESUS JÚNIOR, 2010), como mostra a Tabela 3.

**Tabela 3.** Produção e área colhida dos principais países produtores de coco, em 2012.

País	Área colhida (ha)	Produção (1.000 t)
Indonésia	3.000.000	18.000.000
Filipinas	3.573.806	15.862.386
Índia	2.132.240	10.560.000
<b>Brasil</b>	<b>257.742</b>	<b>2.888.532</b>
Mundo	12.114.141.37	60.048.837.15

Fonte: Organização de alimentos e de agricultura das Nações Unidas - FAO (2014) com adaptações.

Siqueira *et al.*,( 2002) e Aragão *et al.*, (2010) informam que a produção mundial sucede de pequenos produtores, com áreas de até 5 ha que somado compõe cerca de 90% da produção do mundo. No Brasil, se repete com cerca de 70% da exploração de coqueiro com propriedades de até 10 ha. A evolução tecnológica possibilita aos pequenos produtores o cultivo adequado ao passo que fortalece os agros ecossistemas frágeis.

O Brasil, a partir de 1990 apresenta uma crescente na produção, deixando de ocupar 10ª posição no *ranking* mundial, com uma produção ao redor dos 477 mil toneladas de coco para assumir a 4ª maior em 2008, com uma produção aproximada de 2,8 milhões de toneladas, em uma área colhida de 287 mil ha de coqueiros.

Quando comparado aos países da América do Sul, a produção brasileira é responsável por mais de 80% como indica a Tabela 4.

**Tabela 4.** Produção e área colhida dos principais países produtores de coco na América do Sul, em 2012.

País	Área colhida (ha)	Produção (1.000 t)
<b>Brasil</b>	<b>257.742</b>	<b>2.888.532</b>
Venezuela	19.000	165.000
Guiana	17.000	80.000
Colômbia	12.900	102.000
Equador	3.300	20.000
Peru	2.472	29.687
Suriname	550	4.000
Guiana Francesa	65	350
América do Sul	313.029	3.289.569

**Fonte:** Organização de alimentos e de agricultura das Nações Unidas- FAO (2014)

O avanço do limite agrícola com o cultivo de coqueiros do tipo Anão e híbridos pode ter sido o fator que contribuiu com esta posição de liderança dada ao país. O avanço tecnológico associado aos quesitos como adubação, sistemas intensivos de cultivos, variedades melhoradas, entre outros também possui sua parcela de contribuição.

Silveira (2008) informa que, os primeiros relatos da existência do coqueiro no Brasil estão no “Tratado Descritivo do Brasil” feito por Gabriel Soares em 1587, que descreveu que estas palmeiras se adaptaram bem na Bahia, produzindo fruto em cinco e seis anos, melhor que na Índia que dariam frutos em 20 anos.

O coqueiro gigante foi introduzido pela primeira vez no Brasil em 1553, no Estado da Bahia, sendo procedente das ilhas de Cabo Verde. A origem remota desse material seria a Índia ou Sri Lanka, de onde cocos teriam sido introduzidos em Moçambique (MARTINS E JESUS JÚNIOR, 2010). Nos Quadros 1 e 2 estão um resumo das datas de importação dos coqueiros gigante e anão nos estados brasileiros desde o século XV, período que ocorreu as primeiras importações do fruto com intuito de plantio e comercialização (MARTINS *et al*, 2011).

**Quadro 1.** Introdução do cultivo de coqueiros gigante nos estados brasileiros por meio de importação

Ano	Ecotipo	Origem	Procedência	Importador	Local de Plantio
1553	Gigante	Índia ou Sri Lanka	Ilhas do Cabo verde	Portugueses	Bahia
1939	Cabloco	Kuala Lampor	Malásia	Paulo Burte e Carlos Browne	Cabo Frio- RJ
1978	Gigante Oeste africano	Sudeste asiático	Costa Marfim	CEPLAC	Uma-BA
1981	Gigante Oeste africano	Sudeste asiático	Costa Marfim	Sococo	Mojú-PA
1983	Gigante Oeste africano da Malásia, da Polinésia, dentre outros.	Sudeste Asiático, Malásia, Taiti, Fiji, Tonga	Costa Marfim	Embrapa	Neópolis- SE

Fonte: Martins *et al*, (2011)

O coco anão foi introduzido no Brasil bem mais tarde que o coco gigante, os dados mostram que somente no século XIX foi feita as primeiras importações fruto Martins *et al*, (2011).

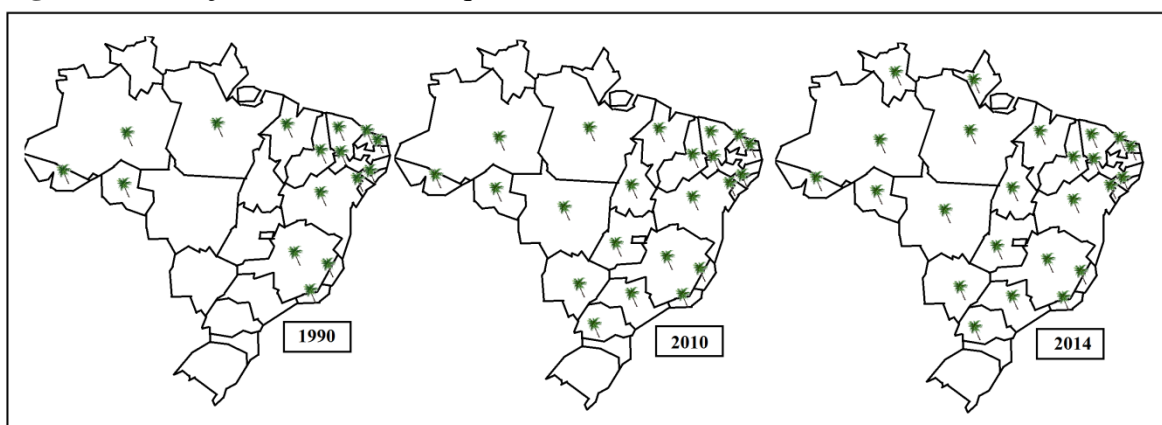
**Quadro 2:** Introdução do cultivo de coqueiros anão nos estados brasileiros por meio de importação.

Ano	Ecotipo	Origem	Procedência	Importador	Local De Plantio
1925	Anão verde	Desconhecida	Índia	Ministério da Agricultura	RJ, BA e PE
1938	Anão amarelo	Malásia	Malásia	Paulo Burle e Carlos Browne	Araruama, Cabo Frio - RJ
1939	Anão vermelho e anão verde	Malásia	Malásia	Paulo Burle e Carlos Browne	Araruama, Cabo Frio - RJ
1978	Anão amarelo e anão vermelho	Malásia e Camarões	Costa do marfim	CEPLAC	Ilhéus - BA
19891	Anão amarelo	Malásia	Costa do Marfim	Sococo	Mojú - PA
1982	Anão amarelo e anão vermelho	Malásia e Camarões	Costa do Marfim	EMBRAPA	Sergipe

Fonte: Martins *et al.*, (2011)

No Brasil, o cultivo do coco proveniente da Ilha de Cabo Verde se deu em meados de 1953, no estado da Bahia, o que justifica a denominação coco da baía (ARAGÃO *et al.*, 2010). A partir da Bahia, a cultura do coqueiro difundiu-se pela maior parte do litoral nordestino, principalmente por ser uma frutífera típica de clima tropical onde encontrou condições adequadas para cultivo. Apesar de em 1990 o cultivo de coqueiro se limitar às regiões Norte e Nordeste, atualmente, pode-se observar que o cultivo de coqueiros ocorre em quase todas as unidades da federação brasileira segundo Figura 7.

**Figura 7:** Avanço do Cultivo de coqueiros nos estados brasileiros em 1990, 2010 e 2014.



Fonte: Martins e Jesus Júnior (2010) e (2014)

O Brasil possui cerca de 280 mil hectares plantados com coqueiro, com uma produção equivalente a dois bilhões de frutos (FAO, 2011). Constata-se que desde 1990,

ocorre a interiorização do cultivo no País e uma ampliação acelerada da espécie, conforme observado na Figura 7.

A produção de coco foi bastante estimulada e desenvolvida em várias regiões do país, as maiores plantações e produções se agrupam na faixa litorânea do Nordeste e parte da região Norte do Brasil, sendo que a maior área contínua de cultivo do mundo se encontra no meio da Floresta Amazônica, no Pará. As duas regiões constitui cerca de 70% da produção do coco brasileiro conforme Tabela 5.

**Tabela 5:** Área plantada e produção de frutos do coco nas regiões do Brasil

<b>Regiões do Brasil</b>	<b>Área plantada (ha)</b>	<b>Produção (mil frutos)</b>
Nordeste	<b>208.977</b>	<b>1.345.962</b>
Norte	<b>27.314</b>	<b>252.406</b>
Sudeste	20.471	315.714
Centro Oeste	2.752	37.190
Sul	223	3.082
Total	259.737	1.954.354

Fonte: IBGE (2014)

A produção de coco no Brasil encontra-se em expansão. Marinho *et al.*,(2006) e Fontes (2010), destacam o nordeste em termos de produtividade, como a maior participação em área de plantio de coco, o que vai de encontro ao rendimento da cultura decorrência da variedade de coco cultivada, o coqueiro Gigante. Além do modo de cultivo semi-extrativista destinado à produção de coco seco, outro fator interferente é a tecnologia empregada. As demais regiões são predominantes o cultivo de coco anão e ou híbridos (resultado do cruzamento do Anão com Gigante, com dupla finalidade comercial) para a produção de água (coco verde). Dentre as variedades cultivadas no País estão a do coqueiro Gigante, Anão e o híbrido.

O coqueiro gigante, variedade Typicar Nar, é uma variedade rústica, de crescimento rápido e fase vegetativa longa, iniciando o florescimento entre 5 a 7 anos. No Brasil, é muito empregado *in natura* para uso culinário (na produção de doces, bolos etc.), bem como na agroindústria de alimentos para leite de coco, farinha de coco, entre outros. Enquanto que o coqueiro Anão constitui-se na variedade de coqueiro mais utilizada comercialmente no Brasil, a variedade Anã apresenta desenvolvimento vegetativo lento, é precoce, iniciando a produção em média com dois a três anos após o plantio. Os frutos do coqueiro Anão destinados ao consumo *in natura* de água de coco devem ser colhidos,



principalmente, entre o sexto e o sétimo mês, após a abertura natural da inflorescência, independentemente da cultivar considerada (MARTINS e JESUS JÚNIOR 2014).

O coqueiro híbrido originado do cruzamento entre um coqueiro Gigante e um coqueiro Anão que pode ser obtido tanto natural (realizado principalmente por abelhas) quanto artificialmente. Rodrigues *et al.*, (2016), conceitua o processo de hibridação consiste no cruzamento de indivíduos ou grupos geneticamente distintos, podendo envolver cruzamentos dentro de uma única espécie ou cruzamentos entre espécies distintas (hibridação interespecífica). A Tabela 6 apresenta as variedades do coqueiro plantado no Brasil.

**Tabela 6.** Variedades do coqueiro

Características	Variedades de Coqueiros		
	Anão	Híbrido	Gigante
floração (ano)	2 a 3	3 a 4	5 a 7
Vida útil	30 a 40	50 a 60	60 a 80
Tamanho do fruto	Pequeno	Médio	Grande
Porte da árvore (m)	8 a 10	20	35
Produção (frutos/planta/ano)	150 a 200	130 a 150	60 a 80
Produtividade (frutos/ha)	30 a 40 mil	20 a 24 mil	8 a 12 mil
Massa ( peso) do fruto (g)	900	1200	1400
Massa (peso) da noz (g)	550	700	800
Massa ( peso) do albúmen sólido (g)	250	400	350

**Fonte:** Aragão *et al.*, (2010)

O Tocantins estado mais novo da federação detêm regiões que são favoráveis como boas condições climáticas e solo adequado para o cultivo e produção do coco da baía. Entre os municípios, encontram-se como maiores produtores Porto nacional, Araguaína, Wanderlândia, Filadélfia, Monte do Carmo sendo este último, possui a maior área colhida no estado. O Estado exporta frutos para Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Minas Gerais e São Paulo.

Na Tabela 7 é possível perceber que, ao longo dos anos, as cidades do Tocantins produtoras de coco verde apresentam uma constância no plantio do coco verde destinado ao consumo da água de coco.

**Tabela 7:** Área Colhida da cultura de coco da baía.

Área colhida no estado do Tocantins em hectares					
Municípios	Anos				
	2010	2012	2013	2014	2015
Palmas	-	30	23	-	-
Araguaína	85	120	120	118	123
Porto Nacional	107	115	100	100	-
Monte do Carmo	220	250	150	150	-
Wanderlândia	130	130	130	129	130
Filadélfia	20	20	20	21	21
Babaçulândia	4	4	4	5	8

**Fonte:** IBGE Produção Agrícola Municipal – lavoura permanente.

Com o crescimento da produção, a variedade nas espécies também aumenta, como o coqueiro anão e híbrido, destinados à produção de coco verde (água de coco), os quais são naturalmente mais produtivos que o coqueiro Gigante destinado à produção de coco seco. Segundo dados do levantamento sistemático da produção agrícola- LSPA estima-se que a produção do coco da baía (mil frutos) no estado do Tocantins seja de 8.662, o que caracteriza um aumento em cerca de 80%, quando comparado ao ano de 2015 que foi de 4.711.

Na Tabela 8 é possível observar a produção de coco da baía no estado do Tocantins referente aos anos de 2010 a 2015.

**Tabela 8-** Unidades de Coco da baía nos últimos anos

Produção do Coco da baía no estado do Tocantins em unidades					
Municípios	Anos				
	2010	2012	2013	2014	2015
Palmas	-	300	230	-	-
Araguaína	1.275	1.800	1.748	1.805	1.882
Porto Nacional	2.140	2.200	1.500	2.000	-
Monte do Carmo	4.400	4.400	2.250	3.000	-
Wanderlândia	1.300	1.430	1.382	1.393	1.390
Filadélfia	230	232	216	229	231
Babaçulândia	40	40	43	55	88

**Fonte:** IBGE Produção Agrícola Municipal – lavoura permanente.

#### ***Aproveitamento de Resíduos da Produção do Coco***

Coelho *et al.*, (2001) informam que os resíduos sólidos orgânicos são materiais ricos em fibras, que servem como fonte de proteínas, enzimas e óleos essenciais, passíveis de recuperação e aproveitamento.

No Brasil, a lei nº 594, de 24 de dezembro de 1948 concede incentivos ao uso da fibra de coco. Qualquer empresa legalmente constituída para a exploração industrial da fibra, com o aproveitamento da matéria prima nacional, possui isenção de imposto de importação e taxas aduaneiras. Ao gozarem dos benefícios, as empresas estarão obrigadas a submeter previamente a exame e aprovação do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio todos os planos, permitir as visitas de alunos de determinados cursos, quando acompanhados de professores e não acarretarem perturbações do serviço entre outras obrigações. A isenção dos direitos de importação somente será concedida quando os maquinismos e materiais destinados à fábrica não tiverem similares no país, nos termos da legislação vigente. A falta de cumprimento de qualquer das obrigações assumidas pela empresa, será punida com a multa, a juízo do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio sendo dever operar sempre o aproveitamento de matéria prima nacional.

Senhoras (2004) informa que os resíduos proveniente da produção do coco podem ser aproveitados na indústria de tintas, na indústria automobilística (confeção de estofamentos de automóveis), fabricação de capachos para utilização em portas de residências ou condomínios, indústria da construção civil como carga para preparação de alguns tipos de cimento, na produção de briquetes para geração de energia.

Cabral (2015) buscou avaliar o potencial da casca de coco verde como matéria-prima na produção de etanol de segunda geração. Satiro *et al.*, (2012), também estudaram a possibilidade de usar a fibra da casca do coco verde como matéria-prima para a obtenção de etanol lignocelulósico, através da deslignificação das fibras e obtenção de açúcares fermentáveis.

De acordo com Pereira (2012) a fibra de coco pode ser empregada na construção civil sob a forma pranchas pré-moldadas ou na utilização de fibrocimento devido a sua resistência e durabilidade.

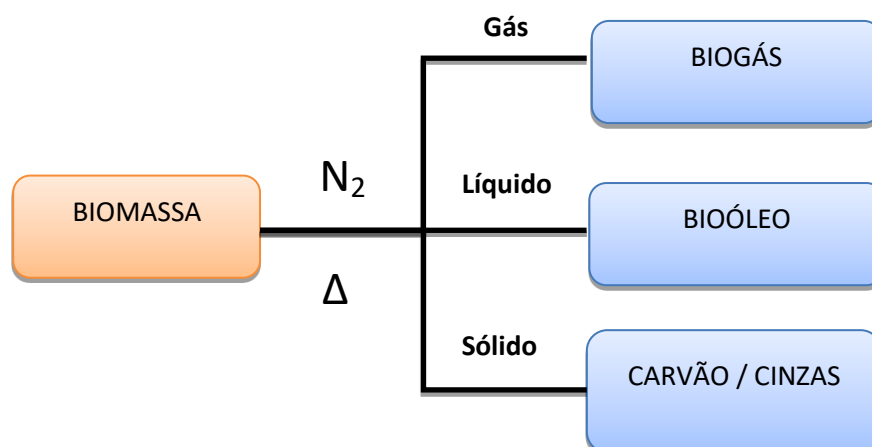
Para Mattos *et al.*, (2011), a fibra de coco pode ser empregada em diversas finalidades como estofamento de veículos, colchões, tecidos, manta geotexteis, substrato agrícola, dentre outros.

Segundo Silva (2008), o endocarpo *in natura* pode ser comercializado para a produção de carvão ativado e ou combustível, dado o seu poder calorífico. Atualmente, este material vem sendo utilizado no revestimento de paredes e móveis na forma de pastilhas, e outros produtos ligados a atividades artesanais.

### ***Pirólise***

A pirólise pode ser definida como a degradação térmica do material orgânico na ausência parcial ou total de um agente oxidante, ou mesmo num ambiente com uma concentração de oxigênio capaz de impedir a gaseificação intensiva do material orgânico. A pirólise ocorre, a partir de a uma temperatura, de 400 ° C, até ao início do sistema de gaseificação (PEDROZA *et al.*, 2010, PEDROZA, 2011). A Figura 8 apresenta o diagrama do processo de pirólise.

**Figura 8:** Pirólise de biomassa e seus produtos



Fonte: Cortez *et al* (2006)

No processo de pirólise ocorre a ruptura de ligações carbono-carbono e a formação de ligações carbono-oxigênio. Trata-se portanto, de um processo de oxidação e redução no qual uma parte da biomassa é reduzida a carbono, enquanto a outra é oxidada e hidrolisada, originando compostos fenólicos, carboidratos, álcoois, aldeídos, cetonas e ácidos carboxílicos (GOMÉZ, 2011).

Para Santos (2011), o processo de pirólise ocorre da degradação da biomassa por meio do aquecimento, formando o carvão, bio-óleo e gás pirolítico, sendo que as condições do reator são fatores determinantes no processo de rendimento dos produtos gerados. O bio-óleo obtido durante o processo apresenta alto poder calorífico e ausência de compostos de enxofre, o que aponta sua aplicação como combustível.

Os processos de pirólise conhecidos são três: Pirólise lenta, Pirólise rápida e Ultrarrápida ou flash. Sánchez e Campo (2003) informam que diferença entre a pirólise lenta e a rápida é que na primeira a produção de carvão vegetal é maximizada em detrimento dos produtos líquidos e gasosos enquanto que na segunda objetiva-se a obtenção de gases e líquidos.

O processo pirolítico flash tratado como um processo independente dos demais, apesar de ser uma conversão térmica, ocorre em altas temperaturas (850 – 900°C). Possui como características longos tempos de residência, elevadas taxas de aquecimento e biomassa com baixa granulometria (GOMÉZ, 2011). A Tabela 9 mostra dados experimentais obtidos durante a degradação térmica da madeira nas principais variantes de processo.

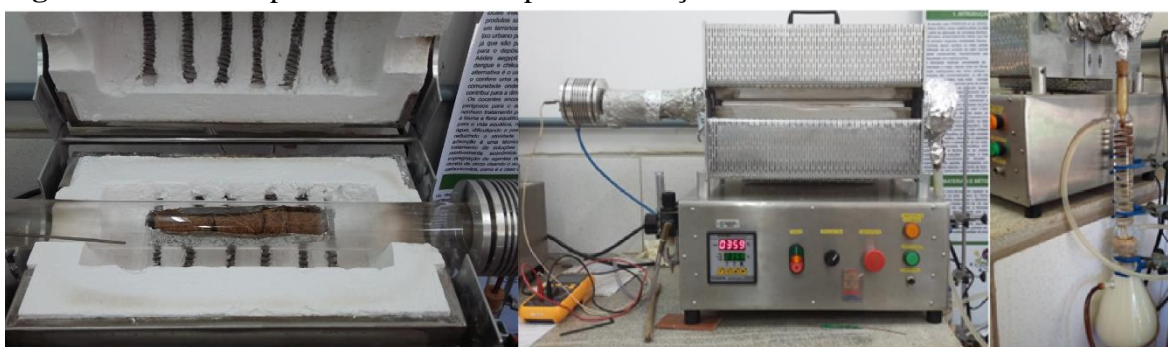
**Tabela 9:** Rendimentos obtidos em diversos tipos de pirólise de madeira

<b>Processo</b>	<b>Condições Operacionais</b>	<b>Líquido (%)</b>	<b>Sólido (%)</b>	<b>Gás (%)</b>
Pirólise lenta	Temperatura baixa, em torno de 400° C Tempo de residência – horas/ dias	30	35	35
Pirólise de gaseificação	Temperatura elevada, em torno de 800° C Tempo de residência dos vapores longos	5	10	85
Pirólise rápida	Temperatura moderada, em torno de 500° C Tempo de residência dos vapores abaixo, em torno de 1 segundo.	75	12	13
Pirólise intermediária	Temperatura moderada, em torno de 500° C Tempo de residência dos vapores moderado, em torno de 10 a 20 segundos.	50	20	30

**Fonte:** Bridgwater (2006) *apud* Dal Molin, Daniela (2015)

O principal equipamento de uma usina de pirólise é o reator. Sendo os dois tipos principais o reator leito fixo e o de leito fluidizado (ZHANG *et al.*, 2012). O reator de leito fixo é constituído por estruturas tubulares de aço inox ou quarto, onde o gás de arraste atravessa o compartimento da biomassa empurrando os produtos gasosos e líquidos (biogás e bio-óleo) para fora do sistema enquanto que os produtos sólidos (carvão e cinzas) permanecem estacionários. A Figura 9 apresenta um reator de leito fixo em um processo de pirólise de briquete de fibra de coco da baía.

**Figura 9:** Reator de pirólise leito fixo bipartido de aço inox



Fonte: Silva Paz (2016)

### ***Experiências da Pirólise de Fibra de Coco***

Yang *et al.*, (2010) utilizaram cascas de coco para preparar carvão ativado utilizando agentes tais como vapor, CO<sub>2</sub> e uma mistura de vapor – CO<sub>2</sub> com aquecimento por microondas, de modo a comparar a estrutura porosa e rendimento do carvão ativado. A carbonização foi realizada a 1000 °C, com taxa de aquecimento de 10 °C/min durante 2 horas, em atmosfera de nitrogênio (100 mL/min). Segundo os autores, os resultados experimentais mostraram que a área de superfície determinada, pela técnica BET, independente do agente de ativação, resultando em área de superficial de 2000 m<sup>2</sup>/g. O tempo de ativação utilizando o aquecimento por microondas é muito mais curto quando comparado com os métodos convencionais de aquecimento. Os dados da pesquisa mostram que o carvão ativado preparado usando ativação com CO<sub>2</sub> teve a maior área superficial, no entanto o tempo de ativação foi de aproximadamente 2,5 vezes maior do que a ativação utilizando vapor ou mistura de vapor - CO<sub>2</sub>. Foi observado também que a estrutura química do carvão ativado examinada, por espectros infra-vermelho, não mostrou qualquer variação na superfície dos grupos funcionais do carbono ativado que foi preparado utilizando diferentes agentes de ativação.



Com o surgimento de uma variedade de poluentes industriais e a crescente preocupação com as questões ambientais, têm-se investigado novos métodos de tratamento e desenvolvimento de materiais capazes de minimizar os impactos ambientais. Cazetta *et al.*, (2011), realizaram uma pesquisa objetivando a produção de carvão ativado a partir de casca de coco com impregnação de NaOH nas razões NaOH/Carvão (m/m) iguais a 1:1; 2:1 e 3:1. Verificou-se que os carvões ativados produzidos são essencialmente microporosos e que a área superficial era da ordem de  $783 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$  para a razão NaOH/Carvão 1:1, de  $1842 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$  para a razão 2:1 e  $2825 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$  para o carvão 3:1. O equilíbrio de adsorção e cinética do azul de metileno para o carvão de razão NaOH/Carvão de 3:1 foi realizado. Os dados experimentais foram ajustados aos quatro modelos de isothermas (Langmuir, Freundlich, Toth e Redlich-Peterson), e foi observado que o modelo de Langmuir apresentou o melhor ajuste, mostrando máximo a capacidade de adsorção em monocamada de  $916 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ . Os estudos cinéticos demonstraram que os dados experimentais seguem o modelo pseudo-segunda ordem. O mecanismo do processo de adsorção foi descrito a partir do modelo de difusão intrapartícula. Esse tipo de carvão tem uma elevada área superficial e mostrou-se um adsorvente eficiente para a remoção do corante a partir de soluções aquosas. Os resultados deste estudo mostraram que o carvão com razão 3:1 apresentou boa evolução e alta superfície. Devido às suas características químicas e texturais, o carvão ativado de casca de coco obtida neste trabalho é potencial para o tratamento de água e efluentes para a remoção de alguns poluentes orgânicos.

Anirudhan e Sreekumari (2011) investigaram o carvão ativado obtido dos resíduos de coco como um adsorvente adequado para a remoção de íons de metais pesados tais como Pb(II), Hg(II) e Cu(II) de efluentes industriais. As soluções de metal de várias concentrações no intervalo de 10 a 300 mg/L foram preparadas adicionando água destilada, a partir de uma solução estoque de 1000 mg/L. Os experimentos de adsorção foram realizados em Erlenmeyer de 100mL a 30°C e 200 rpm. As soluções foram centrifugadas e as concentrações de íons metais investigados pelo método do espectro de absorção atômica- AAS. A absorção de íons metálicos foi calculada com a abordagem nas suas concentrações iniciais e finais. Concluiu-se que o carvão ativado pode ser utilizado como adsorvente para a remoção de íons Pb(II), Hg(II) e Cu(II) em efluentes industriais sendo potencialmente de baixo custo. Ensaio de adsorção de lote mostrou que o grau de adsorção de metal era dependente da concentração do metal, tempo de contato, pH, dose de carbono e força iônica. Observou-se que a máxima remoção dos íons metálicos no pH 6.0 para Pb(II) e Cu(II) e pH 7.0 para Hg(II). A cinética de adsorção é rápido nos primeiros 30 min e o equilíbrio foi alcançado em 3 h. A adsorção segue

uma cinética de pseudo segunda ordem. Os modelos de adsorção de Langmuir e Freundlich foram usados para representar os dados experimentais e dados de equilíbrio. A capacidade de adsorção de monocamada encontrada foi de 92,72 mg/g para Pb(II), para Hg(II) de 78,84 mg/g e 73,60 mg/g de Cu(II) a 30° C. A capacidade de adsorção de carvão ativado encontrada, foi relativamente elevado em comparação com alguns outros adsorventes relatados na literatura. A utilidade do adsorvente foi testada usando amostras de efluentes industriais.

Njoku *et al.*, (2014) realizaram uma pesquisa científica sobre o carbono ativado produzido a partir do coco para a remoção do pesticida carbofurano. A fibra do coco foi quimicamente modificada por H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> com uma razão de impregnação de 1: 1 e depois ativado a 500 °C durante 2 h. O carvão ativado produzido foi caracterizado por medição da área de superfície, espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier e microscopia eletrônica de varredura. O material tinha uma área de superfície BET de 483 m<sup>2</sup>/g e um volume de poro cumulativo de 0,21 cm<sup>3</sup>/g. Mais de 80% de solução de carbofurano a 250 mg/L foi adsorvido em 4 h a 30 °C e a adsorção não era dependente do pH devido à natureza não-iônico do pesticida. A cinética de adsorção foi melhor representada pelo modelo de pseudo-segunda ordem. Os dados de equilíbrio de adsorção foram melhor representados pelo modelo de Freundlich não-linear. Os parâmetros termodinâmicos obtidos mostraram que a adsorção foi espontânea e endotérmica. Os mecanismos de adsorção foram analisados usando difusão intraparticular e modelo cinético de Boyd, e difusão do filme foi confirmada como o controle do processo. Os pesquisadores concluíram que o carvão ativado empregado é um adsorvente eficiente para a remoção do pesticida não iônico, como o carbofurano em solução aquosa.

Mohamed *et al.*, (2015) estudaram a produção de carvão ativado por meio de hidróxido de potássio e tratado quimicamente com amônia, a partir de fibras da casca de coco. A finalidade do carvão foi adsorver componentes orgânicos voláteis agressivos ao meio ambiente, como o benzeno e o tolueno. A casca foi lavada com água destilada e foi seca a 105 °C durante 48 horas. Foram feitos ensaios para determinação de umidade, conteúdo volátil, carbono fixo e cinzas. Analisou-se também a composição das amostras e constatou-se que a casca do coco possui alta composição de carbono, se tornando um bom precursor para a síntese de carvão ativado. O precursor foi submetido a um processo de carbonização a uma temperatura de pirólise (600 – 700 °C) em um reator de leito fixo em atmosfera de N<sub>2</sub> (150 mL/min), a uma taxa de aquecimento de 10 °C/min. Os efeitos da variação da temperatura e tempo de residência foram estudados nessa pesquisa. O melhor rendimento de 32% foi obtido

a 700 °C por 2 horas. O carvão resultante foi impregnado com hidróxido de potássio com uma relação de impregnação de 1,5:1 g/g (proporção em massa). O material foi misturado de forma adequada e secou-se em estufa durante 24 h a 105 °C antes de ser carregada no reactor de vidro dentro de um forno de microondas. A mistura foi ativada por tratamento térmico, sob uma corrente de CO<sub>2</sub> de 150 mL/min e tempo de residência de 4 min. O carvão activado com hidróxido de potássio foi modificado por tratamento de amoníaco para se melhorar as propriedades hidrofóbicas do material. O tratamento com amônia causou a introdução de um significativo número de grupos superficiais de nitrogênio sobre a superfície do carbono, deslocando os grupos funcionais a base de oxigênio. O efeito positivo da ativação com potássio e tratamento com amônia ficou evidente a partir da maior eficiência na adsorção de benzeno e tolueno. Foi detectada uma remoção superior do tolueno, pelo fato de ele ser mais volátil e tender a aderir mais à superfície do adsorvente. O aumento da característica hidrofóbica foi em torno de 10%. Os resultados experimentais foram melhores descritos através do modelo de isoterma de Langmuir, indicando que o processo de adsorção foi em grande parte sobre a superfície da monocamada.

Tan *et al.*, (2014) utilizaram carvão ativado de casca de coco comercial impregnado com NaOH para investigar a eficiência de material na adsorção de CO<sub>2</sub> numa coluna de leito fixo. Os parâmetros de modificação investigados, foram a concentração de NaOH (24 e 48%) e tempo de residência (1 e 4 h). Os resultados mostraram que uma concentração de NaOH a 32% com um tempo de 3 h possuía uma melhor capacidade de adsorção de CO<sub>2</sub>. O carvão ativado modificado foi caracterizado por adsorção de nitrogênio, microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier. Os efeitos da concentração de CO<sub>2</sub> (%) na alimentação, a temperatura de adsorção, a taxa de fluxo de alimentação e a quantidade de adsorvente na coluna foram investigadas nos ensaios de adsorção. A capacidade máxima de adsorção de CO<sub>2</sub> no presente estudo foi de 27,10 mg/g a 35 °C. Este estudo também sugere que carvão ativado NaOH-modificado é um bom adsorvente do gás investigado.

### **Considerações Finais**

Com este estudo verificou-se que o Brasil é líder na América latina no cultivo de coqueiro. A produção do coco é distribuída, praticamente, em quase todo o território nacional. O destino correto dos resíduos gerados pela indústria do coco *in natura* surge como um aliado

a preservação do meio ambiente ao incremento da atividade econômica, trazendo benefícios à sociedade de modo geral.

Pela análise de alguns estudos da literatura, fica evidenciado o potencial da utilização dos resíduos do coco da baía através do processo de pirólise para obtenção de carvão, bio-óleo e biogás em um processo de geração de energia. Observa-se ainda que do ponto de vista ambiental, esta é uma alternativa interessante, uma vez que reduz a quantidade de resíduos sólidos urbanos de difícil decomposição em parques, locais turísticos entre outros, o que permitiu minimizar problemas referentes à saúde pública.

Pôde-se observar ainda que os líquidos provenientes de processo de conversão termoquímica de resíduos do coco poderão ter destaque na matriz energética no futuro, devido a seu alto valor calorífico assim como, o carvão surge como uma alternativa em um processo de tratamento de águas e efluentes.

Verifica-se, portanto que a pirólise se mostra com uma alternativa de produção de energia renovável e de agregação de valor a biomassas residuais advindas principalmente da agricultura.

## Referências

ALMEIDA, M. L. O. d'. Composição química dos materiais lignocelulósicos. In: **Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica**. São Paulo: Instituto de Pesquisas do Estado de São Paulo, v. 1, p. 46-115, 1988.

ARAGÃO, W. M.; CRUZ, E.M. O.; HELVÉCIO, J. S. **Caracterização morfológica do fruto e química da água de coco em cultivares de coqueiro anão**. Embrapa. Aracaju, 2002.

ANIRUDHAN, T. S.; SREEKUMARI, S. S. Adsorptive removal of heavy metal ions from industrial effluents using activated carbon derived from waste coconut buttons. **Journal of Environmental Sciences**, v. 23, n. 12, p. 1989-1998, 2011.

CABRAL, Mirelle Márcio Santos *et al.* **Aproveitamento da casca do coco verde para a produção de etanol de segunda geração**. 2015.

CAZETTA, André L. *et al.* NaOH-activated carbon of high surface area produced from coconut shell: Kinetics and equilibrium studies from the methylene blue adsorption. **Chemical Engineering Journal**, v. 174, n. 1, p. 117-125, 2011.

COELHO, MARIA ALICE ZARUR *et al.* Aproveitamento de resíduos agroindustriais: produção de enzimas a partir da casca de coco verde. **Boletim Ceppa**, v. 19, n. 01, p. 33-42, 2001.

DAL MOLIN, Daniela. **Caracterização de bio-óleos obtidos por pirólise rápida de serragem de lignocel e de bagaço da cana-de-açúcar e avaliação da influência do uso do**

**catalisador nos produtos obtidos pela pirólise catalítica do bagaço da cana-de-açúcar empregando a GCxGC/TOFMS**, 2015. 277 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2015.

FAO 2011. **World Production**. Disponível em: <[www.faostat.org.br](http://www.faostat.org.br)>. Acesso em: 20 de setembro de 2016.

FOALE, M.; HARRIES, H. Farm and forestry production and marketing profile for coconut (Cocos nucifera). **Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry. Holualoa-Hawai. PAR (Permanent Agriculture Resources)**, 2009.

FOALE, M.; HARRIES, H. Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Coconut (Cocos nucifera). In: ELEVITCH, C. R. (Ed.). **Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry**, Holualoa, Hawai'i: Permanent Agriculture Resources (PAR), 2009. Disponível em: <<http://agroforestry.net/scps>>. Acesso em: janeiro de 2016

FONTES, H. R.; FERREIRA, J.M.S.; SIQUEIRA, L.A. **Sistema de produção para a cultura do coqueiro: Sistema de produção 01**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, 2002. Disponível em: <http://www.cpctc.embrapa.br>. acessado em abril de 2016.

FONTES, H. R.; WANDERLEY, M. **Situação atual e perspectivas para a cultura do coqueiro no Brasil**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documento 94, 16p. Aracaju, 2006.

FONTENELE, Raimundo Eduardo Silveira; **AGROINDUSTRIAIS, Cadeias. Cultura do Coco no Brasil: Caracterização do Mercado Atual e Perspectivas Futuras**. In: CONGRESSO DA SOBER. 2005. p. 20-23.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª Edição. São Paulo Editora Atlas, 2002.

GOMÉZ *et al.*, Pirólise rápida de materiais lignocelulósicos para obtenção de bioóleo. In: CORTEZ, L.A.B; LORA, E.E.S; GOMEZ, E.O.(org). **Biomassa para energia**. Campinas. São Paulo. Editora Unicamp, 2011.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisa>>. Acessado em 20 de outubro 2016.

MATTOS, A. L. A.; ROSA, M. F.; CRISÓSTOMO, L. A.; BEZERRA, F. C.; CORREIA, D.; VERAS, L. G. C. **Beneficiamento da casca do coco verde**. Embrapa-Agroindústria Tropical, 2011.

MATTOS, Adriano Lincoln Albuquerque et al. Beneficiamento da casca de coco verde. **Agroindustria Tropical**, 2013.

MARINHO, J. L. M.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. et al. **Cultivo do coco “Anão Verde” irrigado com águas salinas**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v. 41, p. 1277-1284, 2006.

MARTINS, C. R.; JESUS Jr. L. A. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional**. Documentos 164. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, 2011.

MARTINS, C. R.; JESUS Jr. L. A. **Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio Internacional**. Documentos 184. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, 2014.

MOHAN, D.; PITTMAN, C. U.; STEELE, P. H., Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical Review; **Energy & Fuels**, V. 20, P.848-889, 2006.

MOHAMMED, Jibril *et al.* Adsorption of benzene and toluene onto KOH activated coconut shell based carbon treated with NH<sub>3</sub>. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 102, p. 245-255, 2015.

NJOKU, V. O. *et al.* Preparation of mesoporous activated carbon from coconut frond for the adsorption of carbofuran insecticide. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 110, p. 172-180, 2014.

PEDROZA, M. M. **Bio-óleo e Biogás da degradação termoquímica de lodo de esgoto doméstico em cilindro rotativo**. Tese de Doutorado, Universidade do Rio Grande do Norte, 210 p, 2011.

PEDROZA, M. M., VIEIRA, G. E. G., SOUSA, J. F., PICKLER, A. C., LEAL, E. R. M., MILHOMEN, C. C. Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. **Revista Liberato**, 11, p.147-157, dez. 2010.

PEREIRA, Camila Lúcio. **Aproveitamento do resíduo do coco verde para produção de compósitos destinados à construção rural**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2012.

RODRIGUES, Rômulo Batista *et al.* Tempo de indução e recuperação à anestesia da benzocaína para patinga (*Piaractus mesopotamicus* x *Piaractus brachyomus*). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 10, n. 3, p. 364-373, 2016.

SANTOS, K. G. **Aspectos fundamentais da pirólise de biomassa em leito de jorro: fluidodinâmica e cinética do processo**. 2011. 261 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, MG, 2011.

SATIRO, J. R.; BARROS, P. H. S.; BRANDAO, M. C. **Estudo potencial da casca de coco verde para obtenção de etanol lignocelulósico**. Anais do Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, Palmas, 2012.

SHELLER, H. V.; ULVSKOV, P. Hemicelluloses. **Annual Review of Plant Biology**. V. 61, p. 263-289, 2010.

SENHORAS, E. M. Oportunidades da Cadeia Agroindustrial do Coco Verde: do coco verde nada se perde, tudo se desfruta. **Revista Urutágua**, Maringá, n.5, 2004.

SILVA, M. B.; MOAIS, A. S. **Avaliação Energética do Bagaço de cana em Diferentes níveis de umidade e graus de Compactação**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2008.



SILVA, Luiz Cláudio Ferreira da. **Utilização de Resíduo Lignocelulósico na obtenção de Chapa de Madeira Aglomerada Homogênea e Compósito Reforçado com Fibra de Vidro-E.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Tese de Doutorado. Natal, 2008

SILVEIRA, MONICA SILVA. **Aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquete em Salvador-BA.** 2008. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Bahia. disponível em <[www.cobeqic2009.feq.ufu.br](http://www.cobeqic2009.feq.ufu.br)>, consultado em 02 jun. de 2016.

SIQUEIRA, LUIZ ALBERTO SIQUEIRA. **A introdução do coqueiro no Brasil: importância histórica e agrônômica.** Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002.

SILVEIRA, M. A.L.; MILAGRES, A.M.F. **Obtenção e Caracterização de Lignina de Madeiras,** Iniciação Científica FAPESP, disponível em <[www.cobeqic2009.feq.ufu.br](http://www.cobeqic2009.feq.ufu.br)>, consultado em 05 maio de 2016.

SIQUEIRA, L. A., ARAGÃO, W.M., TUPINAMBÁ, E. A. **A introdução do coqueiro no Brasil. Importância histórica e agrônômica,** 24P, 2002. Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 47. Disponível em <http://www.cpat.embrapa.br>. acessado em fevereiro de 2016.

SOUSA, SM de. **Comportamento sazonal de sete genótipos de coqueiro (Cocos nucifera L.) nas condições ecológicas de Mojú no Estado do Pará.** 2006. Tese de Doutorado. Tese de Mestrado-Universidade Federal Rural da Amazônia-Belém, PA.

SUMMERSCALES, J., DISSANAYAKE, N. P. J., VIRK, A., S., HALL, W. "A review of bast fibres and their composites. Part 1– Fibres as reinforcements", **Composites: Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 41, n. 10 (Out), pp. 1329-1335, 2010.

SUN, Shao-Ni *et al.* Structural characterization of residual hemicelluloses from hydrothermal pretreated Eucalyptus fiber. **International journal of biological macromolecules**, v. 69, p. 158-164, 2014.

TSAI, W. T.; LEE, M. K.; CHANG, Y. M. Fast pyrolysis of rice straw, sugarcane bagasse and coconut shell in an induction-heating reactor. **Journal of analytical and applied pyrolysis**, v. 76, n. 1, p. 230-237, 2006.

TAN, Y. L. *et al.* Adsorption of carbon dioxide by sodium hydroxide-modified granular coconut shell activated carbon in a fixed bed. **Energy**, v. 77, p. 926-931, 2014.

VALE, Aline Colares do; SOARES, Jorge Barbosa; CASAGRANDE, Michele Dal Toe. Aplicabilidade de fibras de coco em misturas asfálticas tipo SMA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS, 4., 2007, Campinas. **Resumos...** Campinas: ABPG, 2007. Disponível em: <http://www.portalabpg.org.br>. Acesso em: 25 maio de 2016.

WANDERLEY. M.; LOPES, G. M. Importância sócio-econômica da produção de coco seco no Brasil. In: CINTRA, F. L. D.; FONTES, H. R.; PASSOS, E. E. M.; FERREIRA, J. M. S. (Ed.). **Fundamentos tecnológicos para a revitalização das áreas cultivadas com coqueiro gigante no nordeste do Brasil** . Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. 232 p. p. 37-60.

YANG, Kunbin *et al.* Preparation of high surface area activated carbon from coconut shells using microwave heating. **Bioresource technology**, v. 101, n. 15, p. 6163-6169, 2010.

ZHANG, F; JOHNSON, D.M; JOHNSON, M.A. Development of simulation modelo of biomass suply chain for biofuel production. **Revewable Energy**. V.44, p. 380-391, 2012.

FARUK, O., BLEDZKI,H., FINK,H.P., SAIN, M. Biocomposites Reinforced with natural Fibers: 2000-2010, **Progress in Polymer Science**, V.37, p.1552-1596, 2012.