



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

ANTONIA MABRYSA TORRES GADELHA

**O MARKETING VERDE DOS COMBUSTÍVEIS SÓLIDOS: ESTUDO
DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS, PRODUÇÃO DE BRIQUETES E
APLICABILIDADE NO MAÇICO DE BATURITÉ-CE**

ACARAPE - CE

2016

ANTONIA MABRYSA TORRES GADELHA

**O MARKETING VERDE DOS COMBUSTÍVEIS SÓLIDOS: ESTUDO
DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS, PRODUÇÃO DE BRIQUETES E
APLICABILIDADE NO MAÇICO DE BATURITÉ-CE**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Energias do Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energias.

Orientador(a): Profa. Dra. Ada Amelia Sanders Lopes

Co-Orientador (a): Profa. Dra Maria Alexandra de Sousa Rios

ACARAPE - CE

2016

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro- Brasileira
Direção de Sistema Integrado de Bibliotecas da UNILAB (DSIBIUNI)
Biblioteca Setorial Campus Liberdade
Catálogo na fonte

Bibliotecário: Gleydson Rodrigues Santos – CRB-3 / 1219

G12m

Gadelha, Antonia Mabrysa Tores.

O marketing verde dos combustíveis sólidos: estudo de resíduos agrícolas, produção de briquetes e aplicabilidade no Maçico de Baturité-CE. / Antonia Mabrysa Torres Gadelha. – Acarape, 2016.

34 f.; 30 cm.

Monografia apresentada do Curso de Engenharia de Energias do Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (IEDS) da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira – UNILAB.

Orientadora: Profª. Dra. Ada Amélia Sanders Lopes

Inclui figuras, tabelas e referências.

1. Resíduos Agrícolas. 2. Briquetagem I. Título.

CDD 628.746

ANTONIA MABRYSA TORRES GADELHA

**O MARKETING VERDE DOS COMBUSTÍVEIS SÓLIDOS: ESTUDO
DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS, PRODUÇÃO DE BRIQUETES E
APLICABILIDADE NO MAÇICO DE BATURITÉ-CE**

Monografia apresentada curso de Engenharia de Energias do Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energias.

Aprovado em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. Dra. Ada Amelia Sanders Lopes (Orientadora)
Universidade da Integração Interacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Prof.^a. Dra. Maria Alexsandra de Sousa Rios (Co-Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a. Dra. Cleide Maria da Silva Leite
Universidade da Integração Interacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Aos meus pais,
Às minhas irmãs e
Às minhas avós.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais, Erivan Torres e Arnaldo Gadelha; pelo apoio, dedicação e esforço para me proporcionar o melhor.

Às minhas irmãs, Maryssol Torres e Natureza Torres, pelo ombro amigo e risadas, amizade e companheirismo de sempre.

Às minhas avós, Vó Didi e Vó Nida, que como exemplo de mulheres são minha inspiração de dedicação.

Aos meus demais familiares que sempre me apoiará e estão na torcida pela minha vitória.

Aos amigos que conquistei durante a graduação, que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho, onde aqui cito Soraya Figueiredo, Stallone Soares, Rosemare, Jandira, Ana Kelly Julião e Jeremias Bolous.

Aos meus colegas de turmas, os quais juntos passamos madrugadas de aprendizado, risos e choros demasiados, construindo laços eternos, principalmente Verônica Dantas, Lidiana Sabino, Jairo Lima, Alysson Christian, Marcelo Rodrigues, Pedro Henrique, Francisco Guilherme, Francisco Aldemario, Mardônio Rodrigues, Milton Cavalcante, Ivan Bandeira e Matheus Melo.

Aos demais colegas de curso que de alguma forma contribuíram para conclusão deste trabalho, dentre os quais cito Cinthia Bibiano e Eliane de Carvalho.

Aos meus professores, pela dedicação e paciência na construção dos ensinamentos que se estendem as fronteiras da universidade. Em especial, á Professora Doutora Maria Alexandra de Sousa Rios, que me proporcionou a oportunidade de conhecer mais profundamente a pesquisa científica e instigou o desejo pela produção acadêmica, não medindo esforços para a realização e conclusão deste trabalho.

A minha professora orientadora Ada Amelia Sanders Lopes, que me acompanhou durante o período de graduação e agora neste trabalho com atenção, dedicação e compreensão, sendo assim de grande valia para a conclusão do mesmo.

Ao Laboratório de Biodiesel (LARBIO) do NUTEC, que cederam os recursos viabilizando a realização das análises, na pessoa do técnico Jackson Malveira, coordenador do LARBIO.

Aos meus colegas do Grupo de Inovações Tecnológicas e Especialidades Químicas (GRINTEQUI), em especial, Ronald da Silva, Yguathyara Machado, Kelvin e João Victor que disponibilizaram seu tempo, para me ajudar durante as análises, os quais foram cruciais na conclusão deste trabalho.

As escolas de ensino fundamental, Antônio Julião Neto e Instituto Educacional Paraiso, pela receptividade, abrindo suas portas para que houvesse a propagação de conhecimento.

As demais pessoas que contribuíram para realização desse trabalho, em especial as professoras Antônia Vanderly e Helenilza Carlos.

Ao Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (IEDS), que por meio de sua gestão, auxiliou a todos os estudantes do curso de Engenharia de Energia, que faço parte, não medindo esforços para que o mesmo tivesse o conceito de excelência.

E á Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), a qual me deu a oportunidade para realização do Curso de graduação em Engenharia de Energias, sendo uma das estudantes pioneira da instituição.

“Nada é tão nosso como nossos os sonhos.”

(Friedrich Nietzsche)

RESUMO

Atualmente a temática ambiental vem ganhando destaque entre nações e organizações mundiais, tendo em vista os riscos inerentes ao equilíbrio da vida humana, onde a geração e utilização de energia constituem-se como um dos principais problemas ambientais. Assim, a busca por fontes renováveis tem se expandido, e nesse a biomassa é opção viável, tendo na produção de briquetes de resíduos agrícolas a possibilidade de minimizar impactos ambientais e reduzir custos. Dessa forma esse trabalho teve como objetivo caracterizar amostras de casca da castanha de caju e casca de coco babaçu, além de *blends* de diferentes proporções dessas matérias-primas e a divulgação dos benefícios trazidos com aplicabilidade da técnica de briquetagem. A caracterização dos resíduos realizou-se por meio das análises de poder calorífico, umidade, densidade e análise imediata que corresponde ao teor de cinzas, teor de materiais voláteis e carbono fixo. As metodologias utilizadas para determinação das análises, seguiram as normas ABNT NBR e ASTM. Realizou-se ainda a produção de briquetes em escala de bancada com molde e um pistão hidráulico para o processo de compactação. No que confere as atividades de extensão, a produção de folders informativos fez-se baseado na definição dos conceitos de sustentabilidade, briquetagem e resíduos sólidos agrícolas, abordando a importância dos mesmos para a região do Maciço de Baturité onde se realizou palestras para divulgar os folders. A maior porcentagem de umidade foi de 11% correspondente a cascas da castanha de caju que obteve ainda o menor valor de poder calorífico de $17,33 \text{ MJ.kg}^{-1}$. No caso da análise imediata a casca de coco babaçu foi destaque com cerca de 82% de teor de voláteis. Os valores encontrados se mostraram parecidos para todas as amostras na totalidade das análises realizadas Conferiu-se assim dados com alto valor energético agregado as biomassas, e a quantificação satisfatória para produção dos briquetes. A maior parte mostrou-se com alto poder de compactação, grande estabilidade e rigidez. De modo geral, tem-se que a atividade de extensão proporcionou conhecimentos em nível de sustentabilidade, além da interação entre sujeitos de diferentes realidades para criação de conhecimento coletivo de acordo com a vivência de cada um.

Palavras-chave: Briquetagem. Resíduos Agrícolas. Energia. Disseminação de Conhecimento.

ABSTRACT

Currently, the environmental theme has been gaining prominence among nations and organizations worldwide, considering the risks inherent to the balance of human life, where the generation and use of energy constitute one of the main environmental problems. Thus, the search for renewable sources has expanded, and in that the biomass is viable option, having in the production of briquettes of agricultural residues the possibility of minimizing environmental impacts and reducing costs. In this way, the objective of this work was to characterize samples of cashew cashew nuts and babassu coconut shells, as well as blends of different proportions of these raw materials and the disclosure of the benefits brought with applicability of the briquetting technique. The characterization of the residues was carried out through the analyzes of calorific value, humidity, density and immediate analysis that corresponds to the content of ash, volatile material content and fixed carbon. The methodologies used to determine the analyzes followed ABNT NBR and ASTM standards. The production of bench-scale briquettes with mold and a hydraulic piston for the compacting process were also carried out. In terms of extension activities, the production of informational folders was based on the definition of the concepts of sustainability, briquetting and solid agricultural residues, addressing the importance of them to the region of the Massif de Baturité where lectures were held to promote the folders. The highest percentage of moisture was 11% corresponding to cashew nuts, which obtained the lowest calorific value of 17.33 MJ.kg⁻¹. In the case of the immediate analysis the bark of babassu coconut was highlighted with about 82% of volatile content. The values found were similar for all the samples in the totality of the analyzes. Thus, data with high energetic value were added to the biomasses, and the satisfactory quantification for the production of the briquettes. Most showed up with high compaction power, great stability and rigidity. In general, it has been that the extension activity provided knowledge at the level of sustainability, in addition to the interaction between subjects from different realities to create collective knowledge according to the experience of each one.

Keywords: Briquetting. Agricultural Waste. Energy. Knowledge Dissemination.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de Briquetes	20
Figura 2 – Árvore do Cajueiro.....	21
Figura 3 – Caju e Castanha de Caju	22
Figura 4 - Palmeira Babaçu	23
Figura 5 – Casca de Castanha de Caju (CCC).....	28
Figura 6 – Casca de Coco Babaçu (CCB)	28
Figura 7 – Casca de Coco Babaçu (a) e Casca de Castanha de Caju (b).....	29
Figura 8 – Equipamentos e dessecador para determinação da umidade.....	30
Figura 9 – Bomba Calorimétrica	31
Figura 10 – Forno mufla.....	31
Figura 11 – Mufla QUIMIS.....	32
Figura 12 – Cadinho de Platina	33
Figura 13 – Análise de Densidade á Granel	34
Figura 14 – Instrumentos para briquetagem	35
Figura 15 – Tema da Palestra	36
Figura 16 – Quebra-Cabeça da Árvore.....	37
Figura 17 – Briquetes maiores.....	49
Figura 18 – Briquetes menores.....	49
Figura 19 – Folder Informativo - Frente.....	51
Figura 20 – Folder Informativo - Verso	52
Figura 21 – Palestra da Escola Municipal Antônio Julião Neto no município de Barreira-Ce	54
Figura 22 – Palestra no INEP no município de Baturité	54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Composição da Casca de Castanha de Caju (CCC)	41
Gráfico 2 – Composição da Casca de Coco Babaçu (CCB).....	42
Gráfico 3 – Composição do <i>Blend</i> de CCC e CCB (50%-50%) – CCCB.....	43
Gráfico 4 – Composição do <i>Blend</i> de 75% CCC e 25% CCB – CCBC.....	45
Gráfico 5 – Composição do <i>Blend</i> de 25% de CCC e 75% CCB - CBCC.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Proporções das matérias-primas analisadas.....	29
Tabela 2 – TU em b.s (%).....	38
Tabela 3 – PCS (MJ.kg ⁻¹).....	39
Tabela 4 – Análise imediata de CCC.....	40
Tabela 5 – Análise imediata de CCB.....	41
Tabela 6 – Análise imediata do <i>Blend</i> de CCC e CCB (50%-50%) – CCCB.....	43
Tabela 7 – Análise imediata do <i>Blend</i> de 75% CCC e 25% CCB – CCBC.....	44
Tabela 8 – Análise imediata do <i>Blend</i> de 25% de CCC e 75% CCB – CBCC.....	45
Tabela 9 – Densidade á Granel (kg.m ⁻³).....	47
Tabela 10 – Densidade Energética (MJ.m ⁻³).....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MME	Ministério de Minas e Energia
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
NBR	Norma Brasileira
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
MMA	Ministério do Meio Ambiente
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LCC	Líquido da Casca da Castanha de Caju
ACC	Amêndoa da Castanha de Caju
PCS	Poder Calorífico Superior
PCI	Poder Calorífico Inferior
APA	Área de Proteção Ambiental
CCC	Casca de Castanha de Caju pura
CCB	Casca de Coco Babaçu pura
CCCB	50% de Casca de Castanha de Caju e 50% de Casca de Coco Babaçu
CCBC	75% de Casca de Castanha de Caju e 25% de Casca de Coco Babaçu
CBCC	25% de Casca de Castanha de Caju e 75% de Casca de Coco Babaçu
TU	Teor de Umidade
TC	Teor de Cinzas
TV	Teor de Material Volátil
ASTM	American Society for Testing and Materials
CF	Teor de Carbono Fixo
DG	Densidade à Granel
DE	Densidade Energética
LARBIO	Laboratório de Referência em Biocombustíveis
NUTEC	Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará
GRINTEQUI	Grupo de Inovações Tecnológicas e Especialidades Químicas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1	Energia da Biomassa – Alternativa de fonte renovável	18
3.2	Emprego de Resíduos Sólidos	19
3.3	Culturas Agrícolas	20
3.3.1	Cajucultura	21
3.3.2	Cultura do Coco Babaçu.....	22
3.4	Briquetagem	24
3.4.1	Definição e Histórico.....	24
3.4.2	Fatores de qualidades dos briquetes	24
3.4.2.1	<i>Tamanho de Partículas</i>	24
3.4.2.2	<i>Teor de Umidade</i>	25
3.4.2.3	<i>Densidade</i>	25
3.4.2.4	<i>Poder Calorífico</i>	25
3.5	Impactos ambientais e socioeconômicos da técnica de briquetagem nos setores de abrangência no Maciço de Baturité-Ce	26
4	MATERIAIS E MÉTODOS	28
4.1	Matérias-Primas	28
4.2	Metodologia	29
4.2.1	Processo de Moagem e separação das proporções por matéria-prima	29
4.2.2	Determinação do Teor de Umidade (TU).....	29
4.2.3	Determinação do Poder Calorífico (PCS)	30
4.2.4	Determinação do Teor de Cinzas (TC).....	31
4.2.5	Determinação do Teor de Material Volátil (TV).....	32
4.2.6	Determinação do Teor de Carbono Fixo (CF).....	33
4.2.7	Determinação da Densidade á Granel (DG)	34
4.2.8	Determinação da Densidade Energética (DE).....	35
4.2.9	Produção dos briquetes	35
4.2.10	Atividade de Extensão	36

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1	Teor de Umidade (TU) e Poder Calorífico Superior (PCS) das amostras	38
5.2	Análise Imediata	40
5.2.1	Casca de Castanha de Caju (CCC)	40
5.2.2	Casca de Coco Babaçu (CCB).....	41
5.2.3	<i>Blend</i> de CCC e CCB (50%-50%) – CCCB	42
5.2.4	<i>Blend</i> de 75% CCC e 25% CCB – CCBC	44
5.2.5	<i>Blend</i> de 25% de CCC e 75% CCB - CBCC.....	45
5.3	Densidade	46
5.3.1	Densidade á Granel.....	46
5.3.2	Densidade Energética	47
5.4	Produção dos Briquetes	49
5.5	Atividade de Extensão	50
6	CONCLUSÕES.....	55
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	577

1 INTRODUÇÃO

A temática ambiental se tornou nos últimos anos assunto dominante entre nações e organizações mundiais, visando os riscos inerentes ao equilíbrio da vida, englobando a fauna, flora e humanidade. A poluição hídrica, desmatamento e mudanças climáticas são exemplos de impactos ambientais significativos dos quais se caracterizam por sua magnitude devastadora e preocupante (VECCHIA, 2007).

Neste tocante, a geração e utilização da energia elétrica constitui um dos mais delicados aspectos do problema ambiental, tendo em vista o uso excessivo de fontes não renováveis que geram questionamentos sobre o limite do abastecimento de energia e equilíbrio econômico e ambiental. Desta forma, a ciência, tecnologia, educação e responsabilidade social, são parâmetros base, na construção de modelos energéticos ambientalmente mais corretos (GINÂNI, 2013).

Segundo dados do Ministério de Minas e Energia (MME), o Brasil possui lugar de destaque pela variedade na matriz energética no que se fundamentam as fontes renováveis, com perspectiva de alcançar em 2016 o valor de 79,3% do conjunto da oferta interna de energia renovável, superando um número já bem significativo do ano anterior, 2015, de 75,5%. Dentre as diversas fontes, a utilização de biomassa é vista como uma alternativa viável, de forma a contribuir com a minimização dos efeitos maléficos ao planeta, e uma opção a mais na matriz energética nacional, pelo fato das condições favoráveis de produção. Nesta perspectiva, o aproveitamento sustentável da biomassa tem que interligar processos desde a escolha da matéria-prima, até a escolha da técnica e metodologia a ser utilizada, tendo conhecimento de que o emprego de alguns tipos de biomassa geram números elevados de resíduos, fato que ocasiona expressivos danos ambientais (BRASIL, 2015).

Especificamente o Maciço de Baturité, micro região do estado do Ceará, possui uma potencialidade na produção de culturas, dos quais se destacam a cajucultura e cultura de coco babaçu, somando cerca de 8.000 toneladas em produção, sendo a **castanha de caju** 7.041 t e **coco babaçu** 102 t, como indica o plano de Desenvolvimento Rural Sustentável (PDRS) do Ministério de Desenvolvimento Agrário e a Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Ceará entre os anos de 2008 e 2011.

De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), para a cultura da castanha de caju em 2009 a produção industrializada em toneladas foi cerca de 111 mil gerando 80.484 toneladas ao ano deste resíduos (SCHNEIDER, 2012).

O resíduo do coco babaçu por sua vez, de acordo com Protásio (2014), constitui-se de três camadas (epicarpo, mesocarpo e endocarpo), juntos representam cerca de 90% do total do fruto, ou seja, um quantitativo imenso. A produção de amêndoas chega a cerca de 110 toneladas, com base neste dado estima-se um valor de 1.409.016 toneladas de resíduos.

Nessa perspectiva visando uma destinação mais eficiente e o aproveitamento energético dos resíduos sólidos agrícolas gerados a partir dessas culturas na região do Maciço, a aplicação do processo de compactação, gerará um produto denominado briquete (lenha sustentável). Este diversificará a matriz energética Cearense por possui maior densidade energética além de mitigar a exploração de recursos naturais como fonte de combustíveis, que além de prejuízos pelo desmatamento, principalmente de espécies nativas da região, a atividade tange ainda a mão-de-obra com condições mínimas de trabalho, além de exploração de trabalho infantil comumente praticada, e agregar valor econômico (FREITAS, 2016).

Diante deste cenário surge o processo de briquetagem que consiste na compactação de resíduos ou coprodutos lignocelulósicos, no intuito de aproveitamento da biomassa para o aumento da proporção de energia (CALLARES, 2016). A qualidade do produto final, bem como sua eficiência, vai depender de fatores como o poder calorífico, teor de umidade, teor de materiais voláteis, além das análises elementares e teor de cinzas, que influenciam diretamente no conceito sustentável inerente ao briquete. A escolha da biomassa para confecção dos mesmos, também é importante, geralmente o uso de resíduos de madeiras são predominantes, pela baixa densidade e a vasta disponibilidade.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo estudar os seguintes resíduos agrícolas: casca da castanha de caju e casca de coco babaçu, produzir combustíveis sólidos pela técnica da briquetagem e assim elaborar novos produtos “quimicamente limpos” no mercado de combustíveis, além da divulgação dos benefícios trazidos com aplicabilidade da técnica em nível de sustentabilidade.

2.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos,

- a) Caracterizar amostras de resíduos de casca da castanha de caju e casca de coco babaçu através das análises imediatas, poder calorífico, umidade e de densidade.
- b) Produzir briquetes a partir destes resíduos;
- c) Criar um folder informativo sobre a produção de briquetes e os seus benefícios energéticos, ambientais, sociais e econômicos, e divulgação do mesmo no Maciço de Baturité-Ce; e
- d) Viabilização a disseminação de conhecimento sobre o potencial a ser explorado de forma renovável abrangendo escolas da citada região e com os mesmos ampliar conhecimento, tendo a interação dessa relação para criação de conceito coletivo.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Energia da Biomassa – Alternativa de fonte renovável

O setor energético mundial constituiu-se sempre por fontes fósseis que representam ainda a maior porcentagem na matriz energética mundial, cenário que vem de forma gradativa mudando em decorrência da crise ambiental ocasionada por aspectos como o crescimento populacional e poluição, com estes conseqüentemente o aumento da demanda energética, trazendo consigo a necessidade de alternativas autossuficientes que diversifiquem a matriz energética (CORTEZ; LORA; AYARZA, 2008).

Tendo em vista que a população quase que inteiramente se vale de energia para o mínimo de conforto e como usuários predominantes, existe uma mudança de percepção que é proporcional a crescente conscientização de que o uso de combustíveis fósseis faz-se o conseqüente aumento da temperatura média global, provocando perturbações climáticas catastróficas (BRAGA, 2005). O crescimento é inevitável, logo é preciso criar uma estrutura para suportá-lo e supri-lo, assim a sociedade moderna exige cada vez mais intensamente a produção de energia sustentável.

No âmbito da discussão, a biomassa se enquadra como uma alternativa inesgotável, advinda de recursos diversos e que apresenta condições favoráveis de produção. Do ponto de vista energético, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), define o termo biomassa como:

“Todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia. Assim como a energia hidráulica e outras fontes renováveis, a biomassa é uma forma indireta de energia solar. A energia solar é convertida em energia química, através da fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos” (ANEEL, 2005).

Pela Resenha Energética Brasileira de 2015, feita pelo Ministério de Minas e Energia, o Brasil se destaca mundialmente por constituir uma matriz energética majoritariamente renovável, onde as hidroelétricas e pequenas centrais hidroelétricas compõem o maior percentual. A biomassa por sua vez, aumenta sua participação a cada ano, em 2014 teve um crescimento de 8,1%. Nesse sentido por Vieira (2012) e Goldemberg (2009), a mesma desempenha um forte papel nas atividades com uma tendência sustentável, onde ganha importância na aplicação a partir de biorrefinarias e dos princípios da química verde, os quais agrega seu aproveitamento a estágios mais elevados de produção, envolvendo sofisticadas

técnicas agrícolas, processamento físico e químico dos insumos, e análises de determinação de composição, características, com fins de aplicações renováveis.

3.2 Emprego de Resíduos Sólidos

Em geral as atividades antrópicas têm gerado grandes quantidades de resíduos sólidos, nos quais corroboram para possíveis alterações significativas no meio ambiente e nos centros urbanos quando não são geridos da forma adequada; como por exemplo, a destinação em lixões deteriorando os recursos naturais. Tais impactos ambientais estão ligados principalmente à destinação e/ou acondicionamento impróprios destes resíduos (HINRICHS, 2011). A Norma Brasileira (NBR) nº 10.004/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define resíduos sólidos como:

“Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”(NBR 10004, 2004).

O Brasil é um país com uma política ambiental de referência, que se constitui por diversos órgãos e leis, por exemplo, a Lei nº 9.605 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) de 12 de Fevereiro de 1998, sancionada em 2 de agosto de 2010 e o Ministério do Meio Ambiente (MMA); que legitimam um planejamento participativo para o desenvolvimento sustentável, tendo em vista que o reconhecimento de que as mudanças climáticas constituem um problema mundial, além de entender que o país é dono da maior área florestal do planeta, com bens naturais invejáveis. Dessa forma, cria-se uma visão de que a cidadania ambiental é de natureza jurídica, no entanto é importante frisar que tal conceito é um direito que deve ser protegido pelo estado e pela coletivamente, onde as responsabilidades sobre o meio ambiente demandam uniformidade com a sociedade, quando se trata de sua proteção (SANTAELLA, 2014).

Especificamente no setor energético, o emprego de resíduos sólidos como combustíveis é um modo alternativo aos combustíveis sólidos convencionais. O PNRS (2012) discorre sobre o assunto afirmando que:

“(…) as estimativas da geração de resíduos oriundos das agroindústrias associadas à agricultura para o Brasil representaram em torno de 290.838.411 de toneladas de resíduos para o ano de 2009. Ilustrativamente, o uso energético desses resíduos poderia representar um potencial energético instalado de até 23 GW/ano” (PNRS, 2012).

A combustão direta é certamente a forma mais utilizada para obtenção de energia de tais resíduos, como por exemplo, da madeira, porém o processo para adquirir esse poder de queima, apresenta certas desvantagens, tais como: a elevada umidade, que com o processo de evaporação perde poder calorífico, ou seja; disponibiliza menos energia. Tem ainda a liberação de gases efeito estufa durante o processo de queima, o que ocorre normalmente por não haver fases de pré-tratamento (FILIPPETTO, 2008). Diante disso, a técnica da briquetagem é uma opção a tais problemas por gerar um produto comumente conhecido como *lenha sustentável*. Como mostra a Figura 1.

Figura 1 – Exemplo de Briquetes



Fonte: BRIQUETE, 2016. ¹

3.3 Culturas Agrícolas

Segundo estimativas da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), as produções agrícolas tem gerando números cada vez maiores, tanto em área plantada, como produção e rendimento (ÁREA, 2016). Comumente as culturas agrícolas geram resíduos sólidos que atualmente apresentam-se como potencial fonte de geração de energia através da conversão e/ou condicionamento da biomassa. Nesse sentido no Estado do

¹ Disponível em: <<https://brasilenergiarenovavel.wordpress.com/o-que-e-o-briquete/>>. Acesso em: 29 jul. 2016.

Ceará, especialmente na região do maciço de Baturité, as culturas permanentes do caju e da banana são destaque e podem assim serem aproveitadas para diversificação da matriz energética regional e nacional, contribuindo diretamente com o meio ambiente, tendo a aplicação pelo reuso de matéria-prima que seria descartada, como destaque.

3.3.1 Cajucultura

Anacardium occidentale Linn é a nomeação científica dada a árvore popularmente conhecida como cajueiro, mostrado na Figura 2. É uma planta encontrada em países como Vietnã, Moçambique, Índia, Nigéria e Brasil, onde está presente em praticamente todos os estados brasileiros, contudo adapta-se melhor às condições ecológicas da região Nordeste (MAZZETTO; LOMONACO, 2009). A cultura do caju possui lugar de destaque no contexto econômico desta região, que faz uso de uma área de 710 mil ha para cultivo, tendo os Estados do Ceará (principalmente) e Rio Grande do Norte como maiores produtores e exportadores do fruto proveniente (IBGE, 2016).

Figura 2 – Árvore do Cajueiro



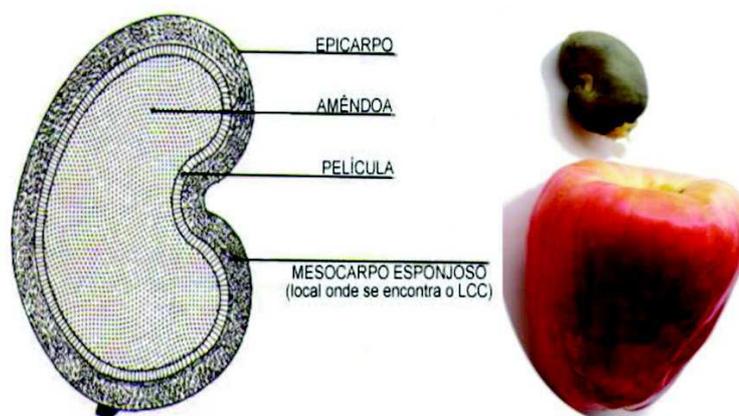
Fonte: BENEFÍCIOS DAS PLANTAS, 2016.²

O caju, ou seja, o pedúnculo é frequentemente confundido com o fruto, pela suculência, porém refere-se ao pseudofruto, que varia entre as cores amarela e vermelha. A castanha de caju é o fruto da cajucultura, constituída de uma casca, o mesocarpo esponjoso que contem um líquido escuro, conhecido como líquido da castanha de caju (LCC) e por fim,

² Disponível em: < <http://beneficiosdasplantas.com.br/cajueiro-beneficios-e-propriedades-dessa-planta-e-seu-cha/>>. Acesso em: 01 ago. 2016.

na parte mais interna a amêndoa, membro comestível, onde a extração e processamento concebem um processo habitual no Nordeste brasileiro, atividade com registro há mais de meio século, tem valor comercial agregado, gerando emprego e renda, tanto nas propriedades rurais quando na agroindústria (CÂMARA, 2010). A Figura 3 ilustra os produtos constituintes da cajucultura.

Figura 3 – Caju e Castanha de Caju



Fonte: MECOL³ BIONECTAR⁴, 2016.

A indústria de processamento utiliza a amêndoa da castanha de caju (ACC) e o líquido proveniente da casca da castanha de caju (LCC), como produtos para exportação. Em 2008 gerou números de divisas com as exportações, correspondente a US\$196 milhões para a região do Nordeste, onde o Ceará representa 75% deste dado. Tais quantidades expressivas de cultivo, produção e exportação, surgem também números abundantes de resíduos deste processo (SINDICAJU, 2016). A casca da castanha de caju não é aproveitada para comercialização, assim é uma biomassa que deve ser aproveitada para diferentes fins (LIMA, 2015). No setor energético é uma opção para produção de combustível sólido, por exemplo, o briquete, em substituição aos fósseis, até mesmo da lenha, vindo de encontro também na luta contra o desmatamento.

3.3.2 Cultura do Coco Babaçu

O Babaçu é uma palmeira brasileira de nome científico *Orbignya Phalerata*. Concentra-se nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Pará, Mato Grosso e Tocantins. Tem

³ Disponível em: < <http://www.mecol.com.br/portugues/informacajuebrasil.htm> >. Acesso em: 01 ago. 2016.

⁴ Disponível em: < <http://www.bionectar.com.br/produto/refresco-de-caju> >. Acesso em: 01 ago. 2016.

como característica o grande porte, podendo atingir até 20m, onde cada palmeira pode apresentar até seis cachos, os quais contem a frutificação; ou seja, o coco. A Figura 4 exibe uma demonstração da palmeira de babaçu (SOLER; VITALI; MUTO, 2007). Este fruto constitui-se pelos seguintes componentes: epicarpo (camada mais externa e bastante resistente), mesocarpo (rico em amido), endocarpo (rígido) e amêndoas (de um a seis por fruto).

Figura 4 - Palmeira Babaçu



Fonte: CERRATINGA⁵

O fruto tem extremo valor agregado, com potenciais nas indústrias de cosméticos e alimentos. Das amêndoas é extraído o óleo de babaçu, utilizado na fabricação de sabão, sabonetes e cosméticos em geral (TEIXEIRA, 2002). Os outros constituintes, que compõem a casca são considerados resíduos representam cerca de 90% do total. De acordo com Protásio (2014), a produção de amêndoas chegue a cerca de 110 toneladas, estimando assim um valor de 1.409.016 toneladas de resíduos, os quais podem ser utilizados para aplicações como: artesanato, fabricação de cestas, peneiras e também para produção de um biocombustível (briquete).

⁵ Disponível em: < <http://www.cerratinga.org.br/wp-content/uploads/2013/04/babacu-palmeira.jpg>>. Acesso em: 23 out. 2016.

3.4 Briquetagem

3.4.1 Definição e Histórico

A briquetagem é uma técnica que se constitui pela densificação de resíduos, através da compactação de matérias-primas que geralmente fazem uso de um elemento ligante, no intuito de tornarem-se mais densos. (QUIRINO, 2000). É um processo de caráter renovável, tendo em vista o poder de transformar um resíduo de baixa densidade em uma lenha de elevadíssima qualidade, o que se comprova pela comparação com a lenha convencional, material que advém de diversas espécies de madeira com diferentes formas e teores de umidade, normalmente altos índices de água na composição. O briquete por sua vez, é um produto homogêneo de forma com umidade próxima a 8 %, o que eleva o rendimento em um processo de queima (FURTADO *et al.*, 2010).

Na China e Inglaterra, em conjunto ao carvão vegetal os primeiros processos de briquetagem tiveram início. Porém a mecanização desta metodologia ocorreu inicialmente com briquetes de carvão mineral em 1842 na França. Atualmente a utilização deste processo é bastante usual, destaca-se em países como Estados Unidos e países europeus (MELO, 2000).

3.4.2 Fatores de qualidades dos briquetes

A compactação de biomassa na produção de briquetes é uma técnica de suma eficiência para concentrar o máximo de energia de resíduos, os quais possuem características próprias que podem afetar a condição final do produto pretendido. Propriedades da matéria individual como tamanho de partículas, umidade, densidade e poder calorífico (PAULA *et al.*, 2011).

3.4.2.1 Tamanho de Partículas

Os equipamentos utilizados para compactação podem fazer uso de matérias-primas *in natura*, o tamanho varia de acordo com cada maquinário empregado. No entanto, a biomassa com partículas menores facilita o processo, o qual se tem mais eficácia e qualidade, tendo em vista que quanto menor a partícula, maior será a área de superfície, que corrobora com uma maior ligação entre as mesmas, provocando assim um aumento de densidade no produto final compactado (KOULLAS e KOUKIOS, 1987 *apud* SILVA, 2007).

3.4.2.2 Teor de Umidade

O teor de umidade de um material a ser compactado afeta diretamente na transferência de calor interno durante o processo de compactação. Esta é uma variável fundamental na qualidade, para que não haja fraturas nos briquetes é indispensável que a faixa de umidade da matéria prima utilizada esteja na faixa de 8 a 15% (PAULA, 2006). Valores superiores podem perder eficiência no poder de queima do material compactado, pelo fato da energia proveniente da combustão da madeira ser perdida no aquecer e vaporização da água, sendo ainda um fator que viabiliza a estabilidade do briquete (MAIA, 2013).

3.4.2.3 Densidade

A densificação de biomassa é uma técnica que eleva a quantidade de energia quando se compara as condições reais das matérias primas. Conhecer a densidade de um resíduo utilizado no processo de briquetagem é importante, partindo do princípio de que tal procedimento minimiza o volume dos resíduos. Com uso de biomassa de densidades altas não existe um proveito significativo na densificação, no caso de densidades baixas ocorrem exigências de maior energia para a produção dos briquetes, dessa forma o equilíbrio e conhecimento de tal parâmetro é fundamental, tendo na formação de *blends*, ou seja; misturas de resíduos, um balanceamento e melhor aproveitamento desta características, que esta diretamente ligada ao sucesso do processo como todo, bem como a qualidade do produto final, no caso o briquete (RODRIGUES, 2010).

3.4.2.4 Poder Calorífico

Em uma combustão completa a quantidade de calor que é liberado por unidade de massa do combustível, representa o poder calorífico do material. Especificamente, no caso de combustíveis sólidos é uma propriedade expressa em Kcal.Kg^{-1} (CINTRA, 2009). Matérias que têm umidade no seu arranjo usam parte da energia liberada durante o processo de combustão que aquece e evapora a água contida, enfatizando dois processos: Poder Calorífico Superior (PCS) e Poder Calorífico Inferior (PCI). No PCS a água obtida durante o processo da combustão é condensada, readquirindo o calor latente que é somado a energia medida, já o PCI tal calor condensado que é analisado anteriormente, não se faz valido neste, tendo em

vista que é perdido na forma de vapor (BORGHI, 2012). A diferença entre PCI e PCS está na quantidade de água presente, ou seja, no calor necessário para vaporizar esta água.

3.5 Impactos ambientais e socioeconômicos da técnica de briquetagem nos setores de abrangência no Maciço de Baturité-Ce

A região do Maciço de Baturité é uma macrorregião localizada no estado do Ceará-Brasil, constitui-se de paisagem predominantemente verde, cujo cenário conta com uma pequena faixa de mata atlântica que foi transformada em Área de Proteção Ambiental (APA) pelo Governo do Estado do Ceará. A delimitação da APA alcança os municípios de Aratuba, Baturité, Canindé, Capistrano, Caridade, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti, Palmácia e Redenção, sendo 8 (oito) deste (SEMACE, 2016).

Considerando as características ambientais, extensão territorial e aspectos históricos de colonização, a região abriga diversas comunidades rurais, que totalizam uma maior concentração demográfica quando comparada as demais regiões serranas do estado, o que corrobora com uso e ocupação da terra de diferentes formas. Tais fatos ao longo dos anos tem ganhado visibilidade nos âmbitos econômicos, sociais e ambientais, onde as queimadas danificam a biodiversidade atlântica da região, o desatamento através da extração de lenha e carvão vegetal, vinculada a retirada de espécies nativas tem removendo a uniformidade de característica serrana, sendo muitas vezes fruto da exploração através do trabalho infantil, a questão agrícola concentrada em área inadequada e que por vezes fazem uso de agrotóxicos, além do descarte inadequados de resíduos provenientes de tais culturas (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Atividades de fixação do homem são fortemente predominantes no maciço, onde a agricultura é um setor fundamental na economia da região, que tem representatividade pela facilidade das culturas de se adaptarem perfeitamente ao clima úmido da região. Especificamente as culturas permanentes da castanha de caju e do coco babaçu tem destaque, juntas estimam uma produção de cerca de 8.000 t, que conseqüentemente geram dados de resíduos também grandiosos, como mostra os dados do Ministério de Desenvolvimento Agrário e a Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Ceará entre os anos de 2008/2001.

O emprego da técnica de briquetagem para reaproveitamento de biomassas que seriam descartados; para a região de Baturité é um ganho em inúmeros setores, onde a disseminação da potencialidade energética da região e do uso desta característica de forma mais sustentável, simboliza através de uma ampla abrangência de públicos diferentes e de

setores diversos, o valor da sustentabilidade e a importância do assunto da reutilização de resíduos sólidos, que possuem dados expressivos e preocupantes na região. Além da aproximação da academia com a sociedade civil, possibilitando uma interação de conhecimentos e assim fomentar conceitos coletivos pela vivência cotidiana de indivíduos de profissões diversas, com a pesquisa de laboratório e definições preestabelecidas nas literaturas. Sendo também uma opção de agregar valor econômico, e sócio ambiental para os sujeitos envolvidos (SINAGEO, 2012).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Matérias-Primas

As biomassas utilizadas são oriundas de resíduos sólidos agrícolas provenientes da cajucultura e da cultura do babaçu. As amostras estão apresentados nas Figuras 5 e 6. A coleta das cascas dos respectivos frutos foram obtidas em terreno residencial no bairro Mondego na cidade de Baturité-Ce.

As cascas de castanha de caju utilizadas, não possuíam a presença do Líquido da Casca da Castanha de Caju (LCC), o qual foi extraído com auxílio de hexano; um solvente, tendo em vista que a proposta do trabalho é agregar valor aos resíduos sem utilidade, além da composição ácida do LCC que na queima, geraria gases poluentes.

Figura 5 – Casca de Castanha de Caju (CCC)



Fonte: Autor (2016)

Figura 6 – Casca de Coco Babaçu (CCB)



Fonte: Autor (2016)

4.2 Metodologia

Na Tabela 1 estão apresentadas as proporções das matérias-primas analisadas. Foram realizados procedimentos para as análises em quadruplicatas, com intuito de maior confiabilidade dos dados, os quais foram tratados utilizando programa Microsoft Excel 2010.

Tabela 1 – Proporções das matérias-primas analisadas

	Casca de Castanha de Caju	Casca de Coco Babaçu	NOMENCLATURA
	100	-	CCC
Proporções (%)	-	100	CCB
	50	50	CCCB
	75	25	CCBC
	25	75	CBCC

Fonte: Autor (2016)

4.2.1 Processo de Moagem e separação das proporções por matéria-prima

Após a coleta da matéria-prima, os resíduos passaram pela etapa de redução de tamanho de partícula. Para este passo, fez-se a trituração utilizando uma tesoura e/ou serrinha de mesa, além do auxílio de liquidificador residencial para obtenção de um menor tamanho de partícula e uma maior uniformidade entre as mesmas, Figura 7.

Figura 7 – Casca de Coco Babaçu (a) e Casca de Castanha de Caju (b)

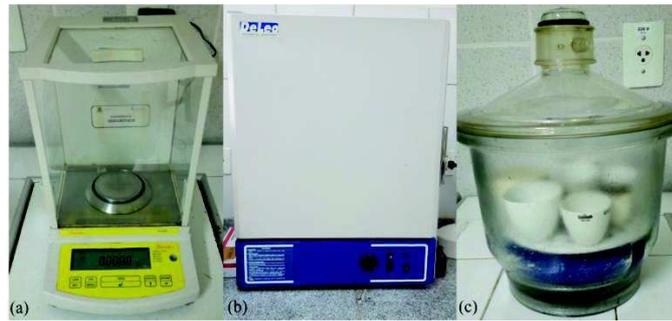


Fonte: Autor (2016)

4.2.2 Determinação do Teor de Umidade (TU)

O método utilizado atendeu a norma NBR 14929 (ABNT, 2003) e utilizou-se: (a) balança analítica de precisão modelo marte/AY220 (b) estufa modelo DL-CBE e (c) dessecador, Figura 8.

Figura 8 – Equipamentos e dessecador para determinação da umidade



Fonte: Autor (2016)

Inicialmente fez-se a secagem dos cadinhos na estufa a 105 °C durante 30 minutos, mesmo período que os mesmos ficaram no dessecador. Tarou-se os cadinhos na balança de precisão, e verificou-se a massa. Posteriormente, os mesmos foram acondicionados na estufa a 105 °C, por 30 minutos, e na sequência foram armazenados no dessecador, para posterior pesagem das amostras. Tal processo repetiu-se até que os pesos das amostras se mantivessem constantes.

Para determinação do teor de umidade utiliza-se a equação 1. E a massa seca da amostra é determinada pela equação 2.

$$T.U = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100 \quad (1)$$

$$m_s = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \quad (2)$$

Nas quais:

TU: Teor de Umidade (porcentagem);

m_s : Massa seca (gramas);

m_1 : Massa do recipiente de secagem seco em estufa (gramas);

m_2 : Massa do recipiente com a amostra antes da secagem (gramas);

m_3 : Massa do recipiente com amostra após secagem (gramas).

4.2.3 Determinação do Poder Calorífico (PCS)

No teste do Poder Calorífico Superior (PCS), obedeceu-se a norma ASTM E711-87 (ASTM, 2004) e fez-se uso de bomba calorimétrica de modelo IKA/C200, Figuras 9.

Figura 9 – Bomba Calorimétrica



Fonte: Autor (2016)

Inicialmente fez-se a pesagem de 1 (um) grama de amostra e em um reator de 260 ml, com uma pressão máxima de 260 bar, inseriu-se o cadinho com a amostra, o qual colocou-se no mesmo um pavio e este em contato com a amostra. Em um sistema de compressão, adicionou-se oxigênio ao reator (30 bar) e o mesmo na bomba calorimétrica. Após cerca de 8 (oito) minutos o equipamento retorna o valor para o potencial energético da amostra em MJ/kg.

4.2.4 Determinação do Teor de Cinzas (TC)

As análises imediatas iniciaram-se com a determinação do teor de cinzas que seguiu as orientações dispostas na NBR 13999. Utilizou-se um dessecador, uma balança analítica de precisão e um Forno Mufla com capacidade de atingir até 700 °C, Figura 10.

Figura 10 – Forno mufla



Fonte: Autor (2016)

Iniciou-se o processo de secagem/aquecimento dos cadinhos, no qual os mesmos ficaram por 30 minutos em um Forno Mufla a 525 °C, e o mesmo período no dessecador para esfriar. Tarou-se os cadinhos e pesou-se 5 (cinco) gramas de amostra em cada, e então deu-se início ao processo de queima. As amostras ficaram durante 4 (quatro) horas na Mufla a 525 °C e mais 30 minutos no dessecador. Por fim, fez-se a pesagem dos cadinhos com as amostras de cinzas.

Para determinação do teor de cinzas utilizou-se a equação 3.

$$TC = \frac{100 \cdot m_1}{m_s} \quad (3)$$

Em que:

TC: Teor de Cinzas (porcentagem);

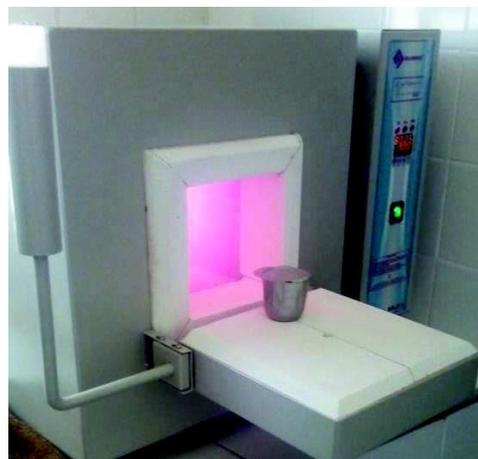
m_1 : Massa do resíduo (massa do cadinho com resíduo menos massa do cadinho vazio)(gramas);

m_s : Massa da amostra em base seca (gramas).

4.2.5 Determinação do Teor de Material Volátil (TV)

A segunda análise imediata foi o teor de voláteis. Para o procedimento realizado adotou-se a metodologia da ASTM D3175-11 (ASTM, 2011), nesta fez-se uso de um dessecador, uma balança analítica de precisão e um Forno mufla QUIMIS, modelo Q318M e um cadinho de platina, mostrados nas Figuras 11 e 12 respectivamente.

Figura 11 – Mufla QUIMIS



Fonte: Autor (2016)

Figura 12 – Cadinho de Platina



Fonte: Autor (2016)

Inicialmente o cadinho foi aquecido durante 10 minutos na mufla a 900 °C e na sequência para esfriar foi ao dessecador por cerca de 30 minutos. Tarou-se o cadinho com tampa e pesou-se 1 (um) grama de amostra. Para a queima, o cadinho permaneceu 3 (três) minutos na tampa da mufla e mais 7 (sete) minutos dentro do Forno Mufla, com a tampa fechada. Retirou-se o cadinho e acondicionou-se por 30 minutos no dessecador, posteriormente, fez-se a pesagem do cadinho. O teor de voláteis foi calculado de acordo com a Equação 4.

$$TV = m_1 - m_2 \quad (4)$$

Na qual:

TV: Teor de Matérias Voláteis (porcentagem);

m_1 : Massa do cadinho com tampa e com amostra incinerada (gramas);

m_2 : Massa do cadinho com tampa (gramas).

4.2.6 Determinação do Teor de Carbono Fixo (CF)

Para determinação do teor de carbono fixo contido nas amostras, baseou-se na ASTM D3172-13 (ASTM, 2013), na qual tal valor é obtido de acordo com a Equação 5.

$$CF = 100 - (TC + TV) \quad (5)$$

Na qual:

CF: Teor de Carbono Fixo (%);

TV: Teor de Voláteis (%);

TC: Teor de Cinzas (%).

4.2.7 Determinação da Densidade á Granel (DG)

Para a determinação da Densidade á Granel seguiu-se as orientações correspondentes à NBR 6922. Os equipamentos utilizados para a determinação da densidade á granel foram uma balança analítica de precisão e uma proveta de 40 ml, Figura 13.

Figura 13 – Análise de Densidade á Granel



Fonte: Autor (2016)

Inicialmente determinou-se a massa da proveta e posteriormente, do sistema proveta mais amostra. O preenchimento da proveta com amostra não foi pressionada, apenas despejada. O valor de densidade á granel foi determinado pela equação 6.

$$DG = \frac{m}{v} \quad (6)$$

Na qual:

DG: Densidade á Granel (kg/m^3);

m: Massa da amostra (kg);

v: Volume da proveta (m^3).

4.2.8 Determinação da Densidade Energética (DE)

O valor da densidade energética foi determinada de acordo com a equação 7, baseado em Pinheiro, Rendeiro e Pinho (2005).

$$DE = PCS \cdot DG \quad (7)$$

Em que:

DE: Densidade energética (MJ/m³);

PCS: Poder Calorífico Superior (MJ/kg);

DG: Densidade á Granel (kg/m³).

4.2.9 Produção dos briquetes

O processo de produção dos briquetes foi realizado em escala de bancada. Inicialmente inseriu-se a amostra em um molde em aço inox (a) com auxílio de um funil e a compressão realizou-se com uma presa hidráulica MARCONI, modelo MPH 15 (b), Figura 14.

Figura 14 – Instrumentos para briquetagem



Fonte: Autor (2016)

Após a compressão, esperou-se 5 (cinco) minutos com pressão de 5 ton sobre o molde e mais 5 (cinco) minutos sem pressão. Em seguida os briquetes prontos foram

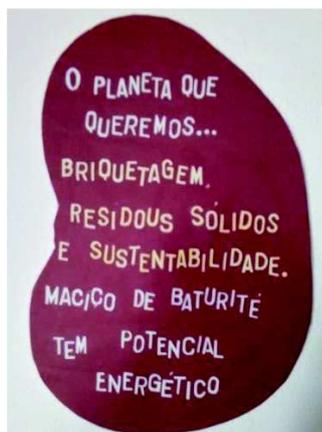
retirados do instrumento. Como ainda não existe normas que regulem o processo de briquetagem, baseou-se segundo Quirino *et al.* (2012).

4.2.10 Atividade de Extensão

A metodologia utilizada para implementação do projeto relativo a divulgação do aproveitamento de resíduos em escolas da região do Maciço de Baturité teve início com a elaboração de folders informativos, com definições sobre três conceitos essenciais, os quais: Sustentabilidade, Resíduos Agrícolas e Briquetagem. Abordou-se ainda a importância de tais conceitos para a região do Maciço de Baturité, além da inclusão de um jogo interativo para os leitores.

A divulgação desta ação extensionista ocorreu por meio de palestras cujo tema foi: “O Planeta que queremos. Briquetagem, Sustentabilidade e Resíduos Sólidos. O Maciço de Baturité tem Potencial Energético.”, como mostra a Figura 15.

Figura 15 – Tema da Palestra



Fonte: Autor (2016)

Através desta ideia, proposta nas palestras, uma árvore completa foi montada passo a passo com seus elementos através de estratégias lúdicas e interativas. Assim, toda a plateia acompanhava a explanação com atenção e entendimento de cada conceito exposto nos folders, como mostra a sequência abaixo.

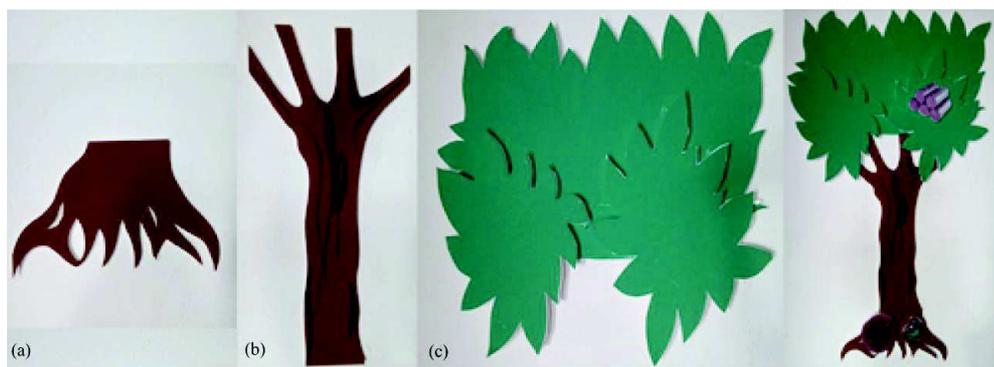
a) A **raiz**, elemento principal das árvores, é a base, e que para tal precisam ser regadas para crescer e se fortalecerem. Na abordagem representaram os **resíduos sólidos agrícolas** devidos à problemática originária por sua má gestão.

b) O **tronco** é a parte aérea, fixa no solo através das raízes e de onde saem os galhos, o qual representa a **sustentabilidade**, tendo na aplicação deste conceito a formação da parte que completa a árvore.

c) A **copa**, extremidade das árvores, onde as folhas se originam, e juntos formam uma ramagem de folhas, simula o **briquete**, produto final que agrega o conceito sustentável pelo reaproveitamento de resíduos que normalmente são descartados.

A Figura 16 exibe tal procedimento.

Figura 16 – Quebra-Cabeça da Árvore



Fonte: Autor (2016)

Como finalização, os ouvintes em um folheto, desenharam e escreveram frases e pequenos textos sobre o que foi absorvido durante a palestra. Com tais folhetos fez-se um livreto, anexado junto ao presente trabalho.

É válido ressaltar que o material confeccionado para as palestras foram feitos com os seguintes materiais: isopor, papel EVA, papel dupla fase, cola de isopor, folha A4 e pincel preto.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pelas análises estão abaixo apresentados.

5.1 Teor de Umidade (TU) e Poder Calorífico Superior (PCS) das amostras

Os resultados de Teor de Umidade (TU) estão exibidos na Tabela 2, bem como os respectivos desvios padrões entre as quatro amostras utilizadas para cada proporção de matéria-prima.

Tabela 2 – TU em b.s (%)

Matéria Prima	T.U em b.s (%)		
	Quadruplicatas	Média	Desvio Padrão
Casca de Castanha de Caju - CCC	8,53	8,73	0,19
	8,57		
	8,97		
	8,88		
Casca de Coco Babaçu - CCB	11,30	11,00	0,26
	10,90		
	10,63		
	11,18		
<i>Blends</i> de Casca de Castanha de Caju e Casca de Coco Babaçu (50%-50%) - CCCB	9,55	10,28	0,42
	10,57		
	10,51		
	10,48		
<i>Blends</i> 75% de Casca de Castanha de Caju e 25% de Casca de Coco Babaçu - CCBC	9,89	9,65	0,28
	9,95		
	9,29		
	9,49		
<i>Blends</i> 25% de Casca de Castanha de Caju e 75% de Casca de Coco Babaçu - CBCC	10,82	10,78	0,04
	10,73		
	10,81		
	10,74		

Fonte: Autor (2016)

A umidade determina a quantidade de água presente na amostra (Paula, 2006). Na Tabela 2 estão apresentados os dados de teor de umidade das amostras. Verifica-se um pequeno percentual de variação entre diferentes proporções das matérias-primas analisadas. A casca de coco babaçu apresenta o maior percentual, 11% correspondem à quantidade de água presente. Já nos *blends* o valor de umidade diminui, pela mistura com a casca da castanha de

caju que possui o menor valor de umidade, 8,73%. Os resultados encontrados com baixos teores de umidade se mostraram satisfatórios, tendo em vista que pela baixa quantidade de água a possibilidade de expansão dos gases que causam fraturas é improvável, confirmando assim condições favoráveis para produção de briquetes.

Na Tabela 3 estão apresentados os dados referentes ao Poder Calorífico Superior (PCS), que para todas as proporções estudadas obteve-se um valor médio de 17,5 MJ.kg⁻¹. Tais resultados se mostraram satisfatórios quando se relaciona a produção de combustíveis sólidos, tendo na comparação com PCS de cavacos de lenha segundo Silva, Cardoso e Saiki (2004), um valor corresponde a 18,24 MJ.kg⁻¹, a efetividade e confiabilidade para aplicação na técnica da briquetagem.

Tabela 3 – PCS (MJ.kg⁻¹)

Matéria Prima	PCS (MJ.kg ⁻¹)		
	Quadruplicatas	Média	Desvio Padrão
Casca de Castanha de Caju – CCC	17,20	17,33	0,14
	17,33		
	17,33		
	17,58		
Casca de Coco Babaçu - CCB	17,90	17,71	0,14
	17,73		
	17,50		
	17,72		
Blends de Casca de Castanha de Caju e Casca de Coco Babaçu (50%-50%) - CCCB	17,37	17,46	0,15
	17,72		
	17,37		
	17,41		
Blends 75% de Casca de Castanha de Caju e 25% de Casca de Coco Babaçu - CCBC	17,43	17,73	0,20
	17,81		
	17,69		
	17,97		
Blends 25% de Casca de Castanha de Caju e 75% de Casca de Coco Babaçu - CBCC	17,76	17,79	0,06
	17,88		
	17,74		
	17,78		

Fonte: Autor (2016)

O poder calorífico é denominado superior quando a combustão se efetua a volume constante e a água formada neste processo é condensada. Logo a umidade é inversamente proporcional ao poder de queima do combustível (NOGUEIRA; LORA, 2003). Sendo assim, quanto maior o teor de umidade, menor será o poder de queima da amostra.

Nota-se uma uniformidade entre dados das amostras estudadas. Resultados que mostraram a energia efetivamente disponível por unidade de massa da matéria-prima com valor considerável para sua combustão, a qual se dá após a subtração automática das perdas com a evaporação da água inerente nas amostras.

É importante frisar ainda que as amostras utilizadas eram *in natura*, de forma que não passaram por processo de secagem para ambas as análises.

5.2 Análise Imediata

5.2.1 Casca de Castanha de Caju (CCC)

A Tabela 4 apresenta os resultados quantificados para a análise imediata para a Casca da Castanha de Caju (CCC).

Tabela 4 – Análise imediata de CCC

Casca de Castanha de Caju - CCC			
	Quadruplicatas	Média	Desvio Padrão
TC (%)	8,288	10,131	1,510
	9,002		
	11,767		
	11,470		
T.V (%)	76,900	78,330	1,020
	77,960		
	78,810		
	79,660		
C.F (%)	14,812	11,536	2,480
	13,038		
	9,423		
	8,870		

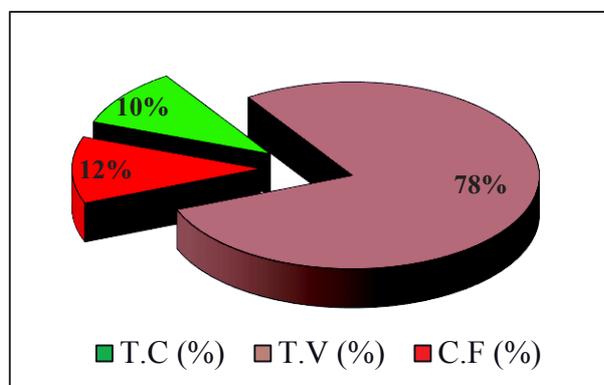
Fonte: Autor (2016)

Observa-se nos dados um conteúdo satisfatório para aplicação em combustível, visto que o teor de material volátil equivale a 78,3% do material, ou seja; para queima, no caso de combustíveis sólidos, representa a parte que separa em forma gasosa durante o aquecimento do mesmo.

O teor de cinzas que concebe as partes incombustíveis corresponde a 10,2%, e o valor de carbono fixo que expressa à quantidade de material deixado após a liberação do material volátil é de 11,5%. Esse preceito, conexo de um PCS de 17,3 MJ.kg-1 agrega ainda maior valor para utilização de tal resíduo em processos industriais que necessitem de calor.

No Gráfico 1 segue a representação da composição da análise imediata da Casca de Castanha de Caju (CCC). O mesmo leva em consideração o material *in natura*.

Gráfico 1 – Composição da Casca de Castanha de Caju (CCC)



Fonte: Autor (2016)

Para a finalidade combustível, verifica-se com a expressiva quantidade de TV um resíduo desejável para produção. No entanto, se faz presente à fração de material inorgânico, que é expressa pelo TC.

5.2.2 Casca de Coco Babaçu (CCB)

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados da composição do resíduo do coco babaçu.

Tabela 5 – Análise imediata de CCB

	Casca de Coco Babaçu - CCB		
	Quadruplicatas	Média	Desvio Padrão
TC (%)	10,22	11,44	1,68
	14,24		
	10,08		
	11,21		
T.V (%)	82,00	81,68	0,29
	81,20		
	81,70		
	81,80		
C.F (%)	7,77	6,88	1,41
	4,55		
	8,21		
	6,98		

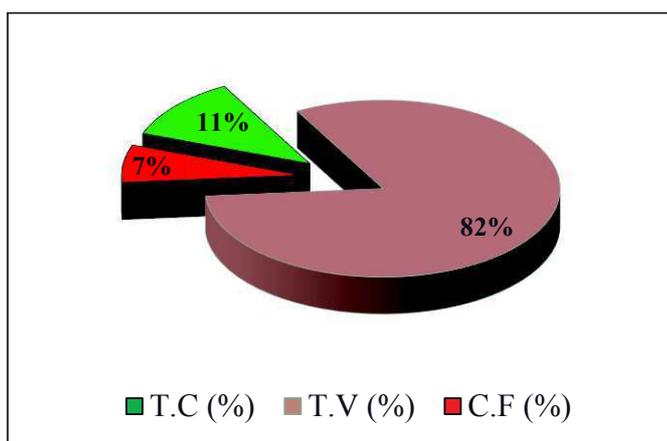
Fonte: Autor (2016)

Repetidamente o valor de teor de material volátil tem destaque no que compreende objetivo de produção de calor. Com cerca de 82% de TV o resíduo de coco babaçu é mais elevado que o anteriormente citado (CCC).

A fração correspondente ao teor de cinzas e carbono fixo é novamente baixo, enfatizando assim resultados satisfatórios para a produção de combustível.

O Gráfico 2 apresenta a composição imediata do resíduo de coco babaçu.

Gráfico 2 – Composição da Casca de Coco Babaçu (CCB)



Fonte: Autor (2016)

A menor quantidade de CF indica um tempo de queima um pouco menor, porém pelo expressivo dado de material volátil atrelado a um PCS em média de $17,2 \text{ MJ.kg}^{-1}$ e uma umidade de apenas 9,7%, evidencia aceitável aplicação desta matéria-prima em escala industrial para produção de combustível.

5.2.3 Blend de CCC e CCB (50%-50%) – CCCB

A Tabela 6 apresenta os valores para a análise imediata realizada para os *blends* com proporção de (50-50%) de Casca de Castanha de Caju (CCC) e Casca de Coco Babaçu (CCB).

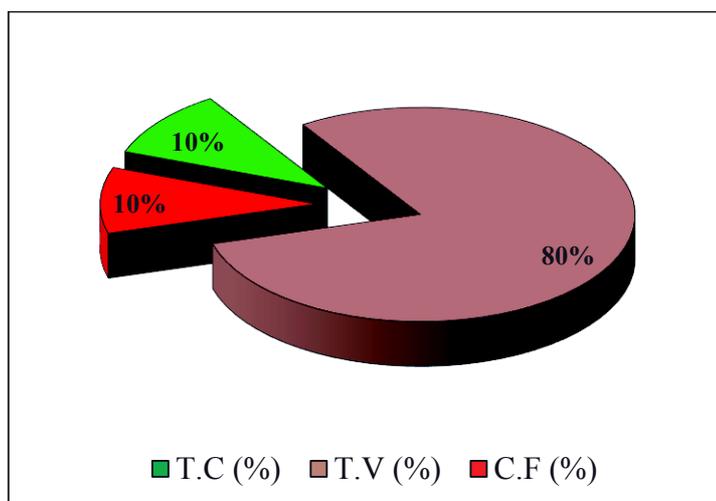
Tabela 6 – Análise imediata do *Blend* de CCC e CCB (50%-50%) – CCCB

Blends (50-50)% Casca de Castanha de Caju e Casca de Coco Babaçu - CCCB			
	Quadruplicatas	Média	Desvio Padrão
TC (%)	9,55	10,28	0,42
	10,57		
	10,51		
	10,48		
T.V (%)	78,50	79,74	1,17
	80,57		
	78,70		
	81,20		
C.F (%)	11,94	9,97	1,46
	8,85		
	10,78		
	8,31		

Fonte: Autor (2016)

A composição dos *blends* com formação de 50% de cada biomassa mostraram equivalência de dados da análise imediata, uma vez que tanto os *blends* quanto as amostras puras de CCC e CCB apresentaram valores próximos. Observa-se um alto valor de material volátil, desejável para combustível. Entretanto encontra-se também a fração inorgânica, parcela que representa o conteúdo mineral atuante em processos térmicos como dissipar calor e que favorecem a formação de carvão.

No Gráfico 3 segue a representação gráfica da análise imediata do *blend* de Casca de Castanha de Caju e de Casca de Coco Babaçu, com proporção de 50% para cada resíduo.

Gráfico 3 – Composição do *Blend* de CCC e CCB (50%-50%) – CCCB

Fonte: Autor (2016)

Nesta proporção a junção das matérias-primas não variou os dados comparando as matérias primas separadas, como as demais amostras, prevaleceu o alto percentual de TV, estabelecendo a viabilidade para produção de energia na forma de combustão.

5.2.4 Blend de 75% CCC e 25% CCB – CCBC

A Tabela 7 mostra os resultados estabelecidos para a análise imediata de *blends* com formação de 75% de Casca de Castanha de Caju e 25% de Casca de Coco Babaçu (CCBC).

Tabela 7 – Análise imediata do Blend de 75% CCC e 25% CCB – CCBC

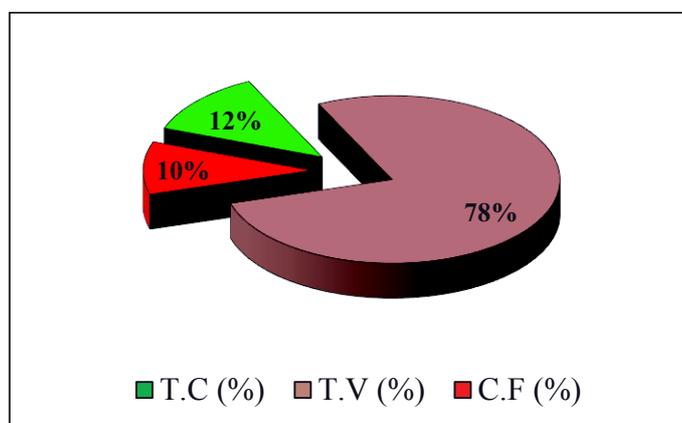
	Blend 75% de Casca de Castanha de Caju e 25% de Casca de Coco Babaçu - CCCB		
	Quadruplicatas	Média	Desvio Padrão
TC (%)	11,38	12,25	1,29
	14,32		
	12,33		
	10,97		
T.V (%)	77,00	77,60	0,65
	77,40		
	78,70		
	77,30		
C.F (%)	11,61	10,14	1,54
	8,27		
	8,96		
	11,72		

Fonte: Autor (2016)

É destaque que a variável que corresponde às partes incombustíveis no caso deste *blend* teve entre as demais o maior valor quantificado. Inversamente o teor de material volátil é o mais baixo entre as amostras. No entanto, essa variação de dados não inviabiliza a aplicação desta formação em produção de combustíveis, tendo em vista que embora inferior aos demais, o TV correspondente é expressivo, 78% da matéria-prima seria separada em forma gasosa durante um aquecimento, por exemplo. No caso do valor equivalente ao teor de carbono fixo, existe uma estabilidade entre a maioria das amostras, tendo uniformidade em resíduo combustível deixado após a liberação do material volátil, no caso de processos que utilizem a técnica de queima.

No Gráfico 4, estão apresentados os percentuais de TV, TC e CF do *blend* 75% CCC e 25% CCB.

Gráfico 4 – Composição do *Blend* de 75% CCC e 25% CCB – CCBC



Fonte: Autor (2016)

5.2.5 *Blend* de 25% de CCC e 75% CCB - CBCC

Os dados referentes aos blends com proporção de 25% de Casca de Castanha de Caju e 75% de Casca de Coco Babaçu (CBCC) estão dispostos na Tabela 8.

Tabela 8 – Análise imediata do *Blend* de 25% de CCC e 75% CCB – CBCC

	Blend 25% de Casca de Castanha de Caju e 75% de Casca de Coco Babaçu - CBCC		
	Quadruplicatas	Média	Desvio Padrão
TC (%)	9,53	9,19	0,29
	9,41		
	8,97		
	8,85		
T.V (%)	79,10	77,45	1,27
	75,60		
	77,90		
	77,20		
C.F (%)	11,36	13,35	1,33
	14,99		
	13,13		
	13,94		

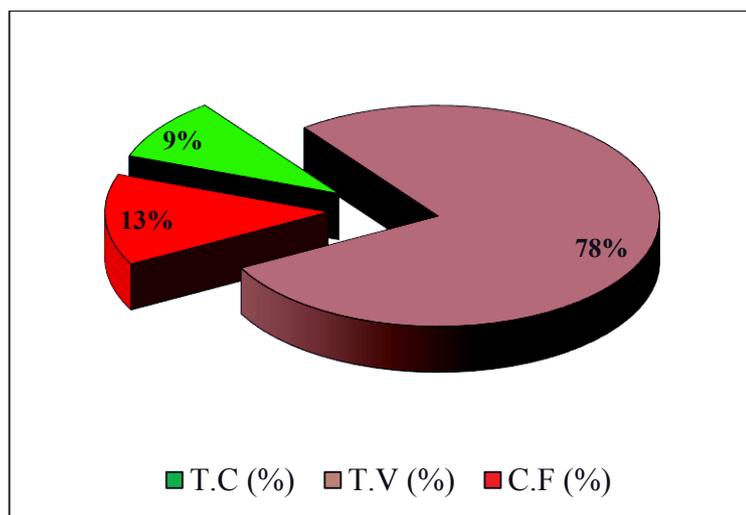
Fonte: Autor (2016)

Observa-se que entre as análises, a de maior valor novamente é o TV. O destaque está no teor de carbono fixo que aumentou em relação às demais amostras. Mesmo com a

variação, a homogeneidade entre todas as proporções analisadas, englobando os resíduos *in natura*, como os *blends* formados a partir deles.

O Gráfico 5 apresenta a composição das medias dos dados de análise imediata do *blend* CBCC.

Gráfico 5 – Composição do *Blend* de 25% de CCC e 75% CCB - CBCC



Fonte: Autor (2016)

Possivelmente configura-se para este *blend* um maior tempo durante o período de queima, tendo em vista o maior teor de carbono fixo.

É importante frisar que os resultados apresentados mostraram uniformidade para as amostras *in natura* e para os *blends* de diferentes proporções, assim pode-se considerar para biomassa em 100% de sua composição, dados satisfatórios quando se analisa a aplicabilidade para produção de combustíveis sólidos, como por exemplo; briquetes.

No caso dos *blends* observam-se valores parecidos aos resíduos *in natura* e entre as diferentes proporções, estabelecendo uma relação homogenia de complementariedade no caso das frações unidas, comprovando uma forte viabilidade para produção de combustíveis sólidos.

5.3 Densidade

5.3.1 Densidade á Granel

Na Tabela 9 estão apresentados os valores de densidade a granel.

Tabela 9 – Densidade á Granel (kg.m^{-3})

Matéria Prima	D.G (kg.m^{-3})		
	Quadruplicatas	Média	Desvio Padrão
Casca de Castanha de Caju – CCC	414,87	452,67	21,97
	472,07		
	444,77		
	460,57		
Casca de Coco Babaçu – CCB	361,83	332,52	14,69
	330,44		
	332,85		
	332,19		
Casca de Castanha de Caju e Casca de Coco Babaçu - CCCB	368,82	357,62	11,89
	336,64		
	357,84		
	357,40		
75% de Casca de Castanha de Caju e 25% de Casca de Coco Babaçu - CCCB	393,12	399,00	5,20
	406,57		
	401,85		
	396,15		
25% de Casca de Castanha de Caju e 75% de Casca de Coco Babaçu - CCCB	292,65	294,49	2,03
	295,03		
	298,02		
	293,94		

Fonte: Autor (2016)

A densidade a granel representa a quantidade de massa por unidade de volume. Entre as matérias primas estudadas, a Casca de Castanha de Caju obteve em média o maior valor, seguido do *blend* que se constituía de maior proporção de casca de castanha, já o *blend* com menor percentual de casca de castanha foi o que apresentou o menor valor entre as amostras. No entanto os dados encontrados se mostram satisfatórios, tendo em vista que não passaram por processo de secagem e possuem valores expressivos comparando aos dados de cavacos de lenha de 268 kg.m^{-3} , como mostra Silva, Cardoso e Saiki (2004),

5.3.2 Densidade Energética

Na Tabela 10 estão apresentados os dados quantificados de densidade energética para as amostras analisadas.

Tabela 10 – Densidade Energética (MJ.m⁻³)

Matéria Prima	D.E (MJ.m ⁻³)		
	Quadruplicatas	Média	Desvio Padrão
Casca de Castanha de Caju - CCC	7136,55	7782,21	413,35
	8181,83		
	7709,56		
	8100,92		
Casca de Coco Babaçu - CCB	6478,88	6013,72	269,38
	5861,72		
	5827,54		
	5886,74		
Casca de Castanha de Caju e Casca de Coco Babaçu - CCCB	6406,69	6202,83	156,57
	5966,32		
	6215,95		
	6222,38		
75% de Casca de Castanha de Caju e 25% de Casca de Coco Babaçu - CCCB	6854,88	7082,56	141,64
	7244,26		
	7109,08		
	7122,03		
25% de Casca de Castanha de Caju e 75% de Casca de Coco Babaçu - CCCB	5198,88	5248,00	36,21
	5277,54		
	5287,52		
	5228,06		

Fonte: Autor (2016)

De acordo com Lima *et al* (2011) a densidade energética compreende a energia contida num determinado volume de madeira. Os dados obtidos configuram-se como expressivos se comparado ao indicado para cavacos de lenha por Silva, Cardoso e Saiki (2004), correspondente ao valor de 4200,41 MJ.m⁻³.

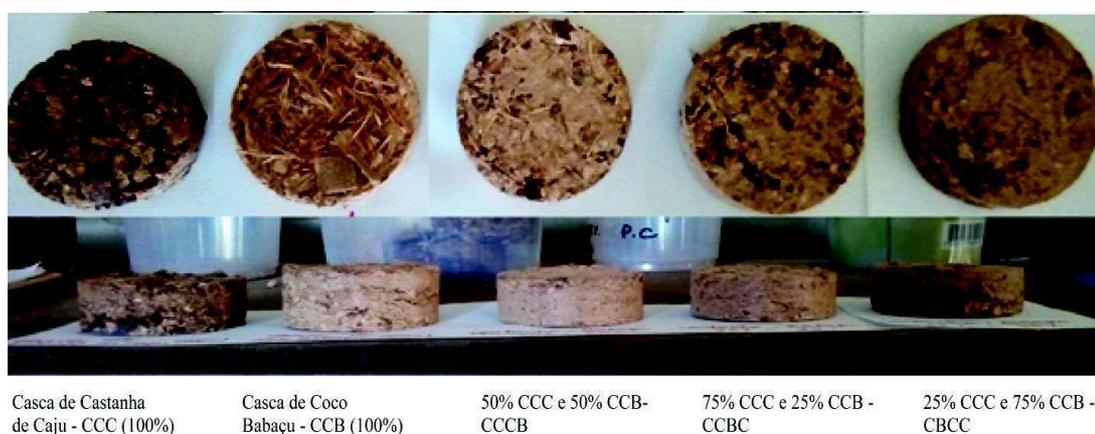
A Casca de Castanha de Caju fica em evidencia, pois nota-se um maior valor de 7782 MJ.m⁻³, já o *blend* que tem na composição 25% de CCC resultou no valor menos expressivo, o que pode estar relacionado a menor porção de casca de castanha, visto que está obteve-se o maior resultado entre as amostras. No entanto, mesmo com as discrepâncias encontradas, é valido salientar que as cinco amostras estudadas dispõem de dados satisfatórios, visto que são ainda maiores que os dados encontrados na literatura. Observa-se ainda que a densidade á granel tem relação proporcional com a densidade energética, independente do valor de PCS.

5.4 Produção dos Briquetes

Os briquetes foram produzidos em dois tamanhos diferentes, um para realização do PCS e outro para obtenção dos dados referentes à densidade á granel.

Produziu-se 20 briquetes, sendo quatro para cada proporção estudada. Os mesmos tiveram dimensão de 0,05 metros de diâmetro e entre 0,16 e 0,18 metros de espessura, com massa em média de 30 gramas. A Figura 17 mostra os briquetes produzidos

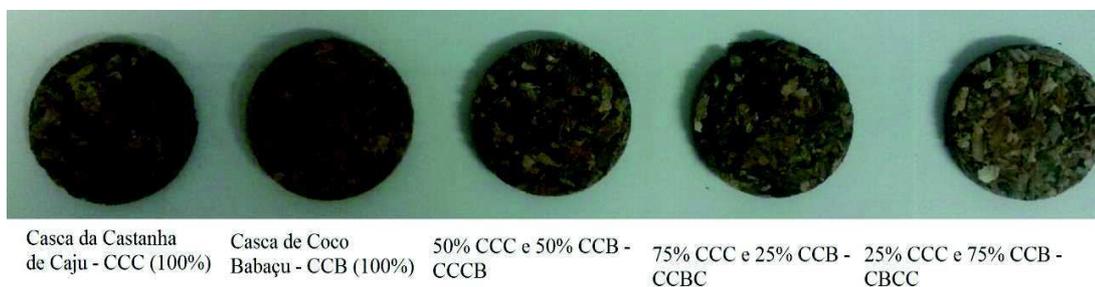
Figura 17 – Briquetes maiores



Fonte: Autor (2016)

Foram produzidos também, 10 briquetes menores, sendo dois de cada proporção pesquisada, nas quais as dimensões correspondiam em média a 0,05 metros de diâmetro e 0,08 metros de altura, com massa de cinco gramas, como apresenta a Figura 18.

Figura 18 – Briquetes menores



Fonte: Autor (2016)

Os escolhas dos valores de massa utilizados para produção deu-se com intuito de caracteriza-los, de forma que para análise de densidade o briquete necessita de uma massa

próximo á 30 gramas. Assim como para á análise de poder calorífico, uma quantidade menor de massa.

Notou-se que os briquetes puramente de casca de castanha de caju embora tivessem sidos compactados, não possuíam alto poder de compactação, de acordo com propriedades organolépticas, pois os mesmos desmanchavam-se rapidamente, o que pode ter ocorrido pelo tamanho de partículas utilizadas, que foram maiores que as de coco babaçu, tendo em vista a dificuldade de diminuição das cascas. No entanto, os *blends* com constituição desse resíduo se mostraram visualmente satisfatórios independente da proporção de CCC. Já os briquetes de coco babaçu apresentaram-se bons quando se refere à compactação, os quais possuíam aparência aproximada a de fibra. Eram mais rígidos, estáveis e possuíam mais durabilidade.

A caracterização dos briquetes produzidos ficará como sugestão para estudos futuros. Entretanto é valido frisar que os valores referentes as biomassas que deram origem aos briquetes são em sua totalidade satisfatórios para este fim, assim a viabilidade dos mesmos é comprovada e conseqüentemente, eleva a qualidade de resíduos, os quais com o processo de compactação ficam mais densos e pela uniformidade o rendimento do processo de queima aumenta.

5.5 Atividade de Extensão

As Figuras 19 e 20 apresentam respectivamente à frente e verso do folder informativo criado

Figura 19 – Folder Informativo - Frente

Puzzotempo – CAÇA-PALAVRAS

R	M	E	I	O	A	M	B	I	E	N	T	E	R
E	Q	W	B	R	I	Y	T	U	O	P	Ç	L	E
S	A	S	D	A	G	H	J	K	L	L	M	T	U
I	T	H	A	Z	T	C	V	B	W	N	E	C	T
D	O	E	O	K	I	U	E	R	E	U	S	G	I
U	L	R	N	I	L	H	R	F	Q	G	A	F	L
O	K	F	G	T	M	S	A	I	F	H	Z	V	I
S	I	G	U	Ç	A	O	R	G	T	O	N	B	Z
O	U	H	J	L	C	B	Q	U	D	E	T	H	A
L	J	K	N	O	I	A	I	O	P	Ç	G	J	Ç
I	M	J	H	I	Ç	T	W	L	I	X	O	U	A
D	N	T	T	U	O	U	K	B	I	S	M	Y	O
O	H	B	R	I	Q	U	E	T	A	G	E	M	E

Lixo
Resíduo Sólido
Reutilização
Briquete
Briquetagem
Meio Ambiente
Baturité
Maciço
Baturité



UNILAB
Universidade de Integração Tecnológica de Lavras 2011-2016

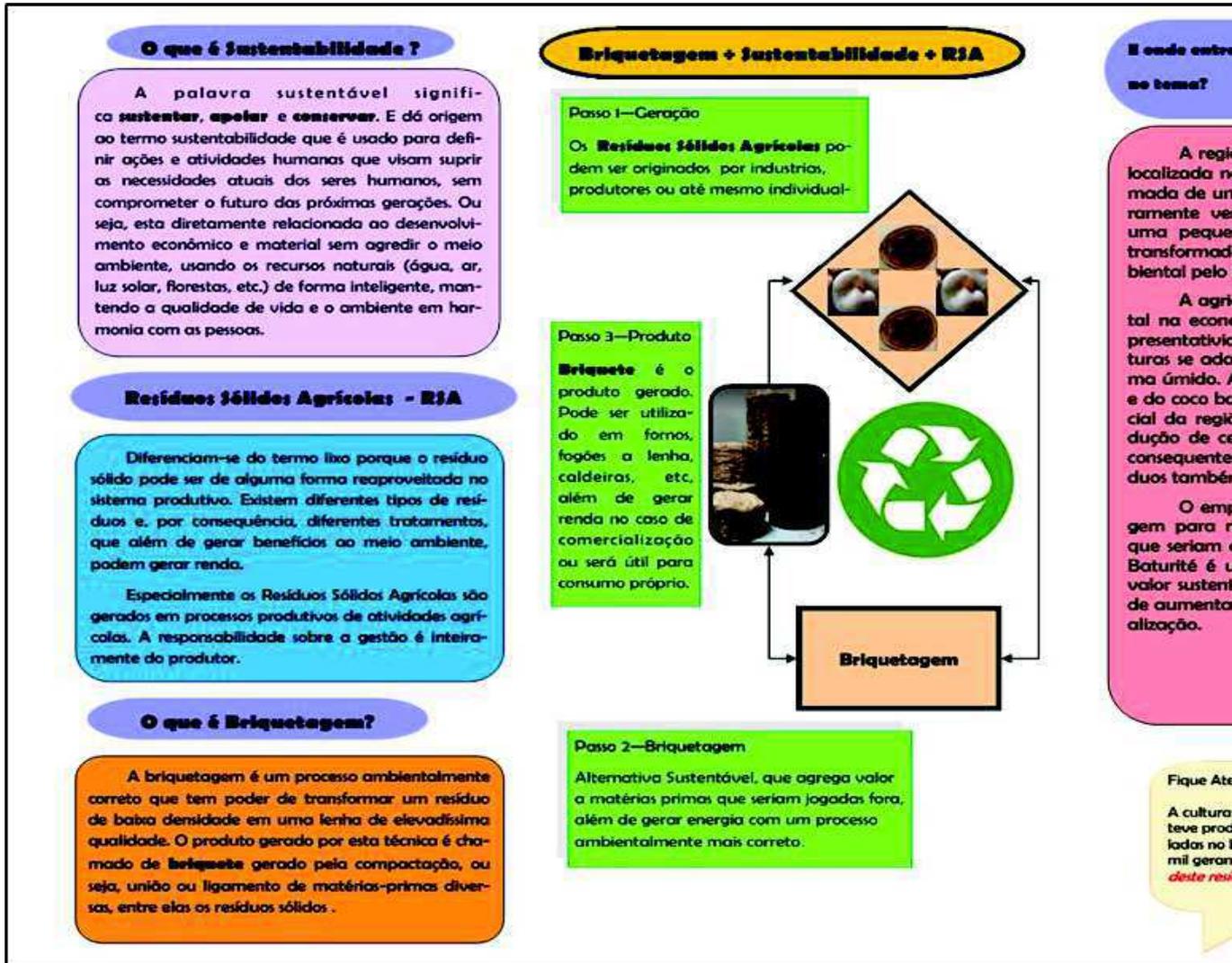
Grintequi

mabrya.grintequi@gmail.com

(035) 998089188

Fonte: Autor (2016)

Figura 20 – Folder Informativo - Verso



Fonte: Autor (2016)

A idealização do folder informativo baseou-se na perspectiva de conhecimentos com foco nas definições de sustentabilidade, resíduos sólidos agrícolas e briquetagem, temas chaves do presente trabalho, além do ciclo que envolve os três conceitos citados e ainda a importância destes para o Maciço de Baturité - Ce, tendo em vista a alta potencialidade que tem exploração dos recursos energéticos provenientes das localidades que a cercam quase escassa.

No anseio da disseminação de conhecimento sobre a citada potencialidade energética da região de forma mais sustentável imprimindo conceitos bases que formalizem o uso inteligente desse potencial, especificamente através da técnica de briquetagem, mostrando também os ganhos e benefícios ambientais, sociais e econômicos, a divulgação dos folders se deu através de palestras que envolveram os preceitos citados, realizou-se em uma escola pública no município de Barreira e uma escola privada no município de Baturité, ambas de ensino fundamental.

Na Escola Municipal Antônio Julião Neto, na cidade de Barreiras, teve como públicos 41 alunos do 9º ano do ensino fundamental. Observou-se que havia expectativa pelo assunto a ser abordado, tendo em vista que o nome “briquetes” não é comum. Ao longo da apresentação houve interatividade pelo método didático utilizado. Explorou-se a temática por meio de um quebra-cabeça da alocação dos elementos principais de uma árvore no decorrer de cada explicação. Notou-se ao final, surpresa pela possibilidade de reaproveitamento de coisas que são normalmente descartadas, o que colabora no pensar antes de descartar e nas diversas funções que as “coisas” podem ter; neste caso os resíduos para produção de briquetes.

O Instituto Educacional Paraíso (INEP), foi à escola privada visitada. Aqui os ouvintes foram 18 alunos do 9º ano do ensino fundamental. De forma análoga ao encontro anterior, percebeu-se grande expectativa pelos temas abordados, tendo no conceito de briquetagem o maior anseio de conhecimento. A interação com os mesmos foi efetiva, realizada principalmente pela eliminação de dúvidas com perguntas feitas por eles, e pela surpresa da região que os mesmos residem ter grande potencial energético.

Como os alunos desta turma são concludentes do ensino fundamental e por terem projeções de encaminharem-se para profissão, a curiosidade da relação do curso Engenharia de Energia com a briquetagem foi ainda citada, pois o conceito de combustão, forma de energia proveniente da queima dos briquetes não era conhecida pelos mesmos.

As Figuras 21 e 22 mostram respectivamente os encontros com os alunos do 9º da Escola Municipal Antônio Julião Neto no município de Barreira e do Instituto Educacional Paraiso no município de Baturité.

Figura 21 – Palestra da Escola Municipal Antônio Julião Neto no município de Barreira-Ce



Fonte: Autor (2016)

Figura 22 – Palestra no INEP no município de Baturité



Fonte: Autor (2016)

6 CONCLUSÕES

Com os estudos de caracterização realizados por meio de análises de umidade, poder calorífico, densidade e análises imediata, percebeu-se um alto valor energético agregado às biomassas, sendo a casca da castanha de caju um resíduo primoroso pela abundância energética e que comumente é inutilizado, bem como a casca de coco babaçu que representa 90% da constituição total do fruto. A utilização destes em processos de briquetagem viabiliza a produção da própria energia, principalmente pelo alto poder calorífico na faixa de 17 MJ.kg^{-1} que é próximo aos indicados para a lenha que chega a 18 MJ.kg^{-1} , tendo ainda que a inserção dessa técnica na indústria ou para uso próprio, no caso de produção caseira; pode contribuir em opções viáveis para diversificação, ampliação e desenvolvimento do setor energético regional, amenizar problemas como o desmatamento de espécies nativas pela exploração da lenha e carvão vegetal, que ocorre por meio do trabalho infantil, além do reaproveitamento de matérias-primas que comumente são descartadas normalmente em lixões.

Os quantitativos das composições de cada resíduo mapearam uma grande influencia na combustão dos mesmos, o que indicou a real possibilidade de inseri-los como fonte em usinas térmicas ou para uso pessoal em fornos, por exemplo. A junção entre os resíduos estudados, com diferentes proporções se mostraram eficazes para aplicações de calor, com dados próximos as matérias-primas *in natura*, sugerindo que existe uma complementariedade entre os materiais.

Os briquetes produzidos apresentaram-se com grande poder de compactação, exceto o de casca de castanha de caju, segundo propriedades organolépticas. No entanto os *blends* que se constituíam de casca de castanha de caju se mostraram com maior poder de compactação, assim recomenda-se que o uso deste resíduo para finalidade de briquetagem, seja realizado por meio de interações. No caso dos briquetes de casca de coco babaçu a densificação foi satisfatória, apresentaram mais firmeza quanto à durabilidade, tendo em vista que para produção em escala industrial, o armazenamento feito por empilhamento requer uma maior estabilidade.

No que compreende o setor social, os folders informativos criados apresentaram estética didática, propiciando interatividade, sobretudo por meio de um jogo de palavras que foi inserido. A divulgação através de palestras em escolas, descrevendo sobre a potencialidade energética da região de forma mais sustentável, especificamente pela técnica da briquetagem, se mostrou com relevância significativa no que compreende a aproximação entre academia e

sociedade civil, além da possibilidade de disseminar conhecimento entre públicos diversos. Da expectativa inicial para as interações entre palestrante e ouvinte, observou-se a criação de um conceito coletivo pela vivência diária dos expetadores, com a pesquisa de laboratório e definições preestabelecidas nas literaturas. De modo geral, tem-se que a extensão realizada através de ações sociais proporcionou conhecimentos em nível de sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Atlas de energia elétrica do Brasil. 2. Ed.. Brasília: ANEEL, 2005.

ÁREA. Disponível em: < <http://www.porkworld.com.br/noticia/area-agricola-do-brasil-deve-crescer-15-ao-ano-na-proxima-decada> >. Acesso em: 01 agosto 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos. 2004.

BORGHI, Michel da Mata. **Efeito da Granulometria na Avaliação dos Briquetes**. 2012. 47 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenheiro Industrial Madeireiro, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2012.

BRAGA, Benedito *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio de desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Person, 2005. 317 p.

BRASIL. **Ministério de Minas e Energia (MME)**. Resenha Energética Brasileira. jun. 2015. 32 p.. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/documents/1138787/1732840/Resenha+Energ%C3%A9tica+-+Brasil+2015.pdf/4e6b9a34-6b2e-48fa-9ef8-dc7008470bf2> >. Acesso em: 24 ago. 2016.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. PLANO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS – PNRs. Brasília, 2012. Disponível em: < http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRs_Revisao_Decreto_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657 >. Acesso em: 16 jul. 2016.

CALLARES, Daniele. **Briquetagem e Peletização de Resíduos Agrícolas e Florestais**. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/65331/1/FOLDER-Briquetagem2-2012.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2016.

CÂMARA, Cristiane Rodrigues Silva. **Indicadores de qualidade de amêndoas de castanha de caju em pedaços durante o processo industrial**. 2010. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010. Disponível em: <http://www.ppgcta.ufc.br/CRISTIANE_RODRIGUES_CÂMARA.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2016.

CEARÁ, Secretaria de Desenvolvimento Agrário (SDA). Plano de Desenvolvimento Rural Sustentável (PDRS). Fortaleza, 2008/2011.

CINTRA, T. C. **Avaliações energéticas de espécies florestais nativas plantadas na região do Médio Paranapanema**, Sp. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2009.

CORTEZ, Luís Augusto Barbosa; LORA, Electo Eduardo Silva; AYARZA, Juan Arturo Castañeda. BIOMASSA NO BRASIL E NO MUNDO. In: CORTEZ, Luís Augusto Barbosa; LORA, Electo Eduardo Silva; GÓMEZ, Edgardo Olivares. **Biomassa para energia**. Campinas: Unicamp, 2008. Cap. 1. p. 15-28.

FILIPPETTO, Daniele. **Briquetagem de resíduos vegetais: viabilidade técnico-econômica e potencial de mercado**. 2008. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento de Sistemas Energéticos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

FREITAS, Hanniel. **Briquetagem**. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/hannielfreitas/disciplinas/tecnologia-de-producao-de-biomassa-energetica/Briquetes.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2016.

FURTADO, Thielly Schmidt et al. Variáveis do processo de briquetagem e qualidade de briquetes de biomassa florestal. **Revista Brasileira de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 30, n. 62, p.101-106, jul. 2010.

GINÂNI, T. P. **Estudo Preliminar da Produção de Briquetes Compostos a partir de Resíduos Vegetais**. 2013. 37 f. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2013.

GOLDEMBERG, José. Biomassa e energia. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p.582-587, mar. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n3/a04v32n3.pdf>>. Acesso em: 29 jul. 2016.

HINRICHS, Roger A.; KLEINBACH, Merlin; REIS, Lineu Belico dos. Biomassa: Das plantas ao lixo. In: HINRICHS, Roger A.; KLEINBACH, Merlin; REIS, Lineu Belico dos. **Energia e Meio Ambiente**. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. Cap. 17. p. 623-652. Tradução técnica: Lineu Belico Reis, Flávio Maron Vichi, Leonardo Freire de Mello.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/lspa_201606.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201606.pdf)>. Acesso em: 01 agosto 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:<<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 23 ago. 2016.

LIMA E. A. *et al.* Caracterização dendroenergética de árvores de *Eucalyptus benthamii*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 65, p. 09-17, jan.-mar. 2011.

LIMA, Samuel Melo et al. Análise do Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Indústria de Beneficiamento de Castanha de aju. in: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 35., 2015, Fortaleza. **Anais...** . Fortaleza: Abepro, 2015. p. 13 - 28. Disponível em:

<http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_214_269_26793.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2016.

MAIA, Bianca Goulart de Oliveira. **Valorização de Resíduos da Bananicultura e da Rizicultura na Produção de Briquetes**. 2013. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Processos, Universidade da Região de Joinville, Joinville, 2013.

MATRIZ energética de 2016 terá maior participação das energias renováveis. 2016. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/matriz-energetica-de-2016-tera-maior-participacao-das-energias-renovaveis>. Acesso em: 16 jul. 2016.

MAZZETTO, Selma Elaine; LOMONACO, Diego. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. **Química Nova**, Fortaleza, v. 3, n. 32, p.732-741, abr. 2009. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol32No3_732_16-QN09041.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2016.

MELO, Vicente de Paula Simões de. **Produção de Briquetes de Carvão Vegetal com Alcatrão de Madeira**. 1999. 53 f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

Ministério do Desenvolvimento Agrário. Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável: Território Cidadania Maciço do Baturité – MDA/SDT/CONSAD. 2010.

NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta; LORA, Electo Eduardo Silva. **Dendroenergia: fundamentos e aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

OLIVEIRA, F. L. S. *et al.* Análise dos Impactos Ambientais nas Nascentes do Rio Pacoti nos Municípios de Pacoti e Guaramiranga, Ceará, Brasil. In: Seminário Latino Americano de Geografia Física, 6; Seminário Ibero Americano de Geografia Física, 2. **Anais...** . Coimbra. Universidade de Coimbra, 2010.

PAULA, Julio Cesar Marchiori de. **Aproveitamento de Resíduos de Madeira para Confecção de Briquetes**. 2006. 48 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

PAULA, Luana Elis de Ramos e et al. Produção e avaliação de briquetes de resíduos lignocelulósicos. **Revista Brasileira de Pesquisas Florestais**, Colombo, v. 31, n. 66, p.103-112, jun. 2011.

PINHEIRO, Giorgiana Freitas; RENDEIRO, Gonçalo; PINHO, João Tavares. Densidade Energética de Resíduos Vegetais. **Biomassa & Energia**, v. 2, n. 2, p.113-123, 2005.

PROTÁSIO, Thiago de Paula. **Biomassa Residual do Coco Babaçu: Potencial de Uso Bioenergético nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil**. 2014. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Processamento e Utilização da Madeira, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

QUIRINO, Waldir Ferreira **Utilização energética de resíduos vegetais**. Laboratório de produtos florestais LPF/IBAMA. Módulo do Curso “Capacitação de agentes multiplicadores em valorização da madeira e dos resíduos vegetais”, 2000.

QUIRINO, Waldir Ferreira et al. Densitometria de raios x na análise da qualidade de briquetes de resíduos de madeira. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 96, n. 40, p.525-536, dez. 2012.

RODRIGUES, Valéria Antonia Justino. **Valorização energética de lodo biológico da indústria de polpa celulósica através da briquetagem**. 2010. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

SANTAELLA, Sandra Tédde., *et al.* **Resíduos Sólidos e a Atual Política Ambiental Brasileira**. Fortaleza: UFC/LABOMAR/NAVE, 2014. p.231.

SCHNEIDER, Vania Elisabete et al. **Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas**. Brasília: Ipea, 2012. 134 p. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120917_relatorio_residuos_organicos.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2016.

SEMACE. Área de Proteção Ambiental da Serra de Baturité. Disponível em: <<http://www.semace.ce.gov.br/2010/12/apa-da-serra-de-baturite/>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

SILVA, Claudinei Augusto da **Estudo técnico-econômico da compactação de resíduos madeiros para fins energéticos**. 2007. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

SILVA, Jadir N.; CARDOSO, José Sobrinho; SAIKI, Emílio T.. UTILIZAÇÃO DE BIOMASSA NA SECAGEM DE PRODUTOS AGRÍCOLAS VIA GASEIFICAÇÃO COM COMBUSTÃO ADJACENTE DOS GASES PRODUZIDOS. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p.405-411, ago. 2004.

SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 9., 2012, Rio de Janeiro. **Impactos Ambientais: Aspectos Gerais na APA da Serra de Baturité, Ceará-Brasil**. Rio de Janeiro: Sinageo, 2012. 5 p. Disponível em: <<http://www.sinageo.org.br/2012/trabalhos/10/10-199-317.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE BENEFICIAMENTO DE CASTANHA DE CAJÚ E AMÊNDOA VEGETAIS DO ESTADO DO CEARÁ (SINDICAJU). **Cajucultura: Perfil do Setor**. Disponível em: <http://sindicaju.org.br/?page_id=212>. Acesso: 01 ago. 2016.

SOLER, Marcia Paisano; VITALI, Alfredo de Almeida; MUTO, Eric Fumhio. Tecnologia de quebra do coco babaçu (*Orbignya speciosa*). **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p.717-722, set. 2007.

TEIXEIRA, Marcos Alexandre. BIOMASSA DE BABAÇU NO BRASIL. In: GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, São Paulo. **Anais...** . São Paulo: Agrenerr, 2002

VECCHIA, Rodnei. Combustíveis renováveis: propulsores na condução para uma nova civilização energética. In: VECCHIA, Rodnei. **O meio Ambiente e as Energias Renováveis: Instrumentos de Liderança Visionária para a sociedade sustentável**. São Paulo: Manole, 2010. Cap. 4. p.145-207

VIEIRA, Ana Carla. **Caracterização da Biomassa Proveniente de Resíduos Agrícolas**. 2012. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2012. Disponível em: <http://projetos.unioeste.br/pos/media/File/energia_agricultura/pdf/Dissertacao_Ana_C_Vieira.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2016.