



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA



Jéssica Christine Gonçalves de Oliveira

PROCESSOS DE VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DO COCO

Rio de Janeiro

2017

Jéssica Christine Gonçalves de Oliveira

PROCESSOS DE VALORIZAÇÃO DOS
RESÍDUOS DO COCO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos.

Orientadora: Prof^a Eliana Mossé Alhadeff – D. Sc

Rio de Janeiro

2017

Jéssica Christine Gonçalves de Oliveira

PROCESSOS DE VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DO COCO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos.

Aprovada em:

Eliana Mossé Alhadeff, DSc. EQ/UFRJ (Orientadora)

Maria Leticia Murta Valle, DSc. EQ/UFRJ

Ninoska Bojorge, DSc. EQ/UFF

Cristiane Mascarenhas da Silva Sampaio, DSc. INMETRO

Rio de Janeiro

2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me proporcionar saúde, coragem e disposição para persistir neste estudo e superar as dificuldades na elaboração deste trabalho, de forma a atingir os objetivos, sempre guiando e iluminando meu caminho.

Aos meus pais, Sr. Wilton de Oliveira e Sra. Mirian do Amaral Gonçalves de Oliveira, responsáveis pela minha educação, agradeço pelo apoio, incentivo, amor e por me fazerem acreditar que conseguiria.

A minha irmã, Marcelle Louyse Gonçalves de Oliveira, agradeço pela motivação e incentivo para superar os momentos difíceis.

Ao meu companheiro, Woodson Délio da Silva, agradeço pelo apoio em todos os momentos, pelo incentivo, paciência e amor.

A minha orientadora, a professora Dra. Eliana Mossé Alhadef, agradeço pelos ensinamentos, por ter me acolhido, orientado e incentivado, mesmo de longe durante todo o processo.

RESUMO

OLIVEIRA, Jéssica Christine Gonçalves de. **Processos de valorização dos resíduos do coco**. Rio de Janeiro, 2017. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

O principal objetivo desta dissertação foi evidenciar os problemas com o descarte dos resíduos do coco, buscando formas de beneficiamento e valorização desses materiais, evitando o desperdício de seu descarte nos aterros sanitários e lixões. O Brasil é o 4º maior produtor mundial de coco, e essa produção acarreta grande geração de resíduos. Os custos com importação de coco no Brasil são aproximadamente quarenta vezes maior que os custos com a exportação, refletindo grandes gastos com a destinação dos resíduos. Os aterros e lixões tendem a ficar comprometidos, já que estes resíduos demoram mais de oito anos para se decompor, contribuindo para a proliferação de vetores que transmitem doenças. Diante deste cenário, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre as formas de beneficiamento dos resíduos do coco. Em virtude da alta porosidade, do potencial para reter umidade e por serem renováveis, estes resíduos podem ser utilizados na construção civil, fabricação de materiais compósitos, biocombustíveis, como substrato agrícola, tratamento de efluentes, dentre outras utilizações. Diante dessas formas de valorização, foi realizado um levantamento dos estudos publicados envolvendo a utilização de resíduos de coco, principalmente no setor energético, e foi constatado que o Brasil possui grandes investimentos, tendo em vista ser o segundo país com mais publicações sobre esse assunto. Dentre as dez instituições que mais publicam estudos que utilizam coco no mundo, existem cinco universidades brasileiras e a EMBRAPA, e mais de 44% dos estudos com coco no processo utilizam os resíduos. Constatou-se também que 44% das publicações produzem biodiesel utilizando coco através da catálise alcalina, o tratamento da fibra do coco mais utilizado é a hidrólise alcalina (41%), o microorganismo mais utilizado na fermentação para produção de bioetanol é a *Saccharomyces cerevisiae* (41%), as estratégias do processo fermentativo mais empregadas são a SHF (31%) e a SSF (32%) e o tipo de reator mais empregado na produção de biogás é o reator de leito fluidizado (42%). Os países asiáticos são os que mais registram patentes de estudos que utilizam os resíduos do coco, e 60% destas patentes tem menos de 6 anos. Na base de patentes do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), foram encontradas três patentes brasileiras utilizando coco para produzir biocombustíveis. Verificou-se, em 11% dos estudos analisados, que a fibra de coco pode ser satisfatoriamente utilizada no tratamento de efluentes como adsorvente de óleos e metais, contribuindo, também, para a preservação do meio ambiente. A utilização da fibra de coco

como suporte para imobilização de enzimas e microorganismos demonstrou eficiência e versatilidade para aplicação em diversos processos, desde alimentos até biocombustíveis e produção de enzimas. Analisando-se empresas nacionais que comercializam produtos de coco, constatou-se uma preocupação na destinação dos resíduos, de forma que estas os utilizam principalmente como fonte de energia térmica e substrato agrícola nos próprios cultivos do coqueiro, eliminando o desperdício deste material com alto valor agregado.

Palavras-chave: fibra de coco, resíduos, biocombustíveis, coco.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Jéssica Christine Gonçalves de. **Processos de valorização dos resíduos do coco**. Rio de Janeiro, 2017. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

The main objective of this dissertation was to highlight the problems with the disposal of the residues of the coconut, looking for ways of beneficiation and valorization of these materials, avoiding the waste of their disposal in landfills and dumps. Brazil is the 4th largest producer of coconut in the world, and this production entails a large generation of waste. The costs of importing coconuts in Brazil are approximately forty times higher than export costs, reflecting large expenditures on waste disposal. Landfills and dumps tend to be compromised as these wastes take more than eight years to decompose, contributing to the proliferation of vectors that transmit diseases. In view of this scenario, a bibliographic review was carried out on the ways of processing coconut residues. Due to the high porosity, the potential to retain moisture and to be renewable, these residues can be used in civil construction, composite materials manufacturing, biofuels, as agricultural substrate, effluent treatment, among other uses. In view of these forms of valorization, a survey of the published studies involving the use of coconut residues was carried out, mainly in the energy sector, and it was verified that Brazil has large investments, aiming to be the second country with more publications on this subject. Among the ten institutions that most publish studies that use coconut in the world, there are five Brazilian universities and EMBRAPA, and more than 44% of coconut studies in the process use the residues. It was also found that 44% of the publications produce coconut biodiesel using alkaline catalysis, the most used coconut fiber treatment is alkaline hydrolysis (41%), the most used microorganism in the fermentation for the production of bioethanol is *Saccharomyces cerevisiae* (41%), the SHF (31%) and SSF (32%) strategies are the most used in the fermentation process and the most used type of reactor in the biogas production is the fluidized bed reactor (42%). The Asian countries are the ones that register the most patents of studies that use coconut residues, and 60% of these patents are less than 6 years old. In the patent base of the Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), three Brazilian patents were found using coconut to produce biofuels. It was verified, in 11% of the studies analyzed, that coconut fiber can be satisfactorily used in the treatment of effluents as adsorbent of oils and metals, also contributing to the preservation of the environment. The use of coconut fiber as a support for the immobilization of enzymes and microorganisms has demonstrated efficiency and versatility

for application in several processes, from food to biofuels and enzyme production. Analyzing national companies that market coconut products, there was a concern in the destination of the residues, so that they use them mainly as a source of thermal energy and agricultural substrate in the coconut's own crops, eliminating the waste of this material with high value aggregate.

Keywords: coconut fiber, residues, biofuels, coconut.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1- Evolução da produção mundial de coco no período de 2000 a 2014.....</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2- Ranking mundial dos países produtores de coco em 2014.</i>	<i>4</i>
<i>Figura 3- Produção regional brasileira de coco verde em 2016.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 4 - Quantidade de coco exportado e importado no Brasil no período de 2011 a 2016. 7</i>	
<i>Figura 5- Estados exportadores de coco no Brasil em 2016.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 6 - Estados importadores de coco no Brasil em 2016.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 7 - Estrutura do coco verde</i>	<i>12</i>
<i>Figura 8 - Microscopia eletrônica de varredura de fibra bruta de coco.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 9 - Rotas Tecnológicas de conversão energética da biomassa</i>	<i>26</i>
<i>Figura 10 - Briquetes de casca de coco.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 11 - Expectativa de evolução da produção brasileira de etanol no longo prazo.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 12 - Efeito do Tratamento da fibra do coco</i>	<i>34</i>
<i>Figura 13 - Reação de transesterificação (GERIS, 2007).....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 14 - Reação de esterificação (SUAREZ, 2009).....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 15 - Evolução Anual das publicações sobre resíduos do coco.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 16 - Ranking dos países com mais publicações na base de dados Web of Science.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 17- Ranking dos países com mais publicações na base de dados Scopus</i>	<i>52</i>
<i>Figura 18 - Áreas de pesquisa das publicações da base Scopus</i>	<i>54</i>
<i>Figura 19 - Áreas de pesquisa das publicações da base Web of Science.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 20 - Áreas de conhecimento das patentes da base Derwent Innovation Index</i>	<i>56</i>
<i>Figura 21- Depositantes de patentes na base Derwent Innovation Index.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 22- Publicações sobre biocombustíveis e coco e publicações sobre biocombustíveis e resíduos do coco da base Scopus.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 23 - Publicações sobre biocombustíveis e coco e publicações sobre biocombustíveis e resíduos do coco da base Web of Science.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 24 – Evolução anual das publicações sobre resíduos de coco e biodiesel, bioetanol, biogás e carvão.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 25- Catálise do processo de produção do biodiesel de óleo de coco</i>	<i>61</i>
<i>Figura 26 - Tratamento da fibra do coco para produção de bioetanol.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 27 - Microrganismos utilizados na fermentação</i>	<i>63</i>
<i>Figura 28 - Estratégias do processo fermentativo: SHF, SSF e SSSF.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 29 - Tipos de reatores utilizados na produção do biogás de resíduos de coco.....</i>	<i>64</i>

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 - Rendimento de produção por área plantada de cada país em 2014</i>	4
<i>Tabela 2 - Produção de coco verde no Brasil em 2016</i>	6
<i>Tabela 3 - Valores comercializados US\$FOB na exportação e importação no período de 2011 a 2016</i>	9
<i>Tabela 4 - Principais características das variedades de coqueiro</i>	11
<i>Tabela 5 – Composição química típica de fibras naturais</i>	13
<i>Tabela 6 - Características do óleo de coco extra virgem comercial</i>	14
<i>Tabela 7 - Composição de ácidos graxos do óleo do Cocos nucifera L</i>	15
<i>Tabela 8 - Principais aplicações dos resíduos do coco</i>	16
<i>Tabela 9 - Limite máximo de metal no efluente</i>	23
<i>Tabela 10 - Características do briquete de coco</i>	29
<i>Tabela 11 - Caracterização do licor da casca do coco verde (LCCV)</i>	30
<i>Tabela 12 - Tipos de Tratamento da fibra do coco</i>	33
<i>Tabela 13 - Composição da biomassa após os pré-tratamentos</i>	34
<i>Tabela 14 - Comparação das diferentes opções de hidrólise da celulose</i>	36
<i>Tabela 15 - Rendimento da produção de bioetanol da fibra de coco utilizando SSF e SSSF com diferentes microorganismos</i>	38
<i>Tabela 16 – Propriedades físico-químicas do biodiesel de óleo de coco (Rota 1 – esterificação seguida de transesterificação e Rota 2 – transesterificação direta)</i>	41
<i>Tabela 17 - Especificação do biodiesel</i>	41
<i>Tabela 18 - Propriedades do biodiesel do óleo do endocarpo</i>	42
<i>Tabela 19 – Endereço das empresas nacionais que comercializam produtos do coco</i>	47
<i>Tabela 20 – Produtos de coco comercializados pelas empresas</i>	47
<i>Tabela 21 - Empresas nacionais que comercializam produtos de resíduos de coco</i>	49
<i>Tabela 22 - Produção e comércio de briquetes de madeira</i>	49
<i>Tabela 23- Ranking das organizações que mais publicaram nas bases Scopus e Web of Science</i>	53
<i>Tabela 24 - Patentes sobre resíduos de coco e biocombustíveis</i>	60
<i>Tabela 25 –Quantitativo de publicações analisadas sobre biocombustível de diferentes bases de dados classificados por tipo de documento</i>	61
<i>Tabela 26 - Evolução anual de patentes sobre biocombustíveis de Cocos nucifera L</i>	65
<i>Tabela 27 - Procedência das patentes sobre biocombustíveis e Cocos nucifera L</i>	65

<i>Tabela 28 - Relação de patentes sobre produção de biocombustível de coco.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabela 29 – Parâmetros do processo de adsorção de óleos das publicações pesquisadas</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 30 - Microorganismos utilizados e enzimas imobilizadas das publicações pesquisadas</i>	<i>68</i>

LISTA DE SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
- BPC – Bioprocesso Consolidado
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
- DQO – Demanda Química de Oxigênio
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Agropecuária
- FAOSTAT – *Food and Agriculture Organization of the United Nations*
- FBR – *Fast Breeder Reactor* (Reator de Leito Fluidizado)
- FOB – *Free on Board* (Frete do comprador)
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial
- LCCV – Licor da Casca do Coco Verde
- LSPA – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola
- MBR – *Membrane Bio Reactor* (Reator de Membrana)
- MDCI – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
- PBR – *Packed Bed Reactor* (Reator de Leito Fixo)
- PCS – Poder Calorífico Superior
- SHF – *Separate Hydrolysis and Fermentation* (Hidrólise e Fermentação Separados)
- SSF – *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (Sacarificação e Fermentação Simultâneas)
- SSSF – *Semi-Simultaneous Saccharification and Fermentation* (Sacarificação e Fermentação Semi-Simultâneas)
- STR – *Stirred Tank Reactor* (Reator de Mistura)
- TEC – Tarifa Externa Comum

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVO GERAL	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	2
2. FUNDAMENTOS.....	3
2.1. PRODUÇÃO DE COCO NO BRASIL E NO MUNDO	3
2.2. ASPECTOS ECONÔMICOS DA PRODUÇÃO NACIONAL DE COCO	7
2.3. OS COQUEIROS DO BRASIL	10
2.4. CARACTERÍSTICAS DO COCO NUCIFERA L.....	12
2.5. APLICAÇÕES DOS RESÍDUOS DO COCO	16
3. PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS DO COCO.....	19
3.1. MATERIAIS COMPÓSITOS.....	19
3.2. CONSTRUÇÃO CIVIL	20
3.3. TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	21
3.4. SUPORTE DE ENZIMAS	24
3.5. FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA.....	25
3.5.1. Briquetes.....	27
3.5.2. Biogás.....	29
3.5.3. Bioetanol	31
3.5.4. Biodiesel	38
4. METODOLOGIA	43
4.1. INDÚSTRIAS DE COMERCIALIZAÇÃO DOS PRODUTOS DO COCO	43
4.2. PUBLICAÇÕES DE BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS DO COCO	44
4.3. PUBLICAÇÕES QUE UTILIZAM RESÍDUOS DO COCO E BIOCMBUSTÍVEIS	45
4.4. ANÁLISE DE PUBLICAÇÕES DE BIOCMBUSTIVEIS DE RESÍDUOS DE COCO	46
4.5. ANÁLISE DE PUBLICAÇÕES DE RESÍDUOS DE COCO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES E SUPORTE DE ENZIMAS	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1. ANÁLISE DAS INDÚSTRIAS DE COMERCIALIZAÇÃO DE PRODUTOS DE COCO.....	47
5.1.1. Empresas de produtos de coco	47
5.1.2. Empresas de produtos do resíduo do coco	48

5.2. PESQUISAS DE BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS DO COCO.....	50
5.3. PUBLICAÇÕES SOBRE COCO E BIOCOMBUSTÍVEIS	57
5.4. ANÁLISE DE PUBLICAÇÕES SOBRE BIOCOMBUSTÍVEIS DE RESÍDUOS DO COCO..	60
5.4.1. <i>Publicações sobre biodiesel de óleo de coco</i>	61
5.4.2. <i>Publicações sobre bioetanol de fibra de coco</i>	62
5.4.3. <i>Publicações sobre biogás do LCCV</i>	63
5.4.4. <i>Patentes sobre biocombustíveis de resíduos de coco</i>	64
5.5. ANÁLISE DAS PUBLICAÇÕES SOBRE RESÍDUOS DO COCO COMO ADSORVENTE E SUPORTE DE ENZIMAS.....	66
5.5.1. <i>Publicações sobre fibra de coco como adsorvente</i>	66
5.5.2. <i>Publicações sobre fibra de coco como suporte de enzimas</i>	68
6. CONCLUSÃO	70
7. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	72
8. REFERÊNCIAS	73
APÊNDICE A - PUBLICAÇÕES SOBRE APROVEITAMENTO DO COCO.....	83

1. INTRODUÇÃO

O coqueiro (*Cocos nucifera L.*) é uma das frutíferas mais difundidas em praticamente todos os continentes do mundo. É a matéria-prima a partir da qual são obtidos produtos variados como água de coco e a copra (coco verde), ou utilizado na produção do óleo e de fibras vegetais, do leite de coco, manteiga de coco, entre outros (coco seco). O coqueiro adquiriu grande importância na economia de diversos países como a Índia, Filipinas e Indonésia que usufruem de clima tropical bastante propício ao cultivo desta árvore. O agronegócio do coco verde possui como um de seus principais problemas ambientais a geração de resíduos, que é tudo o que sobra do processo de produção. Nas cidades litorâneas este resíduo é composto principalmente pelas cascas do coco descartadas após o consumo da água de coco verde. O acúmulo destes resíduos, compromete a vida útil de lixões e aterros sanitários, causando mau cheiro e contribuindo para proliferação de vetores que transmitem de doenças (LEITÃO, 2010).

A produção mundial de coco cresceu significativamente, cerca de 10 milhões de toneladas, no período de 2000 a 2014. No Brasil este crescimento é bastante expressivo nos estados litorâneos, principalmente da região nordeste, que detém mais de 76% da produção nacional. Este crescimento do consumo de coco está associado, principalmente, à qualidade de vida e saúde que seus produtos proporcionam como fonte de fibras e sais minerais essenciais à população. (EMBRAPA, 2014)

Aliado ao aumento da produção estão os resíduos dos cocos consumidos, que representam cerca de 80% do peso bruto do fruto e 70% de todo lixo gerado nas praias brasileiras. Diante deste cenário, a busca por alternativas viáveis de aproveitamento destes resíduos torna-se vital para se eliminar o desperdício de um material com alto valor agregado. Embora tais resíduos tenham um grande potencial de aproveitamento, sua aplicação para a geração de energia, produção de adubo, utilização em compostos construtivos, por exemplo, é bastante reduzida (ROSA, 2009; CESAR, 2009).

Dessa forma, surgem os diversos tipos de tratamento e beneficiamento dos resíduos do coco (FERRAZ, 2011; LEÃO, 2012). Neste trabalho serão abordadas as principais formas de beneficiamento da casca de coco e as tecnologias aplicadas nesses processos. As técnicas aplicadas na reciclagem dos resíduos do coco visam evidenciar as características destes

materiais de maneira que o produto final tenha sua aplicação valorizada pela utilização do resíduo do coco.

O principal resíduo do coco é a casca, que produz fibras com alto teor de celulose e lignina, com características de alta resistência, baixa densidade e grande poder de adsorção. Estas fibras podem ser aplicadas na indústria de construção civil, automobilística, tratamento de águas residuárias, dentre outros. Dessas fibras é possível obter o pó da casca do coco com alta porosidade, podendo ser utilizado em compostagem. O endocarpo é um resíduo do coco com alto percentual de voláteis e baixa umidade, sendo propícia a sua utilização na fabricação de carvão vegetal. A produção de biogás, bioetanol e biodiesel também é possível a partir do óleo e dos resíduos aquosos do processamento do coco por diferentes rotas tecnológicas. (CESAR, 2009; MATTOS, 2011)

Neste contexto, esta dissertação reúne informações sobre a produção mundial e nacional de coco, as diversas formas de aproveitamento dos resíduos do coco, visando evitar o desperdício desse material com alto valor agregado. Foi realizada também uma análise da destinação dos resíduos gerados pelas indústrias que comercializam o coco e seus produtos e buscas em bases de conhecimento a fim de analisar a evolução do investimento em estudos no setor energético, tratamento de efluentes e imobilização de enzimas.

1.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo desta dissertação é realizar uma prospecção das tecnologias existentes aplicadas no tratamento e beneficiamento dos resíduos do coco visando, entre outras aplicações, a produção de biocombustíveis, abordando aspectos da produção brasileira e do investimento em pesquisas sobre o tema a partir de estudos publicados em bases de conhecimento.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

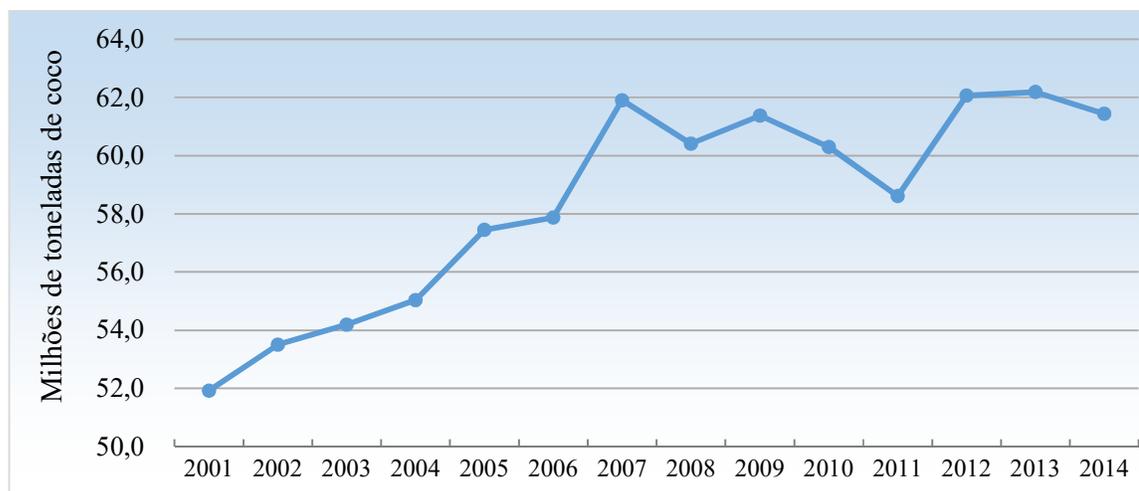
- a) levantamento da produção mundial e nacional de coco, abordagem de aspectos econômicos sobre a exportação e importação do coco no Brasil;
- b) monitoramento tecnológico dos processos de aproveitamento dos resíduos e as tecnologias aplicadas na produção de biocombustíveis a partir do coco;
- c) análise da destinação dos resíduos do coco gerado pelas indústrias;
- d) levantamento e análise de publicações sobre coco, biocombustíveis, tratamento de efluentes e imobilização de enzimas no mundo.

2. FUNDAMENTOS

2.1. PRODUÇÃO DE COCO NO BRASIL E NO MUNDO

O coqueiro é uma das frutíferas mais adaptáveis no mundo e pode ser encontrado em mais de 200 países de clima tropical e subtropical. A exploração comercial é realizada em cerca de 90 países nas regiões intertropicais em virtude das melhores condições de cultivo como solos arenosos, intensa radiação solar, umidade e boa precipitação, além da facilidade do desenvolvimento desta árvore em ecossistemas frágeis, com alta salinidade, secos e com solos de baixa fertilidade natural (EMBRAPA, 2014).

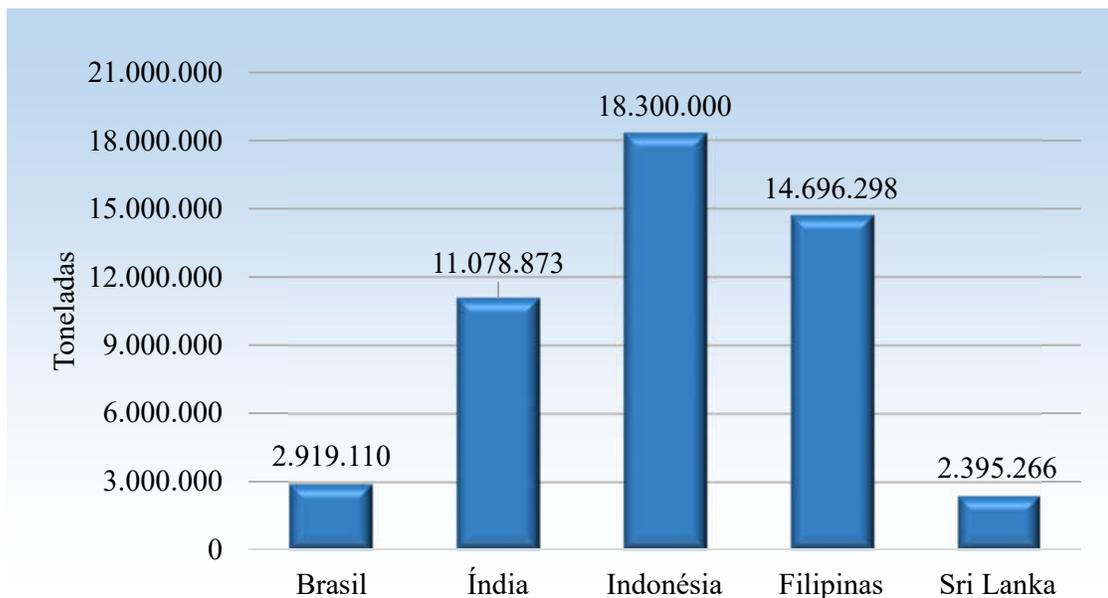
A produção mundial de coco fez um grande salto no período de 2004 a 2007 e, após isso, manteve-se na média de produção de 60 a 62 milhões de toneladas de coco por ano de acordo com a *Figura 1* (FAOSTAT, 2016).



Fonte: FAOSTAT, 2016.

Figura 1- Evolução da produção mundial de coco no período de 2000 a 2014.

Em 2014 o Brasil era o 4º maior produtor mundial de coco com uma produção de 2.919.110 toneladas conforme a *Figura 2* (FAOSTAT, 2016).



Fonte: FAOSTAT, 2016

Figura 2- Ranking mundial dos países produtores de coco em 2014.

Neste contexto, o Brasil aparece entre os cinco maiores produtores em 2014, e como o país com o maior rendimento de produção por área plantada, conforme o *Tabela 1* (FAOSTAT, 2016).

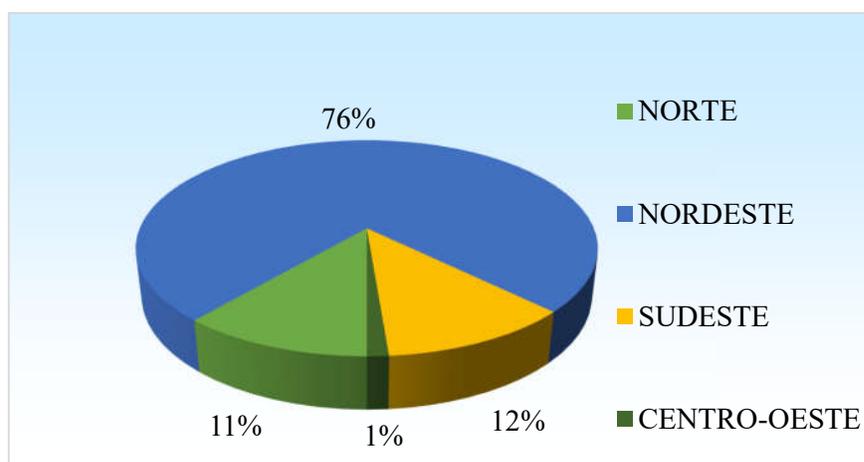
Tabela 1 - Rendimento de produção por área plantada de cada país em 2014

País	Produção (ton)	Rendimento (hg/ha)
Indonésia	18.300.000	60.496
Filipinas	14.696.298	41.965
Índia	11.078.873	51.770
Brasil	2.919.110	116.506
Sri Lanka	2.395.266	60.665

Fonte: FAOSTAT, 2016.

Atualmente, cerca de 90% da produção de coco do mundo são de pequenos agricultores, sendo que no Brasil 70% dessa exploração ocorre em propriedades de até 10ha. O Brasil, além de ser o 4º maior produtor mundial de coco é o 1º de água de coco. A maioria dos estados tem

cultivo de coqueiro, mas as maiores plantações se concentram no litoral Nordeste e no Norte (mais de 70% da área plantada brasileira). Conforme o levantamento sistemático da produção agrícola (LSPA) de fevereiro de 2017 publicado pelo IBGE, a região nordeste é responsável por mais de 76% da produção brasileira (*Figura 3*) (IBGE, 2017; FAOSTAT, 2016).



Fonte: IBGE, 2017.

Figura 3- Produção regional brasileira de coco verde em 2016.

Conforme o LSPA de fevereiro de 2017 publicado pelo IBGE, em 2016 o Brasil apresentava 247.336 ha de área plantada e produziu 1.754.425 mil frutos com um rendimento médio de 7.475 frutos/ha plantado. A Bahia, o Ceará e o Sergipe, são os estados que têm a maior área de plantação de coqueiros e a maior produção de coco do país respondendo, os três estados juntos, por 58% da produção nacional de coco. O estado da Bahia é responsável por 30% dessa produção que engloba cocos cultivados em coqueiros gigantes, anões e híbridos. Outro dado que chama atenção, é o rendimento médio da produção por área plantada, que é de 7.475 frutos/ha no Brasil, sendo que o estado de Pernambuco apresentou o maior rendimento do país, de 19.679 frutos/ha. Os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro também apresentaram bons rendimentos de produção, acima de 15.000 frutos/ha, demonstrando um bom aproveitamento da pequena área plantada que possuem em comparação com outros estados. A região Nordeste, apesar de ser a maior produtora de coco do Brasil, é a região que apresenta o menor rendimento médio de frutos por hectare conforme pode ser observado na Tabela 2 (IBGE, 2017; FAOSTAT, 2016).

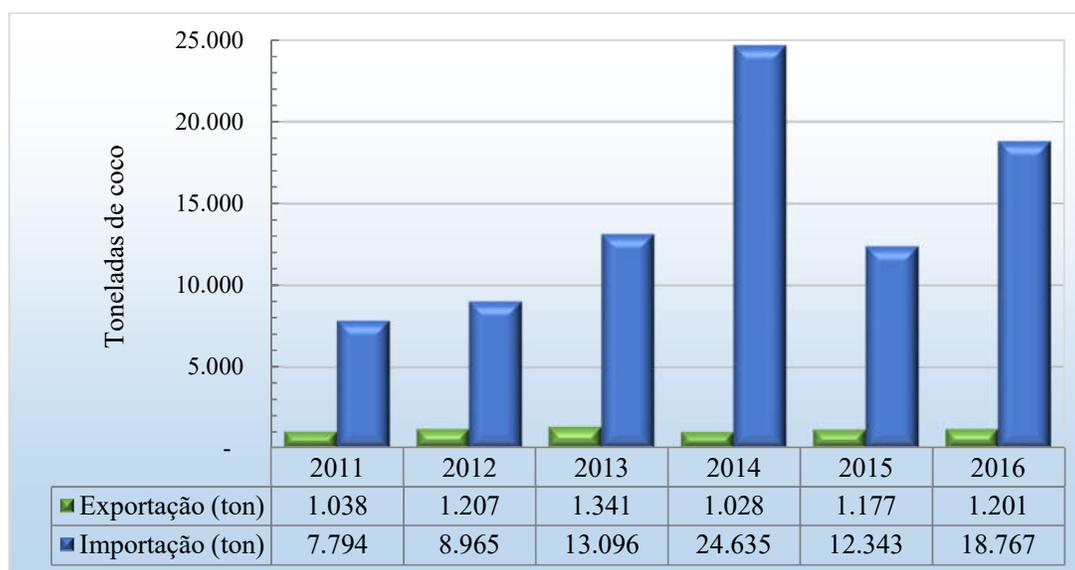
Tabela 2 - Produção de Coko Verde no Brasil em 2016

GRANDES REGIÕES E UNIDADES DA FEDERAÇÃO	ÁREA PLANTADA (ha)	ÁREA COLHIDA (ha)	PRODUÇÃO (mil frutos)	RENDIMENTO (frutos/ha)	PARTICIPAÇÃO NA PRODUÇÃO NACIONAL EM 2016 (%)
BRASIL	247.336	234.705	1.754.425	7.475	100,0
NORTE	24.415	22.779	197.899	8.688	11,3
Rondônia	181	172	1.333	7.750	0,1
Acre	368	212	1.557	7.344	0,1
Amazonas	2.545	2.545	7.186	2.824	0,4
Roraima	97	97	578	5.959	0,0
Pará	20.507	19.133	178.380	9.323	10,2
Tocantins	717	620	8.865	14.298	0,5
NORDESTE	202.309	193.404	1.331.245	6.883	75,9
Maranhão	2.451	2.440	7.806	3.199	0,4
Piauí	760	714	10.299	14.424	0,6
Ceará	40.359	38.980	263.027	6.784	15,0
Rio Grande do Norte	14.607	14.460	57.216	3.957	3,3
Paraíba	6.354	6.187	34.540	5.583	2,0
Pernambuco	7.157	6.599	129.865	19.679	7,4
Alagoas	18.063	17.906	75.346	4.208	4,3
Sergipe	37.558	37.118	230.646	6.214	13,1
Bahia	75.000	69.000	522.500	7.572	29,8
SUDESTE	17.592	16.509	200.003	12.115	11,4
Minas Gerais	2.173	2.034	34.146	16.788	1,9
Espírito Santo	10.408	9.468	92.073	9.725	5,2
Rio de Janeiro	3.166	3.162	50.345	15.922	2,9
São Paulo	1.845	1.845	23.439	12.704	1,3
SUL	248	248	2.921	11.778	0,2
Paraná	248	248	2.921	11.778	0,2
CENTRO-OESTE	2.772	1.765	22.357	12.667	1,3
Mato Grosso do Sul	185	172	1.479	8.549	0,1
Mato Grosso	1.796	888	11.935	13.440	0,7
Goiás	791	704	8.943	12.703	0,5

Fonte: IBGE, 2017

2.2. ASPECTOS ECONÔMICOS DA PRODUÇÃO NACIONAL DE COCO

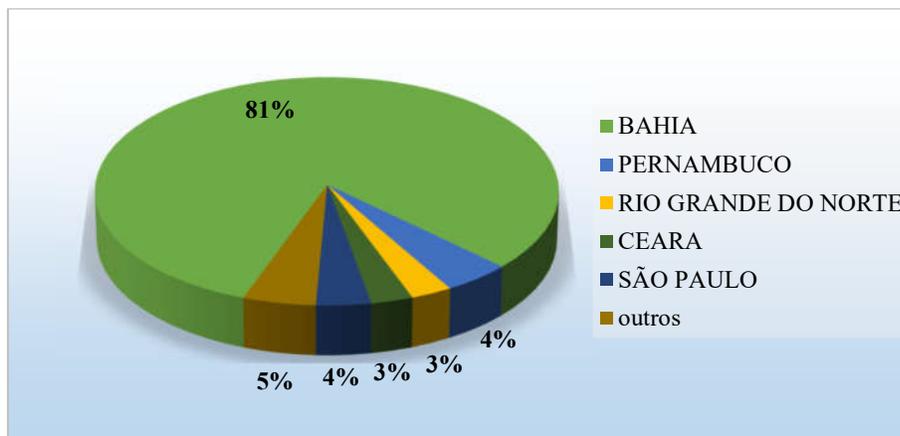
O Brasil produz em torno de 3 milhões de toneladas de coco por ano (*Tabela 1*), no entanto, existem estados que não produzem, ou produzem pouco, e por isso precisam importar para seu consumo, e tem outros que produzem muito e exportam o excedente não consumido. A *Figura 4* apresenta a quantidade de coco-da-baia exportado e importado pelo Brasil. Percebe-se que, apesar do Brasil ser o 4º maior produtor do mundo (*Figura 2*), desde 2011 tem importado quantidade de coco bastante superior ao exportado, com picos significativos de importação em 2014 e em 2016.



Fonte: site <www.aliceweb.mdic.gov.br>

Figura 4 - Quantidade de coco exportado e importado no Brasil no período de 2011 a 2016

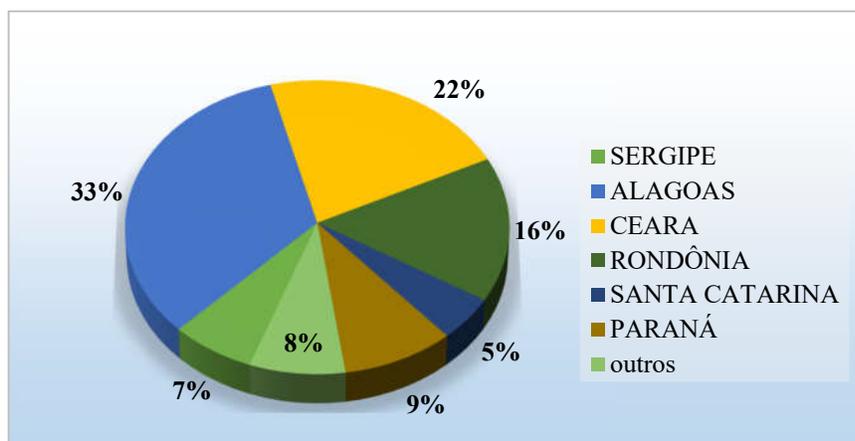
A Bahia é o estado que exportou maior quantidade de coco em 2016 (965 toneladas de coco) seguida por Pernambuco (53 toneladas de coco) e São Paulo (42 toneladas de coco) de acordo com a *Figura 5*. Nos últimos 5 anos a Bahia, devido sua grande produção anual (cerca de 522 milhões de frutos) (*Tabela 2*), foi o estado que liderou o *ranking* dos estados brasileiros exportadores de coco conforme dados do Sistema de Análise de Informações do Comércio Exterior (MDCI, 2017).



Fonte: site <www.aliceweb.mdic.gov.br>

Figura 5- Estados exportadores de coco no Brasil em 2016

Apesar dessa grande produção, o Brasil importa grande quantidade de coco, principalmente os estados do Nordeste, como pode ser observado na *Figura 6*. Isto deve-se ao crescimento da indústria de alimentos e processamentos e, também, em virtude dos subsídios que os outros países produtores oferecem à cadeia produtiva de coco. Estes produtos chegam vantajosamente ao setor de beneficiamento, quando comparado aos custos da produção brasileira, que são encarecidos pelos custos internacionais dos insumos e pelos tributos da mão-de-obra (EMBRAPA, 2014).



Fonte: site <www.aliceweb.mdic.gov.br>

Figura 6 - Estados importadores de coco no Brasil em 2016

Outro fato relevante trata-se do enorme gasto que o Brasil realiza com importação de coco anualmente, conforme pode ser verificado na *Tabela 3*. Na tentativa de dificultar e/ou amenizar os efeitos destas importações, a Câmara de Comércio Exterior, vinculada ao Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, divulgou em 2011 a Resolução Camex nº 40 no Diário Oficial da União, onde publica a elevação da alíquota do imposto de importação - TEC (Tarifa Externa Comum) de 10% para 55%. Mesmo com essa medida, a importação de coco pelo Brasil continuou aumentando, alcançando o pico de gastos de 49 milhões em 2014, um aumento de cerca de 140% em relação aos gastos de 2011. O estado do Paraná é o que mais gastou com importação de coco até 2014, e foi ultrapassado pelo estado do Alagoas em 2015 e 2016 que chegou a gastar U\$ 8.325,126,00 com importação de coco (EMBRAPA, 2014; MDCI, 2017).

Os gastos com importação de coco chegam a ser mais de quarenta vezes do que o valor exportado, conforme a *Tabela 3*. Em 2014 o valor importado alcançou mais do que o dobro dos outros anos, enquanto que o valor exportado se manteve na média dos outros anos.

Tabela 3 - Valores comercializados US\$FOB na exportação e importação no período de 2011 a 2016

ANO	Valor Exportado (US\$FOB)	Valor Importado (US\$FOB)
2011	682.521,00	20.360.254,00
2012	685.766,00	18.101.139,00
2013	806.123,00	18.024.440,00
2014	717.388,00	49.178.511,00
2015	726.297,00	23.923.379,00
2016	620.389,00	29.014.896,00

Fonte: site www.aliceweb.mdic.gov.br

2.3. OS COQUEIROS DO BRASIL

Os coqueiros pertencem à família *Palmae* da classe *Monocotyledoneae* e são da espécie *Cocos nucifera L.* Esta planta é oriunda do sudeste da Ásia, e foi introduzida no Brasil através do estado da Bahia (por isso também é chamado de côco-da-Baia) em 1553. Hoje o Brasil lidera na produtividade, representando um avanço tecnológico do país.

No Brasil cultiva-se os coqueiros gigantes, que produzem o coco seco para a agroindústria, os coqueiros anões, que produzem o coco verde com muita água e os coqueiros híbridos que são uma mistura genética do gigante com o anão com maiores vantagens econômicas (produzem boa água) e agroindustriais. No país, a principal demanda é para consumo da água do fruto ainda imaturo. Embora esta variedade híbrida apresente também características para ser empregada como matéria-prima nas agroindústrias para produção de leite de coco, coco ralado e outros, seu mercado é essencialmente a água-de-coco, com maior demanda de consumo para frutos com cerca de sete meses de idade (ROSA, 2009).

Os coqueiros híbridos podem ser considerados mais produtivos por apresentarem características como menor porte, sementes que germinam mais rapidamente, crescimento mais lento, floresce precocemente, maior número de frutos, uniformidade, adaptabilidade e estabilidade de produção, elevada produtividade por hectare e água mais saborosa. Esta espécie tem ampla utilização na culinária e agroindústria, além do seu cultivo ser bastante difundido no mundo. Entretanto, como desvantagem, seus frutos não podem ser utilizados como sementes pois geram descendentes desuniformes e com desempenho agro-econômico inferior (LOIOLA, 2009).

A produção de coco seco a partir do coqueiro gigante (conhecido também como mestiço e/ou comum) destina-se tanto ao uso *in natura* quanto à industrialização, na obtenção de produtos como coco ralado, leite de coco, doce, farinha, fibras, entre outros produtos e subprodutos. Esta variedade é cultivada, prioritariamente, em propriedades com uso de menor nível tecnológico, dada a sua rusticidade e adaptabilidade às condições de fertilidade do solo e estresses biológicos (EMBRAPA, 2011).

A *Tabela 4* apresenta as principais características das três variedades de coqueiro, na qual é possível perceber as vantagens do cultivo do coqueiro híbrido, como a versatilidade do

destino da produção, proveniente da boa produtividade de frutos, copra, água, óleo e ácido láurico.

Tabela 4 - Principais características das variedades de coqueiro

Características	Variedades de coqueiros		
	Anão	Híbrido	Gigante
Início da 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	Intermediário	Grande
Crescimento	Lento	Intermediário	Rápido
Porte (m)	8 a 10	20	35
Produção de frutos (fruto/planta/ano)	150 a 200	130 a 150	60 a 80
Produtividade de frutos (frutos/ha)	30 a 40 mil	20 a 24 mil	8 a 12 mil
Peso do fruto (g)	900	1200	1400
Peso do endocarpo fechado (g)	550	700	800
Peso médio da copra (g)	250	400	350
Produtividade copra (Kg)	3 a 4 mil	4 a 5 mil	2 a 2,5 mil
Teor médio de óleo (%)	25,41	66,01	67,02
Teor médio de ácido láurico (%)	50,16	50,65	52,04
Produtividade de ácido láurico (kg/ha)	380 a 510	1300 a 1700	650 a 900
Produção de água (mL)	200 a 300	400 a 550	500 ou mais
Destino produção	<i>In natura</i>	<i>In natura</i> Agroindústria	<i>In natura</i> Agroindústria

Fonte: EMBRAPA, 2011.

Os plantios de coqueiros mais recente, vêm ocorrendo principalmente no interior do Brasil com variedades do grupo anão e/ou híbridos, já que estes possuem produtividade superior à do coqueiro gigante, além de apresentarem maior aproveitamento sob o ponto de vista agroindustrial. Nos outros países principais produtores de coco no mundo, o cultivo do coqueiro Anão vem sendo empregado apenas em programas de hibridação intervarietal anão x gigante e para fins ornamentais. Resultante do cruzamento das variedades anã e gigante, os coqueiros híbridos têm obtido bons resultados devido ao seu potencial de utilização tanto na forma *in natura*, como no processamento industrial (EMBRAPA, 2011).

2.4. CARACTERÍSTICAS DO COCO NUCIFERA L.

Neste trabalho serão analisados os cocos verdes produzidos pelo coqueiro híbrido principalmente. Os cocos verdes são os mais comercializados no Brasil, a sua produção apresentou um aumento de 4,6% na safra de 2016 em relação à safra de 2015, além de representarem 1,4% do consumo de bebidas no país (MOTA, 2015).



Fonte: MATTOS, 2011

Figura 7 - Estrutura do coco verde

A estrutura do coco verde é constituída de epicarpo, mesocarpo, endocarpo, copra e a água de coco como ilustra a *Figura 7*.

- Epicarpo: casca verde externa do coco;
- Mesocarpo: casca grossa bastante fibrosa, elástica e resistente à ação da água salgada;
- Endocarpo: casca do caroço muito dura de cor escura (“quenga” ou “amêndoa”);
- Copra: é a polpa seca do coco, uma massa de albúmen sólido desidratado a 6% de umidade, rica em gordura, proteínas e vitaminas;
- Água de coco: parte líquida interna do caroço, rica em sais minerais e albumina.

Os principais produtos do coco são a água de coco, o leite de coco e o coco ralado, que são extraídos da polpa do coco (copra). Esta copra, pode ser utilizada na indústria de combustíveis, indústria de sabões, resinas, cosméticos, inseticidas e etc. O óleo de coco é outro produto extraído da copra que tem elevado grau de saturação e grande estabilidade, sendo utilizado na culinária, na produção de combustível e produtos cosméticos e farmacêuticos. A partir do mesocarpo e endocarpo pode-se extrair fibras que são utilizadas para fabricar cordas, redes e tapetes e o endocarpo podem ser utilizadas como cuias, colheres, botões e carvão ativado (TEIXEIRA, 2016).

O endocarpo do coco é um subproduto que, devido seu alto valor calorífico e baixo teor de cinzas, viabiliza seu uso na metalurgia e indústria artesanal, substituindo o carvão mineral. E as cascas do coco são subprodutos dos quais são extraídas as fibras de diferentes comprimentos que servem na fabricação de uma diversidade riquíssima de artigos, na construção civil, na indústria de biocombustíveis e etc (MATTOS, 2011).

As cascas do coco verde, denominadas mesocarpo, representam 80% a 85% do peso bruto do fruto. Este material é constituído de fibras lignocelulósicas, formada por lignina, celulose e hemicelulose, além de ceras, extrativos e compostos inorgânicos (cinzas).

A *Tabela 5* apresenta a composição percentual das frações que constituem as fibras naturais, onde destaca-se a fibra de coco pelo alto teor de lignina (38-40%) em comparação com as outras fibras. O principal papel da lignina é manter as fibras de celulose unidas, tornando o material mais resistente ao desgaste mecânico e resistente a degradação por microorganismos como fungos e cupins (FERRAZ, 2011).

Tabela 5 – Composição química típica de fibras naturais

Fibra	α -celulose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina (%)	Cinzas (%)	Extrativos (%)
Abacaxi	80-83	-	12	0,1 - 1	4
Bagaço de cana	54,3 – 55,2	16,8 – 29,7	24 - 25	1,1	0,7 – 3,5
Bambu	33 - 45	30	20 - 25	-	-
Banana	60 - 65	6,0 – 8,0	5 - 10	1,2	-
Coco	43,4 – 53	14,7	38 – 40	-	3,5
Curauá	70,7 – 73,6	21,1	8 - 11	0,8 – 0,9	2,5 – 2,8
Piassava	31,6	-	48	-	-
Sisal	60 – 75,2	10,0 – 15,0	7 - 12	0,14 – 0,87	1,7 – 6,0

Fonte: TOMCZAK, 2010

Como cerca de 80% do peso bruto do fruto é de resíduos (mesocarpo e endocarpo), diante de uma produção mundial de cerca de 60 milhões de toneladas de coco (Figura 1), tem-se uma geração de aproximadamente 48 milhões de toneladas de resíduos no mundo. No Brasil, para uma produção anual de 3 milhões de toneladas (Figura 2), tem-se cerca de 2,4 milhões de toneladas de resíduos gerados.

A copra do coco contém mais de 60% em peso de óleo de coco. Este óleo pode ser extraído por prensagem da polpa seca (mais comumente utilizada e com rendimento de até 72%), extração por solvente (extrai o óleo residual do farelo do coco) e fervura com água (a partir do coco ralado). Cada coco produz cerca de 100 mL de óleo cujas características estão descritas na *Tabela 6* (ARAÚJO, 2008 e NETO, 2013).

Tabela 6 - Características do óleo de coco extra virgem comercial

Análises	Amostra extra virgem	Padrão para o óleo de coco
Aspecto	Límpido, sem impurezas	-
Cinzas (% m/m)	0,005	-
Densidade (g/cm³)	0,897	0,903 – 0,924
Índice de acidez (mg KOH/g óleo)	0,558	0,5<
Ácido láurico (% m/m)	1,990	0,5%<
Índice de iodo	15	14 – 23
Índice de saponificação (mg KOH/g óleo)	222	247 – 255
Umidade (% H₂O m/m)	0,263	-
pH	3,33	-

Fonte: NETO, 2013

Dentre as características da *Tabela 6*, destaca-se o índice de acidez que revela o estado de conservação do óleo, expresso como número de miligramas de hidróxido de potássio necessário para neutralizar os ácidos livres de um grama da amostra. O índice de acidez elevado indica que o óleo está sofrendo quebras em sua cadeia, liberando os ácidos graxos livres (NETO, 2013).

Outro parâmetro importante da *Tabela 6* é o índice de saponificação, que é o número de miligramas de uma base, NaOH (hidróxido de sódio) ou KOH (hidróxido de potássio), necessário para saponificar 1,0g de óleo. Este processo de saponificação ocorre quando os triacilgliceróis são hidrolisados em meio alcalino formando sais de ácidos graxos e sabões. Na

produção de biodiesel a presença destes sabões pode dificultar o processo de separação devido à formação de emulsão (ISSARIYAKUL, 2014).

O teor de umidade é um fator importante no controle de qualidade do óleo, pois sua presença pode favorecer o crescimento biológico, provocar a corrosão de tanques, contribuir para a formação de emulsão e principalmente, estimular a hidrólise de ésteres (CANESIN, 2014).

A composição em ácidos graxos do óleo do *Cocos nucifera L.* extra virgem está listada na *Tabela 7* (NETO, 2013).

Tabela 7 - Composição de ácidos graxos do óleo do Cocos nucifera L.

Composição	Percentagem médio (% m/m)	Fórmula química
Ácido capróico	0,38	C ₆ H ₁₂ O ₂
Ácido caprílico	5,56	C ₈ H ₁₆ O ₂
Ácido cáprico	4,99	C ₁₀ H ₂₀ O ₂
Ácido láurico	45,78	C ₁₂ H ₂₄ O ₂
Ácido mirístico	18,56	C ₁₄ H ₂₈ O ₂
Ácido palmítico	8,85	C ₁₆ H ₃₂ O ₂
Ácido esteárico	3,39	C ₁₈ H ₃₆ O ₂
Ácido oleico	5,65	C ₁₈ H ₃₄ O ₂
Ácido linoléico	0,94	C ₁₈ H ₃₂ O ₂

Fonte: NETO, 2013

Da *Tabela 7*, percebe-se que a composição do óleo de coco tem maior predominância de ácidos graxos saturados, que são os ácidos capróico, caprílico, cáprico, láurico, mirístico, palmítico e esteárico. O óleo de coco é rico em ácido láurico, o que o torna mais resistente a oxidação não enzimática, além de reduzir o ponto de fusão do óleo para aproximadamente 25°C (NETO, 2013).

Conforme visto na caracterização do óleo de coco na *Tabela 7*, o ácido láurico é o ácido graxo que apresenta maior percentual na composição do óleo de coco. Ele é um ácido graxo saturado de cadeia média (C12), e por isso tem seu ponto de fusão mais elevado, assim como o ácido mirístico que também é saturado de cadeia média (C14) e tem elevado percentual na composição do óleo de coco. O alto percentual de ácidos graxos saturados pode resultar na produção de combustível com maior número de cetano e melhor qualidade de combustão. Ou seja, num biodiesel com propriedades físico-químicas bastante similares ao óleo diesel proveniente do petróleo (NETO, 2013).

2.5. APLICAÇÕES DOS RESÍDUOS DO COCO

Resíduos são os materiais resultantes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição processamento do coco (ABNT NBR10004, 2004). Os resíduos do coco são a casca do coco e o endocarpo do coco, que são os materiais resultantes do processamento do coco e do consumo de seus principais produtos, que são a água e a copra.

A produção de coco gera grande quantidade de resíduos, tendo em vista que aproximadamente 80% do peso fruto é de casca e endocarpo. Cerca de 70% do lixo gerado nas praias brasileiras, por exemplo, é constituído de cascas de coco verde. Este material tem sido designado aos aterros e vazadouros, no entanto, apesar de ser orgânico, o resíduo de coco é de difícil degradação e demora mais de oito anos para se decompor completamente, contribuindo para que a vida útil desses depósitos seja diminuída, proliferando focos de vetores transmissores de doenças (EMBRAPA, 2015).

A grande quantidade de coco produzido e resíduo de coco descartado, traduz a necessidade de reciclagem destes resíduos, tendo em vista o potencial de valorização econômica através de diversas formas de aplicação conforme consta na *Tabela 8*. Diante dessas formas de aproveitamento o descarte dos resíduos de coco nos lixões pode ser encarado como desperdício de um material de importante valor agregado.

Tabela 8 - Principais aplicações dos resíduos do coco

Resíduo do coco	Aplicação	Produto	Referência
Fibras da casca do coco	Ornamentação	Vasos, Tapetes, mantas para contenção de erosão	ROSA, 2011
Fibras da casca do coco	Construção Civil	Painéis de cimento	FERRAZ, 2011
Fibra da casca do coco	Indústria automobilística, eletrodomésticos, embalagens e isolamento térmico e acústico	Materiais compósitos	LEÃO, 2012 SOUZA, 2015
Fibra da casca do coco	Tratamento de efluentes	Material adsorvente	MONTEIRO, 2009
Pó da casca do coco	Agricultura e jardinagem	Substrato para retenção de umidade e correção da estrutura do solo	ROSA, 2011
Endocarpo (“quenga”)	Energética	Carvão vegetal (briquetes)	ANUÁRIO, 2016

Resíduo do coco	Aplicação	Produto	Referência
Fibra da casca do coco	Energética	Bioetanol	GONÇALVES, 2013
Óleo de coco	Energética	Biodiesel	ARAÚJO, 2008
Licor da fibra de coco	Energética	Biogás	LEITÃO, 2009
Óleo de coco	Medicamentos/Cosméticos	Anti-inflamatório	AZAMBUJA, 2016 RIBEIRO, 2017
Fibra de coco	Medicamentos/Cosméticos	Anti-inflamatório	HOMERO, 2015 FIBRA, 2016
Óleo de coco	Alimentícia	Utilizado no preparo de alimentos	AZAMBUJA, 2016 RIBEIRO, 2017

As fibras extraídas das cascas do coco verde são materiais renováveis, biodegradáveis e de baixo custo e por isso são amplamente utilizadas em ornamentação, com fabricação de vasos, tapetes, mantas para contenção da erosão e artesanatos através de processos de tratamento simples (ROSA, 2011).

No mercado da construção civil, as fibras de coco, por serem bastante resistentes, podem ser utilizadas na fabricação de painéis de cimento, atribuindo maior resistência a intempéries, fungos e insetos, proporcionando um bom isolamento térmico e acústico. Para melhorar a aderência à matriz cimentícia, devido à presença de substâncias inibidoras (hemicelulose, extrativos e açúcares), estas fibras podem passar por tratamentos com vistas ao aprimoramento de suas propriedades e da compatibilidade com o cimento (FERRAZ, 2011).

Em virtude da sua alta resistência mecânica, baixa densidade e alta disponibilidade, a fibra de coco é bastante estudada para ser aplicada em materiais compósitos, principalmente, na indústria automobilística, eletrodomésticos e embalagens. Para melhorar a adesão entre a fibra e a matriz polimérica, as fibras do coco necessitam passar por tratamentos, propiciando um maior aproveitamento sinérgico entre os dois materiais (LEÃO, 2012).

A fibra do coco, por possuir elevado teor de celulose e lignina, apresenta propriedade adsorptiva podendo ser empregada de forma eficaz no tratamento de efluentes removendo óleos e íons metálicos. Sendo uma biomassa residual abundante, a casca do coco torna-se uma opção alternativa, de baixo custo, como adsorvente que respeita o desenvolvimento sustentável e eco-eficiente (MONTEIRO, 2009).

O pó da casca do coco, por ser matéria orgânica de estrutura porosa, com alto potencial de retenção de umidade e elevado favorecimento da atividade fisiológica das raízes, pode ser usado como substrato ativo (após compostagem). Melhora a estrutura do solo e reduz a necessidade de fertilizantes e o potencial de erosão do solo. Além disso, o pó da casca do coco compostado com esterco diversos pode ser utilizado na produção de mudas de diversas espécies de plantas. (ROSA, 2011)

O endocarpo é uma estrutura bastante dura do coco, tem baixo teor de umidade e alto percentual de voláteis, podendo ser utilizado na fabricação de carvão vegetal (ou briquetes) contribuindo para a redução dos efeitos negativos do descarte destes resíduos no meio ambiente. Por produzir menos fumaça, cinza e fuligem e ser uma energia proveniente de biomassa, estes briquetes de casca de coco contribuem, também, para a redução da emissão de gases causadores do aquecimento global conforme prevê o Acordo de Paris. Neste acordo o Brasil compromete-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030, aumentando a participação de bioenergia sustentável na sua matriz energética para aproximadamente 18% até 2030. (Anuário Biomassa 2012/2013; MMA, 2016)

Outra aplicação para fins energéticos das fibras do coco consiste em produzir etanol via hidrólise enzimática e fermentação e sacarificação simultânea (SSF) do resíduo pré-tratado, utilizando a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Dependendo do pré-tratamento utilizado nas fibras, a glicose obtida pode apresentar uma conversão percentual mássica em etanol de até 89,79%, tornando as fibras do coco uma boa oferta de energia limpa. (GONÇALVES, 2013)

A partir do líquido resultante da produção de fibra e pó da casca do coco, o licor da casca do coco verde, pode-se produzir biogás por um tratamento anaeróbio com um consórcio metanogênico. Embora haja uma preocupação com o caráter inibitório dos taninos existentes, o alto teor de glicose presente neste licor sobrepõe o efeito desta inibição, mantendo crescente a atividade do consórcio metanogênico (LEITÃO, 2009).

O óleo de coco, por conter teores elevados de ácido láurico, destaca-se bastante no mercado de cosméticos e medicamentos, visto que o ácido láurico possui propriedades que aumentam o sistema imunológico e, também, agem como anti-inflamatórios. Na indústria alimentícia o óleo de coco também tem grande destaque, pois é uma gordura que ajuda a reduzir o mau colesterol (LDL), a manter o peso, e tem ação anti-inflamatória e imunológica (AZAMBUJA, 2016 e RIBEIRO, 2017).

3. PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS DO COCO

3.1. MATERIAIS COMPÓSITOS

Os materiais compósitos são compostos pela junção de dois ou mais materiais que apresentam propriedades sinérgicas de cada um dos envolvidos, geralmente um reforço envolvido por uma matriz. Visando vantagens ao meio ambiente, devido às características de biodegradabilidade, reciclabilidade e baixo consumo de energia na produção, as fibras naturais têm sido muito aplicadas como reforço nestes materiais (LEÃO, 2012).

Para serem empregadas no material compósito, as fibras precisam passar por processos de tratamento para aumentar o grau de adesão superficial entre a fibra e a matriz, diminuir a absorção de umidade e aumentar a temperatura de decomposição. As fibras podem ser utilizadas como reforços em polímeros termoplásticos, termorrígidos e borrachas. As fibras do coco verde têm sido aplicadas como reforço em poliéster, polietileno, polipropileno e polímeros biodegradáveis, conferindo a estes compostos maior resistência a tração e alongação na ruptura (BENINI, 2011).

O processo de obtenção de materiais compósitos com fibras de coco inicia-se a partir da extração da fibra do coco e posterior tratamento. A fibra tratada é misturada com o polímero, polipropileno ou poliestireno de alto impacto, por exemplo, a uma temperatura de cerca de 150°C. Após a mistura o material fundido é resfriado a temperatura ambiente e, depois de secos, são triturados em moinho granulador para posterior utilização para fabricação do produto final (LEÃO, 2012 e BENINI, 2011).

As duas principais etapas da fabricação dos compósitos são: a mistura (fibra/matriz), na qual a fibra é distribuída homogênea na matriz, e a moldagem, na qual o material toma a forma e dimensão final desejada. As principais técnicas empregadas para aumentar a compatibilidade fibra/matriz são: modificação química da matriz polimérica, modificação do agente de reforço ou utilização de agentes interfaciais de acoplamento. Dentre os tratamentos utilizados nas fibras podem-se citar: tratamento com água quente, tratamento alcalino com hidróxido de sódio (mercerização) e tratamento ácido com ácido clorídrico, ácido nítrico e ácido acético (branqueamento). A coloração final do compósito varia conforme a coloração inicial da fibra, o tipo de tratamento utilizado na fibra e o tempo de mistura (LEÃO, 2012).

A temperatura de processamento é um parâmetro importante de controle, tendo em vista que esta não pode ultrapassar 160°C na presença de oxigênio, pois as fibras podem sofrer termo oxidação levando ao escurecimento e se a temperatura ultrapassar 230°C pode promover a decomposição do material.

As principais aplicações destes compósitos com polipropileno são na indústria automobilística, aparelhos domésticos e elétricos, por exemplo: carcaça de baterias e de lanterna, rotores de ventoinha, carcaças de ventiladores, forros de proteção e guarda-chuvas, bombas domésticas, jogos magnéticos de TV, dentre outros (JAFELICE, 2013). E dentre as possíveis aplicações desses compósitos com poliestireno estão todas as linhas brancas de eletrodomésticos, microcomputadores, aparelhos eletrônicos e guarda-chuvas (BENINI, 2011).

3.2. CONSTRUÇÃO CIVIL

Atualmente, no mercado da construção civil, os painéis cimento-madeira possuem grande importância devido ao seu baixo custo e fácil produção utilizando resíduos de indústrias madeireiras. Neste contexto as fibras do coco são inseridas por se tratarem de resíduos abundantes, com características similares as da madeira e não contribuem para o desmatamento.

As fibras lignocelulósicas, quando misturadas ao cimento, conferem boa trabalhabilidade, resistência a intempéries, fungos e insetos e proporcionam um bom isolamento térmico e acústico. No entanto, por apresentar algumas substâncias inibidoras (hemicelulose, extrativos, açúcares) o desempenho destas fibras pode não ser satisfatório, sendo necessário o tratamento delas para melhorar a aderência na matriz cimentícia (FERRAZ, 2011).

Os tratamentos incluem: pré-tratamento com produtos químicos, adição de aditivos aceleradores da pega, modificação do material lignocelulósico por meio da remoção de substâncias inibidoras da cura do cimento e etc. A produção dos painéis fibrocimento é facilitada pelo fato de não se usar calor na cura do material, tendo em vista as limitações de baixa temperatura de processamento e sensibilidade a efeitos ambientais (variações de temperatura e umidade) das fibras lignocelulósicas, resultando em baixo custo de produção e na redução do peso do produto final utilizando estas fibras.

Estes painéis, quando contém de 5 a 10% do peso em fibras (alta densidade), são utilizados em locais que requerem uma superfície durável e resistente a intempéries, como:

telhados, pisos e tapumes. Quando os painéis são produzidos com uma densidade menor que 5% do peso em fibras, são utilizados onde a absorção sonora e a resistência ao fogo são mais importantes. Estes painéis compostos de material lignocelulósico podem ser utilizados em aplicações estruturais, embora suas propriedades de rigidez e resistência sejam 10% menores que outros painéis estruturais.

O processo de produção inicia-se com o preparo da fibra do coco que é moída, peneirada e tratada. O tratamento pode ser realizado com imersão em água fria, imersão em água quente ou imersão em solução de hidróxido de sódio (NaOH). Após o tratamento a fibra é umidificada, adicionado um agente acelerador da cura (o cloreto de cálcio, por exemplo) e então acrescenta-se o cimento. Em seguida é feita a montagem do painel, a prensagem e a secagem para finalizar o processo de cura (FERRAZ, 2011).

Outra aplicação na construção civil, principalmente em virtude da alta resistência da fibra do coco e da sua grande quantidade de lignina (que atuará como aglutinante na mistura), trata-se da produção de “telhas ecológicas”, que são telhas produzidas com fibras de coco, papel usado e cimento asfáltico para impermeabilizar. O processo de produção consiste em triturar o papel e formar uma polpa com água, misturar esta polpa com as fibras de coco, formar mantas de espessura definida com esta mistura, moldar, secar e impermeabilizar com o cimento asfáltico a 180°C por duas horas (PASSOS, 2005).

3.3. TRATAMENTO DE EFLUENTES

Sérios problemas ambientais têm sido causados pelo aumento das atividades industriais que geram grande quantidade de águas residuárias nos seus processos. Durante o processo de extração do petróleo, por exemplo, ocorre a produção de efluentes com grande quantidade de contaminantes orgânicos e inorgânicos. Se estes efluentes forem lançados ao meio ambiente, sem nenhum tratamento, podem provocar a poluição dos lençóis subterrâneos e do solo (NOGUEIRA, 2011). Por esse motivo, o CONAMA (Conselho Nacional do meio Ambiente), por meio da Resolução 393/07, fiscaliza a concentração de óleos e graxas nos efluentes lançados no meio ambiente, para que as indústrias realizem o tratamento adequado e obedeçam ao critério de concentração de lançamento máxima mensal de 29 mg/L.

No Brasil existem cerca de 38 mil postos de combustíveis, com tanques onde a vida útil de armazenamento é de 25 anos, sendo bastante propícios a vazamentos em virtude de desgastes e corrosões (MIORANZA, 2015). Acidentes envolvendo derramamento de óleo no solo e em corpos hídricos são comuns e bastante preocupantes por comprometer a qualidade do ecossistema. A industrialização vem gerando grandes impactos no meio ambiente, principalmente no que se refere à degradação dos corpos hídricos causada pelo descarte de efluentes contendo óleos e graxas.

A adsorção é um processo de separação no qual determinados componentes (adsorbatos) de uma fase fluida (líquido ou gás) são transferidos para a superfície de um sólido (adsorvente). É, portanto, um fenômeno de superfície em que, à medida que a substância migra para o sólido por transferência de massa, a concentração da mesma no líquido diminui (MIORANZA, 2015). Neste contexto, os estudos que utilizam materiais biodegradáveis como adsorventes ganham grande atenção.

O mesocarpo do coco, por ser um resíduo com grande disponibilidade devido ao alto consumo de coco nas regiões litorâneas brasileiras, é frequentemente estudado para aplicação em diversos setores da indústria, dentre eles a utilização como material adsorvente para tratamento de efluentes.

Outro tipo de resíduo encontrado nos efluentes são os metais pesados, que se forem lançados em excesso nos efluentes podem causar muitas doenças e sérios problemas fisiológicos, já que são cumulativos no corpo humano. Se não forem tratados, os efluentes contendo resíduos de cádmio, cromo, manganês e níquel podem contaminar facilmente os lençóis freáticos e rios, reduzindo a capacidade dos microorganismos de recuperarem as águas por meio da decomposição dos materiais orgânicos (SILVA, 2013). Por esses motivos, é essencial o tratamento adequado dos efluentes para não poluir os corpos d'água.

O tratamento convencional destas águas contendo metais consiste na precipitação química, adsorção, processo de membrana, troca iônica e flotação. Alguns destes processos apresentam elevados custos e outros formam novos poluentes, levando a necessidade de se buscar novas tecnologias para o tratamento destas águas. É neste contexto que a casca do coco verde se insere, por ser uma biomassa residual gerada em grande quantidade no litoral dos centros urbanos, com baixo custo, com capacidade adsorvente de metais e resíduos oleosos (MONTEIRO, 2009).

Cerca de 10% dos resíduos produzidos pelos países desenvolvidos são formados por metais pesados. Estes metais (Cd, Hg, Pb, por exemplo) são tóxicos pois podem bloquear atividades biológicas causando danos irreversíveis em diversos organismos. A tabela 9 apresenta os limites máximos permitidos de metal nos efluentes. Concentrações maiores do que os valores apresentados na tabela 9 tornam o efluente tóxico (ABNT NBR 10004, 2004).

Tabela 9 - Limite máximo de metal no efluente

Metal	Limite máximo no efluente (mg/L)
Arsênio	1,0
Bário	70,0
Cádmio	0,5
Chumbo	1,0
Cromo total	5,0
Fluoreto	150,0
Mercúrio	0,1
Prata	5,0
Selênio	1,0

Fonte: ABNT NBR 10004:2004.

A remoção dos metais pesados dos efluentes envolvendo biomassa baseia-se na bioacumulação, na qual ocorre o metabolismo do metal utilizando energia da biomassa, ou na biossorção, que independe de energia e ocorre por meio de interações físico-químicas podendo ser reversível (PINO, 2005).

A casca do coco verde é composta por grande quantidade de lignina e celulose, como pôde ser visto na *Tabela 5*, que são polímeros associados à remoção de metais pesados e resíduos oleosos em virtude da sua capacidade adsortiva. A adsorção é um processo de transferência de um ou mais constituintes (adsorvatos) de uma fase fluida (adsortivo) para a superfície de uma fase sólida (adsorvente). No processo de tratamento da água residuária, a casca do coco é processada para obtenção do pó que será o adsorvente dos metais e dos óleos (MONTEIRO, 2009).

Estudos demonstram que o processo de adsorção de metais utilizando-se o pó do coco é influenciado pelo pH da água residuária, temperatura, concentração de íons e da biomassa, e que os grupos hidroxila e carboxila presentes na superfície da biomassa são os prováveis sítios ativos responsáveis pela adsorção dos íons metálicos já que, dependendo do pH, encontram-se

dissociados e com carga negativa, tendo assim maior afinidade pelos cátions. Nestes estudos, a eficiência da remoção dos íons cádmio, cromo (III), cromo (VI) foi maior do que a da remoção do arsênio, níquel e zinco, provavelmente pelos primeiros apresentarem maior afinidade com a biomassa devido suas cargas superficiais. Também foi possível obter bons resultados com a remoção de urânio, tório e chumbo utilizando o pó da casca do coco verde como adsorvente (MONTEIRO, 2009) (PINO, 2005).

3.4. SUPORTE DE ENZIMAS

As enzimas são proteínas amplamente utilizadas como catalisadores de reações bioquímicas por reduzirem a energia de ativação da reação. Em virtude da elevada especificidade, compatibilidade com solventes orgânicos e atuação sob condições mais brandas (ambiente) de temperatura e pressão, as enzimas têm como grande benefício a redução do consumo energético e menor formação de subprodutos. A imobilização das enzimas apresenta-se como uma alternativa para reduzir o custo com a obtenção desses biocatalisadores, facilitando a recuperação e reutilização, além de aprimorar a estabilidade e seletividade (BRÍGIDA, 2006).

O método e suporte para imobilização da enzima dependerão das características das enzimas e das condições de uso da enzima imobilizada. Para avaliar a qualidade de um sistema suporte-enzima, deve ser analisada a estabilidade de fixação (a enzima deve estar bem fixa ao suporte), a estabilidade enzimática (a enzima não deve sofrer modificações), a resistência mecânica (o suporte deve resistir a condições desfavoráveis) e a capacidade de carga (o suporte deve fixar elevado número de unidades enzimáticas por área). Os métodos de imobilização de enzimas podem ser por ligação em superfície sólida (adsorção física, covalente ou iônica), confinamento (encapsulamento ou micro-encapsulamento) e ligação cruzada (COELHO, 2008).

A fibra de coco possui área superficial propícia para uso como suporte de enzimas por meio da ligação em superfície sólida, como pode ser observado na Figura 8. No entanto, a fibra de coco natural apresenta impurezas aderidas à sua superfície (resíduos sólidos, ceras e ácidos graxos) que devem ser removidas através de tratamentos com água, ácidos ou bases, para aumentar o rendimento da imobilização da enzima (SILVA, 2000).

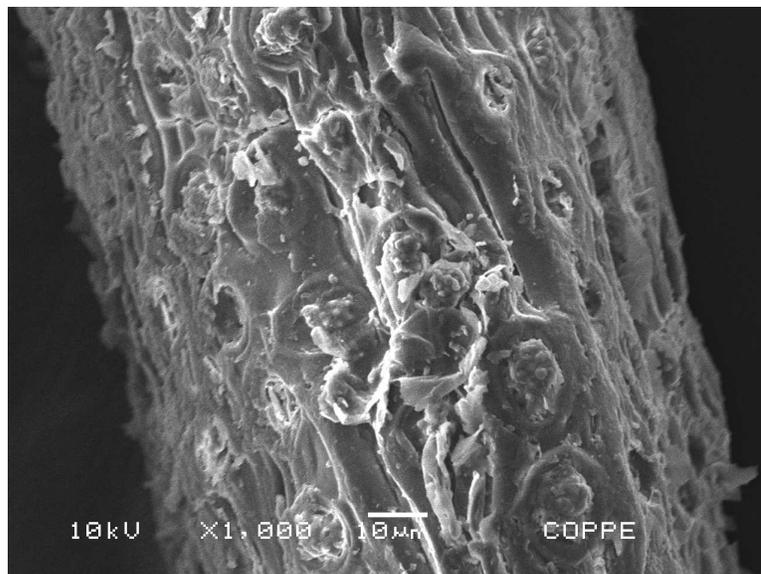


Figura 8 - Microscopia eletrônica de varredura de fibra bruta de coco. (aumento de 1.000 vezes)

O uso da fibra de coco como suporte para imobilização de enzimas nos processos demonstra resultados satisfatórios quanto à eficiência de imobilização e atuação da enzima no processo. Um dos estudos apresentou, por exemplo, 80% de conversão do óleo de macaúba em biodiesel utilizando Lipase B. imobilizada em fibra de coco (NASCIMENTO, 2010) e em outro estudo o biodiesel produzido apresentou alta qualidade em virtude da estabilidade operacional da lipase imobilizada na fibra de coco (SILVA, 2016). Também foi possível obter derivados mais ativos e estáveis da imobilização da enzima laccase na fibra de coco para clarificar o suco de maçã e oxidar os compostos fenólicos (BEZERRA, 2015).

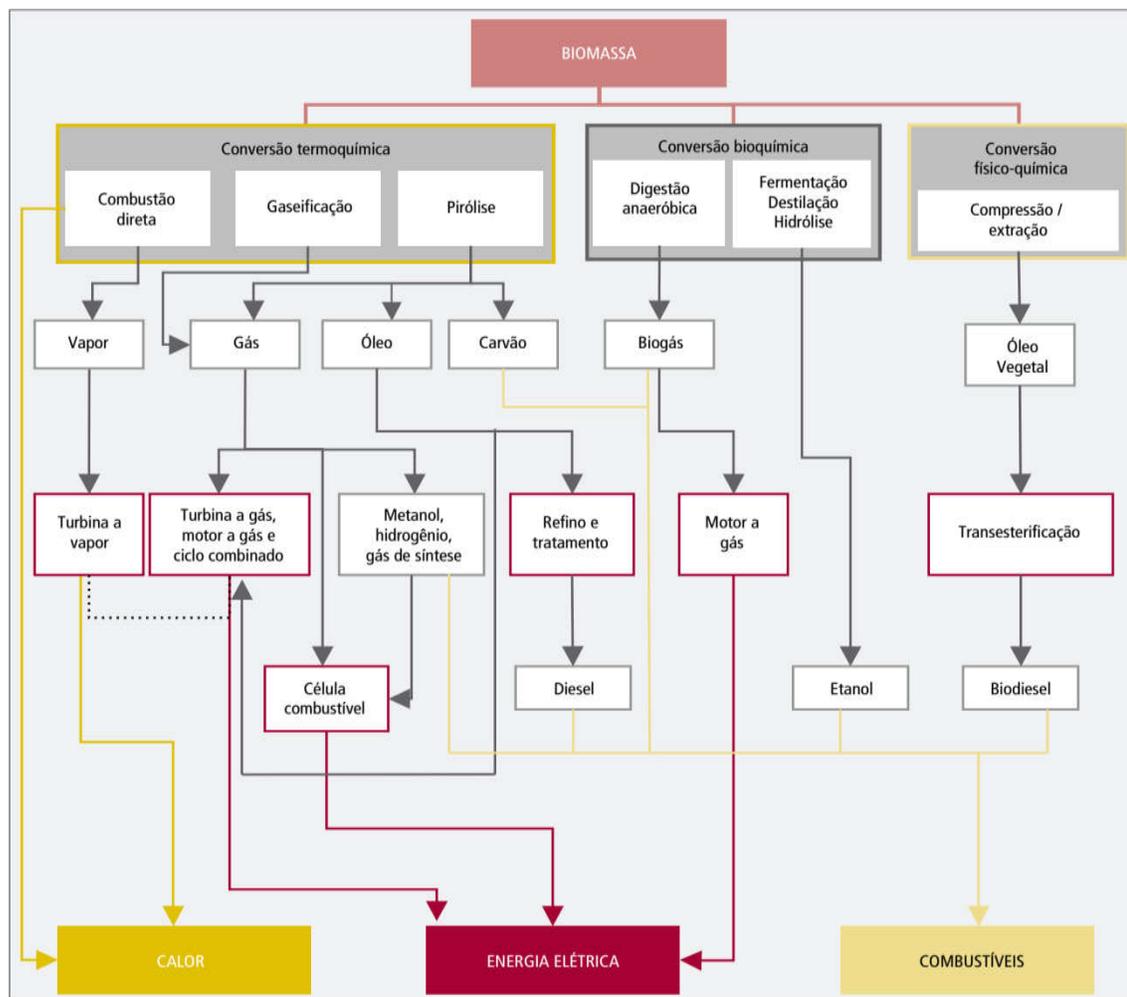
Um importante benefício de utilização da fibra de coco como suporte de enzima é a valorização do resíduo por ser utilizado num processo para economizar energia através da redução da energia de ativação da reação com a atuação da enzima imobilizada na sua superfície.

3.5. FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA

O coco e seus resíduos podem ser convertidos em fonte de energia renovável de diferentes maneiras: produção de carvão vegetal, gases combustíveis e o óleo do coco obtido do endocarpo pode ser utilizado para produzir biodiesel e bioetanol. O carvão pode ser utilizado como fonte de calor e para cozinhar, os gases combustíveis podem ser utilizados em turbinas a

gás para produzir calor e eletricidade, e o biodiesel e bioetanol do coco podem ser utilizados como combustível em geradores para produzir eletricidade (BRADLEY, 2006).

As rotas tecnológicas de conversão da biomassa em energéticos ou matéria-prima podem ser agrupados em três principais ramos fundamentais que se dividem em conversão termoquímica, conversão bioquímica e conversão físico-química, apresentados na *Figura 9*.



Fonte: (MME, 2007)

Figura 9 - Rotas Tecnológicas de conversão energética da biomassa

A conversão termoquímica ocorre quando a energia “quimicamente armazenada” na biomassa é convertida em calor por meio da combustão. A combustão direta, a gaseificação e a pirólise são tecnologias da via termoquímica que se diferenciam pela quantidade de oxigênio

fornecido ao processo. Na combustão direta é fornecido quantidade estequiométrica para a combustão completa da carga de combustível produzindo exclusivamente calor. Na gaseificação é fornecida quantidade de oxigênio não suficiente obtendo-se uma combustão parcial. E na pirólise muito pouco ou nenhum oxigênio é fornecido para a combustão, produzindo produtos sólidos e, assim como a gaseificação, produz matéria-prima para produção de combustíveis líquidos (RENDEIRO, 2008).

A conversão bioquímica da biomassa utiliza processos biológicos e químicos que incluem a digestão anaeróbia, a fermentação/destilação e a hidrólise. A digestão anaeróbia é a degradação da matéria orgânica realizada por microorganismos sem a presença de oxigênio, produzindo principalmente metano e dióxido de carbono. A fermentação/destilação consiste na produção de etanol a partir da fermentação de açúcares e posterior separação e purificação através da destilação. E a hidrólise consiste na quebra das moléculas de celulose em glicose utilizando processo ácido, enzimático ou termoquímico (LORA, 2008).

A conversão físico-química da biomassa trata-se de um processo no qual ocorre a extração dos óleos vegetais através de técnicas de compressão e esmagamento, por exemplo, e posterior transformação química destes óleos utilizando: a reação de esterificação direta, a transesterificação alcoólica e o craqueamento catalítico ou térmico. Na esterificação direta obtém-se ésteres (biodiesel) a partir de ácidos graxos livres e álcoois. A transesterificação alcoólica é a reação dos triglicerídeos com álcoois por via catalítica ácida, básica ou enzimática produzindo ésteres (biodiesel) e glicerina. E o craqueamento catalítico ou térmico consiste da quebra das moléculas do óleo por aquecimento a altas temperaturas (MME, 2007).

A seguir serão apresentados alguns produtos com fins energéticos obtidos a partir de processos de conversão termoquímica, bioquímica ou físico-química dos componentes do *Coco nucifera L.*

3.5.1. Briquetes

Briquete é um carvão ativado obtido a partir do endocarpo lenhoso seco do coco. São pequenas toras (*Figura 10*) resultantes da compactação do resíduo a elevadas pressões. Por possuírem alto poder calorífico, são considerados como carvão ecológico de alta qualidade, podendo substituir o óleo combustível e madeiras em fornalhas. Como vantagem de aplicação,

os briquetes de coco contribuem para o controle do desmatamento e da poluição, já que grande quantidade dos resíduos do coco não seria reaproveitada, não necessita de licenças para comercialização e poluem menos porque produzem pouca cinza, fuligem e fumaça (MATTOS, 2011).



Fonte: Disponível em: <www.biomassabr.com>

Figura 10 - Briquetes de casca de coco

De acordo com PIMENTA (2015), a briquetagem direta de resíduos de cocos secos, particularmente a amêndoa, gerados no espaço urbano é atividade com inegável viabilidade tanto do ponto de vista técnico como do econômico. No Brasil a briquetagem devidamente adaptada às condições locais de cada região, pode se constituir em uma forma eficiente de geração de empregos nas comunidades produtoras, de forma sustentável e ecologicamente correta.

O processo de fabricação de briquete ocorre pela compactação do resíduo de natureza lignocelulósica, por meio da qual é destruída a elasticidade natural das fibras desse resíduo. Este processo é uma forma bastante eficiente de concentrar a energia disponível da biomassa, pois um metro cúbico de briquetes contém duas a cinco vezes mais energia que um metro cúbico de resíduos. (CESAR, 2009)

A fabricação dos briquetes inicia-se após a secagem das cascas de coco ao ar livre por dois meses, depois estas cascas passam pela conversão termoquímica por meio da pirólise, onde são carbonizadas em forno de alvenaria durante dois dias, atingindo uma temperatura média

final de 450°C. A seguir o carvão é triturado em moinho, o pó resultante é peneirado e misturado com aglutinantes (amido de milho e argila, por exemplo). Esta mistura é prensada a uma pressão em torno de 1.500 psi por aproximadamente 4 minutos. Para produzir 3.210 Kg de briquetes, são necessários 25.182 Kg de cascas de coco, uma média de 7,8 Kg de casca de coco para um quilo de briquete produzido, e dependendo das proporções e condições em que for fabricado, o poder calorífico do briquete pode alcançar 4.177 Kcal/Kg (PIMENTA, 2015 e CÉSAR, 2009).

A qualidade dos briquetes é afetada pela qualidade da biomassa, no caso as cascas do coco. Os principais fatores que afetam essa qualidade são a composição, o teor de cinzas e a umidade. A composição é definida pela origem da biomassa. O teor de cinzas é importante porque pode representar custos adicionais ao processo de fabricação de briquetes tanto com relação ao descarte destas cinzas, quanto a danos aos equipamentos com corrosão e incrustações. E quanto menor o teor de umidade da biomassa, melhor é a sua qualidade, pois ao ser queimada, será necessária uma menor quantidade de calor para evaporar a água existente, reduzindo assim as perdas energéticas. O briquete de casca de coco produz menos fumaça, cinza e fuligem devido à baixa umidade e, por esse motivo, a temperatura se eleva. Na tabela 10 verifica-se algumas características do briquete de coco, onde percebe-se o baixo teor de umidade e cinzas e alto poder calorífico (Anuário Biomassa 2012/2013).

Tabela 10 - Características do briquete de coco

Características	Valor
Teor de umidade (% m/m)	10,3
Teor de voláteis (% m/m)	87,09
Teor de cinzas (% m/m)	5,03
Teor de carbono fixo (% m/m)	7,87
Poder Calorífico (Kcal/Kg)	4.300 a 5.000

Fonte: FERREIRA et al., 2016.

3.5.2. Biogás

Biogás é uma mistura gasosa, essencialmente constituída de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), é um combustível resultante da fermentação anaeróbia da matéria orgânica. As características do biogás dependem da pressão, temperatura, umidade, concentração de metano e concentração de gases inertes e/ou ácidos. O seu poder calorífico está diretamente relacionado

à quantidade de metano que é proveniente da decomposição da matéria orgânica por bactérias metanogênicas. (COSTA, 2006)

O processamento da casca do coco para obtenção do pó e da fibra do coco gera em torno de 0,67 m³ de efluente aquoso por tonelada de pó e fibra, este efluente é chamado de licor da casca do coco verde (LCCV). Este licor pode alcançar uma DQO (Demanda Química de Oxigênio) de 60 g/L a 70 g/L (*Tabela 11*), o que o torna atraente para utilização em sistemas de tratamento biológico. No entanto, este efluente também apresenta considerável teor de taninos, cerca de 6 g/L, que são compostos fenólicos que podem causar atividade antimicrobiana. Essa atividade ocorre devido a inativação das enzimas extracelulares, privação de substratos necessários ao crescimento microbiano (complexação com íons metálicos) e interferência direta no metabolismo mediante a inibição da fosforilação oxidativa. (LEITÃO, 2010)

Tabela 11 - Caracterização do licor da casca do coco verde (LCCV)

Variável	Unidade	Metodologia	Nº amostras	Média	Desvio Padrão
DBO5	mg/L	Incubação	2	4,12E+04	-
DQO	mg/L	Espectrofotométrico	60	6,35E+04	12,03E+03
Taninos totais	mg/L	Espectrofotométrico	15	5,95E+03	1,01E+03
Açúcares	mg/L	Espectrofotométrico	2	4,51E+04	-
Alcalinidade Total	mg/L	Potenciométrico	2	1,01E+03	-
Ph	-	Potenciométrico	60	4,91	0,38
Condutividade	mS/cm	Condutivimétrico	2	8,75	-
Amônia	mg/L	Destilação	2	746	-
Nitrito	mg/L	Espectrofotométrico	2	0,42	-
Nitrato	mg/L	Titulométrico	2	66	-
Fósforo Total	mg/L	Espectrofotométrico	2	130	-
Sólidos Totais	mg/L	Evaporação a 105°C	18	6,53E+04	1,24E+03
Sólidos Fixos	mg/L	Volatilização a 550°C	18	6,16E+03	438
Sólidos Voláteis	mg/L		18	5,91E+04	1,29E+03

Fonte: LEITÃO, 2010

O biogás é obtido através da conversão bioquímica no processo de digestão anaeróbia. Este processo visa converter a matéria orgânica em biomassa estabilizada e biogás (metano e

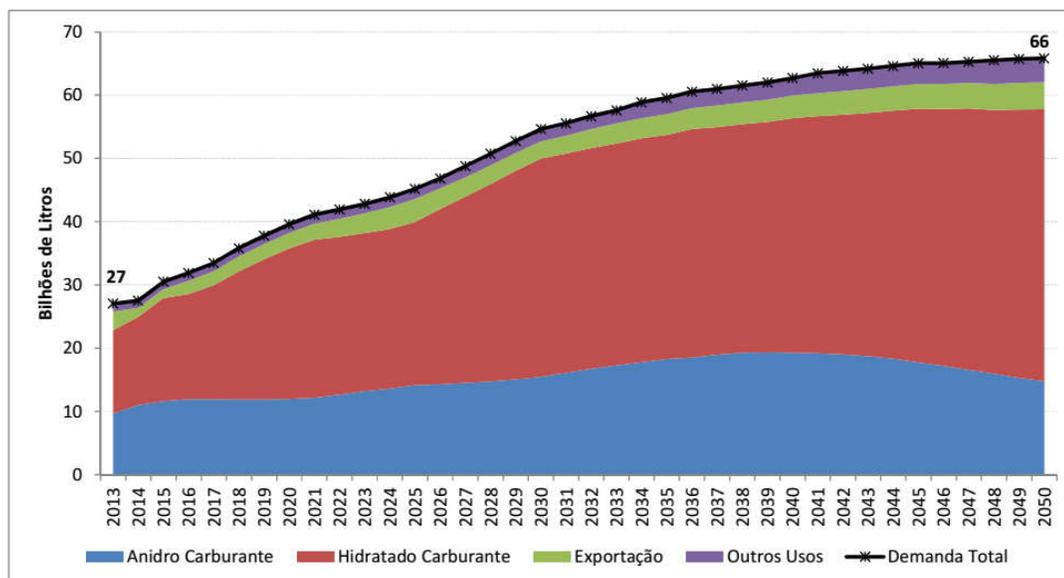
dióxido de carbono), utilizando grupos de microorganismos específicos que agem simbioticamente nas quatro fases do processo: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (CARRILHO, 2012).

Na hidrólise as bactérias fermentativas hidrolíticas excretam enzimas que convertem os materiais orgânicos complexos em moléculas menores. Na acidogênese os produtos da hidrólise são metabolizados no interior das células das bactérias fermentativas acidogênicas sendo convertidos a ácidos orgânicos (acético, propiônico, butírico, láctico), álcoois, gás carbônico, hidrogênio e outros. Na acetogênese ocorre a oxidação dos produtos da acidogênese pelas bactérias acetogênicas gerando hidrogênio, dióxido de carbono e acetato. Na metanogênese as bactérias metanogênicas produzem o metano e o dióxido de carbono através da degradação anaeróbia do produto da acetogênese (CARRILHO, 2012).

Devido a atuação de diferentes tipos de bactérias, o rendimento da digestão anaeróbia é fortemente influenciado pela temperatura, pH, disponibilidade de nutrientes e pela presença de compostos inibidores como os taninos que, por formarem compostos insolúveis, são tóxicos para as bactérias metanogênicas. No entanto observa-se em alguns experimentos que estes taninos podem ser degradados em ambientes anaeróbicos com alta concentração de glicose, explicando que a ocorrência deste fato é devido a glicose agir como doadora de elétrons durante a decomposição anaeróbica deste composto recalcitrante (LEITÃO, 2009).

3.5.3. Bioetanol

Bioetanol é o álcool etílico proveniente do processamento da biomassa. As principais utilizações do bioetanol são como combustível misturado com a gasolina (etanol anidro), ou puro (etanol hidratado). De acordo com informações do site da ANP (Agência Nacional do petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), desde 16 de março de 2015 o percentual obrigatório de etanol anidro combustível aumentou de 25% para 27% na gasolina comum e permaneceu 25% na gasolina *premium*. A expectativa de demanda e produção brasileira de etanol tende a aumentar até 2050, conforme a *Figura 11*, tornando o investimento neste setor bastante atraente (BNDES, 2008; site: www.anp.gov.br).



Fonte: MME, 2016.

Figura 11 - Expectativa de evolução da produção brasileira de etanol no longo prazo

Conforme visto na *Figura 9*, a produção de bioetanol ocorre por meio do processo de hidrólise dos polissacarídeos (celulose e hemicelulose) da fibra pré-tratada e a sua posterior fermentação. A primeira etapa, portanto, consiste no pré-tratamento mecânico da matéria-prima, que visa à limpeza, redução do tamanho e a desorganização da fibra, tornando-a mais acessível aos tratamentos químicos ou biológicos posteriores. Na segunda etapa, a hidrólise propriamente dita, a celulose é convertida em glicose, podendo ser catalisada por ácido, base ou enzimas (celulases). Finalmente, a última etapa do processo trata-se da fermentação dos açúcares a bioetanol. Existe também, a possibilidade de sacarificação (hidrólise) e fermentação simultânea utilizando microorganismos fermentativos apresentando vantagens no rendimento, na produtividade volumétrica de etanol, menor tempo de reação e custo da produção (BNDES, 2008).

I- Primeira etapa – pré-tratamento da fibra do coco

Antes de serem utilizadas, as fibras do coco precisam passar por processos de tratamento devido ao alto teor de lignina, sendo necessária a extração desta lignina para que a celulose e hemicelulose fiquem mais acessíveis para prosseguir com a hidrólise destes polissacarídeos.

A fibra do coco pode ser extraída do mesocarpo por dois processos. No primeiro a fibra é removida do coco verde por maceração, após as cascas ficarem mergulhadas em água para decompor o tecido e facilitar o desfibramento. No segundo, o desfibramento mecânico das cascas do coco secas ou quase secas ocorre em um moinho de martelos (LEÃO, 2012).

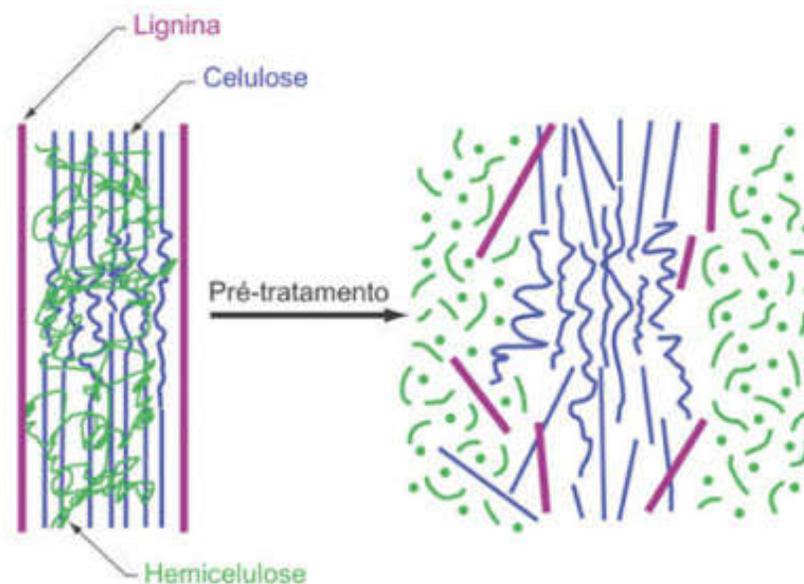
O pré-tratamento da fibra do coco pode ser físico, químico ou combinado (Tabela 12), visando reduzir a cristalinidade da biomassa, aumentar a porosidade e a área superficial da fibra (BNDES, 2008; SANTOS, 2012; GONÇALVES, 2014; SÁTIRO, 2012; SILVA, 2009).

Tabela 12 - Tipos de Tratamento da fibra do coco

Tratamento		Descrição
Físico	Explosão a vapor	A fibra é submetida a aquecimento com vapor saturado a altas temperaturas, seguido de uma súbita descompressão, resultando na fragmentação da fibra.
	Hidrotérmico	A fibra é imersa em água quente a alta pressão (acima do ponto de saturação) para hidrolisar a hemicelulose.
Químico	Hidrólise ácida	Utilizando ácido sulfúrico, clorídrico, ou nítrico, concentrados ou diluídos, resultando na clivagem da hemicelulose e liberando diversos açúcares (principalmente xilose).
	Hidrólise alcalina	Utilizando bases como hidróxido de sódio ou cálcio, resulta na remoção da lignina da fibra diminuindo o grau de polimerização, de cristalinidade e aumentando a porosidade da fibra.
	Organosolv	Utilizando mistura de solvente orgânico (metanol, bioetanol e acetona, por exemplo) com um catalisador ácido (ácido sulfúrico ou ácido clorídrico) resulta na quebra das ligações internas da lignina e da hemicelulose.
Bioquímico	Biológicos	Quando utiliza fungos para solubilizar a lignina. Geralmente é utilizado em combinação com outros processos.
	Enzimáticos	Quando utiliza enzimas para solubilizar a lignina. Geralmente é utilizado em combinação com outros processos.
Combinado	Explosão de vapor catalisada	A adição de ácido sulfúrico ou dióxido de carbono na explosão de vapor pode aumentar a eficiência da hidrólise enzimática, diminuir a produção de compostos inibidores e promover uma remoção mais completa da hemicelulose.
	Afex (ammonia fiber explosion)	Exposição à amônia líquida a alta temperatura e pressão por um certo período de tempo, seguida de uma rápida descompressão.

Fonte: BNDES, 2008; SANTOS, 2012; GONÇALVES, 2014; SÁTIRO, 2012; SILVA, 2009.

A *Figura 12* apresenta esquema do efeito do pré-tratamento aplicado à matéria-prima lignocelulósica, separando as frações de celulose, hemicelulose e lignina para posterior tratamento de hidrólise e obtenção dos açúcares e aromáticos.



Fonte: SANTOS, 2012.

Figura 12 - Efeito do Tratamento da fibra do coco

Na *Tabela 13* são apresentados materiais lignocelulósicos submetidos aos pré-tratamentos que resultaram em melhores percentuais de glicose. O procedimento de tratamento com maior percentual de glicose extraída da fibra do coco maduro foi o tratamento hidrotérmico catalisado com hidróxido de sódio, com 56,44% em peso de glicose livre para ser fermentada (GONÇALVES 2013).

Tabela 13 - Composição da biomassa após os pré-tratamentos

Pré-tratamento	Material lignocelulósico	Glicose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina Klason (%)	Cinzas (%)
<i>In natura</i>	Fibra de coco maduro	32,18	27,81	25,02	3,31
	Casca de coco maduro	29,58	27,76	31,04	4,84
	Casca de coco verde	33,23	29,14	25,44	4,34
	Cactos	38,12	23,50	19,51	6,64

Pré-tratamento	Material lignocelulósico	Glicose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina Klason (%)	Cinzas (%)
Autohidrólise	Casca de coco verde	41,97	8,08	41,29	1,22
Hidrotérmico catalisado com hidróxido de sódio	Fibra de coco maduro	56,44	12,59	13,52	8,30
Organosolv	Cactos	72,67	7,71	4,60	9,20
Peróxido de hidrogênio seguido de hidróxido de sódio	Fibra de coco maduro	51,80	25,81	8,83	2,98

Fonte: GONÇALVES, 2013.

Alguns desses tratamentos necessitam de altas temperaturas e/ou altas concentrações de ácidos, em consequência disso, os açúcares originados podem se degradar formando compostos inibitórios (hidroximetilfurfural e furfural), que interferem no processo de fermentação e hidrólise da biomassa, além da necessidade de trabalhar com equipamentos mais resistentes à corrosão. Por este motivo, ressalta-se a necessidade de realizar um pré-tratamento eficiente em termos de rendimento e funcionalidade, com a redução dos insumos químicos e de energia, a fim de gerar menos compostos inibitórios (SILVA, 2009).

II- Segunda etapa – hidrólise da celulose

Nesta etapa a celulose é convertida em glicose segundo a reação a seguir (equação 1), que pode ser catalisada por ácido diluído, concentrado ou enzimas (celulase).



- Hidrólise ácida: utilizando ácido concentrado ou diluído, esta hidrólise ocorre em dois estágios para sacarificar tanto a hemicelulose quanto a celulose. Primeiramente acontece a hidrólise da hemicelulose, durante o pré-tratamento, no qual ocorre uma quebra das ligações heterocíclicas de éter entre os monômeros das cadeias macromoleculares da hemicelulose, liberando a xilose, a glicose e a arabinose. Caso seja utilizado ácido concentrado no pré-tratamento, também poderá ocorrer a quebra da celulose em glicose. Na segunda etapa, utilizando ácido diluído, são aplicadas temperaturas e pressões altas para otimizar o processo e condições mais brandas, com longos tempos de reação se for utilizado ácido concentrado (BNDES, 2008).

- Hidrólise enzimática: neste processo a reação é catalisada por enzimas chamadas celulasas em condições brandas (pH 4,8 e temperatura entre 45°C e 50°C), sendo, portanto, necessário o ajuste do pH após a etapa de pré-tratamento e a remoção da lignina (utilizando a extração alcalina, por exemplo, com solução de hidróxido de sódio) para aumentar o rendimento de açúcares. As celulasas são misturas de enzimas formadas por endoglucanases, exoglucanases e por β -glicosidase. As endoglucanases atacam regiões de baixa cristalinidade na fibra celulósica, criando cadeias de extremidades livres. As exoglucanases ligam-se nas extremidades (reductoras e não reductoras) das cadeias e geram glicose e celobiose. E a β -glicosidase é responsável por clivar a celobiose produzindo duas moléculas de glicose (SANTOS, 2012).

A *Tabela 14* compara os diferentes processos de sacarificação, mostrando que com a hidrólise enzimática pode ser alcançado maior percentual de açúcares, influenciado, também, pela maior especificidade de atuação das enzimas em relação aos ácidos (BNDES, 2008).

Tabela 14 - Comparação das diferentes opções de hidrólise da celulose

Processo	Insumo	Temperatura (°C)	Tempo	Sacarificação (% m/m)
Ácido diluído	< 1% m/m H ₂ SO ₄	215	3 min	50 – 70
Ácido concentrado	30% - 70% m/m H ₂ SO ₄	40	2–6h	90
Enzimático	Celulase	70	1,5 dia	75 - 95

Fonte: (BNDES, 2008)

O processo com ácido diluído ocorre em menor tempo de reação, porém apresenta um maior gasto energético mantendo a temperatura bem mais alta que os outros processos. A sacarificação com ácido concentrado ocorre em condições mais brandas de temperatura, com percentual mássico de sacarificação de 90%, porém necessita de equipamentos mais resistentes a corrosão e corre o risco de produzir compostos inibidores para o processo de fermentação. Sendo assim, é muito importante analisar o custo-benefício do processo a ser adotado.

III- Terceira etapa – fermentação

A fermentação alcoólica consiste, basicamente, na conversão da glicose em álcool utilizando um microorganismo fermentativo, no qual o resultado final pode ser expresso pela equação de Gay-Lussac (equação 2).



Em virtude de sua característica de fácil assimilação da glicose e celulose de biomassas residuais, a levedura *Saccharomyces cerevisiae* é a mais empregada na fermentação alcoólica. Dentre as bactérias, a mais promissora é a *Zymomonas mobilis*, que tem alta eficiência energética resultando num alto rendimento de etanol (SANTOS, 2012).

A produção do bioetanol pode ser concebida por meio de quatro distintas estratégias (SANTOS, 2012 e SILVA, 2010).

- Hidrólise e Fermentação em Separado (SHF): a hidrólise da biomassa pré-tratada e a fermentação da glicose a etanol ocorrem em unidades separadas fisicamente.
- Hidrólise e Fermentação Simultânea (SSF): a hidrólise enzimática da celulose e a fermentação da glicose ocorrem em uma única unidade. A fermentação dos açúcares provenientes da hemicelulose e a produção das enzimas da hidrólise ocorrem em unidades separadas. Necessário que os microorganismos da fermentação e as celulasas atuem em condições próximas.
- Hidrólise e Fermentação Semi-Simultânea (SSSF): a hidrólise enzimática da celulose e da hemicelulose, assim como a fermentação das pentoses e hexoses ocorrem em uma única unidade. A produção de enzimas da hidrólise ocorre em unidade separada. É necessário um único microorganismo capaz de fermentar ambos açúcares.
- Bioprocesso Consolidado (BPC): além da produção de etanol a partir dos açúcares da hemicelulose e da celulose, a produção das enzimas hidrolíticas também ocorre no mesmo reator por um único microorganismo.

A Tabela 15 apresenta o rendimento de bioetanol produzido a partir da fibra do coco utilizando diferentes microorganismos no processo de SSF e no processo SSSF. O maior rendimento de bioetanol ocorreu com a utilização da levedura *S. cerevisiae* nos dois processos, sendo que no processo SSSF o rendimento foi ainda maior. É importante destacar que o pré-

tratamento utilizado na fibra do coco foi hidrotérmico catalisado com hidróxido de sódio, resultando num maior percentual de glicose disponível conforme observado na *Tabela 15*. (GONÇALVES, 2016)

Tabela 15 - Rendimento da produção de bioetanol da fibra de coco utilizando SSF e SSSF com diferentes microorganismos

Estratégia de condução de Processo	Microorganismo	Rendimento mássico em Etanol (%)
SSF	<i>S. cerevisiae</i>	84,64
	<i>P. stipitis</i>	79,27
	<i>Z. mobilis</i>	81,71
SSSF	<i>S. cerevisiae</i>	89,15
	<i>P. stipitis</i>	85,04
	<i>Z. mobilis</i>	85,65

Fonte: GONÇALVES, 2014.

3.5.4. Biodiesel

De acordo com a *Figura 9*, a produção de biodiesel ocorre através da do triacilglicerídeo em ésteres pelo processo de transesterificação, por exemplo. A reação de transesterificação produz biodiesel e glicerina na reação entre ácidos graxos e álcool. Geralmente, a performance desta reação é influenciada pelo tipo de álcool, a razão molar de álcool e óleo, o teor de ácido graxo e de água livre, a temperatura, o tempo da reação e o tipo de catalisador (ISSARIYAKUL, 2014).

A transesterificação ocorre de maneira mais rápida em presença de catalisador alcalino do que na presença da mesma quantidade de catalisador ácido, além de apresentar menores problemas relacionados à corrosão dos equipamentos. Os álcoois mais utilizados são o metanol, porque é mais barato, isento de água e resulta em um bom rendimento; e o etanol, porque pode ser proveniente de recurso renovável e de baixa toxicidade e o butanol. A desvantagem do etanol, contudo, é a necessidade que este esteja isento de água, assim como o óleo, para evitar que a reação de saponificação seja favorecida, dificultando a separação dos produtos devido a formação de emulsão (DIAS, 2014).

A seguir, a *Figura 13* apresenta a reação reversível de transesterificação de uma molécula de triacilglicerídeo com álcool e produzindo três moléculas de éster e uma de glicerol.

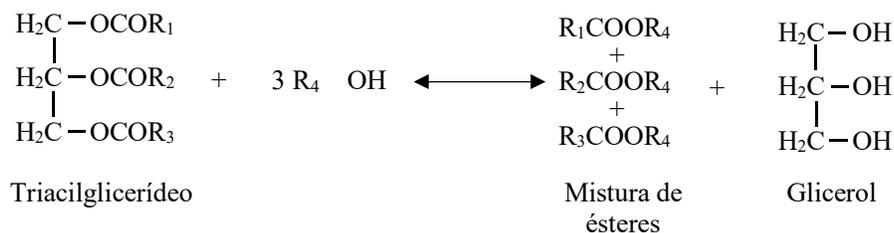


Figura 13 - Reação de transesterificação (GERIS, 2007)

Para reduzir o teor de acidez do óleo, pode-se seguir primeiramente com a reação de esterificação por catálise ácida (Figura 14), evitando que ocorra a reação de saponificação ao reagir um ácido graxo com alto teor de acidez e um catalisador básico numa reação de transesterificação. Os triglicerídeos não convertidos serão submetidos a uma transesterificação por catálise alcalina e convertidos em éster na segunda etapa do processo. Este mecanismo em duas etapas, além de evitar a formação de emulsão, aumenta o rendimento da produção. (ARAÚJO, 2008)

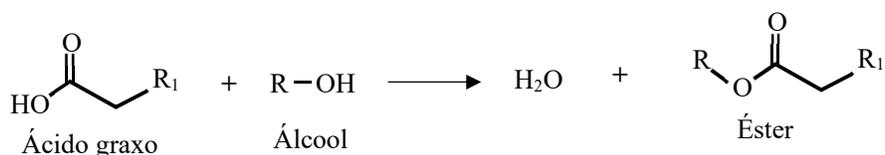


Figura 14 - Reação de esterificação (SUAREZ, 2009)

Outras tecnologias de conversão do óleo vegetal em combustível são: o craqueamento ou pirólise, transesterificação com fluidos supercríticos, transesterificação por catálise enzimática, transesterificação por catálise heterogênea, entre outros (ALVES, 2012).

A transesterificação utilizando fluidos supercríticos pode ser controlada pela variação da temperatura e pressão do sistema, sem a utilização de catalisadores e dispensando a etapa de purificação. O óleo reage com o álcool sob altas pressões e temperaturas, em condições em que a mistura fique na forma fluida. Assim, os triglicerídeos podem ser bem solvatados pelo fluido supercrítico, podendo formar um sistema unifásico. Este método tem sido investigado por ser considerado seguro, rápido, sem causar danos ambientais e o alto custo do equipamento é compensado pela rapidez da reação, melhor rendimento e menor custo de purificação (ARAÚJO, 2008).

A transesterificação enzimática do óleo de coco demonstra ser um processo interessante para a produção de biocombustível, tendo em vista que os processos conduzidos com catalisadores enzimáticos (lipases) são mais eficientes, seletivos, consomem menos energia e produzem menos subprodutos em comparação com os processos catalisados quimicamente. A reação pode ocorrer em reator de tanque agitado (STR), que é facilmente operado de forma descontínua e agitado mecanicamente; em reator de leito fixo (PBR), que devido à alta eficiência é utilizado em reações catalíticas de larga escala, podendo utilizar a enzima imobilizada; em reator de leito fluidizado (FBR), que apresenta alta estabilidade e alta taxa de recuperação dos catalisadores magnéticos; e em bioreator de membrana (MBR), que é empregado para sistemas bifásicos e pode operar continuamente por longo tempo (AKOH, 2007; HAMA, 2013).

A enzima utilizada na reação é formada por grupos polares e apolares, e a conversão do óleo ocorre na interface existente entre os dois meios onde a enzima consegue acessar o substrato e catalisar a reação. Por esse motivo a atividade da enzima é influenciada pela natureza da interface (líquido-líquido, líquido-sólido, líquido-gás), pelas propriedades interfaciais (polaridade da interface) e pela área interfacial (quanto maior a área, maior o número de sítios catalíticos e maior a atividade da enzima). O rendimento deste processo pode alcançar 91% de conversão dos triglicerídeos em ésteres em, aproximadamente, 30 min de reação utilizando etanol. Contudo, tem-se que como uma grande desvantagem deste tipo de processo, a possível inibição de sítios catalíticos causada quando o álcool utilizado é o metanol, sendo necessário utilizar acetatos de metila ou etila para evitar esta inibição (TUPUFIA, 2013; AKOH, 2007).

A Tabela 16 identifica as propriedades físico-químicas do biodiesel de óleo de coco obtido a partir de duas rotas diferentes. Na rota 1 o biodiesel é obtido pelo processo de esterificação seguida de transesterificação e a rota 2 o processo de obtenção é por transesterificação direta.

Por ambas as rotas, é possível alcançar 85-87% de conversão do óleo em biodiesel. As características do produto final são bastante satisfatórias em relação ao Regulamento Técnico N° 3/2014, anexo da Resolução N° 45/2014 da ANP (*Tabela 17*), excetuando-se a elevada acidez do biodiesel obtido na rota 1 e o teor de cinzas maior do que o permitido no biodiesel obtido na rota 2 (ARAÚJO, 2008; ANP, 2014).

Tabela 16 – Propriedades físico-químicas do biodiesel de óleo de coco (Rota 1 – esterificação seguida de transesterificação e Rota 2 – transesterificação direta)

Propriedades	Valores	
	Rota 1	Rota 2
Tensão superficial (dynas/cm)	21,6	22,9
Teor de cinzas, (%)	0,017	0,38137
Ponto de fulgor, (°C)	90	90
Umidade (%)	Nd	Nd
Viscosidade cinemática, (mm ² /s)	2,896	5,264
Densidade, (g/cm ³)	0,85927	0,879959
Acidez, (mg KOH/g)	6,60	0,28
Poder calorífico, (KJ/Kg)	39931,54	38698,44

Fonte: ARAÚJO, 2008

Tabela 17 - Especificação do biodiesel

Característica	Unidade	Limite
Massa Específica a 20°C	kg/m ³	850 a 900
Viscosidade Cinemática a 40°C	mm ² /s	3,0 a 6,0
Teor de água, máx.	mg/kg	200,0
Ponto de Fulgor, min.	°C	100,0
Teor de éster, min.	% massa	96,5
Cinzas sulfatadas, máx.	% massa	0,020
Enxofre total, máx.	mg/kg	10
Sódio + Potássio, máx	mg/kg	5
Cálcio + Magnésio, máx	mg/kg	5
Fósforo, máx.	mg/kg	10
Índice de acidez, máx.	mg KOH/g	0,50
Glicerol livre, máx.	% massa	0,02
Glicerol total, máx.	% massa	0,25
Metanol e/ou Etanol, máx.	% massa	0,20

Fonte: Extrato da Resolução N°45/2014 da ANP

O endocarpo do coco, conforme a *Figura 7*, é a parte marrom externa da copra. Esta parte, normalmente, faz parte dos resíduos do coco, pois a copra tem diversas finalidades de uso (coco ralado, leite de coco, óleo de coco) que não incluem o endocarpo. No entanto, SWAROOP (2016) mostra em seu artigo que o biodiesel obtido da transesterificação do óleo do endocarpo do coco apresenta propriedades similares aos padrões definidos pela Resolução N°45/2014 da ANP (*Tabela 18*), podendo ser tratado como um subproduto do processamento do coco.

Tabela 18 - Propriedades do biodiesel do óleo do endocarpo

Propriedade	Padrão ASTM	Valores avaliados
Viscosidade, (cP)	1,9 – 6	4,05
Densidade, (kg/m³)	575 – 900	832,3
Ponto de Fulgor, (°C)	100 (min.)	124
Índice de acidez, (mg KOH/g)	0,5 (máx.)	0,336
Índice de Saponificação, (mg KOH/g)	120, (máx.)	117,81

Fonte: SWAROOP, 2016

4. METODOLOGIA

4.1. INDÚSTRIAS DE COMERCIALIZAÇÃO DOS PRODUTOS DO COCO

No Brasil o coco é frequentemente consumido em suas diversas formas (*in natura*, água de coco, coco ralado, leite de coco e óleo de coco), em todos os estados do país, principalmente nos litorâneos, que apresentam melhores condições para o cultivo do coqueiro. Para verificar os tipos de produtos de coco mais comercializados, aspectos da produção do coco e dos produtos e análise da destinação dos resíduos, foi realizado um levantamento das principais empresas e indústrias nacionais que comercializam o coco e seus produtos.

A partir dos sites das empresas, foram verificados os principais produtos comercializados, o estado onde ela é sediada e se divulgava alguma informação sobre a destinação dos resíduos.

Essas empresas também foram contactadas via email com um questionário, conforme perguntas a seguir, a respeito do processamento, desde a origem do coco até a destinação de seus resíduos.

- 1- *De onde provém o coco? Cultivo próprio?*
- 2- *Quantidade de coco consumida por dia ou por mês?*
- 3- *Quais são os produtos comercializados?*
- 4- *Quantidade e quais são os resíduos gerados?*
- 5- *O que fazem com estes resíduos?*
- 6- *Realizam algum tipo de beneficiamento energético dos componentes do coco?*

Foi realizado um levantamento das empresas que comercializam produtos de resíduos de coco, visando verificar a variedade destes produtos e os estados de procedência das empresas. Como o briquete de coco é o mais comercializado sob o aspecto energético, e não existem dados sobre comércio exterior desse produto, foi feita uma pesquisa do comércio do briquete de madeira, que pode ser substituído pelo briquete de coco.

A pesquisa sobre dados de quantidade de briquete de madeira produzida, exportada e importada pelo Brasil foi feita pelo Sistema de Análise de Informações de Comércio Exterior (Alice Web) do Ministério da indústria, comércio exterior e serviços.

4.2. PUBLICAÇÕES DE BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS DO COCO

A utilização dos resíduos do coco e efluentes dos processamentos do coco na fabricação de novos produtos ou substâncias com maior valor agregado, tem sido tema de diversas pesquisas, tanto de empresas que comercializam o coco e não tem destinação adequada para seu descarte, como também de muitas instituições de ensino superior. Estas instituições investem na utilização da casca do coco, do endocarpo do coco e dos efluentes do processamento do coco para gerar materiais compósitos, suportes para imobilização de enzimas, materiais adsorventes que auxiliam no tratamento de efluentes, na utilização na construção civil, produção de biodiesel, biogás, bioetanol e carvão vegetal (o briquete).

Neste contexto, foi realizado um levantamento das pesquisas, estudos e prospecção tecnológica, buscando localizar os documentos publicados que utilizem os resíduos do coco em processos de produção. As buscas foram realizadas nas seguintes bases de conhecimento: Scopus, Web of Science, Derwent Innovations Index (DII), Espacenet e Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

Scopus e Web of Science são bases de busca de referenciais com resumos e artigos completos. As bases Derwent Innovation Index e Espacenet são bases para busca de patentes. Estas bases foram escolhidas porque fornecem boas ferramentas de análise dos resultados com planilhas e gráficos. O banco de dados do INPI foi acessado visando a busca de pedidos de patentes depositadas no país.

Inicialmente foram realizadas buscas nas bases Scopus e Web of Science. O levantamento de publicações que utilizam o coco e seus resíduos foi realizado com os termos de busca *Coconut and "Shell or fiber or waste or residue"* (Casca ou fibra ou rejeito ou resíduo), no campo *Title, Abstract and keyword* (título, resumo e palavra-chave) na base Scopus e no campo *Topics* (Tópico) na base Web of Science. Estes termos de busca foram utilizados visando encontrar as publicações sobre o uso de resíduos do coco em qualquer tipo de processo, a partir do ano 2000.

Com os dados obtidos foi possível realizar diversas análises dos documentos encontrados em cada busca. Estas foram avaliadas quanto a evolução anual de publicações referentes aos resíduos de coco, o *ranking* dos países que mais reportam em periódicos

indexados, as instituições que mais publicam e as áreas de pesquisas com maiores investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D).

Como nas bases de conhecimento Scopus e Web of Science não constam as patentes, foi realizada uma pesquisa na base Derwent Innovation Index para verificar o quantitativo de patentes publicadas que utilizam casca, fibra e resíduo de coco. Os termos de busca utilizados foram *Coconut and "Shell or fiber or waste or residue"* no campo *Topics* (Tópico) a partir do ano 2000. Foram analisadas as áreas de conhecimento com mais patentes depositadas e os depositantes de patentes.

4.3. PUBLICAÇÕES QUE UTILIZAM RESÍDUOS DO COCO E BIOCOMBUSTÍVEIS

Visando refinar a busca na área energética, foi realizado um levantamento das pesquisas, estudos e prospecção tecnológica, para localizar os documentos publicados sobre o coco e biocombustíveis como biodiesel, bioetanol, biogás e briquete. As buscas foram realizadas nas bases de conhecimento Scopus e Web of Science.

Com os termos de busca *"coconut"*, *"biodiesel"*, *"bioethanol"*, *"biogas"* e *"charcoal"* no campo *Title-Abstract-Keyword* (Título-Resumo-Palavra-chave) a partir do ano 2000, encontrou-se as publicações sobre coco e biocombustíveis nessas bases de conhecimento. E refinando a busca com os termos *"shell"*, *"waste"*, *"fiber"* e *"residue"* verificou-se o quantitativo de publicações que utilizam os resíduos do coco e biocombustíveis no processo.

Foi avaliada a evolução temporal/anual de publicações sobre resíduos de coco utilizando cada biocombustível: biodiesel, bioetanol, biogás e briquete nas bases Scopus e Web of Science.

Nas bases de patente DII, Espacenet e do INPI com os termos de busca *"coconut"*, *"biodiesel"*, *"bioethanol"*, *"biogas"*, *"charcoal"* e *"briquete"*, verificou-se as patentes depositadas sobre coco e os biocombustíveis.

4.4. ANÁLISE DE PUBLICAÇÕES DE BIOCOMBUSTÍVEIS DE RESÍDUOS DE COCO

Para obter maiores informações sobre processos utilizados nas pesquisas de resíduos de coco e biocombustíveis, alguns estudos foram analisados quanto a características do processo adotado, como tipo de tratamentos das fibras, microorganismos utilizados, estratégias de processamento, etc. Estas publicações foram coletadas de diferentes bases de dados: Scopus, Web of Science, Capes, Espacenet e Google Acadêmico utilizando os termos de busca: *coconut*, *biodiesel*, *bioetanol*, *biofuel*, *biogás*, *charcoal*, *coco verde* dentre outros.

No Apêndice A está pensada a Tabela A que contém o registro das categorias analisadas neste estudo de prospecção para cada documento encontrado.

Na Tabela A estão listadas todas as publicações, dentre elas artigos, teses, dissertações e patentes, o ano, autor, fonte de publicação, título, país de origem, palavra chave para encontrar a publicação e a base de dados em que foi identificada. Com estas informações e dados específicos de cada estudo, foram detalhadas algumas das características de processos de produção de biocombustíveis mais utilizadas com resíduos de coco

4.5. ANÁLISE DE PUBLICAÇÕES DE RESÍDUOS DE COCO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES E SUPORTE DE ENZIMAS

Diante do potencial de adsorção da fibra de coco estudado no subitem 3.3, foi realizado um levantamento das publicações que utilizam o mesocarpo do coco no tratamento de efluentes oleosos. Estas publicações constam no Apêndice A com os termos de busca utilizados para serem encontrados nas bases de conhecimento. Os termos foram “adsorção fibra de coco” e “coconut fiber adsorption” nas bases CAPES e GOOGLE Acadêmico. Nestas publicações foram analisados parâmetros de processo e rendimento de adsorção de óleo pela fibra.

Em virtude da utilização da fibra de coco como suporte de enzimas, foram analisadas publicações sobre esta aplicação verificando os tipos de enzimas e microorganismos imobilizados e a finalidade. As publicações analisadas também constam no Apêndice A com os termos de busca utilizados para serem encontrados nas bases de conhecimento. Os termos de busca foram “enzima fibra de coco”, “coconut enzyme” e “coconut fiber immobilization” nas bases Web of Science e GOOGLE Acadêmico.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ANÁLISE DAS INDÚSTRIAS DE COMERCIALIZAÇÃO DE PRODUTOS DE COCO

5.1.1. Empresas de produtos de coco

Por meio de sites de busca na internet, foram encontradas treze empresas que comercializam produtos de coco (Tabela 19).

Tabela 19 – Endereço das empresas nacionais que comercializam produtos do coco

Empresa	Endereço do site na internet
Aquacoco	< https://www.aquacoco.com.br >
Adel coco	< https://www.adelcoco.com.br >
Cocar Brasil	< http://www.cocarbrasil.com.br >
Cocolândia	< http://www.cocolandia.com.br >
Copra	< http://www.copraalimentos.com.br >
Ducoco	< http://www.ducoco.com.br >
Finococo	< http://www.finococo.com.br >
Itacoco	< http://www.itacoco.com.br >
Kero-coco	< http://www.pepsico.com.br/kero-coco >
Sococo	< http://www.sococo.com.br >
Vale do Coco	< http://www.cocodovale.com.br >
Dikoko	< http://www.dikoko.com.br >
Natucoco	< http://www.natucoco.com.br >

Na Tabela 20 percebe-se que os principais produtos comercializados são a água de coco, o coco ralado e o óleo de coco. Dos estados de procedência das empresas, verifica-se que a maioria é da região nordeste.

Tabela 20 – Produtos de coco comercializados pelas empresas

Empresa	Estado	Produtos comercializados
Aquacoco	RN	Água de coco e doce de coco
Adel coco	CE	Água de coco, coco ralado e óleo de coco
Cocar Brasil	RN	Água de coco
Cocolândia	MT	Água de coco, óleo de coco, coco ralado

Empresa	Estado	Produtos comercializados
Copra	AL	Coco ralado, leite de coco, doce de coco e óleo de coco
Ducoco	CE	Água de coco, leite de coco, coco ralado e óleo de coco
Finococo	BA	Óleo de coco e farinha de coco
Itacoco	CE	Coco ralado desidratado integral
Kero-coco	SP	Água de coco
Sococo	AL/PA	Leite de coco, coco ralado, água de coco e cocada cremosa
Vale do Coco	PB	Água de coco, leite de coco, coco ralado
Dikoko	CE/PE	Coco ralado, coco congelado, água de coco e óleo de coco
Natucoco	CE	Água de coco e óleo de coco

Analisando-se o site dessas empresas (Tabela 19), das que continham informações sobre cultivo, cerca de 80% cultiva o próprio coco que consome. Quatro empresas (Adel coco, Aquacoco, Sococo e Dikoko) divulgam no site informações sobre a destinação de seus resíduos, e afirmam reutilizá-los em seus próprios processos de produção como: energia térmica, ou substrato agrícola nos cultivos, e/ou venda da fibra gerada para empresas que confeccionam telhas, mantas para contenção de erosão e para fabricação de briquetes.

Do questionário enviado por email para todas as empresas, apenas a Sococo e a Cocolândia responderam. A Kero Coco como resposta notificou que as informações além das que constam no site na internet são confidenciais.

A Sococo é bem maior do que a Cocolândia, enquanto a primeira produz aproximadamente 400 mil cocos por dia, a segunda produz 3 mil por dia. Ambas cultivam o próprio coco que utilizam nos seus produtos e a Cocolândia também compra de terceiros. As duas empresas utilizam o endocarpo do coco como fonte de energia térmica das próprias caldeiras. Na Cocolândia a casca do coco é triturada e utilizada como adubo no solo, na Sococo a casca do coco é triturada para consumo animal e a fibra do coco é vendida para outra empresa para produção de substrato agrícola.

5.1.2. Empresas de produtos do resíduo do coco

Para analisar as empresas que compram os resíduos de coco, foi realizada busca na *internet* e encontradas cinco empresas que comercializam produtos de resíduos de coco (Tabela 21). As empresas utilizam o endocarpo, a fibra e o pó do coco e comercializam principalmente substratos agrícolas, vasos e mantas para contenção de encostas e ornamentação.

Tabela 21 - Empresas nacionais que comercializam produtos de resíduos de coco

Empresa	Estado	Produtos comercializados	Endereço do site na internet
Amafibra	PA	Substrato agrícola	< http://www.amafibra.com.br >
Fibra Top	PR	Compósitos para injeção/extrusão, vasos, chapas estofados para indústria automobilística, mantas, placas termo-acústicas para construção civil e compósitos com termofixos e termoplásticos	< http://www.fibratop.com.br >
Coquim	SP	Substrato agrícola, vaso, utensílios para casa, placa acústica e palmilha de sapato	< http://www.coquim.com.br >
Biococo	CE	Vasos, mantas, fibras de colchão, tapete e substrato agrícola	< http://www.iapacoco.com.br >
Holam Grow	SP	Substrato agrícola	< http://www.fibrasdecoco.com.br >

Analisando-se a comercialização dos resíduos do coco sob o aspecto energético, verificou-se que os briquetes de coco são os mais aplicados. Foram encontradas três empresas que comercializam este produto, a MFRural (site: <http://www.mfrural.com.br>), a LIPPEL (site: <http://www.lippel.com.br>) e a NAC Briquetes (site: <http://www.nacbriquetes.com.br>). Para avaliar o potencial de comercialização dos briquetes de coco, realizou-se uma comparação com a comercialização de briquetes de madeira no site Alice Web (Tabela 22).

Tabela 22 - Produção e comércio de briquetes de madeira

ANO	Produção (ton)	Exportação		Importação	
		Quantidade (ton)	Valor (US\$)	Quantidade (ton)	Valor (US\$)
2012	57.000	6	10.000,00	305	19.000,00
2013	62.000	194	48.000,00	1.160	69.000,00
2014	49.000	6.660	1.409.000,00	454	27.000,00
2015	75.000	24.368	4.361.000,00	367	24.000,00

Fonte: site <www.aliceweb.mdic.gov.br>

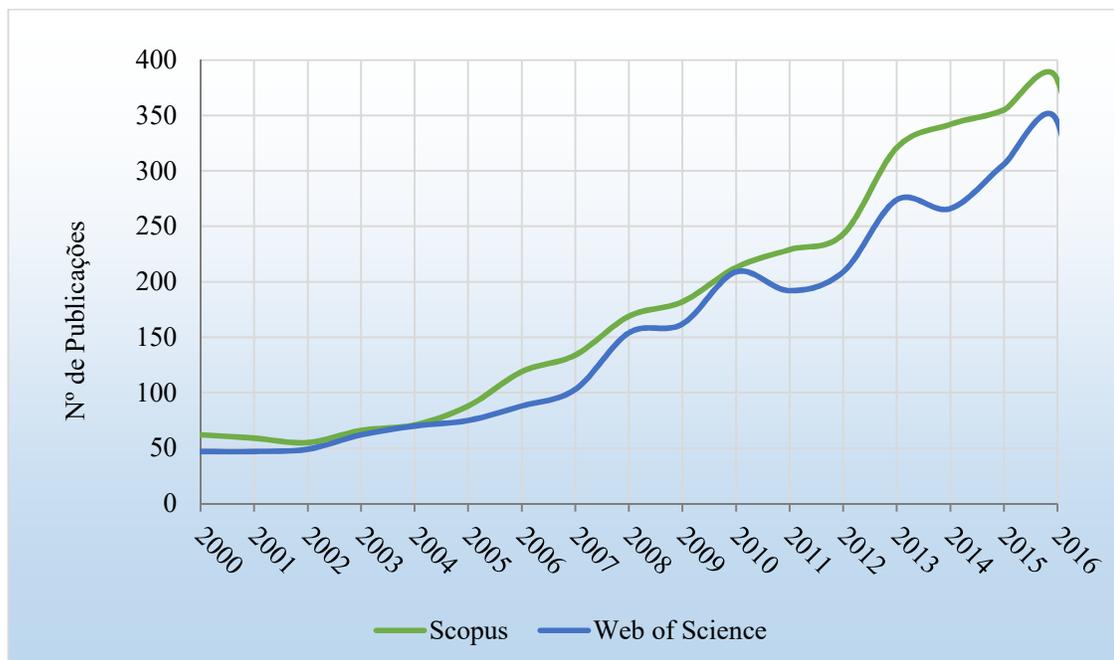
Da Tabela 22, percebe-se que a produção de briquetes de madeira tem aumentado e a importação mantém-se estável com o pico de mais de mil toneladas importadas em 2013. Com relação a exportação, o aumento foi bastante evidente, com 6 ton em 2012 e 24.368 ton de briquete de madeira exportada em 2015. Isso reflete a grande demanda do mercado neste setor e a rentabilidade prevista.

Neste cenário, a inserção do briquete de coco em substituição ao briquete de madeira torna-se promissora, tendo em vista ser considerado um carvão ecológico de alta qualidade. Além de evitar o desmatamento, não necessitar de licenças para comercialização porque beneficia a natureza e poluir menos porque produz pouca cinza, fuligem e fumaça.

5.2. PESQUISAS DE BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS DO COCO

Na busca de publicações que utilizam resíduos de coco, com os termos de busca *Coconut and "Shell or fiber or waste or residue"* a partir do ano 2000, foram encontradas na base Scopus 3.202 publicações e na base Web of Science 2.720 publicações. Cerca de 80% destas publicações são artigos, o restante são capítulos de livro, revisões, resumos, etc.

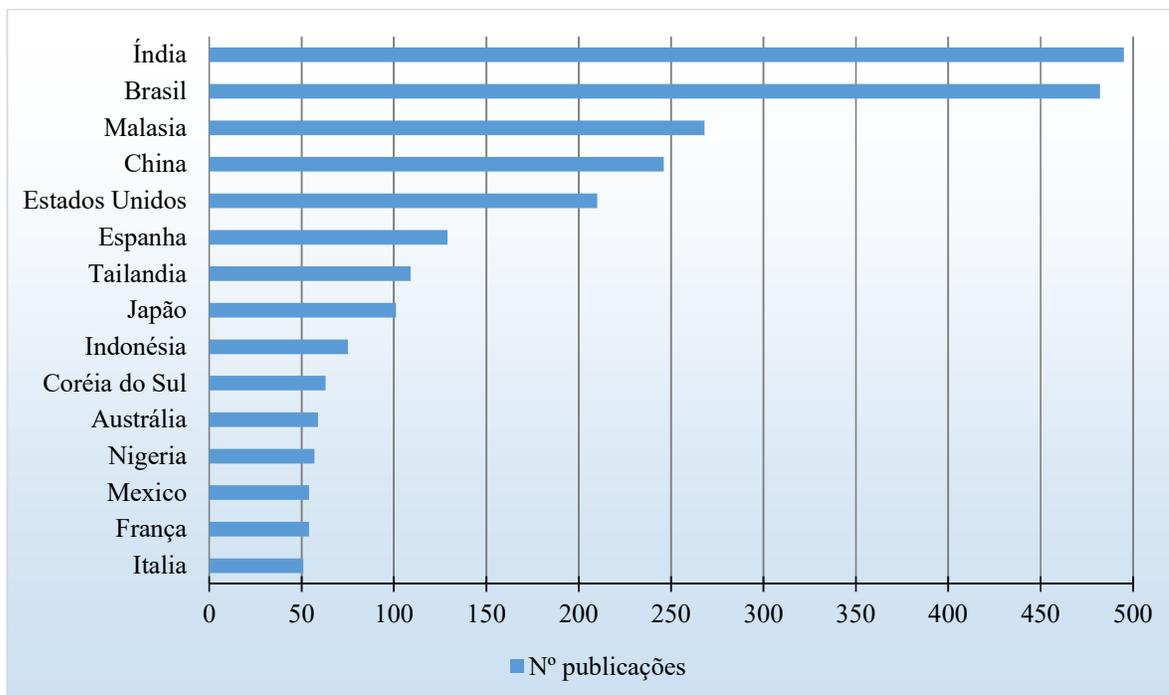
A *Figura 15* apresenta a evolução anual das publicações sobre resíduos de coco encontradas nas duas bases. Percebe-se que a partir de 2004 as pesquisas aumentaram constantemente de forma que, desde 2012, as publicações destes estudos apresentaram crescimento considerável, com maior número de resultados recuperados a partir da base Scopus.



Fonte: base Scopus e Web of Science. Atualizado até 14/04/2017.

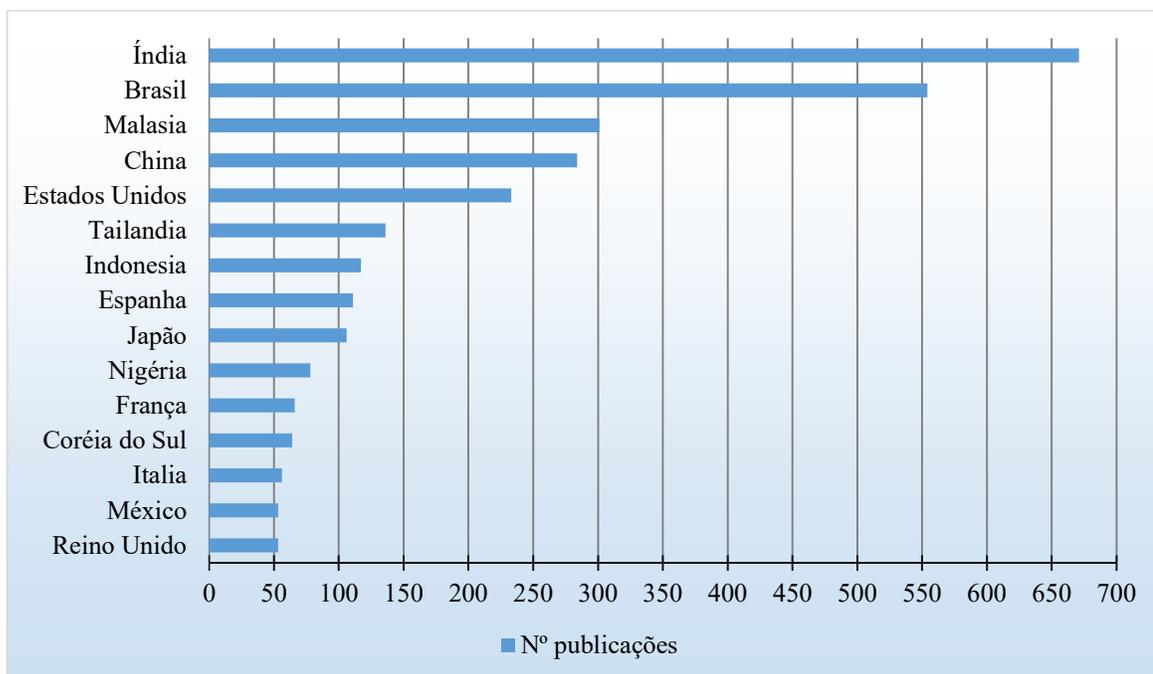
Figura 15 - Evolução Anual das publicações sobre resíduos do coco

As Figuras 16 e 17 mostram os países que mais publicaram estudos envolvendo resíduos de coco nas bases de conhecimento pesquisadas desde o ano 2000. Nota-se que em ambas a Índia e o Brasil lideram o ranking com quase o dobro de publicações do terceiro colocado, e a Malásia, a China e os Estados Unidos, estão entre os cinco países que mais publicaram, todos com mais de 200 trabalhos.



Fonte: base Web of Science. Atualizado até 14/04/2017.

Figura 16 - Ranking dos países com mais publicações na base de dados Web of Science



Fonte: base Scopus. Atualizado até 14/04/2017.

Figura 17- Ranking dos países com mais publicações na base de dados Scopus

A *Tabela 23* mostra as organizações que mais publicaram pesquisas utilizando resíduos do coco. Foram mais de 200 Instituições que publicaram sobre esse assunto e a maioria foram as Universidades de diversos países. Nesta tabela é possível verificar que as dez organizações listadas no *ranking* são responsáveis por mais de 15% do total de publicações de cada base de dados, demonstrando que o Brasil, por estar representado por pelo menos cinco organizações dentre as dez primeiras que publicaram, tem investido bastante nesta área. Cinco universidades brasileiras aparecem no *ranking* das dez que mais publicaram estudos utilizando resíduos de coco, além da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

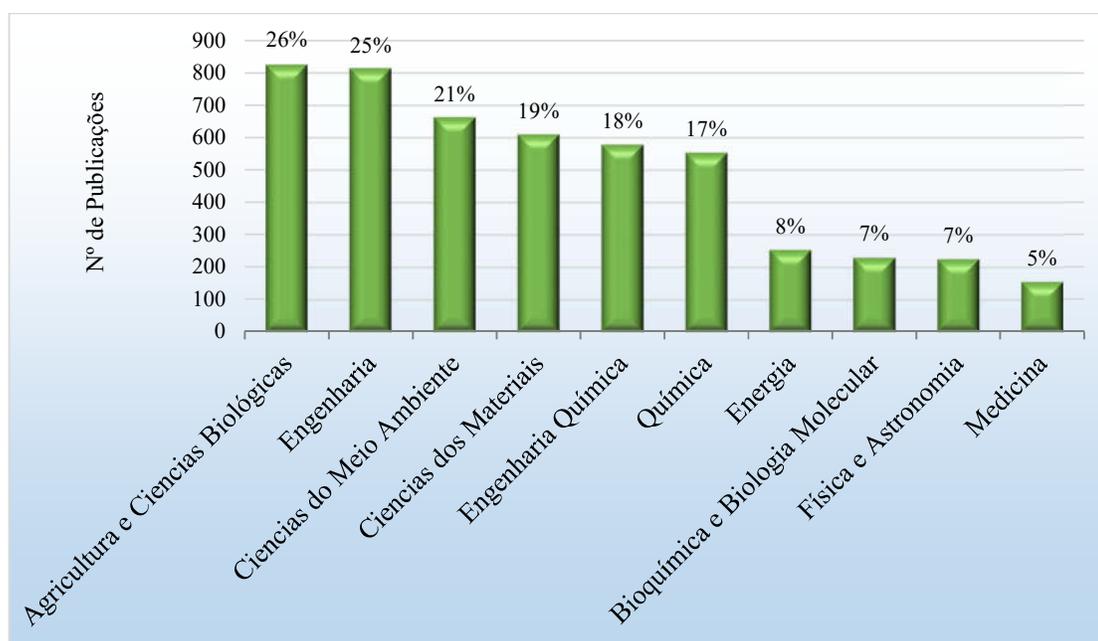
Tabela 23- Ranking das organizações que mais publicaram nas bases Scopus e Web of Science

Ranking	Scopus		Web of Science	
	Organização	Nº publicações	Organização	Nº publicações
1º	Universidade Estadual Paulista	58	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	69
2º	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	56	Universiti Sains Malaysia	67
3º	Universidade Federal do Ceará	54	Council of Scientific Industrial Research India	65
4º	Universiti Sains Malaysia	52	Universidade Federal do Ceará	59
5º	Universiti Teknologi Malaysia	50	Universidade Estadual Paulista	47
6º	Universidade de São Paulo	48	Indian Institute of Technology	41
7º	Universiti Putra Malaysia	45	Universiti Teknologi Malaysia	40
8º	Universidade Federal do Rio de Janeiro	38	Universidade de São Paulo	39
9º	Universidade Federal do Paraná	38	Universiti Putra Malaysia	33
10º	Universiti Malaysia Perlis	38	Universidade Federal do Rio de Janeiro	33
	Total das 10 organizações	477	Total das 10 organizações	493
	Total de publicações da Scopus	3.202	Total de publicações da Web of Science	2.720

Fonte: base Scopus e Web of Science. Atualizado até 14/04/2017.

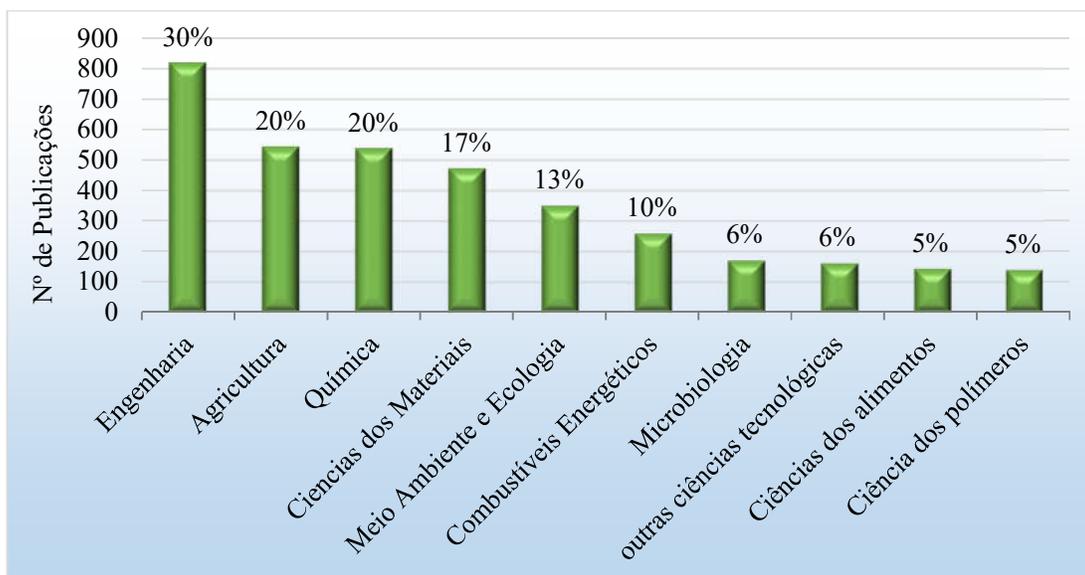
Estas publicações reportam sobre a utilização de resíduos do coco em diversas áreas de pesquisa, desde processos ligados a agricultura, alimentos e engenharia, até materiais, microbiologia e combustíveis. As *Figuras 18 e 19* mostram as principais áreas de pesquisa das

publicações na base Scopus (total de 3.202 publicações) e na base Web of Science (total de 2.720 publicações). Nota-se que o coco tem o seu aproveitamento bastante versátil, na base Scopus (Figura 18) as áreas de pesquisa em destaque foram engenharia (26%), agricultura (25%), meio ambiente (21%) e materiais (19%), e de forma parecida ocorreu na base Web of Science (Figura 19), com destaque nas áreas de pesquisa de engenharia (30%), agricultura (20%), química (20%) e ciências dos materiais (17%). Vale ressaltar que uma mesma publicação pode estar inserida em mais de uma área de pesquisa, abrangendo assuntos multidisciplinares com aplicação do coco.



Fonte: base Scopus e Web of Science. Atualizado até 14/04/2017.

Figura 18 - Áreas de pesquisa das publicações da base Scopus



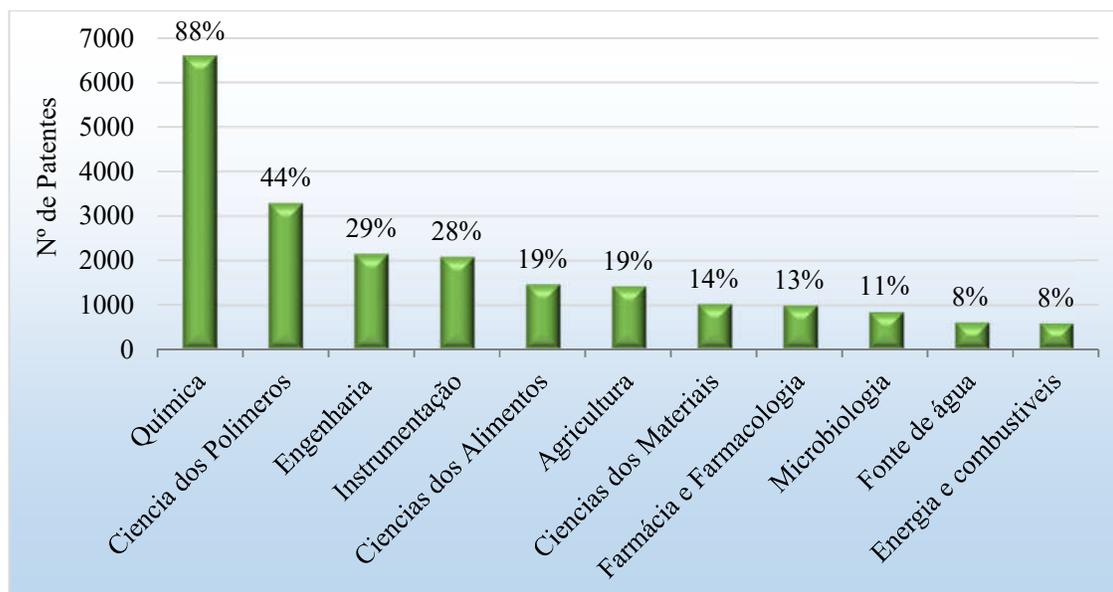
Fonte: base Web of Science. Atualizado até 14/04/2017.

Figura 19 - Áreas de pesquisa das publicações da base Web of Science

A utilização dos resíduos do coco para fins energéticos também é bastante estudada, cerca de 9% das pesquisas realizadas. Considerando que as publicações nessa área estão entre as dez mais publicadas, conforme pode ser visto na Figura 18, na área de pesquisa "Energia", onde 8% das publicações abordam aspectos energéticos utilizando coco, e na Figura 19, na área de pesquisa "Combustíveis Energéticos", em que 10% das publicações versam sobre combustíveis com utilização do coco no processo. Com base neste dado, verifica-se o interesse da utilização do coco em processos energéticos.

Na base de patentes Derwent Innovation Index, com os termos de busca *Coconut and "Shell or fiber or waste or residue"*, foi possível encontrar 7.520 patentes depositadas.

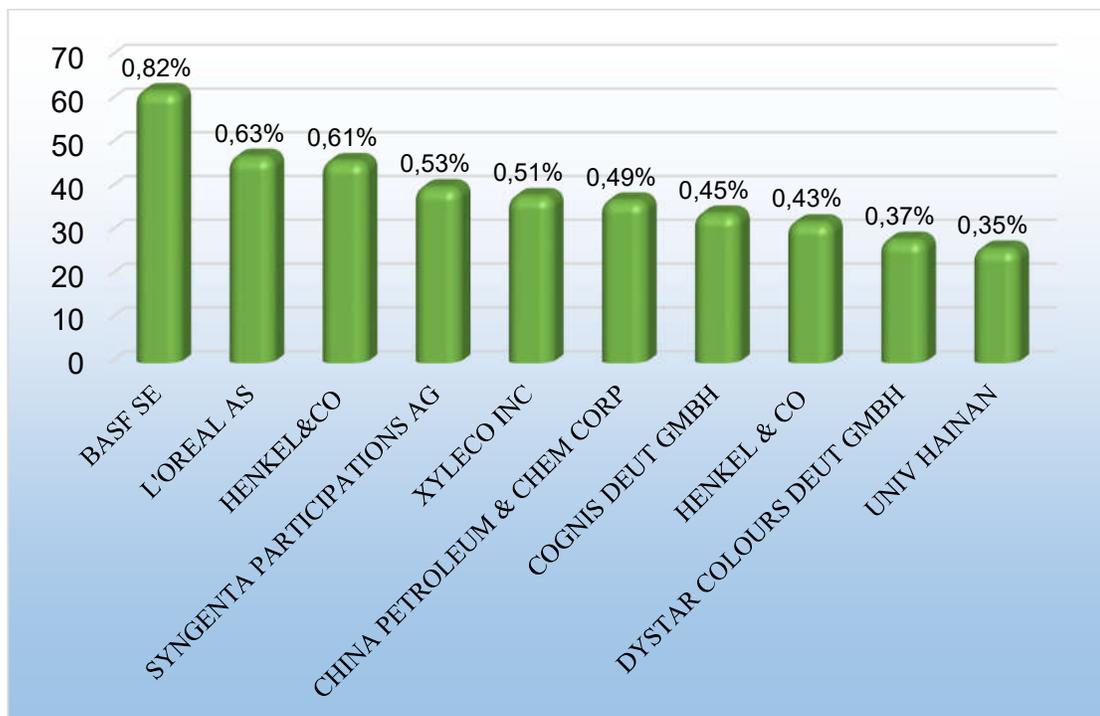
A *Figura 20* mostra as principais áreas de conhecimento das patentes, considerando a multidisciplinaridade de algumas delas. Da mesma forma que nas bases Scopus e Web of Science, 8% das patentes são na área de conhecimento de "Energia e combustíveis" na base Derwent Innovation Index, demonstrando a viabilidade da aplicação do coco no setor energético.



Fonte: base de patentes Derwent Innovation Index. Atualizado até 14/04/2017.

Figura 20 - Áreas de conhecimento das patentes da base Derwent Innovation Index

Cerca de 1.000 organizações registraram patentes utilizando resíduos de coco no processo. A Figura 21 apresenta as dez organizações que mais registraram patentes, e percebe-se que as empresas são as instituições que mais depositam patentes sobre resíduos do coco. Ao contrário do que ocorre com as publicações da Scopus e Web of Science, são as empresas que lideram o *ranking* das que mais depositam patentes, representadas pelas empresas BASF, L'OREAL e HENKEL. Isso demonstra que a utilização dos resíduos de coco nos processos tem sido promissora e rentável.



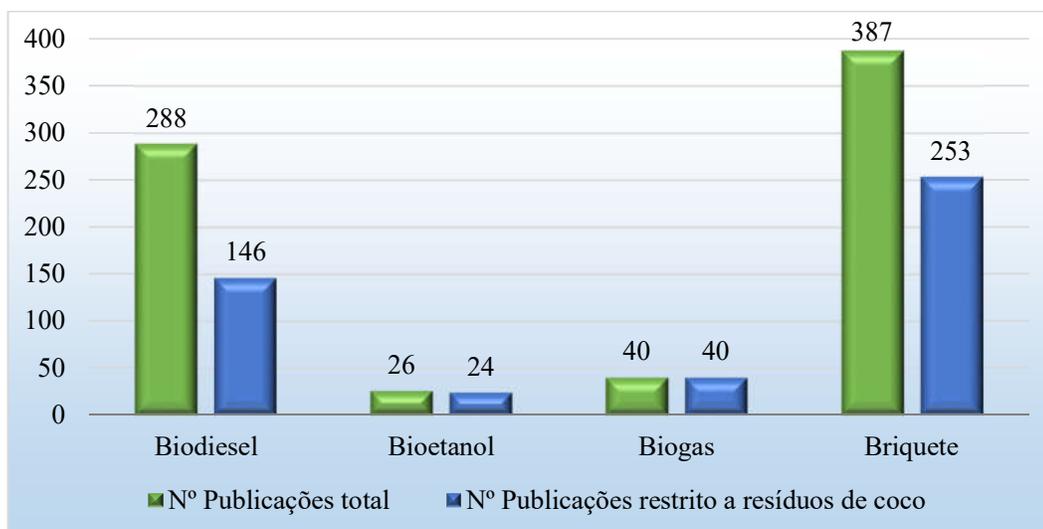
Fonte: base de patentes Derwent Innovation Index. Atualizado até 14/04/2017.

Figura 21- Depositantes de patentes na base Derwent Innovation Index

5.3. PUBLICAÇÕES SOBRE COCO E BIOCOMBUSTÍVEIS

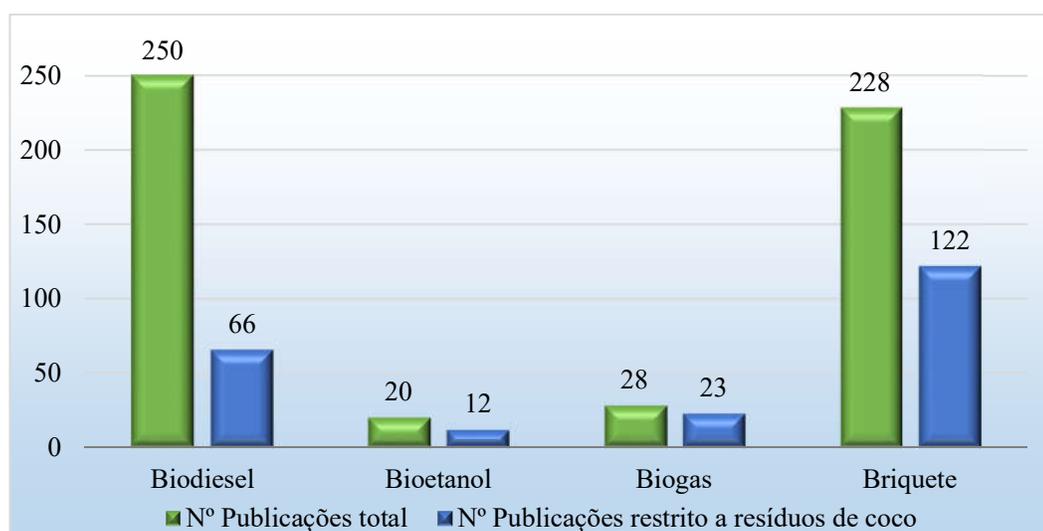
Do refinamento da busca de publicações sobre coco na área energética, foram encontradas 741 publicações na base Scopus sobre resíduos de coco e os biocombustíveis bioetanol, biogás, biodiesel e briquete, e na base Web of Science foram encontradas 508 publicações.

As *Figuras 22 e 23* apresentam o quantitativo de publicações por biocombustível, com e sem a restrição de utilização de resíduos de coco na pesquisa, em cada base de conhecimento.



Fonte base Scopus. Atualizado até 14/04/2017.

Figura 22- Publicações sobre biocombustíveis e coco e publicações sobre biocombustíveis e resíduos do coco da base Scopus



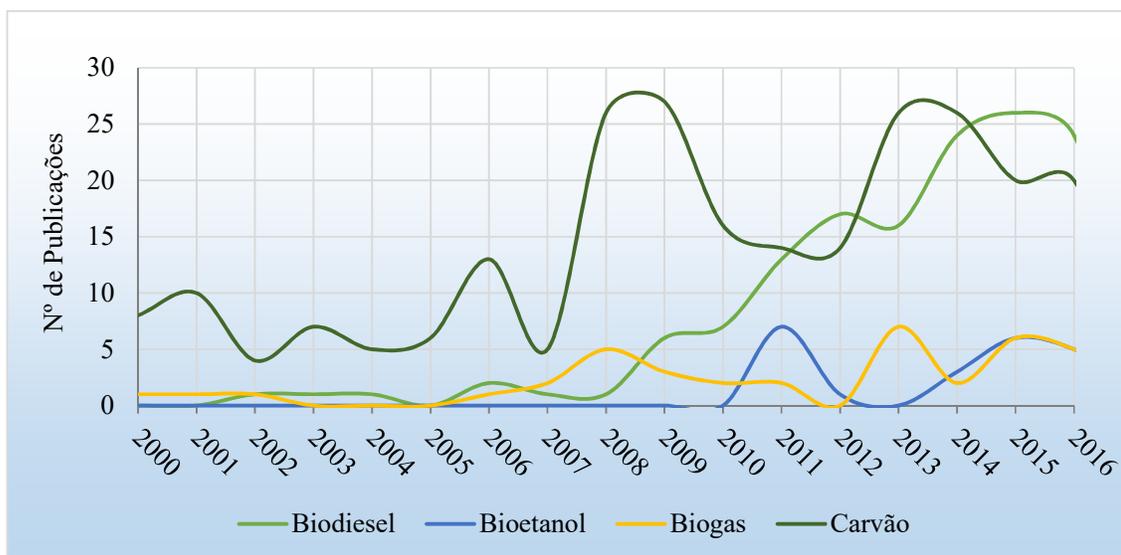
Fonte base Web of Science. Atualizado até 14/04/2017.

Figura 23 - Publicações sobre biocombustíveis e coco e publicações sobre biocombustíveis e resíduos do coco da base Web of Science

Na base de dados Scopus, das 741 publicações encontradas (*Figura 22*), 463 utilizam resíduos (cerca de 62%). O briquete é o biocombustível que tem mais artigos publicados utilizando algum componente do coco no processo. Este combustível é o mais antigo e fácil de ser produzido, dos 387 estudos encontrados na base Scopus com carvão e coco no processo, 253 utilizam casca, fibra ou resíduo de coco (cerca de 65%).

Na base de dados Web of Science o percentual de publicações que utilizam resíduos de coco em relação ao total de publicações de coco e biocombustíveis é menor (Figura 23), do total de 508 publicações encontradas que utilizam coco e biocombustíveis, 223 utilizam resíduos do coco (cerca de 44%) nesta base. Um fato interessante é que mais de 80% das publicações sobre coco e biogás utilizam resíduos, casca ou fibra de coco nas pesquisas. Essa grande utilização de resíduos de coco nas pesquisas (mais de 44%) indica uma preocupação das instituições com a destinação deste material, assim como o interesse de valorização do mesmo.

A *Figura 24* representa a evolução anual de publicações sobre processos de biocombustíveis que utilizam resíduos do coco. As pesquisas envolvendo coco e biodiesel tiveram um grande investimento a partir de 2009. A quantidade de estudos envolvendo carvão oscilaram bastante nos últimos 16 anos, mas sempre existiram e, de uma forma geral, após 2008 as pesquisas sobre coco e biocombustíveis aumentaram, demonstrando o interesse em se utilizar os componentes do coco nos processos de beneficiamento energético.



Fonte: base Scopus e Web of Science. Atualizado até 14/04/2017.

Figura 24 – Evolução anual das publicações sobre resíduos de coco e biodiesel, bioetanol, biogás e carvão

Da busca por patentes sobre biocombustíveis e resíduos do coco nas bases de patentes Derwent Innovation Index (DII), Espacenet e no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), foram encontradas 1.059 patentes conforme Tabela 24 a seguir.

Tabela 24 - Patentes sobre resíduos de coco e biocombustíveis

	Biodiesel	Bioetanol	Biogás	Briquete	Total
DII	87	10	45	528	670
Espacenet	5	0	24	241	370
INPI	3	2	0	14	19
Total	95	12	69	783	1059

Percebe-se na Tabela 24 que o maior investimento de patentes sobre aplicações de resíduos de coco é direcionado a briquetes. O termo bioetanol apresenta um baixo número de dados recuperados. Em termos de tecnologias efetivamente desenvolvidas até o momento, representa um biocombustível promissor para investimentos em inovação tecnológica nos processos com resíduos de coco. Outra informação evidente é a diferença entre o quantitativo de patentes depositadas na DII, Espacenet e INPI. Demonstrando que o fato de uma instituição nacional, como o INPI, ter poucas patentes depositadas sobre esse assunto, sinaliza que as instituições brasileiras não investem muito em tecnologias sobre resíduos de coco e biocombustíveis como os outros países.

5.4. ANÁLISE DE PUBLICAÇÕES SOBRE BIOCOMBUSTÍVEIS DE RESÍDUOS DO COCO

A análise das publicações tem como objetivo avaliar mais especificamente o tipo de processo adotado na produção dos biocombustíveis de resíduos de coco. E percebeu-se que grande parte das publicações não utilizava o *Cocos nucifera L.* e o biocombustível não era o produto e sim o insumo no processo produtivo. Sendo assim, foram selecionadas 60 publicações, dentre artigos, dissertações, teses e patentes, conforme conta na Tabela 25, para serem analisadas.

Tabela 25 –Quantitativo de publicações analisadas sobre biocombustível de diferentes bases de dados classificados por tipo de documento

	Biodiesel	Bioetanol	Biogás	Briquete	Total
Artigos	14	13	10	2	39
Dissertações/Teses	1	3	1	1	6
Patentes	2	3	0	10	15
Total	17	19	11	13	60

Estas 60 publicações utilizam componentes do coco, principalmente resíduos (fibra da casca do coco, pó da casca do coco, licor do processamento da casca do coco, endocarpo do coco) e óleo de coco para produzir o biocombustível. Nas publicações são analisados diversos parâmetros de processos (tipo de tratamento da fibra, catálise do processo, tempo de reação, temperatura, razão molar, rendimento), e alguns deles serão descritos a seguir de acordo com cada tipo de biocombustível.

5.4.1. Publicações sobre biodiesel de óleo de coco

No processo de produção do biodiesel a catálise é um grande influenciador no rendimento. Das 17 publicações analisadas sobre biodiesel, cerca de 40% dos processos utilizaram a catálise alcalina, seguida pela catálise enzimática com 17%, como pode ser visto na *Figura 25*. Os rendimentos alcançados nos trabalhos chegam a 85% de conversão obtendo biodiesel satisfatório de acordo com a Resolução N°45/2014 da ANP.

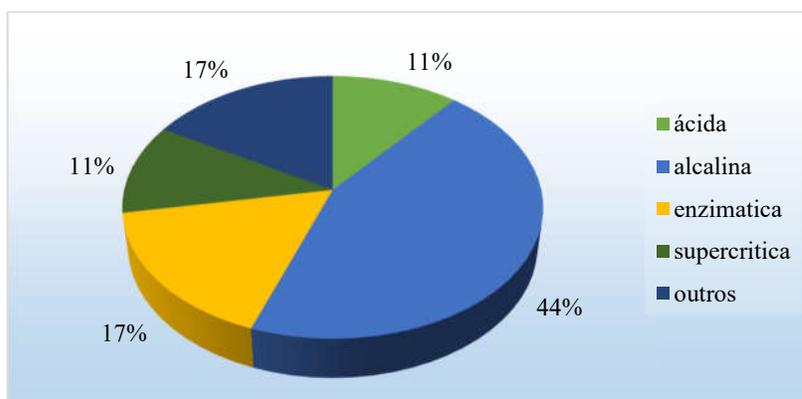


Figura 25- Catálise do processo de produção do biodiesel de óleo de coco

A catálise enzimática aparece como a segunda tecnologia mais investigada, com número significativo de publicações recuperadas, tendo em vista ser uma rota com menor demanda energética, a não ocorrência de reações de saponificação, a facilidade de recuperação do glicerol formado, a redução da quantidade de efluentes gerados e a possibilidade de reutilização das enzimas através do uso destas imobilizadas no processo de transesterificação.

5.4.2. Publicações sobre bioetanol de fibra de coco

O tratamento da fibra do coco para a produção de bioetanol é um fator crítico no que diz respeito à produção de açúcares fermentáveis. Das 19 publicações analisadas sobre bioetanol de coco, três eram patentes que não detalhavam o tipo de tratamento utilizado na fibra, do restante, 41% utiliza hidrólise alcalina para tratar as fibras do coco, conforme *Figura 26*.

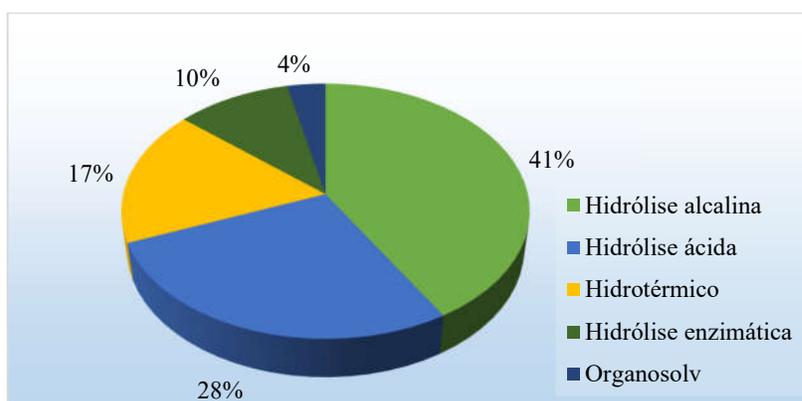


Figura 26 - Tratamento da fibra do coco para produção de bioetanol.

No processo fermentativo para a obtenção do bioetanol, as publicações abordavam três tipos de microorganismos quando a matéria prima é a fibra do coco, sendo que a *Saccharomyces cerevisiae* foi o mais utilizado (*Figura 27*). Duas publicações utilizavam o licor da casca do coco verde (LCCV) e os próprios microorganismos presentes neste líquido para fermentar. A *S. cerevisiae* foi a que apresentou melhor rendimento, em torno de 80-90% de produção de etanol, dependendo da estratégia do processo fermentativo utilizado (*Figura 28*) SHF, SSF e SSSF. Algumas publicações não mencionavam a estratégia do processo fermentativo utilizada.

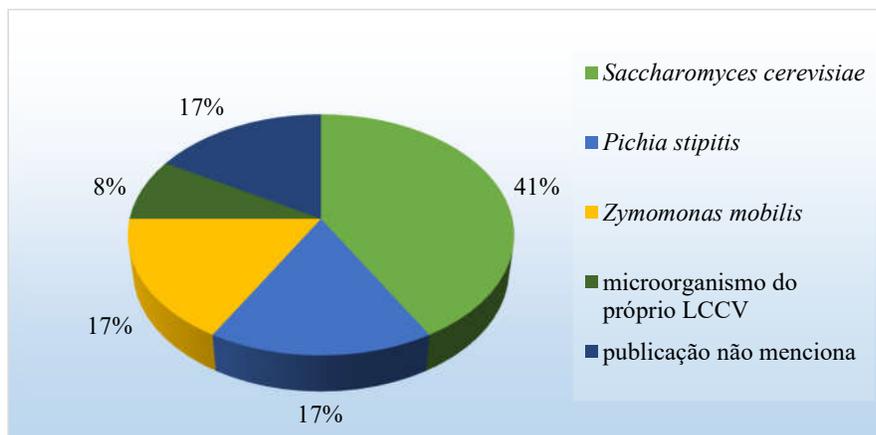


Figura 27 - Microrganismos utilizados na fermentação

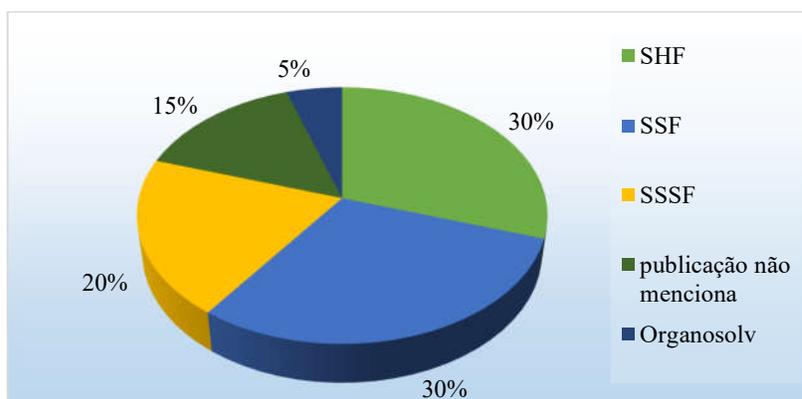


Figura 28 - Estratégias do processo fermentativo: SHF, SSF e SSSF

5.4.3. Publicações sobre biogás do LCCV

As publicações sobre biogás a partir do coco, utilizaram principalmente o líquido proveniente do processamento da casca do coco verde para produzir o biogás por digestão anaeróbia. Essas publicações avaliavam questões diferentes sobre o processo, como a inibição das bactérias metanogênicas pela presença do tanino, e a influência do pH e da DQO no rendimento (LEITÃO, 2009; WHITE, 2011; NEENA, 2007; CHANAKYA, 2015). Um dos trabalhos utilizou esterco de vaca misturado com o resíduo seco da casca do coco para produzir metano (RADHIKA, 1983). Outros autores avaliaram a produção de biogás por meio da gaseificação e incineração do resíduo seco do coco (BITTI, 2009; COUTINHO JR, 2010). Em todos estes processos foi possível obter o biogás, de forma que a digestão anaeróbia do licor do processamento da casca do coco foi o que obteve maior rendimento na produção de metano,

em torno de 90%. O reator de leito fluidizado de fluxo ascendente foi o mais utilizado nas publicações (Figura 29).

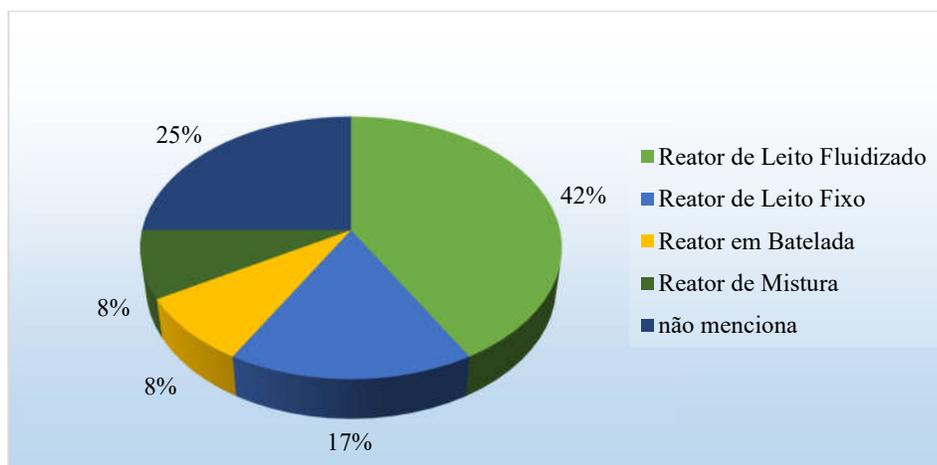


Figura 29 - Tipos de reatores utilizados na produção do biogás de resíduos de coco

5.4.4. Patentes sobre biocombustíveis de resíduos de coco

Da mesma forma que as publicações da Scopus e Web of Science, muitas das patentes encontradas utilizam outros tipos de coco e não o *Cocos nucifera L.*, o biocombustível como insumo e não como produto e não fornecem informações tecnológicas do processo patenteadado. Sendo assim, foram analisadas 15 patentes, 2 sobre biodiesel, 3 sobre bioetanol e 10 sobre briquetes, todas sobre de resíduos do *Cocos nucifera L.*

A Tabela 26 mostra a evolução do quantitativo de patentes depositadas sobre biocombustíveis de *Cocos nucifera L.* Verifica-se desde 1981 existem patentes sobre o assunto, e que 60% delas tem menos de seis anos que foram depositadas, o que demonstra que o investimento neste setor tem aumentado nos últimos anos.

Avaliando-se os países que depositam patentes sobre resíduos do coco e biocombustíveis (Tabela 27), verifica-se que o Brasil investe no setor, com três registros de patentes junto ao INPI. No entanto, a maioria (mais de 60%) das patentes são depositadas pelos países asiáticos.

Tabela 26 - Evolução anual de patentes sobre biocombustíveis de Cocos nucifera L.

Ano	Nº Patentes
2016	2
2015	1
2013	2
2012	1
2011	3
2010	1
2008	1
2004	1
1997	1
1992	1
1981	1

Tabela 27 - Procedência das patentes sobre biocombustíveis e Cocos nucifera L.

Procedência	Nº Patentes
Brasil	3
Coreia do Sul	3
China	2
Índia	2
Estados Unidos	1
Filipinas	1
Japão	1
Taiwan	1
Organização Mundial de Propriedade Intelectual	1

Na *Tabela 28* verifica-se que a maioria das patentes são da base Espacenet e sobre carvão. Destacando as patentes brasileiras depositadas no INPI, percebe-se que cada uma trata sobre um biocombustível diferentes, carvão, bioetanol e briquete, demonstrando que o Brasil investe neste nestes setores para valorizar o resíduo do coco.

Tabela 28 - Relação de patentes sobre produção de biocombustível de coco

Base	Biocombustível	Título
ESPACENET	Carvão	A preparing method of coconut charcoal fiber
ESPACENET	Biodiesel	Method for producing biodiesel by using coconut oil
ESPACENET	Biodiesel	Process for obtaining ester
ESPACENET	Carvão	Charcoal generation with gasification process
DII	Bioetanol	Design and fabrication of equipment to produce bioetanol from coconut water
DII	Bioetanol	Bioethanol production from waste biomass
ESPACENET	Carvão	High capacity coconut shell char for carbono molecular sieves
ESPACENET	Carvão	Fuel oil containing carbonized coconut shell
INPI	Carvão	Processo para produção de carvão vegetal de produto residual obtido durante a produção de fibra de coco
ESPACENET	Carvão	Process for the preparation of biofuel
ESPACENET	Carvão	Solid fuel using coconut charcoal and palm charcoal
INPI	Bioetanol	Processo de hidrólise enzimática sob alta pressão hidrostática a partir de resíduos agroindustriais
INPI	Briquete	Processo de fabricação de briquetes de finos de carvão de resíduos de coco
ESPACENET	Carvão	Boiler using coconut shell fuel
ESPACENET	Carvão	A solid fuel using coconut water

5.5. ANÁLISE DAS PUBLICAÇÕES SOBRE RESÍDUOS DO COCO COMO ADSORVENTE E SUPORTE DE ENZIMAS

5.5.1. Publicações sobre fibra de coco como adsorvente

Em virtude de sua elevada área superficial e dureza, os adsorventes de casca de coco demonstram em diversas publicações (*Tabela 29*) sua eficiência na remoção de compostos orgânicos em um tempo médio de 30-60 min sob temperatura ambiente. Foram encontradas oito publicações, sendo quatro artigos, duas dissertações, um trabalho de conclusão de curso e uma patente que não abordava detalhes de processo. As outras publicações avaliam aspectos sobre utilização do mesocarpo do coco como material adsorvente de óleos, alguns (STÄHELIN, 2015; MIORANZA, 2015; CARVALHO, 2014) testando a reutilização do biosorvente, utilizando solventes (alcançando até 75% de dessorção) ou por aquecimento (alcançando até 95% de dessorção).

Percebe-se, diante dos dados da Tabela 29 que a fibra de coco é um bom adsorvente (~90% de eficiência na adsorção) de gasolina, diesel, biodiesel e efluentes de postos de combustível. Por outro lado, a eficiência de adsorção do óleo de fritura na fibra de coco é baixa, em torno de 12%.

Alguns autores sugeriram, após saturação do adsorvente, que o mesmo fosse utilizado para geração de energia (ALMAGRO, 2015; OLIVEIRA, 2011; NOGUEIRA, 2011). Esta variação do poder calorífico superior (PCS) dos biosorventes após a sorção de diesel e biodiesel foi quantificada, com aumento de 19.226kJ/kg para 24.202 KJ/Kg, sugerindo uma forma de aproveitamento destes resíduos para geração de energia (OLIVEIRA, 2011).

Tabela 29 – Parâmetros do processo de adsorção de óleos das publicações pesquisadas

Publicações	T (°C)	Tempo	Adsorvido	Quantidade Adsorvente	Granulo-metria	Eficiência da adsorção
STÄHELIN, 2015	23	180min	Benzeno e Tolueno	40g/L	18-30 mesh	26-57% B 16-48% T
MIORANZA, 2015	22	80min	Gasolina	0,1g/150mL	18-30 mesh	94%
ALMAGRO, 2015	25	60min	Efluente de posto de combustível	0,2g/100mL	10-28 mesh	~90%
OLIVEIRA, 2011	20-25	60min	Diesel e biodiesel	0,5g/20g de óleo	850-3350 µm	Até 1,5g de óleo/g de adsorvente
CARVALHO, 2014	Ambiente	30min	Gasolina	Camada de 3 mm	10 mesh	98%
NOGUEIRA, 2011	25	20min	Óleo da bacia de Urucu	0,105g	0,1-2 mm	134mg de óleo/g de adsorvente
CATELA, 2015	Ambiente	30min	Ácidos Graxos livres e peróxidos do óleo de fritura	0,5%	10 mesh	12%

Essas publicações demonstram que o tratamento dos efluentes do setor energético pode ser realizado utilizando matéria prima renovável como o mesocarpo do coco, prevenindo a poluição do meio ambiente com esses resíduos óleos e ainda sugerem o emprego desse material adsorvente usado como fonte de energia térmica.

5.5.2. Publicações sobre fibra de coco como suporte de enzimas

A fibra da casca do coco, por ser um material lignocelulósico bastante poroso e com disponibilidade abundante no Brasil, tem sido estudada como suporte para imobilização de enzimas. Foram encontradas sete publicações utilizando a fibra da casca do coco como suporte de imobilização de diferentes enzimas e utilizando diferentes tipos de microorganismos. Na *Tabela 30* estão relacionadas as publicações, os microorganismos utilizados e as enzimas imobilizadas na casca do coco. Em todas estas publicações o método para imobilização da enzima foi o mesmo, por meio da adsorção física sob temperatura ambiente (25-30°C) e pH 5.

Tabela 30 - Microorganismos utilizados e enzimas imobilizadas das publicações pesquisadas

	Microorganismo utilizado	Enzima imobilizada
BEZERRA, 2015	<i>Trametes versicolor</i>	Lacase
BRÍGIDA, 2006	<i>Candida antarctica</i>	Lipase tipo B
NASCIMENTO, 2010	<i>Candida antarctica</i>	Lipase tipo B
BORGIO, 2011	<i>Bacillus subtilis,</i> <i>Agrobacterium tumefaciens,</i> <i>Escherichia coli,</i> <i>Xanthomonas campestris,</i> <i>Staphylococcus aureus,</i> <i>Aspergillus niger,</i> <i>Aspergillus flavus,</i> <i>Metarhizium anisopliae,</i> <i>Azotobacter chroococcum,</i> <i>Rhizopus oryzae</i>	Amylase
OLIVEIRA JÚNIOR, 2016	<i>Penicillium chrysogenum 807</i>	CMCase, Xilanase, Avicase, FPase
PINHEIRO, 2015	<i>Candida antarctica</i>	Lipase tipo B
SOARES, 2014	<i>Aspergillus niger C</i>	Lipase

No artigo de Bezerra *et al.*(2015), a imobilização da enzima lacase na fibra de coco verde possibilitou o clareamento do suco de maçã em 61% e a remoção de 65% dos seus compostos fenólicos, preservando a capacidade antioxidante do suco. Na dissertação de Brígida (2006) comparou-se a lipase imobilizada em fibra de coco por adsorção com a lipase imobilizada por ligação covalente. Lipases tipo B de *C. antarctica* imobilizadas em fibra de coco por adsorção são, potencialmente, bons catalisadores para reações em meio orgânico. Para reações de hidrólise, indicou-se o uso de derivados obtidos a partir da imobilização de lipase tipo B de *C. antarctica* em fibra de coco por ligação covalente a pH 7.

No artigo de Nascimento *et al.* (2010), a enzima lipase B. imobilizada em fibra de coco para síntese de biodiesel a partir de óleo de macaúba apresentou conversão de 80%. Adicionalmente, os autores ressaltaram a simplificação das etapas de separação e purificação do biodiesel em comparação com o processo convencional em virtude da facilidade de recuperação da enzima e da especificidade de atuação. Já no artigo de Oliveira Júnior *et al.* (2016), o desempenho do fungo *Penicillium chrysogenum* cultivado na casca do coco verde para produzir enzimas celulolíticas demonstrou-se bastante promissor com níveis significativos de CMCase, FPase, Avicelase e Xilanase.

Um estudo de imobilização de amilases de diferentes microorganismos na fibra de coco foi registrado no artigo de Borgio *et al.* (2011), demonstrando atividade alta das amilases imobilizadas em comparação com a atividade delas livres, sugerindo a atuação em processos de produção de açúcares fermentáveis.

Estas pesquisas demonstram que a utilização da fibra de coco como suporte de enzimas pode apresentar duplo benefício, tanto com os resultados apresentados na atuação nos processos, facilitando a reutilização da enzima por exemplo, quanto pela valorização do próprio resíduo.

6. CONCLUSÃO

A produção e o consumo de coco no Brasil e no mundo têm aumentado cada vez mais, tanto em sua forma *in natura*, quanto os seus produtos derivados. Esse grande consumo resultou na geração de cerca de 48 milhões de toneladas de resíduos no mundo (80% em peso da produção). Estes resíduos não são totalmente reaproveitados, de forma que são descartados em lixões e aterros, gerando um desperdício de material com potencial valor agregado para diversas aplicações.

Neste cenário, ao analisar os aspectos econômicos da produção de coco, constata-se que, apesar do Brasil ser o 4º maior produtor mundial de coco, a importação (18.767 ton em 2016) tem superado em mais de dez vezes a exportação (1.201 ton em 2016) nos últimos cinco anos. Os estados litorâneos do Brasil são os que mais produzem e consomem coco, e assim, além dos resíduos gerados na própria produção, têm-se também os resíduos gerados do coco importado, aumentando ainda mais a necessidade de investimento em formas de aproveitamento desses resíduos.

Das empresas nacionais pesquisadas que comercializam produtos do coco, verifica-se que 80% delas são dos estados do Nordeste, a maioria comercializa água de coco, óleo de coco e coco ralado, e algumas comercializam produtos obtidos da fibra e do pó do coco, principalmente vasos, substrato agrícola e briquetes. Os resíduos gerados nas indústrias são o mesocarpo e o endocarpo do coco, que são utilizados como alimento para animais, fonte de energia térmica nas próprias caldeiras, substrato agrícola nos próprios cultivos de coqueiro e vendem para outras indústrias que utilizam estes resíduos em seus processos de produção.

Verificou-se que o briquete de coco tem um mercado consumidor promissor, tendo em vista o seu potencial para substituir o briquete de madeira, já que possui teor de cinzas e umidade e alto poder calorífico. No período de 2012 a 2015 a produção de briquetes de madeira no Brasil aumentou 32% e a exportação saltou de 6 ton para 24.368 ton, demonstrando a rentabilidade da substituição pelo briquete de coco, já que ele não necessita de licença para comercialização e polui menos.

O Brasil é o segundo país com mais publicações sobre coco e a EMBRAPA é a empresa que mais publica sobre esse assunto na base Scopus e Web of Science. Existem cinco

universidades brasileiras no *ranking* das instituições que mais publicam estudos sobre resíduos do coco e biocombustíveis. Mais de 44% das publicações sobre coco utilizam os resíduos no processo. Das publicações sobre coco e biocombustíveis, o briquete é o que apresenta maior percentual (65%) de estudos com de resíduos de coco, isto porque a tecnologia para produzir carvão vegetal é mais simples do que produzir biodiesel, bioetanol e biogás.

Durante a análise dos artigos, dissertações, teses e patentes sobre biocombustíveis de resíduos de coco constatou-se que:

- Na produção de biodiesel, 44% das publicações utilizam catálise alcalina;
- Na produção de bioetanol, 41% das publicações utiliza a hidrólise alcalina no tratamento da fibra do coco, o microorganismo mais utilizado na fermentação é a *Saccharomyces cerevisiae* (41%) e as estratégias do processo fermentativo mais empregadas são a SHF (31%) e a SSF (32%);
- Na produção de biogás, o reator de leito fluidizado é utilizado em 42% das publicações.

Sobre as patentes analisadas sobre resíduos de coco e biocombustíveis, a maioria provém de países asiáticos e 60% tem menos de seis anos que foram depositadas. O Brasil possui três patentes sobre biocombustíveis de coco depositadas no INPI.

Além dos biocombustíveis, foram analisadas publicações que utilizam os resíduos do coco como adsorventes no tratamento de efluentes (11% dos estudos analisados), para a remoção de compostos orgânicos ou metais. Verificou-se eficiência de até 98% (m/m) de remoção de óleo, apenas o óleo de fritura não demonstrou boa eficiência (12%, m/m) para remoção com fibra de coco.

Algumas publicações que utilizam os resíduos do coco como suporte de enzimas (11% dos estudos analisados) demonstraram a versatilidade e eficiência da aplicação das fibras do coco para catalisar reações bioquímicas, sob condições mais brandas e reduzido consumo energético, de processos de alimentos, combustíveis e produção de enzimas de microorganismos imobilizados na fibra.

Por fim, conclui-se que existem diversas maneiras de se beneficiar de todos os resíduos do coco, seja energeticamente, produzindo materiais, substratos agrícolas ou alimento para animais. O foco evitar o desperdício desse material com alto valor agregado e incentivar o investimento nos diferentes processos de beneficiamento desse resíduo.

7. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

- ❖ Avaliação do investimento em produção de briquetes de coco nos países que mais produzem coco;

- ❖ Análise da viabilidade econômica da produção de biogás a partir do LCCV;

- ❖ Avaliação do investimento na produção de biogás a partir do LCCV nos países que mais produzem coco;

- ❖ Avaliação econômica nacional e mundial da produção e comercialização do briquete de coco;

- ❖ Avaliação do potencial de produção de bioetanol a partir de matéria-prima lignocelulósica comparando a produção no Brasil e nos países que mais produzem bioetanol de segunda geração;

- ❖ Avaliação do uso da lignina na obtenção de resinas fenólicas, adesivos, lignosulfonatos, aromáticos (fenol, tolueno, xileno, benzeno, vanilina) no contexto de Biorrefinarias.

8. REFERÊNCIAS

ADELCOCO, empresa de produtos de coco. Site: <<https://www.adelcoco.com.br>>.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), **Resolução ANP N° 45** de 25 de agosto de 2014.

AKOH, C.C.; CHANG, S.W.; LEE, G. C.; SHAW, J. F. **Enzymatic Approach to Biodiesel production**. Journal of Agricultural and food chemistry. Taiwan, 2007.

ALMAGRO, A. S.; ROCHA, S.M.S. **Aplicação de bioadsorvente de casca de coco verde para o tratamento de efluentes oleosos**. XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, Campinas, 2015.

ALVES, C.T.; **Transesterificação de óleos e gorduras residuais via rotas metílica e etílica utilizando o catalisador Aluminato de Zinco, em presença ou não de CO₂ supercrítico**. Tese de Doutorado da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

AMAFIBRA, empresa de produtos de resíduos de coco. Site: <<https://www.amafibra.com.br>>.

ANUÁRIO BRASILEIRO DAS INDÚSTRIAS DE BIOMASSA E ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Uso Energético da Biomassa e Briquetes de Casca de Coco** p.42-44, 2012/2013. Disponível em: <https://issuu.com/anuariobiomassa/docs/anuario_biomassa_e_energias_renovaveis_2012>. Acesso em: 08 de junho de 2016.

AQUACOCO, empresa de produtos de coco. Site: <<https://www.aquacoco.com.br>>.

ARAGÃO, W. M.; TUPINAMBÁ, E. A.; ÂNGELO, P. C. S.; RIBEIRO, F. E. **Seleção de cultivares de coqueiro para diferentes ecossistemas do Brasil**. Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro, Aracajú, 2010

ARAÚJO, G.S.; **Produção de Biodiesel a partir de óleo de coco** – Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – classificação, Rio de Janeiro, 2004.

AZAMBUJA, W. **Óleo de Coco e o Ácido Láurico**: Óleos essenciais direto do produtor. Disponível em: <<http://www.oleosessenciais.org/oleos-de-coco-e-o-acido-laurico/>>, Acesso em 15 de junho de 2016.

Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES). **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**; organização BNDES e CGEE. Rio de Janeiro, 2008.

BENINI, K.C.C.C. **Desenvolvimento e caracterização de compósitos poliméricos reforçados com fibras lignocelulósicas**: hips/fibras do coco verde e bagaço de cana de açúcar. Dissertação de Mestrado da Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2011.

BEZERRA, T.M.S.B.; BASSAN, J.C.; SANTOS, V.T.O.; FERRAZ, A.; MONTI, R. **Covalent immobilization of laccase in green coconut fiber and use in clarification of apple juice**. Process Biochemistry, Science Direct, São Paulo, 2015

BITTI, M.T.; PERAZZINI, H. SILVERIO, R.J.R; **Avaliação preliminar do aproveitamento da casca de coco verde para co-geração de energia**: um estudo de caso. VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, Brasil, 2009.

BIOCOCO, empresa de produtos de resíduos de coco. Site: <<https://www.iapacoco.com.br>>.

BORGIO, J. F.; **Immobilization of Microbial (Wild and Mutant strains) Amylase on coconut fiber and alginate matrix for enhanced activity**. American Journal of Biochemistry and Molecular Biology, India, 2011

BRADLEY, W.L.; POEL,J.; HUANG, H. **Cocos Nucifera**: An Abundant Renewable Source of Energy – Proceedings of the International Conference on Renewable Energy for Developing Countries, Texas, 2006.

BRÍGIDA, A.I.S.; **Estudo da Imobilização de lipase tipo B de *Candida antarctica* utilizando fibra da casca de coco verde como suporte**. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

CANESIN, E. A.; OLIVEIRA, C. C.; MATSUSHITA, M.; DIAS, L. F.; PEDRÃO, M. R.; SOUZA, N. E. **Characterization of residual oil for biodiesel production**. Electronic Journal of Biotechnology, Science Direct, Paraná 2014.

CAPES. **Portal de Periódicos CAPES**. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>> Acesso em: setembro de 2016.

CARRILHO, N. F. Q. **Valorização de Bio-Resíduos Alimentares por Digestão Anaeróbia Descentralizada** – Caso de Estudo: Campus da FCT/UNL. Dissertação de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa, 2012.

CARVALHO, E. S. **Reuso do mesocarpo de coco na remoção de contaminantes derivados de petróleo presentes em corpo d'água, utilizando sistema de adsorção em leito diferencial**. Trabalho de Conclusão do Curso de Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

CATELA, T. C.; SANTOS, F. B.; MENDES, A. N. F.; ROCHA, S. M. S. **Tratamento do óleo de fritura com fibra de coco para posterior obtenção de biocombustíveis**. XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, Campinas, 2015.

CÉSAR, S.F.; SILVEIRA, M.S.; CUNHA, R. D. A. **Aproveitamento das Cascas de Coco Verde para a Produção de Briquete em Salvador**, uma Alternativa Sustentável para a Destinação de Resíduos do Coco In Natura. V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, Recife, 2009

CHANAKYA, H.N.; KHUNTIA, H.K.; MUKHERJEE, N.; ANIRUDDHA, R.; MUDAKAVI, J.R.; THIMMARAJU, P.; **The physicochemical characteristics and anaerobic degradability of desiccated coconut industry waste water**. Environment Monitoring and Assessment. India, 2015.

CHRISTOPHER, L. P.; KUMAR, H.; ZAMBARE, V. P. **Enzymatic biodiesel: Challenges and opportunities**. Applied Energy, Science Direct, South Dakota, 2014.

COCAR BRASIL, empresa de produtos de coco. Site: <<https://www.cocarbrasil.com.br>>.

COCOLÂNDIA, empresa de produtos de coco. Site: <<https://www.cocolandia.com.br>>.

COPRA, empresa de produtos de coco. Site: <<https://www.copra.com.br>>.

COELHO, M.A.Z; SALGADO, A.M.; RIBEIRO, B.D.; **Tecnologia Enzimática**, Epub Editora, Rio de Janeiro, 2008

COQUIM, empresa de produtos de coco. Site: <<https://www.coquim.com.br>>.

COSTA, D. F. **Geração de energia elétrica a partir do biogás do tratamento de esgoto**. Dissertação de mestrado do Programa de pós-graduação em energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

COUTINHO JR, J.C.M.; OLIVEIRA, N.M.G.A.; **Contribuição para destinação final dos resíduos de coco: Geração de energia a base da casca**. Revista da Ciência da Administração. Brasil, 2010.

DIAS, J. M.; SANTOS, E.; SANTO, F.; CARVALHO, F.; ALVIM-FERRAZ, M.C.M.; ALMEIDA, M.F. **Study of an ethylic biodiesel integrated process: Raw-materials, reaction optimization and purification methods**. Fuel Processing Technology, Science Direct, Portugal, 2014.

DIKOKO, empresa de produtos de coco. Site: <<https://www.dikoko.com.br>>.

DUCOCO, empresa de produtos de coco. Site: <<https://www.ducoco.com.br>>.

ELSEVIER. **Scopus Elsevier**. Disponível em: <<http://www.scopus.com>>. Acesso em: setembro de 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional** – Panorama 2010/2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), **Produção e Comercialização de Coco no Brasil Frente ao comércio Internacional** - Panorama 2014.

ESPACENET. **Espacenet Patent search**. Disponível em: <<http://worldwide.espacenet.com>>. Acesso em: setembro de 2016.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of United Nations Statistics. Disponível em: <<http://fao.org/faostat/en/>>. Acesso em: novembro de 2016.

FERRAZ, J. M. **Produção e propriedades de painéis de fibra de coco verde (Coco nucifera L.) em mistura com cimento Portland**. Dissertação de mestrado em ciências florestais. Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

FERREIRA, A.F.B.; COSTA, A.D.F.; FLORES, L.B.P.; BAIA, R.T.; MORENO, S.O.; MORAIS, M.R.C.; **Caracterização energética da fibra da casca do coco com posterior produção de briquete**, XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Fortaleza, 2016.

FIBRA de coco pode virar remédio. Produção do programa *Como Será?* Rede Globo de Televisão. Edição do dia 26/03/2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/como-sera/noticia/2016/03/fibra-do-coco-pode- virar-remedio.html>>

FIBRA TOP, empresa de produtos de resíduos de coco. Site: <<https://www.fibratop.com.br>>.

FINOCOCO, empresa de produtos de coco. Site: <<https://www.finococo.com.br>>.

GERIS, R.; SANTOS, N.A.C.; AMARAL, B.A.; MAIA, I.S.; CASTRO, V.D.; CARVALHO, J.R.M.; **Biodiesel de soja – reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica**. Química Nova Volume 30 nº5 São Paulo, 2007.

GONÇALVES, F. A.; RUIZ, H. A.; DOS SANTOS, E. S.; TEIXEIRA, J. A.; MACEDO, G. R.; **Hidrólise Enzimática, sacarificação e fermentação simultânea de materiais lignocelulósicos usando *Saccharomyces cerevisiae* CA11** – XIX Simpósio Nacional de Bioprocessos, Foz do Iguaçu, 2013

GONÇALVES, F. A.; RUIZ, H. A.; NOGUEIRA, C. C.; DOS SANTOS, E. S.; TEIXEIRA, J. A.; MACEDO, G. R.; **Comparison of delignified coconuts waste and cactos for fuel-ethanol production by the simultaneous and semi-simultaneous saccharification and fermentation strategies**. Fuel, Science Direct, Natal, 2014

GONÇALVES, F. A.; RUIZ, H. A.; DOS SANTOS, E. S.; TEIXEIRA, J. A.; MACEDO, G. R. **Bioethanol production by *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia stipitis* and *Zymomonas mobilis* from delignified coconut fibre mature and lignina extraction according to biorefinery concept.** Renewable Energy, Science Direct, Natal, 2016

HAMA, S.; KONDO, A. **Enzymatic biodiesel production:** An overview of potencial feedstols and process development. Bioresource Technology, Japan, 2013.

HOLAM GROW, empresa de produtos de resíduos de coco. Site: <<https://www.fibrasdecoco.com.br>>.

HOMERO, V.; **Um anti-inflamatório natural**, FAPERJ, 2015. Disponível em: <<http://www.faperj.br/>>. Acesso em: janeiro de 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) - **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA)**, Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil, Rio de Janeiro, fevereiro/2017.

ISSARIYAKUL, T.; DALAI, A. K.; **Biodiesel from vegetable oils.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, Science Direct, Canadá, 2014.

ITACOCO, empresa de produtos de coco. Site: <<https://www.itacoco.com.br>>.

JAFELICE, D. A. **Caracterização de compósitos de polipropileno reciclado e fibra de coco.** Dissertação de Mestrado da Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2013.

KERO-COCO, empresa de produtos de coco. Site: <<https://www.pepsico.com.br/kerococo>>.

LEÃO, R.M. **Tratamento superficial de fibra de coco e aplicação em materiais compósitos como reforço do polipropileno.** Dissertação de mestrado em ciências mecânicas. Universidade de Brasília, Brasília, 2012

LEITÃO, R. C.; ARAÚJO, A. M.; FREITAS-NETO, M. A.; ROSA, M. F.; SANTAELLA, S. T. **Anaerobic treatment of coconut husk liquor for biogás production.** Water Science and Technology, Fortaleza, 2009.

LEITÃO, R. C.; ARAÚJO, A. M.; SOUSA, O. L.; FREITAS-NETO, M. A.; VIANA, M. B.; BRITO, C. R. F.; SOUSA, A. B.; ROSA, M. F.; PINTO, G. A. S.; SANTAELLA, S. T. **Tratamento Biológico do Líquido da Casca do Coco-Verde.** Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, 2010

LIPPEL, empresa de produtos de resíduos de coco. Site: <<https://www.lippel.com.br>>.

LOIOLA, C.M; **Comportamento de Cultivares de Coqueiro (*Cocos nucifera* L.) em diferentes condições agroecológicas dos tabuleiros costeiros do Nordeste.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2009.

LORA, E.E.S.; CORAL, D.S.O.; ROCHA, M.H.; **Rotas Termoquímica e Bioquímica para biocombustíveis**: Estado-da-arte, oportunidades e desafios para o Brasil. Minas Gerais, 2008.

MATTOS, A.L.A.; ROSA, M.F.; CRISOSTOMO, L.A.; BEZERRA, F.C. CORREIA, D.; VERAS, L.G.C. **Beneficiamento da casca do coco verde**. EMBRAPA, 2011.

MFRURAL, empresa de produtos de resíduos de coco. Site: <<https://www.mfrural.com.br>>.

Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) **Sistema de Análise de Informações do Comércio Exterior** (AliceWeb). BRASIL, disponível em: <<http://alicesweb.mdic.gov.br/>>. Acesso em: fevereiro, 2017.

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

Ministério de Minas e Energia (MME). **Demanda de Energia 2050**. Colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília (EPE), BRASIL, 2016.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Resolução Nº 393**, de 08 de agosto de 2007, Conselho Nacional do meio Ambiente – CONAMA, 2007

Ministério do Meio Ambiente (MMA) **Acordo de Paris**. BRASIL, disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em: dezembro de 2016.

MIORANZA, D.T. **Remoção de gasolina sintética de corpos hídricos utilizando carvão ativado como adsorvente**. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

MONTEIRO, R. A. **Avaliação do Potencial de adsorção de U, Th, Pb, Zn e Ni pelas fibras de coco**. Dissertação de mestrado em Ciências na Área de tecnologia nuclear. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2009.

MOTA, F.A.S; VIEGAS, R.A.; SANTOS, F.F.P.; FURTADO, A.S.A. **A Biomassa do Coco Verde (Cocos nucifera)**. Congresso técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC. Fortaleza, 2015.

NAC BRIQUETES, empresa de produtos de resíduos de coco. Site: <<https://www.nacbriquetes.com.br>>.

NASCIMENTO, R.F.; MARIANO, R.G.B.; BRIGIDA, A.I.S.; ROCHA-LEÃO, M.H.; FREITA, S.P. **Produção de biodiesel a partir do óleo ácido de macaúba usando lipase imobilizada em fibra de coco**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

NATUCOCO, empresa de produtos de resíduos de coco. Site: <<https://www.natucoco.com.br>>.

NEENA, C.; AMABILY, P.S.; JISHA, M.S. **Anaerobic degradation of coconut husk leachate using UASB-reactor**. Journal of Environmental Biology. India, 2007

NETO, N. S.; SANTOS, J. R. M.; MARTINS, J. S.; FREIRE, M. S.; SANTOS, J. C. O. **Caracterização Química e Físico-química do óleo de coco extra virgem** – 5º Congresso Norte-Nordeste de Química, Campus da UFRN, Natal, 2013.

NOGUEIRA, R. T. M.; MOURA, M. C. P. A.; NETO, A. A. D. **Estudo da Viabilidade do emprego de bioadsorventes para a adsorção do óleo da água de produção**. 6º Congresso Brasileiro de P&D em petróleo e gás, Florianópolis, 2011

OLIVEIRA, A. F.; LEÃO, A. L.; CARASCHI, J. C.; OLIVEIRA, L. C.; GONÇALVES, J. E. **Características físico-químicas, energéticas e desempenho da fibra de coco na sorção de óleos diesel e biodiesel**. Revista Energia na Agricultura, Botucatu, 2011

OLIVEIRA JÚNIOR, S.D.; PADILHA, C.E.A.; ASEVEDO, E.A.; PIMENTEL, V.C.; ARAÚJO, F.R.; MACEDO, G.R.; SANTOS, E.S. **Produção de enzimas de *Penicillium chrysogenum* em fermentação semi-sólida usando o bagaço do coco como substrato**. XII Seminário Brasileiro de Tecnologia Enzimática, Rio Grande do Norte, 2016

PASSOS, P. R. A. **Destinação sustentável de cascas de coco (*Cocos nucifera*) verde: obtenção de telhas e chapas de partículas**. Tese de Doutorado da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

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, Santa Maria, 2015.

PINHEIRO, A.D.T.; BRIGIDA, A.I.S.; GONÇALVES, L.R.B.; **Influência do pH no processo de imobilização de lipase em fibra da casca de coco verde**. VI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, Fortaleza, 2015.

PINO, G. A. H. **Biossorção de Metais Pesados utilizando pó da casca do coco verde (*Cocos nucifera*)** Dissertação de Mestrado do Programa de Engenharia Metalúrgica do departamento de Ciências dos Materiais da PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2005.

RADHIKA, L.G.; SESHADRI, S.K.; MOHANDAS, P.N.; **A study of biogás generation from coconut pith**. Journal of chemical technology biotechnology. India, 1983.

RAGHAVAN, K. **Biofuels from coconuts** FACT, 2010.

RENDEIRO, G.; NOGUERIA, M.F.M.; BRASIL, A.C.M.; CRUZ, D.O.A.; GUERRA, D.R.S.; MACÊDO, E.N.; ICHIHARA, J.A.; **Combustão e Gaseificação de biomassa sólida: soluções energéticas para a Amazônia**, Brasília, 2008.

RIBEIRO, L.G.T.; **A Verdade Científica sobre um superalimento funcional denominado óleo de coco**, Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research. São Paulo, 2017.

ROSA, M.F.; MATTOS, A.L.A.; CRISOSTOMO, L.A.; FIGUEIREDO, M.C.B.; BEZERRA, F.C.; VERAS, L.G.; CORREIA, D. **Aproveitamento da casca de coco verde**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, 2009.

SANTACESARIA, E.; VICENTE, G. M.; SERIO, M.D.; TESSER, R. **Main Technologies in biodiesel production: State of the art and the future challenges**. Catalysis Today, ScienceDirect, Napoli, 2012.

SANTOS, D. S. **Produção de etanol de segunda geração por *Zymomonas mobilis* naturalmente ocorrente e recombinante, empregando biomassa lignocelulósica**. Tese de Doutorado da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

SÁTIRO, J. R.; BARROS, P. H. S.; BRANDÃO, M. C. R.; FIGUEIROA, J. A. **Estudo do Potencial da Casca do coco verde para obtenção de etanol lignocelulósico**. VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, Palmas, 2012.

SILVA, G.C.; SOUZA, D.A.; MACHADO, J.C.; HOURSTON, D.J.; **Mechanical and Thermal Characterization of Native Brazilian Coir Fiber**, Journal of Applied Polymer Science Vol 76, United Kingdom, 2000.

SILVA, K. M. D.; REZENDE, L. C. S. H.; SILVA, C. A.; BERGAMASCO, R.; GONÇALVES, D. S.; **Caracterização físico-química da fibra de coco verde para a adsorção de metais pesados em efluentes de indústrias de tintas**. ENGEVISTA, V.15, 2013

SILVA, N. L. C.; **Produção de Bioetanol de Segunda Geração a partir de biomassa residual da indústria de celulose**. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

SILVA, V. F. N. **Estudos de pré-tratamento e sacarificação enzimática de resíduos agroindustriais como etapas no processo de obtenção de etanol celulósico**. Dissertação de Mestrado da Universidade de São Paulo, Lorena, 2009.

SILVA, W.C.; FREITAS, L.; OLIVEIRA, P.C.; CASTRO, H.F.; **Continous enzymatic biodiesel production from coconut oil in two-stage packed-bed reactor incorporating na extracting column to remove glycerol formed as by-product**. Bioprocess Biosyst Eng, São Paulo, 2016.

SOARES, TL.L.D.; KELLY, K.F.S.; BARBOSA, I.R.; SOUSA, F.C.A.; SOUZA, E.F.; AZEVEDO, T.L.; SANTOS, A.A.; GOTTSCHALK, L.M.F.; STEPHAN, M. P.; SILVA, C.M.; BRÍGIDA, A.I.S. **Imobilização de lipase de *Aspergillus niger* por adsorção**. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Florianópolis, 2014.

SOCOCO, empresa de produtos de coco. Site: <<https://www.sococo.com.br>>.

SOUZA, E.S.; BRITO, R.A.; CAMPOS, N.L.F.; RAMOS, D.P.; **Aplicação da fibra de coco no processo de isolamento térmico e acústico**, Revista de gestão sustentável e ambiental. Florianópolis, 2015.

STÄHELIN, P. M. **Remoção de benzeno e tolueno da gasolina automotiva por meio de processo adsorptivo mono e bicomponente**. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SUAREZ, P.A.Z.; SANTOS, A. L.F.; RODRIGUES, J.P.; ALVES, M.B.; **Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: desafios tecnológicos para viabilizá-los**. Química Nova Volume 32 nº3. São Paulo, 2009.

SWAROOP, C.; TENNISON, K.J.; RAMESH, A. **Property testing of biodiesel derived from coconut testa oil and its property comparison with standard values**. India Technical Research Organisation, Thrissur, 2016

TEIXEIRA, S. **Produção de coco: uma viável alternativa de renda** – Disponível em: <www.cpt.com.br>, acesso em 21 de fevereiro de 2016.

THOMSON-REUTERS. **Web of Knowledge (Thomson Reuters)**. Disponível em: <<http://www.webofknowledge.com>>. Acesso em: setembro de 2016.

TOMCZAK, F. **Estudos sobre a estrutura e propriedade de fibras de coco e curauá do Brasil**. Programa de pós-graduação em engenharia e ciência dos Materiais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

TUPUFIA, S.C.; JEON, Y.J; MARQUIS, C.; ADESINA, A. A.; ROGERS, P. L. **Enzymatic conversion of coconut oil for biodiesel production** Fuel Processing Technology, Australia, Sydney, 2013.

VALE DO COCO, empresa de produtos de coco. Site: <<https://www.cocodovale.com.br>>.

WHITE, J. – **Biogas Generation Potential of coconut copra in the anaerobic digestion process**. Dissertação de Mestrado, University of Canterbury, New Zealand, 2011.

APÊNDICE

APÊNDICE A

TABELA A – PUBLICAÇÕES SOBRE APROVEITAMENTO DO COCO

Publicações sobre aproveitamento energético do coco									
Nº	Base de Dados	Palavra-chave	Tipo de Doc.	Ano	Local	Fonte de Publicação	Pesquisador	Produto	Título
1	CAPES	coconut biodiesel	artigo	2010	Thailand	ScienceDirect (Renewable Energy)	Nakpong P.; Woothikanokkhan S.	Biodiesel	High free fatty acid coconut oil as a potential feedstock for biodiesel production in Thailand
2	CAPES	coconut biodiesel	artigo	2010	Brasil	Science Direct (Renewable Energy)	Oliveira J.F.G.; Lucena I.L.; Saboya R.M.A.; Rodrigues M.L.; Torres A. E. B.; Fernandes F. A. N.; Cavalvante C. L.; Parente E. J. S	Biodiesel	Biodiesel production from wast coconut oil by esterification with ethanol: The effect of water removal by adsorption
3	CAPES	coconut biodiesel	artigo	2012	Taiwan	Science Direct (Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers)	Jiang JJ.; Tan CS.	Biodiesel	Biodiesel production from coconut oil in supercritical methanol in the presence of cosolvent
4	CAPES	coconut biodiesel	artigo	2013	Australia	Science Direct (Fuel Processing Technology)	Tupufia S. C.; Jeon Y. J.; Marquis C.; Adesina A. A.; Rogres P. L.	Biodiesel	Enzymatic conversion of coconut oil for biodiesel production
5	CAPES	coconut bioethanol	artigo	2015	Indonesia	International Journal on Advanced Science Engineering Information Technolohy	Jannah A. M.; Asip F.	Bioetanol	Bioethanol Production from coconut fiber using alkaline pretreatment and acid hydrolysis method

Publicações sobre aproveitamento energético do coco									
Nº	Base de Dados	Palavra-chave	Tipo de Doc.	Ano	Local	Fonte de Publicação	Pesquisador	Produto	Título
6	CAPES	coconut bioethanol	artigo	2014	Brasil	Science Direct (Fuel)	Gonçalves F. A.; Ruiz H. A.; Nogueira C. C.; Santos E. S.; Teixeira J. A.; Macedo G. R.	Bioetanol	Comparision of delignified coconuts waste and cactus for fuel-ethanol production by the simultaneous and semi-simultaneous saccharification and fermentation strategies
7	CAPES	coconut biodiesel	artigo	2015	India	Science Direct (Fuel)	Chinnamma M.; Bhasker S.; Madhav H.; Devasia R. M.; Shashidharan A.; Pillai B. C.; Thevannoor P.	Biodiesel	Production of coconut methyl ester (CME) and glycerol from coconut (Cocos nucifera) oil and the funcional feasibility of CME as biofuel in diesel engine
8	CAPES	coconut bioethanol	artigo	2015	Brasil	Science Direct (Industrial Crops and Products)	Gonçalves F. A.; Ruiz H. A.; Santos E. S.; Teixeira J. A.; Macedo G. R.	Bioetanol	Bioethanol production from coconuts and cactus pretreated by autohydrolysis
9	CAPES	coconut bioethanol	artigo	2016	Brasil	Science Direct (Bioresource Technology)	Soares J.; Demeke M. M.; Foulquié-Moreno M. R.; Velde M. V.; Verplaetse A.; Fernandes A. A. R.; Thevelein J. M.; Fernandes P. M. B.	Bioetanol	Green coconut mesocarp pretreated by na alkaline process as raw material for bioethanol production
10	CAPES	coconut bioethanol	artigo	2016	Brasil	Science Direct (Renewable Energy)	Gonçalves F. A.; Ruiz H. A.; Santos E. S.; Teixeira J. A.; Macedo G. R.	Bioetanol	Bioethanol production by Saccharomyces cerevisiae, Pichia stipitis and Zymomonas mobilis from delignified coconut fibre mature and lignin extraction according to biorefinery concept

Publicações sobre aproveitamento energético do coco									
Nº	Base de Dados	Palavra-chave	Tipo de Doc.	Ano	Local	Fonte de Publicação	Pesquisador	Produto	Título
11	GOOGLE acadêmico	coco verde etanol	dissertação de mestrado	2007	Brasil	UFRN (Programa de pós graduação em engenharia química)	Teixeira, R. B.	Bioetanol	Fermentação Alcoólica utilizando líquido de casca de coco verde como fonte de nutrientes
12	CAPES	coconut biogas	artigo	2009	Brasil	Water Science & Technology	Leitão, R. C.; Araújo A. M.; Freitas-Neto, M. A.; Rosa, M. F.; Santaella S. T.	Biogas	Anaerobic treatment of coconut husk liquor for biogas production
13	GOOGLE acadêmico	coconut briquete	artigo	2015	Brasil	Ciência Florestal	Pimenta, A. S.; Santos, R. C.; Carneiro, A. C.	Briquete	Utilização de Resíduos de Coco (Cocos nucifera) carbonizado para a produção de briquetes
14	SCOPUS	coconut bioethanol	artigo	2011	Thailand	Kasetsrat Journal - Natural Science	Vaithanomsat, P.; Apiwatanapiwat, W.; Chumchuent, N.; Kongtud, W.; Sundhrarajun, S.	Bioetanol	The Potencial of Coconut Husk Utilization for Bioethanol Production
15	SCOPUS	coconut bioethanol	artigo	2016	Brasil	Ciência Rural	Cabral, M. M. S.; Abud, A. K. S.; Silva, C. E. F.; Almeida, R. M. R. G.	Bioetanol	Bioethanol production from coconut husk fiber
16	CAPES	coconut bioethanol	artigo	2012	Malaysia	Bioresources.com	Ding, T. Y.; Hii, S. L.; Ong, L. G. A.	açúcares fermentáveis	Comparision of pretreatment strategies for conversion of coconut husk fiber to fermentable sugars
17	GOOGLE acadêmico	coco verde etanol	artigo	2014	Brasil	Centro Paula Souza	Araújo, R. M.; Savogin, T. F.	Bioetanol	Etanol e energia produzidos a partir da casca do coco verde descartado

Publicações sobre aproveitamento energético do coco									
Nº	Base de Dados	Palavra-chave	Tipo de Doc.	Ano	Local	Fonte de Publicação	Pesquisador	Produto	Título
18	GOOGLE acadêmico	coco verde etanol	artigo	2012	Brasil	VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação	Sátiro, J. R.; Barros, P. H. S.; Brandão, M. C. R.; Figueiroa, J. A.	Bioetanol	Estudo do potencial da Casca do Coco verde para obtenção de etanol lignocelulósico
19	GOOGLE acadêmico	coco verde etanol	tese de doutorado	2014	Brasil	RENORBIO - UFRN	Gonçalves, F. A.	Bioetanol	Avaliação do potencial da fibra e casca de coco maduro , casca de coco verde e cacto pré-tratados visando à produção de etanol
20	GOOGLE acadêmico	coconut biogas	dissertação de mestrado	2011	New Zealand	University of Canterbury	White, J.	Biogas	Biogas Generation Potential of coconut copra in the anaerobic digestion process
21	GOOGLE acadêmico	coco verde briquete	dissertação de mestrado	2008	Brasil	Universidade Federal da Bahia	Silveira, M. S.	Briquete	Aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquetes em salvados - BA
22	SCOPUS	coconut biodiesel	artigo	2010	India	Energies (www.mdpi.com/journal/energies)	Kumar, G.; Kumar, D.; Singh, S.; Kothari, S.; Bhatt, S.; Singh, C. P.	Biodiesel	Continous Low Cost Transesterification Process for the Production of coconut biodiesel
23	GOOGLE acadêmico	coco verde etanol	artigo	2016	Brasil	Faculdade SENAI CIMATEC	Ramalho, J. J. A.	Bioetanol	Análise do Potencial de uso da fibra do coco verde (cocos nucifera) para produção de etanol de segunda geração
24	GOOGLE acadêmico	coco verde etanol	dissertação de mestrado	2015	Brasil	Universidade Federal de Alagoas	Cabral, M. M. S.	Bioetanol	Aproveitamento da casca do coco verde para a produção de etanol de segunda geração

Publicações sobre aproveitamento energético do coco									
Nº	Base de Dados	Palavra-chave	Tipo de Doc.	Ano	Local	Fonte de Publicação	Pesquisador	Produto	Título
25	ESPACENE T	coconut biofuel	patente	2015	Índia	SCMS Institute of Bioscience and biotechnology research and development	Mohankumar, C.; Bhasker, S.; Madhav, H.; Devassy, R. M.	Biodiesel	Process for obtaining ester
26	ESPACENE T	coconut charcoal	patente	2016	China	Shanghai Shuixing Home Textile	Shanbiao, M.; Xiumiao, C.; Lining, F.	Briquete	A preparing method of coconut charcoal fiber
27	DII	coconut bioethanol	patente	2012	Filipinas	Gilbuela, J. P (GILB individual)	Gilbuela, J. P.	Bioetanol	Design and fabrication of equipment to produce bioethanol from coconut water, coconut sap and nipa sap
28	SCOPUS	coconut biofuel	artigo	2016	Brasil	Universidade de São Paulo	Costa-Silva, T.A.; Carvalho, A.K.F.; Souza, C.R.F.; De Castro, H.F.; Said, S.; Oliveira, W.P.	Biodiesel	Enzymatic synthesis of biodiesel using immobilized lipase on a non-commercial support
29	SCOPUS	coconut biofuel	artigo	2016	Indonesia	Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis	Suryanto, A.; Suprpto, S.; Mahfud, M.	Biodiesel	Production Biodiesel from coconut oil using microwave: effect of some parameters on transesterification reaction by NaOH catalyst
30	SCOPUS	coconut biofuel	artigo	2016	Malaysia	International Conference on Advances in Renewable Energy and Technologies	Saifuddin, N.; Siti Fazlili, A.; Kumaran, P.; Pei-Juan; Priathashini, P.	Biodiesel e Bioquerosene	The Production of biodiesel and bio-kerosene from coconut oil using microwave assisted reaction

Publicações sobre aproveitamento energético do coco									
Nº	Base de Dados	Palavra-chave	Tipo de Doc.	Ano	Local	Fonte de Publicação	Pesquisador	Produto	Título
31	SCOPUS	coconut biogas	artigo	2016	Brasil	Science & Engineering Journal	Martins, J. S.; Amorim, E. L. C.	Biogas	Produção de hidrogênio em reator anaeróbio a partir de efluente do processamento de coco
32	SCOPUS	coconut biogas	artigo	2002	India	Pacific and Asian Journal of Energy	Zachariah, E. J.; Muralidharan, V.	Biogas	Biogas recovery from coconut husk retting
33	SCOPUS	coconut bioethanol	artigo	2011	India	Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environment Sciences	Jeyanthi, G. P.; Subramanian, J.	Bioetanol	A comparison between microwave assisted alkaline sodium hydroxide and alkaline hydrogen peroxide pretreatments of green coconut fiber for bioethanol production
34	WEB OF SCIENCE	coconut biogas	artigo	2016	China	Applied Biochemistry and biotechnology	Cheng, J. R.; Liu, X. M.; Chen, Z. Y.; Zhang, Y. S.; Zhang, Y. H.	Biogas	A Novel mesophilic anaerobic digestion system for biogas production and in situ methane enrichment from coconut shell pyrolygneous
35	WEB OF SCIENCE	coconut biogas	artigo	2010	South Africa	Energu Sources par A-recovery utilization adn environment effects	Abdulkareem, A. S.; Odigure, J. O.; Kuranga, M. B.	Biodiesel	Production and characterization of bio-fuel from coconut oil
36	WEB OF SCIENCE	coconut biogas	artigo	2007	India	Journal of Environmental Biology	Neena, C.; Ambily, P. S.; Jisha, M. S.	Biogas	Anaerobic degradation of coconut husk leachate using UASB-reactor

Publicações sobre aproveitamento energético do coco									
Nº	Base de Dados	Palavra-chave	Tipo de Doc.	Ano	Local	Fonte de Publicação	Pesquisador	Produto	Título
37	WEB OF SCIENCE	coconut biogas	artigo	1983	India	Journal of chemical technology and biotechnology b-biotechnology	Radhika, L.G.; Seshadri, S.K.; Mohandas, P.N.	Biogas	A Study of biogas generation from coconut pith
38	WEB OF SCIENCE	coconut biogas	artigo	2015	India	Environment Monitoring and Assessment	Chanakya, H.N.; Khuntia, H. K.; Mukherjee, N.; Aniruddha, R.; Mudakavi, J. R.; Thimmaraju, P.	Biogas	The physicochemical characteristics and anaerobic degradability of desiccated coconut industry waste water
39	ESPACENE T	coconut char	patente	1992	Estados Unidos da América	Air Products and Chemicals	FARRIS, T. S.; COE, C.G.; ARMOR, J.N.; SCHORK, J.M.	Briquete	High capacity coconut shell char for carbon molecular sieves
40	ESPACENE T	coconut charcoal	patente	2013	Organização Mundial de Propriedade Intelectual	Indian Institute of science	SRINIVASIAH, D.; DIBBUR N.S.; NAGAMANGALA K. S.; PALAKAT, J.P.	Briquete	Charcoal generation with gasification process
41	GOOGLE acadêmico	coco verde biogas	artigo	2010	Brasil	Revista da Ciência da Administração	Coutinho Jr, J. C. M.; Oliveira, N. M. G. A.	Biogas	Contribuição para a destinação final dos resíduos de coco: Geração de energia a base da casca
42	GOOGLE acadêmico	coco verde biogas	artigo	2009	Brasil	VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica	Bitti, M. T.; Perazzini, H.; Silvério, R. J. R.	Biogas	Avaliação preliminar do aproveitamento da casca de coco verde para co-geração de energia: um estudo de caso

Publicações sobre aproveitamento energético do coco									
Nº	Base de Dados	Palavra-chave	Tipo de Doc.	Ano	Local	Fonte de Publicação	Pesquisador	Produto	Título
43	GOOGLE acadêmico	coco verde briquetes	artigo	2015	Brasil	Scientia Plena	Esteves, M. R. L.; Abud, A. K. S.; Barcellos, K. M.	Briquete	Avaliação do potencial energético das cascas de coco verde para aproveitamento na produção de briquetes
44	GOOGLE acadêmico	coco verde combustivel	artigo	2008	Brasil	Revista Fapese	Bitencourt, D. V.; Pedrotti, A.	Biogas	Usos da casca de coco: Estudo das viabilidades de implantação de usina de beneficiamento de fibra de coco em sergipe
45	GOOGLE acadêmico	coco verde combustivel	artigo	2014	Brasil	XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química	Bispo, M. D.; Dariva, C.; Campos, M.C.V.; Ramos, S.R.R.; Krause, L.C.	Bio-óleo	Produção de Bio-óleo de coco verde, palha de cana, borra de café via pirólise.
46	GOOGLE acadêmico	coco verde biodiesel	dissertação de mestrado	2008	Brasil	Universidade Federal do Rio Grande do Norte	Araújo, G. S.	Biodiesel	Produção de biodiesel a partir de óleo de coco (Cocos nucifera L.)
47	ESPACENE T	coconut biodiesel	patente	2016	China	Guangxi kuonengba energy technology development	JIEFENG, L.; YUN, Y.; XIAOPING, J.; JIANHUA, L.	Biodiesel	Method for producing biodiesel by using coconut oil
48	CAPES	coconut biodiesel	artigo	2013	Malaysia	Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers	Sulaiman, S.; Aziz, A.R.A.; Aroua, M.K.	Biodiesel	Reactive extraction of solid coconut waste to produce biodiesel
49	SCOPUS	coconut biodiesel	artigo	2006	Thailand	Energy & Fuels	Bunyakiat, K; Makmee, S.; Sawangkeaw, R.; Ngamprasertsith, S.	Biodiesel	Continous Production of Biodiesel via Transesterification from Vegetable oils in supercritical methanol

Publicações sobre aproveitamento energético do coco									
Nº	Base de Dados	Palavra-chave	Tipo de Doc.	Ano	Local	Fonte de Publicação	Pesquisador	Produto	Título
50	DII	coconut bioethanol	patente	2011	Índia	Derwent Innovations Index	PAI A K, VIKAS R K, NEERAJA H S, PUNEETH C A, VAMAN R C	Bioetanol	Bioethanol production from waste biomass
51	SCOPUS	coconut ethanol fiber	artigo	2016	Brasil	Process Biochemistry	Albuquerque, E.D.; Torres, F.A.G.; Fernandes, A.R.; Fernandes, P.M.B.	Bioetanol	Combined effects os high hydrostatic pressure and specific fungal cellulase improve coconut husk hydrolysis
52	SCOPUS	coconut biodiesel	artigo	2016	Brasil	Bioprocess Biosyst Eng	Silva, W.C.; Feritas, L.; Oliveira, P.C.; Castro, H. F.	Biodiesel	Continous enzymatic biodisel production from coconut oil in two-stage packed-bed reactor incorporating na extracting column to remove glycerol formes as by-product
53	WEB OF SCIENCE	coconut enzyme	artigo	2015	Brasil	Process Biochemistry	Bezerra, T.M.S.B.; Bassan, J. C.; Santos, V. T. O.; Ferrz, A.; Monti, R.	Suporte de enzima	Covalent immobilization of laccase in green coconut fiber and use in clarification of apple juice
54	GOOGLE acadêmico	coconut enzyme	dissertação de mestrado	2006	Brasil	Universidade Federal do Ceará	Brígida, A.I.S.	Suporte de enzima	Estudo da imobilização de lipase tipo B de Candida antarctica utilizando fibra da casca de coco verde como suporte
55	GOOGLE acadêmico	COCO + BIODIESE L + LIPASE	artigo	2010	Brasil	Universidade Federal do Rio de Janeiro	Nascimento, R. F.; Mariano, R. G. B.; Brigida, A. I. S.; Rocha-Leão, M. H.; Freitas, A. P.	Suporte de enzima	Produção de Biodiesel a partir de óleo de ácido de macaúba usando lipase imobilizada em fibra de coco

Publicações sobre aproveitamento energético do coco									
Nº	Base de Dados	Palavra-chave	Tipo de Doc.	Ano	Local	Fonte de Publicação	Pesquisador	Produto	Título
56	WEB OF SCIENCE	coconut fiber immobilization	artigo	2011	India	American Journal of Biochemistry and Molecular Biology	Borgio, J. F.	Suporte de enzima	Immobilization of microbial (wild and mutant strains) amylase on coconut fiber and alginate matrix for enhanced activity
57	CAPES	coconut fiber adsorption	dissertação de mestrado	2015	Brasil	Universidade Federal de Santa Catarina	Stähelin, P. M.	adsorção de poluentes	Remoção de benzeno e tolueno da gasolina automotiva por meio de processo adsorptivo mono e bicomponente
58	CAPES	coconut fiber adsorption	dissertação de mestrado	2015	Brasil	Universidade Federal de Santa Catarina	Mioranza, D. T.	adsorção de poluentes	Remoção de gasolina sintética de corpos hídricos utilizando carvão ativado como adsorvente
59	GOOGLE acadêmico	adsorção fibra de coco	artigo	2015	Brasil	XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica	Almagro, A. S.; Rocha, S. M. S.	adsorção de poluentes	Aplicação de bioadsorvente de casca de coco verde para o tratamento de efluentes oleosos
60	GOOGLE acadêmico	adsorção fibra de coco	artigo	2011	Brasil	Revista Energia na Agricultura	Oliveira, A. F.; Leão, A. L.; Caraschi, J. C.; Oliveira, L. C.; Gonçalves, J. E.	adsorção de poluentes	Características físico-químicas, energéticas e desempenho da fibra de coco na sorção de óleos diesel e biodiesel

Publicações sobre aproveitamento energético do coco									
Nº	Base de Dados	Palavra-chave	Tipo de Doc.	Ano	Local	Fonte de Publicação	Pesquisador	Produto	Título
61	GOOGLE acadêmico	adsorção fibra de coco	Trabalho de Conclusão de Curso	2014	Brasil	Universidade Estadual da Paraíba	Carvalho, E. S.	adsorção de poluentes	Reuso do mesocarpo de coco na remoção de contaminantes derivados de petróleo presentes em corpos d'água, utilizando sistema de adsorção em leito diferencial
62	GOOGLE acadêmico	adsorção fibra de coco	artigo	2011	Brasil	6º Congresso Brasileiro de P&D em petróleo e gás	Nogueira, R. T. M.; Moura, M. C. P. A.; Neto, A. A. D.	adsorção de poluentes	Estudo da Viabilidade do emprego de bioadsorventes para a adsorção do óleo da água de produção
63	GOOGLE acadêmico	adsorção fibra de coco	artigo	2015	Brasil	XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica	Catela, T. C.; Santos, F. B. Mendes, A. N. F.; Rocha, S. M. S.	adsorção de poluentes	Tratamento do óleo de fritura com fibra de coco para posterior obtenção de biocombustíveis
64	GOOGLE acadêmico	enzima coco	artigo	2016	Brasil	XII Seminário Brasileiro de Tecnologia Enzimática	Oliveira Junior, S.D.; Padilha, C. E. A.; Asevedo, E. A.; Pimentel, V. C.; Araujo, F. R.; Macedo, G. R.; Santos, E. S.	Suporte de enzima	Produto de enzimas de <i>Penicillium chrysogenum</i> em fermentação semi-sólida usando o bagaço do coco como substrato
65	GOOGLE acadêmico	coco lipase	artigo	2015	Brasil	VI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação científica	Pinheiro, A.D.T; Brigida, A.I.S.; Gonçalves, L.R.B.	Suporte de enzima	Influência do pH no processo de imobilização de lipase em fibra da casca do coco verde

Publicações sobre aproveitamento energético do coco									
Nº	Base de Dados	Palavra-chave	Tipo de Doc.	Ano	Local	Fonte de Publicação	Pesquisador	Produto	Título
66	GOOGLE acadêmico	coco lipase	artigo	2014	Brasil	XX Congresso Brasileiro De Engenharia Química	Soares, T.L.D.; Kelly, K.F.S.; Barbosa, I.R.; Sousa, F.C.A.; Souza, E.F.; Azevedo, T.L. Santos, A.A.; Gottschalk, L.M.F.; Stephan, M. P.; Silva, C.M.; Brígida, A.I.S.	Suporte de enzima	Imobilização de lipase de aspergillus niger por adsorção
67	ESPACENE T	charcoal coconut	patente	1981	Japão	Furukawa Takesabourou	Furukawa Takesabourou	carvão	Fuel oil containing carbonized coconut shell flour
68	INPI	coconut charcoal	patente	1997	Brasil	Hermann Muhlemeyer	Hermann Muhlemeyer	carvão	Processo para produção de carvão vegetal de produto residual obtido durante a produção de fibra de coco
69	ESPACENE T	coconut biofuel	patente	2004	Taiwan	Tsai Wen-Tien; Chang Yuan-Ming	Tsai Wen-Tien; Chang Yuan-Ming	carvão	Process for the preparation of biofuel
70	ESPACENE T	coconut charcoal	patente	2008	Coréia do Sul	No Kwang Ho; Kang Sang Sik	No Kwang Ho; Kang Sang Sik	carvão	solid fuel using coconut charcoal and palm charcoal
71	INPI	fibra de coco adsorvente	patente	2003	Brasil	Spilberg, Jorge	Spilberg, Jorge	adsorvente	Processo de obtenção de absorvente para substâncias orgânicas, petróleo e seus derivados a partir da fibra do coco
72	INPI	bioetanol coco	patente	2011	Brasil	Universidade Federal Do Espirito Santo	Albuquerque, E.D.; Fernandes, A.A.R.; Bueno Fernandes, P.M.	Bioetanol	Processo de hidrólise enzimática sob alta pressão hidrostática a partir de resíduos agroindustriais

Publicações sobre aproveitamento energético do coco									
Nº	Base de Dados	Palavra-chave	Tipo de Doc.	Ano	Local	Fonte de Publicação	Pesquisador	Produto	Título
73	INPI	bioetanol briquete	patente	2011	Brasil	Crimark Assessoria Empresarial	Teixeira, L.G.A.;	Briquete	Processo para fabricação de briquetes de finos de carvão de resíduos de coco e briquetes de finos de carvão de resíduos de coco obtido
74	ESPACENE T	coconut fuel	patente	2013	Coréia do Sul	Kim Wan Guk [Kr]; Yang Hong Seok [Kr]; Son Gwon Il	Kim Wan Guk [Kr]; Yang Hong Seok [Kr]; Son Gwon Il	carvão	Boiler using coconut shell fuel
75	ESPACENE T	coconut fuel	patente	2010	Coréia do Sul	Lee Choon Hang [Kr]; Baek Ok Man	Lee Choon Hang [Kr]; Baek Ok Man	carvão	A solid fuel used coconut water and this method