



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
UNIDADE ACADÊMICA CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



DARLINE ALBUQUERQUE DE HOLANDA ALVES

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESÍDUOS DE
PRODUÇÃO AGRÍCOLA PROVENIENTES DO BENEFICIAMENTO DA
MANDIOCA E DO MILHO**

Maceió

2014

DARLINE ALBUQUERQUE DE HOLANDA ALVES

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESÍDUOS DE
PRODUÇÃO AGRÍCOLA PROVENIENTES DO BENEFICIAMENTO DA
MANDIOCA E DO MILHO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Química da Universidade Federal de Alagoas,
como requisito parcial para a obtenção do
grau de Mestre em Engenharia Química.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Karla de
Souza Abud

Co-Orientadora: Profa. Dra. Karla Miranda
Barcellos.

Maceió

2014

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Maria Auxiliadora G. da Cunha

- A474a Alves, Darline Albuquerque de Holanda.
Avaliação do potencial energético de resíduos de produção agrícola provenientes do beneficiamento da mandioca e do milho / Darline Albuquerque de Holanda Alves. -- 2014.
80 f. : il., tabs., graf.,
- Orientadora: Ana Karla de Souza Abud.
Co-orientadora: Karla Miranda Barcellos.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2014.
- Bibliografia: f. 72-79.
Anexo: f. 80.
1. Biomassa. 2. Resíduos. 3. Energia. 4. Briquetes. I. Título.

CDU: 66.0:62-665.9

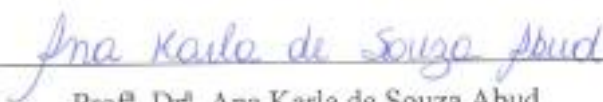
Darline Albuquerque de Holanda Alves

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESÍDUOS DE
PRODUÇÃO AGRÍCOLA PROVENIENTES DO BENEFICIAMENTO DA
MANDIOCA E DO MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Alagoas, como requisito para a obtenção do Título
de Mestre em Engenharia Química.

Aprovada em: Maceió, 28 de abril de 2014.

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a. Dr.^a. Ana Karla de Souza Abud
(PPGEQ/UFAL - Orientadora)



Prof.^a. Dr.^a. Karla Miranda Barcellos
(UFAL - Coorientadora)



Prof.^a. Dr.^a. Renata Maria Rosas Garcia Almeida
(PPGEQ/UFAL)



Dr. Antonio Dias Santiago
(Embrapa Tabuleiros Costeiros - UEP ALAGOAS - Membro Externo)



Primeiramente a DEUS por ter me dado força; a minha família principalmente o meu pai que esta no céu olhando por mim e a minha mãe que é meu porto seguro; ao amor da minha vida meu esposo Jucelino que me apoiou e foi muito compreensivo; aos meus irmãos; aos meus amigos e a todos que contribuíram direto ou indiretamente para que eu pudesse chegar até aqui.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por se fazer presente em minha vida.

A todos os professores que formam o Programa de Pós-Graduação de Engenharia Química, pelo conhecimento compartilhado durante todo o curso, em especial a minhas orientadoras, Profa. Ana Karla de Souza Abud e a Profa. Karla Miranda Barcellos, por terem sido pacientes, compreensivas e terem me ajudado a superar mais esse desafio.

A todos os meus colegas do curso, em especial a minha amiga Mayara Esteves e ao meu amigo Isaac Pinho, por terem me ajudado muito durante essa caminhada.

Ao meu esposo, por estar comigo sempre, apoiando-me.

A minha família, pelo apoio e por estar sempre perto de mim em todos os momentos.

À UFAL, pela oportunidade de poder adquirir mais conhecimento e de conhecer tantas pessoas maravilhosas que me ajudaram a ser uma pessoa melhor.

*A mandioca, que Tomé sagrado deu ao gentio amado,
Tem nas raízes a farinha oculta:
Que sempre o que é feliz se dificulta.
E parece que a terra de amorosa
Se abraça com seu fruto deleitosa;
Dela se faz com tanta atividade
A farinha, que em fácil brevidade
No mesmo dia sem trabalho muito
Se arranca, se desfaz, se cose o fruto;
Dela se faz também com muito cuidado
O beiju regalado
Que feito tenro por curioso amigo
Grande vantagem leva ao pão de trigo.
Os aipins se apresentam
Co'a mandioca, e tal favor alentam
Que tem qualquer, cozido, ou seja assado,
Das castanhas da Europa o mesmo agrado”.*

Manuel Botelho de Oliveira

RESUMO

O Brasil é um país privilegiado no que diz respeito à variedade de culturas agrícolas e florestais, em função do clima e, também, das boas condições do solo, além de dispor de uma enorme extensão de terra disponível ao cultivo de várias espécies vegetais. Esse potencial produtor gera uma enorme quantidade de resíduos, tanto provenientes de atividades agrícolas quanto de madeiras. Tais detritos podem, na maioria das vezes, causar a degradação do meio ambiente. A utilização de fontes de energia alternativas aos combustíveis fósseis vem ganhando destaque no Brasil e no mundo. Uma opção para evitar o esgotamento dos recursos naturais seria a substituição da lenha nos fornos pela queima direta de resíduos agrícolas provenientes desta atividade ou de outros resíduos *in natura*. As biomassas agrícolas existentes no Brasil são oriundas de diversas culturas, como, por exemplo, a do milho e a da mandioca. O trabalho propõe quantificar e caracterizar os resíduos agroindustriais provenientes da mandioca e do milho no Estado de Alagoas, visando seu uso para a queima nos fornos de casas de farinha da região do agreste. Foram realizadas análises físico-químicas da matéria-prima *in natura* e briquetada, principalmente para avaliar o poder calorífico das amostras, sendo todas as análises realizadas de acordo com as normas da ABNT. Obtiveram-se, para as amostras *in natura*, poder calorífico para a casca da mandioca de 16,79 MJ/kg, 19,00 MJ/kg para a maniva, 19,17 MJ/kg para o sabugo do milho e 18,58 MJ/kg para palha do milho. As amostras briquetadas tiveram ligeiro decréscimo do poder calorífico, sendo 16,73 MJ/kg, 18,89 MJ/kg, 18,92 MJ/kg e 18,44 MJ/kg os valores obtidos para a casca da mandioca, maniva, sabugo do milho e palha do milho, respectivamente. Ainda assim, pode-se observar que tanto os resíduos provenientes do beneficiamento da mandioca quanto os do milho apresentaram relevante potencial energético quando comparamos ao da lenha, em torno de 20,70 MJ/kg, sendo passíveis de serem substitutos à lenha, tanto no aspecto comercial quanto ambiental.

Palavras-chave: Biomassa. Resíduos. Energia. Briquetes.

ABSTRACT

Brazil is privileged with respect to the variety of agricultural and forestry crops, depending on the climate and also the good soil conditions country, and has a huge expanse of land available for cultivation of various plant species. This potential producer generates a huge amount of waste, both from agricultural activities as the timber. Such debris can, in most cases, cause environmental degradation. The use of alternative sources of energy to fossil fuels has been gaining prominence in Brazil and worldwide. An option to prevent the depletion of natural resources is to replace the wood in the ovens by direct burning of agricultural waste from this activity or other waste *in nature*. The existing agricultural biomass in Brazil is from different cultures, for example, corn and manioc. The work aims to quantify and characterize the agroindustrial waste from cassava and maize throughout the State of Alagoas, aiming its use for burning in furnaces flour mills of the wild region. Physicochemical analysis of the raw material fresh and briquette form were conducted primarily to assess the calorific value of the samples, and all analyzes were performed according to the ABNT. It were obtained for the samples *in nature*, calorific value of 16.79 MJ/kg for cassava peels, 19.00 MJ/kg for manioc, 19.17 MJ/kg for corncobs and 18.58 MJ/kg in maize straw. The briquettes samples had a slight decrease in the calorific value, with 16.73 MJ/kg, 18.89 MJ/kg, 18.92 MJ/kg and 18.44 MJ/kg of values obtained for cassava peels, manioc, corncobs and maize straw, respectively. Still, it can be observed that both the waste from the processing of cassava as the corn had relevant potential energy when compared to firewood, around 20.70 MJ/kg, being able to be a substitute for wood, both in commercial as environmental aspect.

Keywords: Biomass. Waste. Energy. Briquettes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fontes de biomassa.	19
Figura 2: Imagem de grãos, palha e sabugo de milho.	21
Figura 3: Foto da raiz da mandioca.	24
Figura 4: Usos da fécula de mandioca.	29
Figura 5: Variação da área, rendimento e produção de mandioca em Alagoas nos períodos de 2001 a 2012.	31
Figura 6: Cascas das raízes de mandioca produzidas no descasque.	32
Figura 7: Fluxograma das etapas do processamento da mandioca para a produção de farinha.	33
Figura 8: Colheita manual das raízes da mandioca.	34
Figura 9: Recepção das raízes de mandioca.	35
Figura 10: Descascamento mecânico das raízes de mandioca.	35
Figura 11: Descascamento manual das raízes de mandioca.	36
Figura 12: Armazenamento adequado das cascas de mandioca secas.	36
Figura 13: Prensas de processamento da farinha de mandioca. a) hidráulica e b) manual.	37
Figura 14: Esfarelador da massa prensada.	38
Figura 15: Forno torrador. a) mexedor elétrico e b) artesanal, com rodo de madeira.	39
Figura 16: Armazenamento da farinha de mandioca.	420
Figura 17: Fluxograma do processo de briquetagem.	42
Figura 18: Equipamentos para a análise de umidade. a) Balança analítica; b) Estufa de secagem.	51
Figura 19: Forno mufla.	52
Figura 20: Calorímetro IKA C200.	53
Figura 21: Prensa peletizadora.	54
Figura 22: Descascamento (a) e disposição (b) das cascas de mandioca.	56
Figura 23: Forma de comercialização do milho e visualização da palha e do sabugo sem os grãos de milho.	57
Figura 24: Análise granulométrica da lenha.	58
Figura 25: Lenhas utilizadas nas casas de farinha A (a) e D (b).	58
Figura 26: Visualização dos resíduos após análise granulométrica. (a) palha de milho; (b) sabugo de milho; (c) casca de mandioca; (d) maniva.	59

Figura 27: Avaliação físico-química das biomassas na forma <i>in natura</i> e após briquetagem.	61
Figura 28: Poder calorífico superior das biomassas.	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção de matéria-prima e seus resíduos no Brasil em 2009.	20
Tabela 2: Área e produção do milho no Brasil - 2007/08 a 2011/12.	22
Tabela 3: Produção mundial, área colhida e produtividade média de raízes de mandioca.	26
Tabela 4: Produção, área colhida e produtividade média de raízes de mandioca nos diferentes continentes.	27
Tabela 5: Produção nacional de mandioca - Brasil, Nordeste e Alagoas.	30
Tabela 6: Produção de resíduos gerados em Alagoas no ano de 2009.	44
Tabela 7: Quantificação dos resíduos gerados a partir do processamento da raiz de mandioca.	55
Tabela 8: Quantificação dos resíduos gerados do milho.	57
Tabela 9: Análise granulométrica das biomassas.	59
Tabela 10: Caracterização físico-química das biomassas na forma <i>in natura</i> e após briquetagem.	60
Tabela 11: Análises do poder calorífico das biomassas na forma <i>in natura</i> e após briquetagem.	62
Tabela 12: Produção agrícola na microrregião de Arapiraca.	64
Tabela 13: Potencial energético dos resíduos na microrregião de Arapiraca, no ano de 2012.	65
Tabela 14: Consumo de lenha em casas de farinha da microrregião de Arapiraca.	66
Tabela 15: Custo total (transporte e resíduo).	67
Tabela 16: Preços dos equipamentos para Mini Usina de Briquetagem.	68
Tabela 17: Custos de operação da mini usina de briquetagem.	68

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS.....	18
2.1. OBJETIVO GERAL	18
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1. BIOMASSAS	19
3.1.1. Cultura do Milho.....	21
3.1.2. Cultura da Mandioca.....	24
3.2. PRODUÇÃO DE FARINHA DE MANDIOCA	33
3.3.1. Colheita.....	34
3.3.2. Recepção das Raízes	34
3.3.3. Descascamento.....	35
3.3.4. Lavagem.....	36
3.3.5. Trituração e/ou Ralação	37
3.3.6. Prensagem	37
3.3.7. Esfarelamento/Peneiragem	38
3.3.8. Torrefação	38
3.3.9. Resfriamento	39
3.3.10. Peneiramento	39
3.3.11. Ensacamento.....	39
3.3.12. Armazenamento	40
3.4. PROBLEMÁTICA E ALTERNATIVA PARA A CASA DE FARINHA.....	40
3.5. IMPACTOS AMBIENTAIS, PRODUÇÃO DE RESÍDUOS E GERAÇÃO DE ENERGIA.....	43
3.5.1. Impactos do Acúmulo de Resíduos	43
3.5.2. Benefícios da Utilização da Biomassa como Fonte Energética.....	45
3.6. VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA.....	46
4. METODOLOGIA.....	48
4.1. ENTREVISTA NAS CASAS DE FARINHA	48
4.2. GERAÇÃO DE RESÍDUOS.....	49
4.3. COLETA E TRATAMENTO DE AMOSTRAS	49

4.4. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	49
4.4.1. Densidade ou Massa Específica.....	50
4.4.2. Teor de Umidade	50
4.4.3. Teor de Cinzas	51
4.4.4. Teor de Voláteis.....	52
4.4.5. Teor de Carbono Fixo	52
4.4.6. Poder Calorífico	53
4.5. BRIQUETAGEM.....	53
4.6. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS	54
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
5.1. GERAÇÃO DE RESÍDUOS.....	55
5.2. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA	58
5.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ENERGÉTICA DAS BIOMASSAS	59
5.4. ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA	64
5.4.1. Análise Técnico-Econômica	64
5.4.2. Projeto de Instalação da Mini Usina de Briquetagem.....	67
6. CONCLUSÕES.....	70
REFERÊNCIAS	72
ANEXO I.....	80

1. INTRODUÇÃO

A utilização de fontes de energia alternativas aos combustíveis fósseis vem ganhando destaque no Brasil e no mundo, principalmente após os choques no preço do petróleo na década de 1970 e, mais recentemente, em virtude das preocupações com as mudanças climáticas (CALLE; BAJAY; ROTHMAN, 2005). Como exemplo, cita-se a energia eólica, solar e, especialmente, da biomassa, cuja decomposição libera CO₂ na atmosfera, o qual, durante seu ciclo, é transformado em hidratos de carbono, através da fotossíntese realizada pelas plantas, não agredindo o meio ambiente.

A biomassa agrícola existente no Brasil é oriunda de diversas culturas, a exemplo do algodão, do milho, da mandioca, do arroz, da cana-de-açúcar, do amendoim, etc. Estes resíduos possuem um alto poder calorífico, podendo ser utilizados para obtenção de energia a partir da queima direta em caldeiras, da compactação e posterior queima (briquetes), da gaseificação, da pirólise, entre outros (CORTEZ; LORA; AYARZA, 2008).

O uso da biomassa, notadamente a lenha, é antigo no Brasil. Inicialmente abundante, a lenha foi responsável, até a primeira metade do século 20, por mais de 50% da oferta de energia no país, sendo utilizada diretamente como combustível para usos domésticos e industriais e, também, para a produção de carvão vegetal. O Brasil, por ser um país com uma grande biodiversidade, possui grande variedade de tipos de biomassa em seu território, mas somente algumas podem ser utilizadas para a geração de energia, devido à disponibilidade de matéria-prima existente em uma determinada região. A biomassa pode ser obtida de vegetais não lenhosos e lenhosos, como é o caso da madeira e seus resíduos. Outros tipos são os resíduos orgânicos, tais como os resíduos agrícolas, urbanos e industriais e os biofluidos, como os óleos vegetais, a exemplo dos extraídos da mamona e da soja (SOUZA, 2011).

Particularmente em Alagoas, observa-se que os produtos agrícolas são diversificados e bem distribuídos em todas as regiões do Estado. Apesar de sua pequena área territorial, tem-se a produção de culturas como milho, arroz, mandioca, amendoim, cana-de-açúcar, algodão, entre outras. Essas culturas geram uma quantidade expressiva de resíduos, seja no campo, durante a fase de colheita (resíduos agrícolas), seja na etapa de beneficiamento, nas agroindústrias (resíduos agroindustriais), onde são atualmente utilizados como ração animal ou até mesmo na adubação do solo (SOUZA, 2011). Uma possibilidade de uso destes resíduos, que vem ganhando destaque tanto em função do impacto ambiental causado pelo descarte dos mesmos quanto pelo custo da matéria-prima, é como fonte energética em pequenas unidades agroindustriais, a exemplo dos fornos de casas de farinha.

Muitas casas de farinha são abastecidas com lenha oriunda de desmatamentos irregulares em áreas de Mata Atlântica e Caatinga. A falta de fiscalização nas casas de farinha e a falta de controle tornam a atividade de fornecimento irregular de madeira rentável para os que se aventuram nesta prática ilegal (CORTEZ; LORA; AYARZA, 2008).

Como opção para evitar o esgotamento dos recursos naturais, tem-se a substituição da lenha nos fornos pela queima direta de resíduos agrícolas provenientes desta atividade ou de outros resíduos agrícolas *in natura*, oriundos de localidades próximas às casas de farinha, como sabugo de milho, casca de mandioca, entre outros, ou, ainda, na forma de briquetes, obtidos com estes mesmos resíduos agrícolas (SOUZA, 2011).

No Brasil, a fabricação de farinha vem desde o período colonial, quando o cultivo da mandioca era praticado a partir de pequenas roças, suprimindo a alimentação dos trabalhadores da cana-de-açúcar, uma atividade centenária no Nordeste. Da raiz da mandioca extrai-se a farinha, também conhecida como “farinha de pau”, por se originar de raízes longas. A sua produção é feita, principalmente, por empresas de micro e pequeno porte (CORTEZ; LORA; AYARZA, 2008).

O cultivo da mandioca se destaca em Alagoas, sendo a segunda maior produção agrícola do Estado. No ano de 2010, a mandioca obteve uma colheita de mais de 318 mil toneladas de raízes, sendo fundamental para os programas de agricultura familiar. Na região conhecida como APL (Arranjo Produtivo Local) da Mandioca do Agreste Alagoano, a dinamização da produção da farinha é responsável pela subsistência de 26.755 produtores de mandioca, cuja economia doméstica está ligada a toda a cadeia produtiva, em mais de 600 casas de farinha instaladas na região e em mais de 20 mil hectares de plantio da raiz (SOUZA, 2011).

A cultura da mandioca é estabelecida em quase todo o território alagoano e dela podem ser aproveitadas folhas e cascas. O APL da Mandioca no Agreste de Alagoas é formado por treze municípios situados na região do semi-árido alagoano, onde os produtores se organizam em associações e cooperativas. Segundo dados do Programa de Arranjos Produtivos Locais (PAPL), das 600 casas de farinha quase 50% operam com tecnologia moderna. Os municípios com maiores colheitas são Girau do Ponciano, Arapiraca, Feira Grande, Lagoa da Canoa e Limoeiro de Anadia (IBGE, 2012). O resíduo sólido gerado é em torno de 20% do total de matéria-prima processada e o principal destino destes resíduos é como ração animal.

Outra cultura que se destaca no Estado de Alagoas é a do milho, sendo a terceira maior cultura no Estado, com uma área ocupada, em 2009, de 70,5 mil hectares, responsável por

uma produção em torno de 42,4 mil toneladas de grãos (SCHNEIDER et al., 2012). É cultivado em praticamente todos os municípios do Estado. O sabugo, parte central da espiga na qual os grãos estão presos, é o resíduo gerado após ser debulhado o milho e, para cada 100 kg de espigas de milho, aproximadamente 18 kg (70% base úmida) são formados pelo sabugo (ZIGLIO et al., 2007). O destino principal destes resíduos é também a ração animal. Assim como o sabugo, a palha torna-se um resíduo excedente e sem utilização definida, que na maioria das vezes é deixado no campo após a colheita. A produção estimada no Brasil para a safra 2012 foi de 64 milhões de toneladas, tendo como previsão para os próximos anos que o cultivo de milho se triplique no País, estando ainda mais presente entre as preferências dos agricultores (MENDES, 2012).

O briquete é um biocombustível sólido, proveniente de um processo de fabricação feito a partir da compactação de resíduos lignocelulósicos, sob elevada pressão e temperatura. Para um melhor resultado na fabricação do briquete, o resíduo precisa estar dentro dos padrões aceitáveis de percentual de umidade e tamanho das partículas (granulometria) (SOUZA, 2011). A característica principal dos briquetes é o menor volume em relação ao resíduo original, com o mesmo poder calorífico, favorecendo o manuseio e diminuindo o custo com o transporte, propiciando economia, comodidade, rentabilidade e garantia de fornecimento (COLLARES, 2010).

O trabalho em questão busca quantificar e caracterizar os resíduos agroindustriais provenientes da mandioca e do milho em todo o Estado de Alagoas, visando seu uso para a queima nos fornos de casas de farinha da região do agreste do Estado, que fazem parte do APL da Mandioca. O principal foco é indicar um substituto à lenha, atualmente utilizada nestes fornos, determinando a viabilidade econômica e energética da substituição desta biomassa, muitas vezes resultante do desmatamento das florestas no entorno dessas agroindústrias.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Estudar a composição dos resíduos de mandioca e do milho e analisar a viabilidade técnica e econômica destes subprodutos agroindustriais em casas de farinha no Agreste de Alagoas.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificação dos locais de geração dos resíduos de mandioca e do milho;
- Quantificação da biomassa residual da mandioca e do milho no Estado de Alagoas, de acordo com a sua produção agrícola;
- Estudo do consumo de energia na casa de farinha do Agreste alagoano;
- Estudo das características físico-químicas e energéticas dos resíduos da biomassa de mandioca e do milho, antes e após compactação (briquetagem);
- Tratamento de dados e estudo de viabilidade técnica e econômica para o aproveitamento desses resíduos agroindustriais;

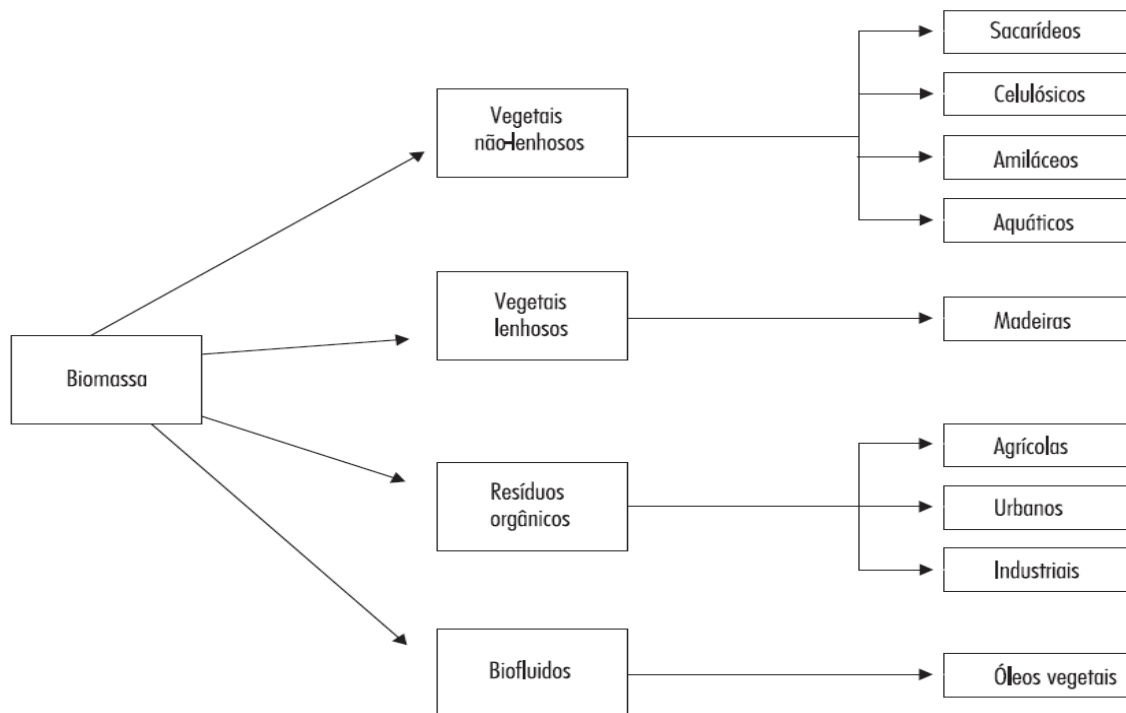
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. BIOMASSAS

O termo biomassa se refere, em sua definição mais abrangente, a qualquer tipo de matéria orgânica proveniente de fontes vegetais ou animais ou, ainda, de seus processos de transformação naturais ou artificiais. Estes produtos têm em comum a procedência direta ou indireta do processo de fotossíntese, sendo, por este motivo, desenvolvidos periodicamente e classificados como fontes renováveis (AGUIAR, 2010).

Como ilustrado na Figura 1, a biomassa pode ser obtida por meio de vegetais não lenhosos, de vegetais lenhosos, a exemplo da madeira e seus resíduos, bem como de resíduos orgânicos, nos quais se encontram os resíduos agrícolas, urbanos e industriais. Também pode ser obtida biomassa de biofluidos, como os óleos vegetais (CORTEZ et al., 2008).

Figura 1: Fontes de biomassa.



Fonte: Cortez et al., 2008.

O Brasil é um grande produtor agrícola, apresentando, nas últimas décadas, crescimento significativo nas áreas plantadas e produção agrícola. Com isto, gera-se uma enorme quantidade de resíduos, que podem ser aproveitados energeticamente devido às tecnologias existentes. Atualmente, o Brasil não tem aproveitado mais de 200 milhões de

toneladas de resíduos agroindustriais, sendo boa parte destes resíduos não aproveitados na geração de energia e usados como ração animal, nas áreas de medicina e fertilizantes (CORTEZ et al., 2008).

O país, além de possuir uma relevante produção de cana-de-açúcar, produz também outras culturas importantes, tais como arroz, café, mandioca, milho e soja (Tabela1). Essas biomassas podem e devem ser aproveitadas energeticamente, como é o caso da cana-de-açúcar e de seu principal resíduo, o bagaço.

Tabela 1: Produção de matéria-prima e seus resíduos no Brasil em 2009.

Matéria-prima	Área plantada (ha)	Produção total colhida (t)	Tipo de resíduo	Produção de resíduos (t)
Cana-de-açúcar	8.756.576	671.394.957	bagaço e torta de filtro	201.418.497
Arroz	2.905.202	12.651.774	casca	2.530.355
Café	2.211.633	2.440.057	casca e palha	1.220.029
Mandioca	371.598	23.786.281	casca	-
Milho	14.144.321	50.745.996	palha e sabugo	29.432.678
Soja	21.761.782	57.345.382	casca	41.862.129

Fonte: Adaptado Schneider et al., 2012

O Brasil é considerado o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, possuindo como resíduos de seu processamento o bagaço, a vinhaça, a torta de filtro e a cinza do bagaço. Spadotto e Ribeiro (2006) citam que, no processamento industrial de obtenção de açúcar e álcool, o esmagamento de 1 tonelada de cana gera cerca de 100 a 400 kg de torta de filtro, 800 a 1000 litros de vinhaça e 260 kg de bagaço.

No processamento do arroz são estimados 20% de resíduos de casca gerados a partir dos grãos colhidos (ABIB, 2011). Para a cultura do café, Schneider et al. (2012) assumem como 50% de cascas a porcentagem de resíduos gerados no processamento do mesmo. Apesar de volume inexpressivo de resíduos gerados frente à biomassa de cana-de-açúcar, é importante se buscar alternativas para sua correta disposição.

Na produção de mandioca, o Brasil também tem destaque na produção mundial, sendo a região Nordeste a mais tradicional nesta cultura. Apesar disto, há inexistência de informações a respeito do processamento da cultura da mandioca, não permitindo uma estimativa da geração de resíduos (SCHNEIDER et al., 2012).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, tendo como principal destino da produção as indústrias de rações para animais. Todavia, também é transformado em óleo,

farinha, amido, margarina, xarope de glicose e flocos para cereais matinais, bem como diretamente para o consumo humano, o qual representa apenas 5% da produção total brasileira. Como resíduos do processamento, tem-se a palha e o sabugo, que totalizam 58% do total da cultura (SCHNEIDER et al., 2012).

De acordo com Schneider et al. (2012), a soja é a cultura que mais cresceu nas últimas três décadas, correspondendo a 49% da área plantada em grãos no país, com a região Centro-Oeste responsável por cerca de 51% da produção nacional. Do processamento dos grãos obtém-se a ração animal e produtos para alimentação humana, gerando em torno de 73% de resíduos.

Das biomassas mencionadas, serão aqui abordadas as culturas do milho e da mandioca e seus respectivos resíduos gerados no beneficiamento, no Estado de Alagoas.

3.1.1. Cultura do Milho

O milho (*Zea mays* L.), ilustrado na Figura 2, é um vegetal da família Gramineae/Poaceae, onde o seu caráter monóico e a sua morfologia característica resultam da supressão, condensação e multiplicação de diversas partes da anatomia básica das gramíneas. Os aspectos vegetativos e reprodutivos da planta de milho podem ser transformados através da interação com os fatores ambientais que comprometem o controle da ontogenia do desenvolvimento. Contudo, o resultado geral da seleção natural e da domesticação é a produção de uma planta anual, robusta e ereta, com um a quatro metros de altura, que fornece excelentes grãos (MAGALHÃES, 2002).

Figura 2: Imagem de grãos, palha e sabugo de milho.



Fonte: CONAB, 2004

No Brasil, a cultura do milho ocupa áreas muito extensas, tendo como principais regiões produtoras a Sul e Centro-Oeste. Até 2012, o Estado do Paraná foi o maior produtor do país, com 11.287.878 toneladas colhidas e 6.546.969 toneladas de resíduos gerados,

seguido de Mato Grosso, 8.181.984 toneladas colhidas e 4.745.551 toneladas de resíduos (SCHNEIDER et al., 2012). Em 2013, o Mato Grosso passou a ser o maior produtor nacional de milho, participando com 23,5% do total produzido no país, superando a longa hegemonia do Paraná (22,9%) como maior produtor nacional (IBGE, 2013).

A cadeia produtiva do milho é um dos segmentos econômicos mais relevantes do agronegócio brasileiro. Levando em conta apenas a produção primária, o milho corresponde a 37% da produção nacional de grãos. Ao mesmo tempo, é um insumo básico para a avicultura e suinocultura, dois setores muito competitivos em nível internacional e grandes geradores de receitas, via exportação. O consumo mundial de milho teve um crescimento expressivo nos últimos quinze anos, indo de 475,83 milhões de toneladas, no ano agrícola de 1989/1990, para 680,24 milhões de toneladas na safra 2004/2005, o que representou um aumento médio anual de 2,4% (MAPA, 2007).

Por ser o cereal com maior produção no mundo, a evolução da produção de milho vem sendo expressiva nas últimas duas décadas, passando de 453 milhões de toneladas obtidas no final da década de 80 para as atuais 860,1 milhões de toneladas estimadas na safra 2011/12, o que corresponde a um aumento de 90% no período (DEMARCHI, 2011).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2011), nas últimas safras, a produção brasileira total de milho situou-se em 54 milhões de toneladas anuais. A safra recorde foi obtida em 2008, quando o país colheu 58,65 milhões de toneladas, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Área e produção do milho no Brasil - 2007/08 a 2011/12.

Safr	1ª Safra		2ª Safra		Total	
	Área	Produção	Área	Produção	Área	Produção
	plantada (milhões ha)	total colhida (milhões t)	plantada (milhões ha)	total colhida (milhões t)	plantada (milhões ha)	total colhida (milhões t)
2007/2008	9,64	39,96	5,13	18,69	14,77	58,65
2008/2009	9,27	33,65	4,90	17,35	14,17	51,00
2009/2010	7,72	34,08	5,27	21,94	12,99	56,02
2010/2011	7,92	35,93	5,92	21,59	13,84	57,51
2011/2012	8,37	36,73	5,96	21,43	14,33	58,16

Fonte: Adaptado de CONAB, 2011

No Estado de Alagoas, o milho é uma cultura muito importante, seja como fonte de alimento seja como opção econômica de exploração agrícola em pequenas propriedades

familiares, tendo, também, importância como atividade de ocupação da mão de obra agrícola familiar (EMBRAPA, 2005). O milho é cultivado com outras culturas, predominando o sistema de consórcio com feijão (IBGE, 2004), e praticado na região do Agreste, especificamente, nos municípios de Arapiraca, Campo Grande, Coité do Noia, Craíbas, Feira Grande, Girau do Ponciano, Lagoa da Canoa, Limoeiro de Anadia, São Sebastião, Taquarana, Belém, Estrela de Alagoas, Igaci, Mar Vermelho e Palmeira dos Índios, e na região do Sertão, onde a maior produção está concentrada nos municípios de Santana do Ipanema, Batalha e Delmiro Gouveia (CONAB, 2004). Silva et al. (2012) consideram como áreas de aptidão climática plena para a cultura do milho os tabuleiros, abrangendo os municípios de Arapiraca, Taquarana, Limoeiro de Anadia, Campo Alegre, Teotônio Vilela, Lagoa da Canoa, Estrela de Alagoas, Junqueiro e São Sebastião.

Com exceção da região de Arapiraca, onde a cultura é praticada com certo grau de tecnologia, o plantio do milho no Estado é pouco tecnificado, devido ao fato da cultura ser utilizada basicamente para subsistência das famílias, com a utilização apenas de mão de obra própria. Em virtude da sua descapitalização, não se consegue contratar trabalhadores fora da propriedade e, geralmente, por falta de garantias reais, os bancos não concedem nenhum tipo de crédito agrícola (EMBRAPA, 2005).

De acordo com o levantamento realizado em setembro de 2013, a estimativa da produção nacional de milho em grão foi de 80.730.217 toneladas, somadas as duas safras, mantendo a estimativa de safra recorde. Do volume total da produção, a 1ª safra consistiu de 34,3 milhões de toneladas de milho (42,5%), enquanto a 2ª safra, 46,4 milhões de toneladas (57,5%), segundo ano consecutivo em que a produção da 2ª safra foi maior que a da 1ª safra (IBGE, 2013). No Estado de Alagoas, a safra de 2011/2012 foi de 22,4 mil toneladas e, na safra de 2012/2013, 26,5 mil toneladas, observando-se um aumento considerável de 4,1 mil toneladas (CONAB, 2013).

Os principais resíduos gerados logo após a colheita do milho no campo são o caule, a palha, a casca e o sabugo, os quais podem ser triturados e, em seguida, aproveitados na alimentação de animais, porém com pouco valor nutritivo (EMBRAPA, 2009). A palha pode, também, ser queimada nas áreas rurais, rejeitada e até mesmo usada como cobertura no solo posteriormente à colheita mecanizada, o que, em excesso, vem ocasionando sérios problemas de pragas que proliferam em ambientes úmidos e protegidos (AGUIAR, 2010).

Atualmente, a palha do milho é designada apenas para a fabricação de cigarros, embalagens de doces, artesanato de cestaria e de bonecas. Por ter grande relevância no

agronegócio brasileiro, há interesse em aumentar as possibilidades de melhoria na qualidade deste material, especialmente para o artesanato (AGUIAR, 2010).

Países como o México vêm desenvolvendo pesquisas com o intuito de reaproveitar a palha e o sabugo do milho proveniente da colheita manual do Brasil (Paraná), pois a palha, neste país, é muito utilizada para embalar alimentos (PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2009). Outra interessante alternativa em pesquisas são o emprego da palha e sabugo de milho na geração de novas fontes de energia, como a produção de bioetanol a partir de resíduos lignocelulósicos e a fabricação e produção de briquetes (PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2009).

3.1.2. Cultura da Mandioca

A mandioca pertence à classe das dicotiledôneas, ordem Euphorbiales, família Euphorbiaceae, gênero *Manihot* e espécie *Manihot esculenta* subsp *esculenta* (Figura 3). O gênero *Manihot* é composto por cerca de 98 espécies, da qual a única espécie cultivada comercialmente, visando a produção de raízes tuberosas ricas em amido, é a *Manihot esculenta* subsp *esculenta*, um arbusto perene, cultivado principalmente em países tropicais em desenvolvimento, sendo importante na segurança alimentar dessas populações principalmente por causa da rusticidade, que reflete na capacidade de produzir elevadas quantidades de amido em condições em que outras espécies sequer sobreviveriam (VIEIRA, 2011).

Figura 3: Foto da raiz da mandioca.



Fonte: Nassar, 2006

Uma das hipóteses mais aceitas sobre a origem e a domesticação da mandioca aponta que a espécie teria sido domesticada por populações do sudoeste da Amazônia, sem eventos de hibridação interespecífica, como sugerem outras hipóteses. Assim, é possível inferir que a espécie apresenta o Brasil como provável centro de origem e de diversidade, sendo os indígenas os responsáveis por sua distribuição no continente americano e os portugueses e

espanhóis em outros continentes, especialmente África e Ásia. No Brasil, a espécie é cultivada em todas as regiões, com amplo emprego na alimentação humana, animal e na indústria (VIEIRA, 2011).

A mandioca (*Manihot esculenta*) é atualmente a quarta mais importante cultura de produção de alimentos do mundo e a principal na região tropical, adaptando-se, particularmente, a ambientes de baixa disponibilidade de água e nutrientes (FIORDA et al., 2013). A raiz da planta e seus subprodutos são consumidos por mais de 800 milhões de pessoas. Em algumas regiões do mundo, como o Nordeste brasileiro, Gana, Nigéria e em algumas ilhas da Indonésia, mais de 70% das calorias consumidas diariamente pela população vêm da mandioca. Entre todas as culturas, a mandioca é apontada por diversos estudos científicos como a de mais alta produtividade, calorias, maior eficiência biológica como produtor de energia e melhor adaptação a solos deficientes em nutrientes (NASSAR, 2006; SCAPINELLO et al., 2006).

No início dos anos 70, em meio aos debates internacionais sobre uma séria crise alimentar em países da África e de outras partes do mundo, o então presidente dos Estados Unidos, Richard Nixon, formou um comitê de consultoria científica para determinar prioridades em pesquisa de alimentos. O comitê enfatizou a mandioca como a cultura com maior capacidade de atender a alta demanda mundial por alimento e, desde então, essa planta tem recebido maior atenção em todo o mundo, sendo considerada prioritária para pesquisa e melhoramento. Essa tarefa foi atribuída ao Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), situado em Cali (Colômbia), uma das instituições de pesquisa agrícola criada na época. O Brasil, maior produtor mundial na época, também criou um programa, o Arranjo Produtivo Local (APL) para melhorar a produtividade dessa cultura no país (NASSAR, 2006).

Cultivada em muitos países e com produção mundial de aproximadamente 140 milhões de toneladas, é o sexto produto alimentar da humanidade, em volume de produção, depois do trigo, arroz, milho, batata e cevada. Está estabelecida, mundialmente, entre as latitudes 30° N e 30° S, principalmente nas zonas tropicais das Américas, África e Ásia, constituindo-se em um dos principais alimentos energéticos, cotidiano da refeição de cerca de 1 bilhão de pessoas em 105 países, sobretudo naqueles em desenvolvimento. Rica em carboidratos, a mandioca é usada tanto na alimentação humana quanto animal. Sua principal parte são as raízes tuberosas, onde se concentra maior quantidade de fécula, servindo como base para a alimentação humana na forma *in natura* e na fabricação de farinhas e polvilhos, entre outros. Para a alimentação animal, aproveitam-se tanto as raízes quanto a parte aérea (SOUSA et al., 2011).

Nos trópicos, onde é mais cultivada, sua importância passa para o terceiro lugar. As cultivares de mandioca são classificadas em doces ou “de mesa”, também conhecidas como aipim, macaxeira ou mandioca mansa, com menor teor de toxinas e preparadas domesticamente para consumo *in natura*, humano e animal, e amargas ou “bravas”, geralmente usadas nas indústrias, cuja concentração de cianogênicos a tornam altamente tóxica para o consumo humano ou animal, possuindo sabor amargo (PEREZ, 2007; SILVA et al., 2010).

A Tabela 3 apresenta um levantamento da produção, área colhida e produtividade mundial da mandioca.

Tabela 3: Produção mundial, área colhida e produtividade média de raízes de mandioca.

Indicador	1961	2000	2005	2007	2010	2011	2012
Produção (10⁶ toneladas)	71,260	176,351	206,429	228,099	243,489	262,753	262,586
Área (10⁶ hectares)	9,624	16,970	18,513	19,060	19,627	20,617	20,385
Produtividade (t/ha)	7,4	10,4	11,2	12,0	12,4	12,7	12,9

Fonte: Adaptado de FAOSTAT, 2013.

Entre 1961 e 2007, a produção mundial de raízes de mandioca cresceu de 71,3 para 228,1 milhões de toneladas, uma média anual de 1,5%. No mesmo período, houve incremento médio anual da área cultivada de 1,1%, com aumento da produtividade de pouco menos de 1% ao ano.

Dados por continente são apresentados na Tabela 4. Em 1961, as Américas, apesar de ocuparem o terceiro lugar em área colhida (1,8 milhões de hectares), possuíam a maior produtividade (11,9 t/ha), ao passo que a África, com maior área colhida (5,6 milhões de hectares) estava abaixo (5,7 t/ha) da produtividade média anual (7,4 t/ha).

Considerando a produtividade média mundial em 2000 (10,4 t/ha), nota-se que apenas a África continuou abaixo (8,7 t/ha) do nível mundial. A Ásia situou-se na primeira posição (14,5 t/ha), seguida pelas Américas (12,3 t/ha) e pela Oceania (11,3 t/ha), respectivamente. Em 2010, a situação permaneceu a mesma entre os quatro continentes, sendo a África o maior produtor mundial, responsável por 66,5% de toda a produção, seguida pela Ásia (19,8%), Américas (13,6%) e Oceania (0,1%). Em relação à produtividade, destacam-se Ásia (19,3 t/ha), Américas (12,7 t/ha), Oceania (10,9 t/ha) e África (10,3 t/ha), com produtividade mundial crescendo 1,6 t/ha na última década (2000 a 2010).

Em 2012, em especial na América Latina, uma série de problemas climáticos levou à queda na produção mundial pelo continente, fugindo da média anual, ainda que tenha havido ligeiro incremento na produtividade. No Nordeste brasileiro, a estiagem ocasionou perdas significativas na lavoura, influenciando a produção de farinha na Bahia, Pernambuco e Alagoas, principalmente (SOUZA, 2013).

Devido à grande produtividade da Ásia (19,7 t/ha), os demais continentes ficaram abaixo da média mundial em 2012 (12,9 t/ha).

Tabela 4: Produção, área colhida e produtividade média de raízes de mandioca nos diferentes continentes.

Ano	Continente	Produção (t)	Área (ha)	Produtividade (t/ha)
1961	Ásia	18008,35	2228,84	8,1
	África	31494,32	5564,04	5,7
	America	21606,31	1815,51	11,9
	Oceania	150,86	15,46	9,8
	Total	71259,84	9623,86	7,4
2007	Ásia	49458,53	3404,54	14,5
	África	95409,74	11013,77	8,7
	America	31295,40	2535,36	12,3
	Oceania	187,04	16,55	11,3
	Total	176350,72	16970,22	10,4
2010	Ásia	74951,22	3877,49	19,3
	África	134406,80	13049,09	10,3
	America	33888,55	2678,27	12,7
	Oceania	242,90	22,25	10,9
	Total	243489,48	19627,10	12,4
2012	Ásia	80744,00	4104,04	19,7
	África	149479,84	13662,97	10,9
	America	32138,27	2599,78	12,4
	Oceania	223,63	18,41	12,1
	Total	262585,74	20385,21	12,9

Fonte: Adaptado de FAOSTAT, 2013.

A mandioca é considerada a mais brasileira das culturas, por ser originária do Brasil e cultivada em todo o território nacional. Vem sendo explorada, basicamente, por pequenos produtores, em áreas marginais de agricultura, devido a sua rusticidade e à capacidade de

produzir relativamente bem em condições em que outras espécies sequer sobreviveriam (GOEDERT, 2011).

Suas raízes são usadas como alimento básico por largas faixas da população e consumidas *in natura*, como farinha ou amido, e cozida, tornando a mandioca um produto de elevada importância sociocultural para as populações que a cultivam. Contudo, por sua capacidade produtiva, pela qualidade do seu amido e da sua parte aérea, alcança novos mercados, tanto na indústria (alimentícia e química) quanto na alimentação animal (raízes e parte aérea) (GOEDERT, 2011).

A estatística da produção agrícola indicou que a produção nacional de mandioca na safra 2012 foi de aproximadamente 23,4 milhões de toneladas, com rendimento médio de 13,7 t/ha de raízes (IBGE, 2013). Na distribuição da produção pelas regiões geográficas brasileiras, a região Nordeste possuiu 13,9% da produção nacional e rendimento de apenas 8,4 t/ha, abaixo da média nacional, em função da forte seca que assolou o país. As participações das outras regiões foram: Norte (33,6%), Sudeste (13,8%), Sul (32,4%) e Centro-Oeste (6,3%). Em 2009, o cenário da produção nacional era diferenciado, tendo o Nordeste o maior percentual da produção nacional (31,8%), seguido das regiões Norte (30,0%), Sudeste (23,1%), Sul (9,4%) e Centro-Oeste (5,7%) (SCHNEIDER et al., 2012).

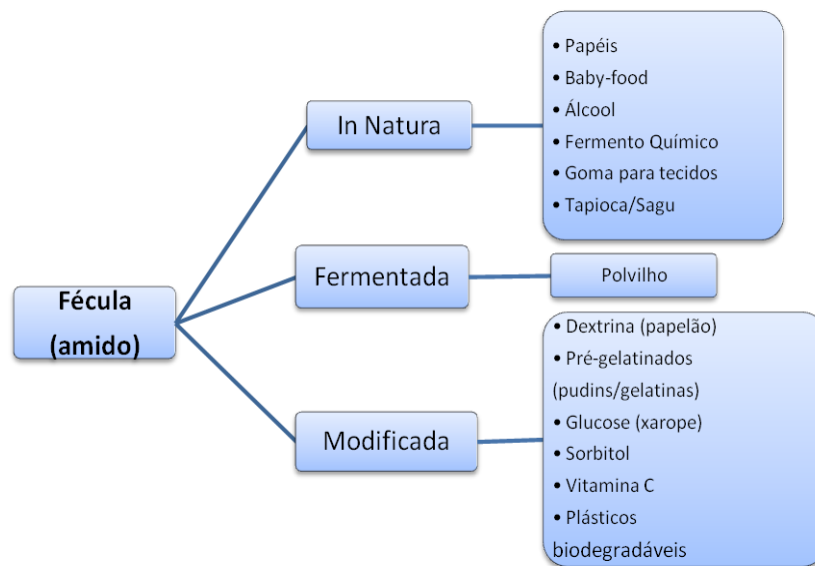
As regiões que mais consomem mandioca são a Norte e Nordeste, em forma de farinha. Nas regiões Sul e Sudeste, a produção se destina mais às grandes indústrias de fécula e farinha, principalmente no Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Santa Catarina. A mandioca de mesa geralmente é comercializada *in natura*, em feiras livres e supermercados, durante todo o ano. Também pode ser encontrada minimamente processada, congelada ou refrigerada, pré-cozida e em forma de “chips”. A mandioca destinada às indústrias é usada, principalmente, para fabricação de farinhas e féculas, para composição da alimentação humana (SOUSA et al., 2011).

Consumida pelas mais variadas classes de renda do País, a farinha de mandioca é o produto derivado da raiz de maior popularidade. Outro produto, a fécula de mandioca, pode ser utilizado nas formas fermentada, modificada e *in natura*, como mostra a Figura 4. Ela pode ser empregada desde a base alimentar, como aditivo na fabricação de embutidos, leite em pó, chocolates, balas, biscoitos, sopas, sobremesas, sagu e pão, entre outros, até como insumo eficiente na produção de colas e embalagens, nas indústrias farmacêuticas, de mineração, petroleiras e têxteis (SOUSA et al., 2011).

Em Alagoas, historicamente, o comportamento da cultura da mandioca sofre alterações quanto à área plantada devido à dependência existente em relação à cultura do

fumo. Durante o período de safra, caso o preço desse produto seja considerado bastante compensador pelos agricultores, haverá uma forte tendência de priorizar o plantio do fumo em detrimento da mandioca, reduzindo a área destinada ao plantio dessa cultura. Esse comportamento conduz ao aumento de preço da raiz e, conseqüentemente, da farinha de mandioca. Obviamente, se ocorre situação inversa com o fumo, a cultura da mandioca será beneficiada com o aumento da área destinada ao plantio e à produção, gerando a queda do preço desse produto (CONAB, 2004).

Figura 4: Usos da fécula de mandioca.



Fonte: Adaptada de Sousa et al., 2011.

O Arranjo Produtivo Local da Mandioca, considerando as peculiaridades específicas dos municípios quanto aos aspectos de infraestrutura e serviços, é formado, basicamente, por um mesmo grupo étnico-cultural, onde a produção de mandioca e de farinha está totalmente territorializada nessa região, as quais, mesmo com baixa viabilidade econômica, encontram-se enraizadas nas práticas e relações locais. Apesar da inexistência de unidades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, os produtores, sobretudo de farinha, buscam melhorias na produtividade, mediante a capacitação e aquisição de novos equipamentos (PAPL, 2007).

Como forma de incrementar a agregação de valores à cultura da mandioca, um consórcio de, aproximadamente, 2.500 agricultores instalou em 2005, em Arapiraca, uma feclaria com capacidade de esmagamento para 50 t/dia. Todavia, desde 2010 está fechada, deixando de beneficiar 16 municípios (SOARES, 2012). Todo o Estado de Alagoas mantém plantação de mandioca, porém a maior concentração se encontra na região do Agreste e de

Palmeira dos Índios, abrangendo os municípios de Arapiraca, Lagoa da Canoa, Girau do Ponciano, Coité do Nóia, Taquarana, Feira Grande, Campo Grande, Limoeiro de Anádia, Craíbas, São Sebastião, Estrela de Alagoas, Igaci e Belém (CONAB, 2004). A região exporta mandioca para os mercados fronteiriços de Sergipe e Pernambuco, onde se destaca a microrregião de Arapiraca, com área de cerca de 16.000 ha e produção de 248 mil toneladas, com dinâmica de mercado voltada para a mandioca e para o fumo (PAPL, 2007).

Estudos diversos têm demonstrado a importância da mandioca no agronegócio alagoano. Em relação à produtividade nacional (Tabela 5), os rendimentos alagoanos estão um pouco acima da média. Já em relação ao rendimento na região Nordeste, apesar da produção ser baseada quase que exclusivamente na mão de obra do produtor e da família, havendo pouca interação com outros agentes, a produtividade alagoana se mostra superior.

Tabela 5: Produção nacional de mandioca - Brasil, Nordeste e Alagoas.

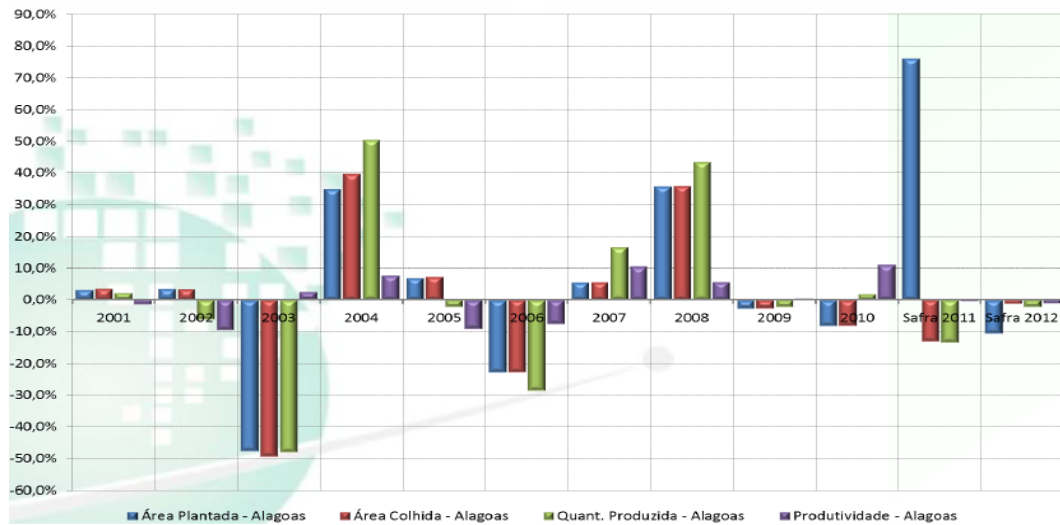
Região	Safrá 2009			Safrá 2012		
	Área colhida (mil ha)	Produção (mil t)	Rendimento (t/ha)	Área colhida (mil ha)	Produção (mil t)	Rendimento (t/ha)
Brasil	1.760,6	23.786,3	13,5	1.703,8	23.414,3	13,7
Nordeste	811,1	7.560,7	9,3	712,2	5.976,1	8,4
Alagoas	22,2	312,2	14,1	17,5	269,9	15,4

Fonte: Adaptado de Schneider et al., 2012; IBGE, 2013.

Em Alagoas, uma produtividade de 25 a 30 t/ha é considerada atingível (Figura 5), não sendo, de modo geral, utilizados fertilizantes e equipamentos. Um elemento restritivo ao melhor desempenho da cultura da mandioca em Alagoas é o tamanho médio das propriedades, sendo em todo Estado a área média cultivada de mandioca inferior a 1 hectare por propriedade (PAPL, 2007).

Apesar de extrema importância para a população, com a industrialização ganhando destaque na economia como matéria-prima para diversos produtos, a exemplo da fécula e seus derivados, o processamento industrial causa sérios problemas ambientais, uma vez que, mesmo nas pequenas unidades fabris, denominadas casas de farinha e polvilheiras, há a geração de quantidades significativas de resíduos sólidos (casca, entrecasca e bagaço) e líquidos (manipueira e água vegetal) (CAMARGO et al., 2008 citado por FIORDA et al., 2013).

Figura 5: Variação da área, rendimento e produção de mandioca em Alagoas nos períodos de 2001 a 2012.



Fonte: IBGE, 2012.

O Brasil produz grande quantidade de subprodutos agroindustriais, tais como bagaço de laranja (indústria cítrica), farelo de trigo, de arroz e de mandioca. Estes resíduos, que geralmente são descartados no meio ambiente sem nenhum tratamento, apresentam baixo custo e possibilidade de utilização em processos que venham gerar produtos de alto valor comercial e baixo custo de produção (CRUZ et al., 2011).

O sistema produtivo da cadeia de mandioca se apresenta de modo diversificado no Brasil devido a fatores culturais e econômicos, mas pode-se classificar em três tipos: unidade doméstica, unidade familiar e unidade empresarial. Em todas elas são gerados resíduos que, devido à presença de amidos, apresentam significativa carga poluidora, necessitando, portanto, de um manejo adequado (BRINGHENTI; CABELLO, 2005).

As agroindústrias que fabricam farinha de mandioca apresentam vários níveis de tecnologias em seus processos de produção, que refletem tanto na qualidade como no resíduo gerado. Para cada tonelada de raiz de mandioca processada, em peso seco, obtém-se 731 a 796 kg de farinha, com 89% de amido e 14% de umidade, gerando, também, de 102 a 153 kg de resíduos sólidos, com cerca de 67% de amido, e resíduos líquidos, como a água da lavagem das raízes e a manipueira (BRINGHENTI; CABELLO, 2005).

A casca de mandioca (Figura 6) é o resíduo obtido durante o início da fabricação da farinha, sendo constituído de casca, entrecasca e pontas de mandioca, apresentando elevado teor de umidade (85%). A casca de mandioca desidratada apresenta 58,1% de amido, 3,4% de proteína bruta e 28,6% de fibra em detergente neutro (SANTOS et al., 2009).

Os valores da composição química da raiz de mandioca e seus resíduos não são homogêneos e padronizados, diferenciando-se dos alimentos tradicionais da alimentação animal, em função de diversos fatores, como nível tecnológico da indústria, qualidade da mão de obra, metodologia de análise, assim como das variedades de mandioca (MARQUES et al., 2000).

Figura 6: Cascas das raízes de mandioca produzidas no descasque.



Fonte: SEBRAE, 2006.

Várias alternativas vêm sendo propostas para a utilização da casca e do bagaço de mandioca, visando diminuir a poluição ambiental causada pelos mesmos, quando lançados no solo ou nos cursos d'água. Por esses resíduos possuírem alto teor de amido e fibras alimentares de boa qualidade, tem havido grande interesse em aplicações para produção de ração animal, apresentando vantagem em relação às matérias-primas tradicionais, pois, sendo produtos de descarte agroindustrial, possuem baixo custo. Além dessa finalidade, esses também têm sido utilizados na produção de álcool, fertilizantes, briquetes e outros derivados (PELISSARI et al., 2010; VILHALVA et al., 2011).

Entretanto, existem algumas limitações para a utilização das cascas e do bagaço de mandioca. O principal problema é o elevado teor de umidade, que tornam estes produtos rapidamente fermentescíveis por microrganismos, inviabilizando o seu transporte por longas distâncias. Dessa forma, o ideal é que esse resíduo seja utilizado no seu local de produção ou, para diminuir este risco, processá-los imediatamente após sua obtenção (TEXEIRA et al., 2011). Como alternativa, tem-se a secagem artificial, utilizando os mesmos equipamentos envolvidos na secagem da fécula, que pode reduzir o teor de umidade inicial de aproximadamente 90% para 14%, o que os tornaria estáveis durante o armazenamento à temperatura ambiente (VILHALVA et al., 2011).

O aproveitamento de resíduos da casa de farinha dentro das unidades de agricultura familiar é uma alternativa sustentável de baixo custo. Dessa forma, a produção de briquetes a

partir desses resíduos poderia auxiliar na manutenção do pequeno agricultor em sua área de origem e, assim, diminuir o desmatamento na região, bem como os problemas ambientais com o descarte inadequado dos resíduos (TEXEIRA et al., 2011).

3.2. PRODUÇÃO DE FARINHA DE MANDIOCA

Fazer farinha é uma arte centenária, que atravessa gerações, sendo a colheita da mandioca, esmagamento, esfarelamento e torrefação tema de cantigas no Agreste de Alagoas. É o próprio retrato da cultura local e a verdadeira história de homens, mulheres e crianças da região (SEBRAE, 2006).

O processo de produção da farinha de mandioca se inicia no plantio das ramas da mandioca. Após o tempo necessário para o desenvolvimento do tubérculo, a colheita é realizada, sendo a mandioca levada da roça direto para a casa de farinha, onde é descascada. Em seguida, é triturada ou ralada em pilão ou em ralador ou caititu. A mandioca ralada vai caindo em um cocho, sendo depois prensada no tipiti (tipi = espremer e ti = líquido, na língua tupi) para retirar um líquido venenoso chamado manipueira. Depois de peneirada e torrada, a farinha está pronta para o consumo. Todas essas etapas do processamento da mandioca para a fabricação da farinha são detalhadas na Figura 7 (GASPAR, 2009).

Figura 7: Fluxograma das etapas do processamento da mandioca para a produção de farinha.



Fonte: Adaptado de Araújo; Lopes, 2009; SEBRAE, 2006.

Apesar de ser tradição na mesa do brasileiro, só recentemente a farinha passou a ser enquadrada como alimento. A partir de então, as dependências das casas de farinha, artesanais ou industriais, bem como seu processo de fabricação, passaram a cumprir as exigências das Boas Práticas de Fabricação (BPF) da farinha, que envolvem desde detalhes na construção do prédio que abriga a casa de farinha até os cuidados com o processo, orientando e recomendando ações que possibilitarão a melhoria da qualidade do produto, levando à maior produtividade, melhoria no padrão de vida dos trabalhadores e maior proteção ao meio ambiente (ARAÚJO; LOPES, 2009).

O processamento da farinha envolve várias etapas, detalhadas a seguir.

3.3.1. Colheita

A mandioca pode ser colhida com 1 ou 2 ciclos de cultivo, sendo necessária a retirada dos pequenos caules remanescentes, pois sua presença atrapalha o descascamento e aumenta a quantidade de fibra no material, como mostra a Figura 8 (ARAÚJO; LOPES, 2009).

Figura 8: Colheita manual das raízes da mandioca.



Fonte: Araújo; Lopes, 2009

O transporte deve ser feito no período máximo de 24 horas após a colheita, uma vez que, após a sua retirada do solo, dá-se início aos ataques microbianos, principalmente de fungos (ARAÚJO; LOPES, 2009).

3.3.2. Recepção das Raízes

O processamento começa com a recepção e pesagem dos carregamentos das raízes. Em seguida, essas raízes são descarregadas em local coberto e arejado (Figura 9), preferencialmente com piso impermeabilizado, de modo a impedir a contaminação das raízes por microrganismos.

É importante ressaltar a necessidade de se proceder à pesagem e armazenamento ao abrigo do calor e umidade. Controlar a entrada da matéria-prima é essencial para que os gastos do processo sejam otimizados e bem aproveitados, assim como um adequado armazenamento evita prejuízos por decomposição ou umidade em excesso (SEBRAE, 2006; ARAÚJO; LOPES, 2009).

Figura 9: Recepção das raízes de mandioca.



Fonte: SEBRAE, 2006.

3.2.3. Descascamento

O descascamento das raízes pode ser feito mecanicamente, por meio de um lavador descascador, ilustrado na Figura 10, o qual permite, ao mesmo tempo, lavar com fluxo contínuo de água e descascar as raízes. Manualmente, o descascamento deve ser realizado, preferencialmente, com o raspador manual em vez de faca, com luva de malha de aço para evitar ferimentos nas mãos, como mostra a Figura 11 (SEBRAE, 2006; ARAÚJO; LOPES, 2009).

Figura 10: Descascamento mecânico das raízes de mandioca.



Fonte: Araújo; Lopes, 2009

Durante essa etapa, os cuidados com a limpeza são fundamentais para que os microrganismos não comecem seu processo de proliferação. As cascas devem ser retiradas da

área de trabalho para evitar o surgimento de moscas e outros insetos indesejáveis (ARAÚJO; LOPES, 2009), além do fato de, acumulado ao ar livre e recebendo água de chuva, poder originar a produção de manipueira, substância é tóxica ao meio ambiente, a qual pode provocar alteração físico-química do solo, espalhando um odor desagradável e atraindo animais que possam transmitir doenças. Assim, aconselha-se que as cascas, antes da destinação final, sejam secas ao sol e permaneçam estocadas em ambientes cobertos (Figura 12) ou destinadas à alimentação animal (SEBRAE, 2006; ARAÚJO; LOPES, 2009).

Figura 11: Descascamento manual das raízes de mandioca.



Fonte: SEBRAE, 2006.

Figura 12: Armazenamento adequado das cascas de mandioca secas.



Fonte: Araújo; Lopes, 2009.

3.2.4. Lavagem

Após o término do descascamento, é necessário realizar uma lavagem para retirar cascas ou impurezas restantes. Em seguida, as raízes limpas devem ser imersas em uma solução de água clorada 0,5%, inibindo o aparecimento de microrganismos contaminantes (ARAÚJO; LOPES, 2009).

Como boas práticas, a área reservada para a lavagem da mandioca deve ter ralos de escoamento para drenagem da água e o piso e as paredes devem ser cobertos de material impermeável. A água proveniente do processo de lavagem é um efluente líquido que

apresenta em sua composição a manipueira, a qual precisará ser separada da rede de drenagem e designada à recuperação do amido nos tanques de decantação (ARAÚJO; LOPES, 2009; SEBRAE, 2006).

3.2.5. Trituração e/ou Ralação

É o processo onde as raízes limpas de mandioca são levadas para o triturador (ralador), que é formado por cilindros equipados de lâminas serrilhadas, presas paralelamente entre si. As raízes são empurradas em direção ao cilindro, utilizando braços de madeira em movimentos alternados, com o intuito de produzir uma raspa fina (ARAÚJO; LOPES, 2009).

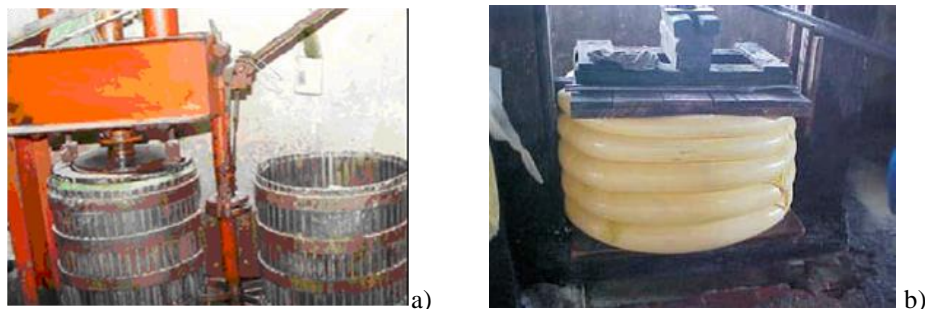
A conservação das serras é imprescindível para a homogeneização da massa e definição da granulometria, bem como para a elevação do rendimento do produto.

A massa produzida deve ser condicionada, temporariamente, em um tanque de alvenaria revestido de cerâmica, impedindo que resíduos permaneçam aderidos às paredes do tanque (ARAÚJO e LOPES, 2009; SEBRAE, 2006).

3.2.6. Prensagem

Após a trituração, a massa tem que ser prensada, com a finalidade de perder a umidade proveniente da manipueira residual. As prensas podem ser manuais ou hidráulicas, como se pode observar na Figura 13.

Figura 13: Prensas de processamento da farinha de mandioca. a) hidráulica e b) manual.



Fonte: SEBRAE, 2006; EMBRAPA, 2006.

Depois da prensagem, a raspa perde cerca de 20% da umidade e alcança o ponto ideal para ser torrada (ARAÚJO; LOPES, 2009), sendo, também, a de maior produção de manipueira, pois se geram em média, cerca de 300 litros a partir de 1 tonelada de mandioca. Por esse motivo, deve-se drenar toda a manipueira para os tanques de recuperação de amido e,

logo em seguida, realizar o tratamento nos tanques de sedimentação, uma vez que esta água não deve ser misturada às outras águas provenientes da lavagem (ARAÚJO; LOPES, 2009; SEBRAE, 2006; EMBRAPA, 2006).

3.2.7. Esfarelamento/Peneiragem

Logo após sair da prensa, a massa triturada está compactada, sendo necessária a realização de um processo chamado esfarelamento, apresentado na Figura 14, para que possa ocorrer a peneiragem. O esfarelamento pode ser feito de forma manual ou por meio de um esfarelador ou ralador. A massa já esfarelada passa por uma peneira, na qual ficarão retidos os fragmentos mais espessos contidos na massa, chamada crueira crua, que também podem ser utilizados para a alimentação de animais. O crivo ou malha da peneira vai determinar a granulometria da farinha (EMBRAPA, 2006).

Figura 14: Esfarelador da massa prensada.



Fonte: EMBRAPA, 2006.

3.2.8. Torrefação

A massa já esfarelada e peneirada é colocada, em bateladas, no forno, por cerca de 20 minutos, para eliminação do excesso de água e gelatinização parcial do amido. Durante todo o tempo o forneiro mexe a massa com o auxílio de um rodo de madeira, de cabo longo e liso. Os fornos artesanais, com rodo, vêm sendo substituídos, gradualmente, pelos fornos com mexedores elétricos (EMBRAPA, 2006).

Depois, a farinha vai sendo depositada em pequenas quantidades em outro forno para padronização da massa e a torração final. O forneiro continua mexendo até a secagem final da farinha (Figura 15), onde a umidade fica em torno de 13%. O processo de torração apresenta grande importância sobre o produto final, porque define a cor, o sabor e a durabilidade da farinha (EMBRAPA, 2006).

A lenha utilizada nos fornos de cozimento e torrefação é oriunda, muitas vezes, de desmatamentos irregulares em áreas de mata Atlântica e Caatinga, em virtude da falta de fiscalização e controle (SEBRAE, 2006). Além do problema ambiental do desmatamento, há a fumaça oriunda da queima da lenha, gerando emissões atmosféricas, formação de cinzas e a geração de fuligem, que pode vir a causar prejuízos à qualidade da farinha.

Figura 15: Forno torrador. a) mexedor elétrico e b) artesanal, com rodo de madeira.



Fonte: EMBRAPA, 2006; Araújo; Lopes, 2009.

3.2.9. Resfriamento

Esta parte do processo da produção da farinha é fundamental, mesmo sendo pouco utilizada em algumas regiões do Brasil, pois evita a formação de partículas de água que se originaram através da condensação, provocada pela elevada temperatura do forno, impedindo que a farinha torne-se mais úmida. O processo de resfriamento pode ser realizado utilizando freezers, geladeiras ou através de equipamentos específicos (SEBRAE, 2006).

3.2.10. Peneiramento

Durante o processo de resfriamento da farinha ocorre a formação de grumos devido à gomagem da fécula. Por esse motivo, visando uniformizar a granulometria da farinha, passa-se a farinha por uma peneira, cuja malha é definida pelo calibre dos grãos que se deseja obter. Ao final do peneiramento, a produção é dividida de acordo com sua granulometria, ou seja, farinhas grossas e finas. O peneiramento pode ser feito por processo mecânico ou manual, semelhante à etapa de esfarelamento (ARAÚJO; LOPES, 2009).

3.2.11. Ensacamento

A farinha já classificada poderá ser embalada em sacos de 50 kg, quando é destinada ao atacado, e de 0,5 kg ou 1 kg, para venda no varejo, sendo indicado o uso de saco de plástico ou de papel kraft. O armazenamento em sacos de 50 kg pode ser mecânico e o fechamento com costuradeira elétrica ou costura manual (SEBRAE, 2006; EMBRAPA, 2006; ARAÚJO; LOPES, 2009).

3.2.12. Armazenamento

A farinha deve ser acondicionada em local seco e arejado, específico para este fim. Os sacos devem estar depositados sobre estrados ou grades e empilhados com espaço entre as embalagens, como apresentado na Figura 16.

Figura 16: Armazenamento da farinha de mandioca.



Fonte: EMBRAPA, 2006.

A área de armazenamento deve ter pisos e paredes laváveis, teto de laje ou PVC e cobertura com telha. Precisa ser feito um combate constante a insetos e roedores e ainda, um giro dos estoques, usando-se primeiro o produto mais antigo (EMBRAPA, 2006).

3.3. PROBLEMÁTICA E ALTERNATIVA PARA A CASA DE FARINHA

Durante o processo de torrefação da farinha de mandioca são utilizados fornos, alimentados com lenha. Esta madeira geralmente é de origem duvidosa, em grande parte ilegal, ou seja, vem de áreas preservadas, onde a retirada é proibida.

O processo de desmatamento vem, ao longo dos anos, prejudicando a fauna e a flora planeta. A cada ano, 100 milhões de metros cúbicos de madeira ilegal são extraídos em todo o mundo. Entretanto, a produção mundial de madeira de origem ilegal caiu 21% desde 2002, das quais cerca de 40% dessa madeira ilegal vem do Brasil, Indonésia, Malásia, Camarões e

Gana que abastecem os grandes mercados consumidores como Estados Unidos, Japão, Reino Unido, França e Holanda (QUIRINO, 2003).

Nas últimas décadas, vários estudos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de diminuir o uso da lenha como fonte de energia, sendo a utilização de resíduos de biomassa vegetal para fins energéticos uma realidade nos dias de hoje (PAULA, 2011).

Os resíduos são usados em diversos lugares como fonte de energia, ou ainda podem ser transformados em briquetes, servindo como combustível para fornos em padarias, pizzarias, entre outras utilidades. Entretanto, para afirmar e indicar que determinado material é um bom gerador de energia, é necessário caracterizá-lo por meio de análises físico-químicas, as quais indicam a viabilidade do produto a ser desenvolvido (MAROZZI, 2012; CENBIO, 2012).

O Brasil é um país rico no que diz respeito à diversidade de culturas agrícolas e florestais, evento que se deve a fatores relacionados ao clima e às boas condições do solo. Ao mesmo tempo, dispõe de grandes extensões de terra disponíveis ao cultivo de várias espécies vegetais. Ao lado desse potencial produtor, tem-se uma enorme geração de resíduos, tanto oriundos de atividades agrícolas, quanto de madeireiras. Tais detritos podem, na maioria das vezes, causar prejuízos ao ambiente se não forem utilizados de forma adequada (MAROZZI, 2012).

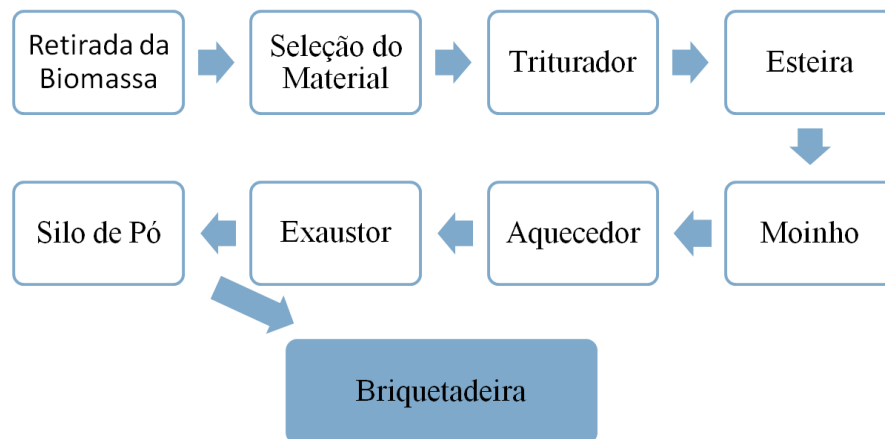
De acordo com dados da Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável (ABIB), a disponibilidade de resíduos florestais é de cerca de 70 milhões de toneladas, havendo também não florestais, como casca de arroz, café, resíduos de coco, milho, feijão, cacau, casca de mandioca e muitos outros que podem ser transformados em biomassa para geração de energia. Avalia-se que o potencial total a ser explorado de energia primária resultante da biomassa residual envolvendo apenas os resíduos vegetais no País é de 10.084,96 milhões de GJ/ano (ABIB, 2010).

A produção de briquetes pode ser feita utilizando-se apenas um material ou a mistura entre eles. Entre os vários materiais lignocelulósicos, podem ser empregados casca e galhos de árvores, aparas de madeira, serragem, casca de mandioca, bagaço de cana-de-açúcar, casca de arroz, palha, caule e sabugo de milho entre outros (QUIRINO, 2003).

O processo de briquetagem consiste no agrupamento de partículas finas com ajuda de pressão ou aglutinação por elementos químicos. As fases para obtenção do produto final são, basicamente, os processos de coleta e preparo da matéria-prima, mistura dos aditivos aglutinantes, prensagem e preparo final (BERTOLO et al., 2010). A Figura 17 descreve o fluxograma das etapas da briquetagem, o qual é melhor detalhado em sequência.

No triturador, a matéria-prima é prensada por meio de uma mesa compactadora, com rolos dentados, onde são triturados até se tornarem pó. A esteira, além de transportar o material do triturador para o moinho, é um sistema de proteção, pois existem eletroímãs para evitar a passagem de materiais ferrosos. No moinho a matéria-prima entra no êmbolo que alimenta a máquina, onde o aparelho tem um disco rotativo para selecionar o pó. O aquecedor realiza a redução da umidade do ar, aquecendo-o e transferindo o calor para o material, que passa por um duto cilíndrico rotativo com o objetivo de aumentar o rendimento de troca térmica entre o material e o ar quente em contra fluxo. O exaustor conduz a matéria-prima do aquecedor ao silo de pó, onde se armazena a matéria-prima que passou pelo processo anterior, alimentando a briquetadeira (FERNANDES et al., 2012);

Figura 17: Fluxograma do processo de briquetagem.



Fonte: Adaptado Fernandes et al., 2012

A briquetagem é uma maneira eficaz de armazenar a energia disponível na biomassa. Essa afirmação pode ser explicada pelo fato de que 1 m³ de briquetes contém cerca de quatro vezes mais energia que 1 m³ de resíduos em sua forma original, levando-se em conta a densidade a granel e o poder calorífico médio destes materiais (QUIRINO, 2003; BRITO 1991). Outras vantagens do briquete em comparação à lenha são a maior densidade energética do briquete, maior rapidez na geração de temperatura e calor, redução dos custos de transporte, além do menor custo de manuseio, da infraestrutura de armazenamento, de movimentação, de mão de obra, de encargos sociais e, ainda, o benefício na preservação do meio ambiente, pois é produzido a partir de resíduos (BERTOLO et al., 2010).

3.4. IMPACTOS AMBIENTAIS, PRODUÇÃO DE RESÍDUOS E GERAÇÃO DE ENERGIA

A utilização crescente de energia, principalmente de fontes não renováveis, vem acarretando ao longo dos anos grandes problemas ambientais. A diminuição dos recursos petrolíferos, que pode vir a acontecer nos próximos anos devido ao aumento do consumo, tem impulsionado pesquisadores a buscarem novas formas de gerar energia. Além disso, o petróleo, principal combustível fóssil, libera, durante a sua queima, uma enorme quantidade de óxidos de enxofre causadores da chuva ácida, ocasionando a corrosão de monumentos, além de tornar ácidas as águas dos rios e provocar a mortandade de peixes. A combustão do petróleo também libera grande quantidade de CO₂, que é o principal responsável pelo aquecimento global (ROCHA et al., 2009).

A utilização da lenha como fonte de energia também vem acarretando grandes problemas ambientais na fauna e flora brasileira. O desmatamento das florestas provoca a extinção de espécies nativas, o assoreamento de rios, além de promover o comércio ilegal de lenha (CORTEZ; LORA; AYARZA, 2008). O uso sustentável e a valorização das florestas, como produtoras de bens e serviços ambientais, mantenedoras de emprego e renda, compõem a forma mais adequada de gerar a sua sustentabilidade e a proteção do patrimônio florestal brasileiro (MMA, 2000).

Perante as necessidades de sobrevivência e o abuso da utilização dos recursos naturais, o homem vem desenvolvendo, ao longo das décadas, diversos métodos de aproveitamento dos recursos disponíveis. Podemos dizer então, que um dos maiores problemas na vida do homem atual é a busca do bom senso no uso das fontes de energia, seja ela renovável ou não renovável (ALVES JÚNIOR et al., 2003).

3.4.1. Impactos do Acúmulo de Resíduos

Resíduo, de uma forma geral, é tudo aquilo que sobra de um processo de produção ou exploração, de transformação ou de utilização. É todo material, substância ou produto que seu dono abandona. Existem diversos tipos de resíduos: urbanos, também chamados de resíduos domésticos; resíduos industriais, que podem ser de origem banal (não possui aditivos tóxicos, como a madeira sem tratamento e materiais de origem vegetal) ou especial (inerte, não liberando e nem reagindo com outro tipo de substância; último, sem possibilidades de transformação como as cinzas; tóxico ou perigoso, o qual libera substâncias tóxicas durante o tratamento ou estocagem, como o resíduo nuclear) (QUIRINO, 2003).

Uma preocupação relevante com a produção dos resíduos gerados a partir de biomassas, em particular a biomassa vegetal, é que esses resíduos são descartados formando matéria orgânica, o que acarreta o aparecimento de insetos e roedores e, conseqüentemente, de doenças, ou queimados diretamente para a sua eliminação, o que provoca um aumento importante na poluição ambiental, além de representar detrimientos de matéria-prima e energia. Os resíduos vegetais, de um modo geral, apresentam alta umidade, baixa densidade e grande volume, necessitando de grandes áreas para estocagem, além de serem dispersos geograficamente, o que aumenta as dificuldades em sua coleta e transporte, estes são alguns dos motivos que induzem a uma reutilização dessa matéria-prima (VALE; GENTIL, 2008).

Resíduos lignocelulósicos são resíduos vegetais que, como o próprio nome diz, apresentam em sua constituição lignina e celulose, juntamente com outros componentes, como as hemiceluloses e os extrativos. Esses resíduos podem ser de culturas florestais e de culturas agrícolas gerados durante o seu beneficiamento. No caso da exploração florestal, os resíduos são deixados nas áreas exploradas sem nenhum aproveitamento e, muitas vezes, provocam problemas nas culturas subsequentes. Em culturas agrícolas, o mesmo ocorre, visto que uma grande quantidade de resíduo é deixada no local de colheita e, durante seu beneficiamento, uma considerável quantidade de biomassa é descartada (PAULA, 2011).

Todas as regiões brasileiras possuem disponibilidade de biomassa e de resíduos, em maior e menor quantidade, de matérias-primas como cana-de-açúcar, casca de coco, sabugo e palha do milho, casca de mandioca e resíduos florestais para obtenção de energia (ALVES, 2013). Em Alagoas, além da cana-de-açúcar, as culturas de milho, mandioca, arroz e amendoim geram uma quantidade considerável de resíduos (SOUZA, 2010), como mostra a Tabela 6.

Tabela 6: Produção de resíduos gerados em Alagoas no ano de 2009.

Matéria-prima	Área plantada (ha)	Produção agrícola (t)	Tipo de resíduos	Produção total de resíduos (t)
Feijão	80.418	35.628	Casca	18.883
Mandioca	22.200	312.238	Casca	31.223
Arroz	3.056	17.589	Casca	3.518
Laranja	4.462	41.812	Casca	20.070
Milho	70.500	42.382	Sabugo	24.582
Coco	12.524	26.542	Casca	11.147

Fonte: Adaptado Schneider et al., 2012.

De acordo com CENBIO (2008) cerca de 70% da produção de feijão é resíduo. Para o milho, 22% do peso total correspondem ao sabugo (ZIGLIO et al., 2006). No amendoim, a porcentagem de biomassa energética (casca) é de 30%, enquanto que para a mandioca 10% de sua produção é resíduo na forma de casca (SCAPINELLO et al., 2006).

Uma opção para agregar valor e diminuir os impactos provocados pela geração desses resíduos é a utilização desses subprodutos na geração de energia. O uso desses resíduos como fonte alternativa de energia apresenta várias vantagens, como modificação na matriz energética, aumento na geração de renda, redução na emissão dos gases que provocam o efeito estufa, diminuição dos volumes de resíduos depositados em aterros sanitários e, como consequência, redução de custos (QUIRINO, 2003).

3.4.2. Benefícios da Utilização da Biomassa como Fonte Energética

Um dos recursos renováveis, que têm gerado amplo interesse da comunidade científica, é a biomassa, que é a matéria orgânica capaz de ser transformada em energia (bioenergia). A biomassa compõe uma opção financeiramente viável aos projetos tradicionais. As hidrelétricas têm provocado ao longo dos anos impactos socioambientais irreparáveis no Brasil. A produção de energia a partir de fontes não renováveis também se apresenta como uma alternativa insustentável, com implicações ambientais adversas no âmbito local e global (BEZZON; IVENGO, 1999).

A biomassa e seus resíduos são comburentes sólidos que podem ser usados diretamente nas condições em que se encontram, sob controle de umidade, podendo ser transformados por processos mecânicos em partículas menores ou, ainda, adensados na forma de briquetes (VALE; GENTIL, 2008).

O amplo potencial de biomassa presente no país, se usado para a produção de energia, promoverá a diversificação das fontes usadas, a desconcentração dos meios produtores, a descentralização do local de geração e a manutenção do meio ambiente, podendo ser considerada a base para a criação de um protótipo energético sustentável para o Brasil. A briquetagem é uma das opções tecnológicas para o melhor aproveitamento dos resíduos de biomassa, a qual consiste em um processo de trituração e compactação que utiliza altas pressões para modificar os referidos resíduos em blocos denominados de briquetes, os quais apresentam relevante potencial energético em relação aos resíduos *in natura* (ALVES JÚNIOR et al., 2003).

No uso dos resíduos de origem vegetal para a produção de energia, é importante a ciência de algumas propriedades destes subprodutos. Para isto, faz-se necessária a realização de análises físico-químicas e do poder calorífico, onde a análise físico-química fornece os teores de materiais voláteis, cinzas e, por diferença, de carbono fixo. Nestas análises, o desejável para a produção energética é que o material tenha pequena quantidade de cinzas, um alto teor de carbono fixo e baixa umidade (VALE; GENTIL, 2008).

3.5. VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA

O estudo de viabilidade técnica e econômica é uma ferramenta fundamental para a determinação da implantação de novas tecnologias. Todas as informações devem ser condensadas e comparadas com um padrão preexistente, permitindo aceitar ou rejeitar o investimento em análise (SANTANNA, 2012).

De acordo com Zuge (2009), o estudo tem que ter um embasamento em alguns parâmetros, como produção média, serviços, preço atribuído aos mesmos, estimativas de venda mês/ano, crédito dados aos clientes, crédito dado pelo fornecedor, despesas gerais.

Para Santos (2011), a viabilidade de um projeto de investimento depende do conhecimento dos pontos essenciais da elaboração dos seguintes procedimentos a serem adotados:

- Projeção de investimento, que se refere às estimativas de gastos com a compra de direitos da utilização de marca, terrenos, construção civil, montagem de instalações, aquisição de equipamentos.
- Projeção de entrada de caixa, formada por três elementos: quantidade de vendas; preços unitários de venda e cronograma de entrada em operação.
- Projeção das saídas de caixa, a qual corresponde aos vários dispêndios necessários ao seu funcionamento.
- Montagem do fluxo de caixa, relacionada às entradas e às saídas de caixa.

As etapas descritas mostram a necessidade de um planejamento prévio, para que o projeto se torne realidade. Para isso, devem-se compreender os conceitos de viabilidade técnica e econômica.

A viabilidade técnica consiste na capacidade de produção, nos aspectos técnicos que envolvem a seleção entre os variados processos de produção e na engenharia do projeto. Faz-se necessário um intenso trabalho de engenharia para verificar os processos tecnológicos e o projeto de instalação da proposta, além de se prever uma futura expansão. Dessa forma, a

viabilidade técnica está voltada aos processos de produção e as possíveis mudanças tecnológicas do investimento (GROPPELLI, 2010).

A viabilidade econômica consiste em fatores externos e internos, onde são analisados a quantidade de demanda, o preço de venda, os canais de distribuição e os descontos, sendo a análise de mercado um dos primeiros aspectos a serem considerados no projeto (FINNERTY, 2007). Woiller; Mathias (2007) coloca como ponto fundamental a localização do empreendimento, pois esta influenciará no comércio, na produção e na distribuição, revelando quais são as reais chances do novo negócio ser rentável.

4. METODOLOGIA

A pesquisa envolve, inicialmente, o conhecimento e a quantificação da cultura da mandioca e do milho no Estado de Alagoas. Estas informações foram obtidas através de pesquisas de dados na literatura, nos trabalhos científicos desenvolvidos com o estudo destes produtos agrícolas e através de informações sobre os Arranjos Produtivos Locais (APL's) destas culturas no Estado. O número de casas de farinha foi atualizado através de informações em órgãos públicos, conhecendo suas localizações e o tipo de comercialização dos produtos gerados. Foram feitas, também, visitas ao local para aplicar questionário (Anexo 1), buscando obter informações de como são obtidos os resíduos agrícolas, sua disposição final e quantidade diária, como também conhecer o tipo e a quantidade de combustíveis utilizados nos fornos e o gasto mensal com combustível.

A área de abrangência de coleta dos resíduos para estudo foi a região do agreste alagoano. Amostras de milho foram coletadas em sacos plásticos em feiras livres de Arapiraca e no mercado público da cidade, como também em algumas propriedades rurais que tinham plantações de milho. Os resíduos agrícolas de mandioca foram coletados sacos plásticos, em casas de farinha.

Inicialmente, fez-se a quantificação dos resíduos de mandioca e de milho coletados para se efetuar o tratamento dos dados. Dividiu-se o resíduo de mandioca em casca e maniva (caule do pé de mandioca) e o de milho em palha e sabugo de milho.

As análises físico-químicas, feitas em triplicata, foram realizadas no Laboratório de Biocombustíveis e Energia (LABEN) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). A caracterização físico-química de densidade, umidade, teor de cinzas, teor de voláteis, teor de carbono fixo e poder calorífico, seguiram as normas NBR 8112, de outubro de 1986 e NBR 8633, de outubro de 1984, ambas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

4.1. ENTREVISTA NAS CASAS DE FARINHA

Foram visitadas 5 casas de farinha situadas na região agreste do Estado de Alagoas, próximas à cidade de Arapiraca. Após a aplicação do questionário para os proprietários das casas de farinha (Anexo 1), foi realizada a pesagem de 50 kg da mandioca antes e depois do seu descascamento, com o objetivo de obter dados sobre a quantidade de resíduos gerados nestas casas de farinha.

Foram doados pelos comerciantes das feiras livres, do mercado público de Arapiraca e de alguns proprietários de terra que tinham plantações de milho, 120 kg de espigas de milho. Essas espigas foram divididas em 4 lotes de 30 kg e foram pesadas antes e depois de se retirarem os grãos, com o intuito de obter dados sobre a geração de resíduos.

4.2. GERAÇÃO DE RESÍDUOS

A quantificação de resíduos *in natura* gerados foi determinada através da Equação 1, onde R é a quantidade de resíduo gerado; P é a produção com resíduo e $R\%$ é a quantidade de resíduo de um fruto (CENBIO, 2008).

$$R=P.R\% \quad (1)$$

Para a mandioca, o resíduo gerado é de 10% (SCAPINELLO et al., 2006) e para o milho, 22% (ZIGLIO et al., 2007).

4.3. COLETA E TRATAMENTO DE AMOSTRAS

A coleta dos diferentes resíduos agrícolas foi realizada em sacos plásticos, devidamente etiquetados. Essas amostras foram imediatamente secas ao sol por cerca de 30 dias, sendo, após a secagem, passadas um processo de trituração.

Para o presente trabalho, optou-se pela utilização de uma forrageira para a trituração das amostras e consequente diminuição das suas dimensões, por meio de análise granulométrica, com o objetivo de se obter amostras com tamanhos semelhantes.

A granulometria seguiu a norma ABNT NBR 8112/83, onde a biomassa a ser analisada é pesada e colocada em jogo de peneiras acoplado a um sistema vibratório para a sua classificação, durante um tempo de 30 a 40 minutos. Este jogo de peneiras consiste em cinco peneiras de diferentes tamanhos das malhas (mesh), colocadas em série, verticalmente, decrescendo a espessura da malha de cima para baixo e na seguinte ordem de numeração de malhas: 20, 40, 50, 70, 140 e 270. A numeração das malhas obedece à escala da ABNT/ASTM.

4.4. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Para a análise imediata, utilizou-se a norma NBR 8112/86, que descreve o processo para o carvão vegetal. Atualmente ainda não existe uma norma nacional para análise imediata de resíduos vegetais.

4.4.1. Densidade ou Massa Específica

A densidade do resíduo seguiu as normas ABNT NBR 6922/81, que consiste no uso de um balão volumétrico de massa e volume conhecido, onde uma amostra de massa conhecida do resíduo é adicionada juntamente com a água até completar o volume do balão volumétrico. Em seguida, pesa-se o balão com a amostra, obtendo-se a densidade do resíduo pela relação da massa total e do volume total multiplicado pelo valor de densidade da água.

A densidade do resíduo *in natura* (g/mL) foi obtida pela relação entre a massa da amostra (g) e o volume de amostra (mL).

Utilizaram-se nos ensaios cerca de 1 g de cada amostra, sendo os mesmos realizados em triplicata, e efetuado o cálculo da média e desvio padrão dos resultados obtidos. O cálculo da massa específica para amostra *in natura* foi feita através do balão volumétrico de 250 mL.

Para determinação da densidade dos briquetes, utilizou-se um paquímetro analógico metálico, 150 mm, marca Vonder, modelo PA-155 de precisão 0,05 mm. A massa dos briquetes foi determinada com uma balança da marca Bel, modelo Mark 10.000, classe II e precisão 0,1 g. A altura e o diâmetro foram determinados pela média entre diferentes medições. Considerando o briquete um cilindro determinou-se o volume do briquete e se calculou a densidade pela relação entre a massa e o volume do briquete.

4.4.2. Teor de Umidade

O teor de umidade foi obtido utilizando técnicas químicas, termogravimétricas ou de perda na secagem, seguindo as normas ABNT NBR 8112/86.

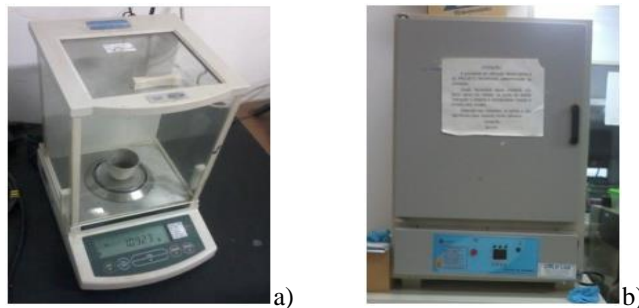
Para o cálculo, fez-se uso da Equação 2, sendo TU = teor de umidade (%); m_0 = massa inicial da amostra (g) e m_1 = massa final da amostra (g).

$$TU = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \cdot 100 \quad (2)$$

As amostras não tiveram sua análise de umidade em base úmida, ou seja, com toda a água de sua estrutura, pois para a trituração foi necessário uma secagem prévia, ao sol, durante 30 dias.

O teor de umidade foi medido pesando-se em uma balança analítica, modelo SHIMADZU AX200 (Figura 18a), o cadinho que foi utilizado e, em seguida, aproximadamente 1 g da amostra. Esta amostra foi levada à estufa de secagem, modelo QUIMIS 031711-32 (Figura 18b), a uma temperatura de 105 ± 2 °C, onde permaneceu durante 120 min. Após este período, o cadinho foi levado a um dessecador, por 15 min, para que a amostra não absorva umidade do ambiente, e posteriormente pesado.

Figura 18: Equipamentos para a análise de umidade. a) Balança analítica; b) Estufa de secagem.



Fonte: Acervo do autor, 2013

4.4.3. Teor de Cinzas

As cinzas geradas na queima do combustível informam a quantidade de energia produzida pela biomassa, indicando que quanto mais cinzas são produzidas menos eficiente é a queima deste resíduo, o que significa maior teor de elementos minerais presentes na biomassa, comprometendo a qualidade do produto devido a diminuição da eficiência de queima do mesmo. As normas seguidas foram ASTM 1765 e NBR 8112/86, onde cerca de 1 g da amostra, isenta de umidade, foi pesada em cadinho previamente pesado e levada à mufla a 700 ± 10 °C até que ocorra a queima total do material. Em seguida, retira-se a amostra da mufla, esfria-a em dessecador até a temperatura ambiente e quantifica-se a massa final, por meio da Equação 5.

$$CZ = \frac{m_1 - m_0}{m} \cdot 100 \quad (3)$$

onde: CZ = teor de cinza (%); m_0 = massa do cadinho (g); m_1 = massa do cadinho + amostra do resíduo (g); m = massa da amostra (g).

4.4.4. Teor de Voláteis

É a parte da biomassa que evapora através do aquecimento (MCKENDRY, 2002). A determinação segue a norma ABNT NBR 8112/86, onde aproximadamente 1 g de amostra previamente seca foi pesada em cadinho previamente tarado e levado a forno mufla, modelo EDG 3P-S, (Figura 19), a temperatura de $900 \pm 10^\circ\text{C}$ por 7 minutos e, em seguida, retirado da mufla e colocado em dessecador para, posteriormente, ser pesado e determinado sua massa final.

Figura 19: Forno mufla.



Fonte: Acervo do autor, 2013

O teor de voláteis é determinado pela Equação 4, sendo MV = teor de materiais voláteis (%); m_2 = massa inicial do cadinho + amostra do resíduo (g); m_3 = massa final do cadinho + amostra de resíduo (g); m = massa da amostra do resíduo (g).

$$TV = \frac{m_2 - m_3}{m} \cdot 100 \quad (4)$$

4.4.5. Teor de Carbono Fixo

É a massa que resta depois da liberação dos compostos voláteis, retirando as cinzas e teores de umidade (MCKENDRY, 2002), de acordo com a Equação 5 (NBR 8112/86), onde CF = Teor de carbono fixo (%); CZ = Teor de cinzas (%); MV = Teor de materiais voláteis (%).

$$CF = 100 - (CZ + MV) \quad (5)$$

A análise do carbono fixo refere-se à quantidade de carvão que é queimado no estado sólido. Para uma combustão maior percentuais de carbono fixo são preferíveis, pois indica que a queima do material é mais lenta.

4.4.6. Poder Calorífico

É a quantidade de energia por unidade de massa (ou de volume no caso dos gases) libertada na oxidação de um determinado combustível. O poder calorífico superior foi determinado utilizando o Calorímetro IKA C 200 ASTM D-2382 (Figura 20), seguindo as normas ABNT NBR 8633/84.

Figura 20: Calorímetro IKA C200.



Fonte: Acervo do autor, 2013

As amostras foram previamente secas em estufa até atingirem massa constante, sendo utilizado aproximadamente 1,0 g de resíduo pesados em uma balança analítica. O poder calorífico superior foi determinado pela média entre as medições obtidas pelo calorímetro.

4.5. BRIQUETAGEM

A compactação dos resíduos (briquetes) foi realizada na mini usina de adensamento de biomassa da UFAL, utilizando a prensa IKA-WERKE (Figura 21), utilizando amostras previamente trituradas, selecionadas nas condições adequadas de umidade e granulometria. Cerca de 0,5 g da amostra foram colocadas na prensa por 3 min, produzindo pequenos briquetes. Após a compactação, foram realizadas análises físico-químicas do poder calorífico, densidade, umidade, teor de cinzas, teor de voláteis e teor de carbono fixo.

Figura 21: Prensa peletizadora.



Fonte: Acervo do autor, 2013

4.6. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS

Com base nas informações obtidas sobre quantidade produzida, toneladas de resíduos gerados e poder calorífico, pode-se determinar a quantidade de energia gerada pelas biomassas em estudo e analisar a viabilidade de substituição à lenha, atual fonte energética dos fornos das casas de farinha, pelos mesmos. Desse modo foi possível uma avaliação energética da possibilidade de aproveitamento destes resíduos sob a forma de briquete.

Para a implantação de uma mini usina de briquetagem foram estimados o consumo de lenha nas casas de farinha, a quantidade necessária de briquetes, equipamentos e custos como transporte, energia, mão de obra, entre outros. O custo total de produção de briquete foi comparado com o custo da lenha utilizado nestas casas de farinha, avaliando a viabilidade econômica de projeto.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Moers (2011) cita que a caracterização da biomassa é de suma importância para o direcionamento da melhor tecnologia de conversão e utilização, evitando a exploração de uma biomassa cara e que tenha baixa eficiência energética.

No caso da mandioca, foi realizada a pesagem de cerca de 50 kg de raiz de mandioca antes e após o seu descascamento, visando obter a geração de resíduo durante esse processo, como mostra a Tabela 7. Esta análise foi efetuada em 5 casas de farinha, de forma a se ter uma melhor confiabilidade, até mesmo pelo uso de diferentes variedades de mandioca.

Tabela 7: Quantificação dos resíduos gerados a partir do processamento da raiz de mandioca.

Casas de farinha	Raiz com casca (kg)	Raiz sem casca (kg)	Resíduo (kg)	Resíduo (%)	Raízes utilizadas (kg/dia)	Resíduo gerado (kg/dia)
A	50,20	42,67	7,53	15,0	13.000	1.950
B	50,15	41,62	8,53	17,0	10.000	1.700
C	50,25	43,21	7,04	14,0	8.000	1.120
D	50,22	42,18	8,04	16,0	6.000	960
E	50,12	42,85	7,27	14,5	5.000	725
Média	50,19	42,51	7,47	15,3	8.400	1.291
Desvio padrão	0,05	0,62	0,43	1,2	3.209,4	515,0

Fonte: Autor, 2013

O universo das casas de farinha analisadas possuiu diferentes volumes de processamento da mandioca, levando a diferentes quantidades de resíduos. A média de resíduo gerado (15,3%) possuiu uma faixa de variação em torno de 8%, um pouco acima do valor citado na literatura, 10% (SCAPINELLO et al., 2006), provavelmente em função do descascamento ocorrer de forma manual na região.

Levando-se em consideração um processamento diário de 8.400 kg de raízes, geram-se 1.291 kg de resíduo/dia, ou seja, 38,73 t/mês. De acordo com o Arranjo Produtivo Local da Mandioca, existem em Alagoas existem 600 casas de farinha de mandioca registradas, o que levaria a uma produção média de resíduos no Estado em torno de 774.600 kg/dia ou 23,2 mil toneladas/mês.

A estatística de produção agrícola do IBGE (2014) indicou, na safra 2013, a produção de 222.960 t de mandioca em Alagoas, representando 1,1% da produção nacional e 22,7% da região Nordeste. Admitindo que a geração de resíduo gira entre 10 e 15% da produção agrícola, o Estado de Alagoas geraria entre 22,3 e 34,1 mil toneladas de resíduos da casca de mandioca/mês, indicando satisfatória estimativa amostral efetuada nas casas de farinha.

O problema desta significativa quantidade de resíduos é a sua umidade (85%) e baixo valor comercial (R\$ 15,00 a tonelada) (FIORDA et al., 2013). Apesar de grande parte ser destinada à ração animal, investigações vem sendo realizadas para a transformação destes resíduos em outros subprodutos que agreguem valor à cultura, visto que a umidade leva à fermentação e, por consequência, a problemas ambientais, atraindo insetos, roedores e mau cheiro, até levando à doenças (SAITO et al., 2006).

A Figura 22 ilustra o descascamento e a disposição no pátio das cascas de mandioca, popularmente conhecidas como raspas de mandioca, da casa de farinha D.

Figura 22: Descascamento (a) e disposição (b) das cascas de mandioca.



Fonte: Acervo do autor, 2013

Quanto à maniva, não foi possível sua quantificação. De acordo com estudos da Embrapa (2011), são produzidos 12 a 25 m³ de maniva/ha de mandioca plantada, sendo cada m³ equivalente a 150 kg. Considerando que na microrregião de Arapiraca, em 2012, foram utilizados 14.250 ha para a plantação de mandioca (SEPLANDE, 2014), geraram-se de 25.650 a 53.437 t de maniva.

Salienta-se que, durante a visita às casas de farinha, foi citado que 50% da maniva voltam para a plantação, enquanto o restante é descartado ou aproveitado como lenha.

Para os testes com a cultura do milho, os 120 kg doados pelos comerciantes das feiras livres, do mercado público de Arapiraca e de alguns proprietários de terra que tinham plantações de milho foram divididos em 4 grupos, sendo pesados cerca de 30 kg de espigas de milho antes e após a retirada dos seus grãos, como mostra a Tabela 8.

A Figura 23 apresenta como ocorre a venda do milho na feira de Arapiraca e a visualização da palha e do sabugo sem o grão.

Figura 23: Forma de comercialização do milho e visualização da palha e do sabugo sem os grãos de milho.



Fonte: Acervo do autor, 2013

Tabela 8: Quantificação dos resíduos gerados do milho.

Amostragem	Espiga com grão (kg)	Espiga sem grão (kg)	Resíduo (kg)	Resíduo (%)
1	30,18	22,18	7,99	26,5
2	30,22	21,85	8,34	27,6
3	30,15	22,22	7,93	26,3
4	30,12	21,99	8,13	27,0
Média	30,17	22,06	8,10	26,84
Desvio padrão	0,04	0,17	0,18	0,58

Fonte: Autor, 2013

As amostragens não apresentaram variação significativa, gerando uma média de resíduo de milho em torno de 26,84%, superior à citada por Ziglio et al. (2007), de 22%.

De acordo com a CONAB (2014), a produção de milho em Alagoas nas safras 2012/2013 e 2013/2014 não sofreu alteração, com 21,9 mil toneladas, representando menos de 0,5% da produção da região Nordeste. Ainda que não seja uma cultura com produção significativa, ao se considerar que o percentual de resíduo gerado no beneficiamento do milho está na faixa de 22 a 26,84%, chega-se, no Estado de Alagoas, nestas safras, entre 5 a 6 mil toneladas/ano de resíduo.

Semelhante ao resíduo de mandioca, a maioria dos resíduos de milho são destinados à ração animal, enquanto outros não têm correto descarte, levando a problemas de impacto visual e ambiental, sendo, por isto, fundamental a busca de alternativas de tratamento e disposição.

5.2. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

As amostras, coletadas em saco plástico, secas ao sol por um período de 30 dias e trituradas em forrageira elétrica, passaram por processo de granulometria, onde foram consideradas para o trabalho as amostras retidas nas peneiras de 40 ABNT/ASTM (0,425 mm) a 140 ABNT/ASTM (0,106 mm).

Para uma avaliação comparativa da eficiência energética destas biomassas, também se realizou o processo de trituração e granulometria em amostra de lenha (Figura 24) utilizada nas casas de farinha da região. Na visita a estes locais, notou-se o uso de diferentes tipos de madeira nos fornos (Figura 25) e, após aplicação e análise dos questionários respondidos pelos proprietários e trabalhadores das casas de farinha, percebeu-se que a mesma é proveniente de desmatamento ilegal. De acordo com levantamentos do Governo, cerca de 80% das lenhas utilizadas no Estado são provenientes do desmatamento do bioma caatinga (PRIMEIRA EDIÇÃO, 2012). Como forma de combater este desmatamento, estuda-se o aumento da eficiência energética dos fornos, bem como o uso de briquetes.

Figura 24: Análise granulométrica da lenha



Fonte: Acervo do autor, 2013

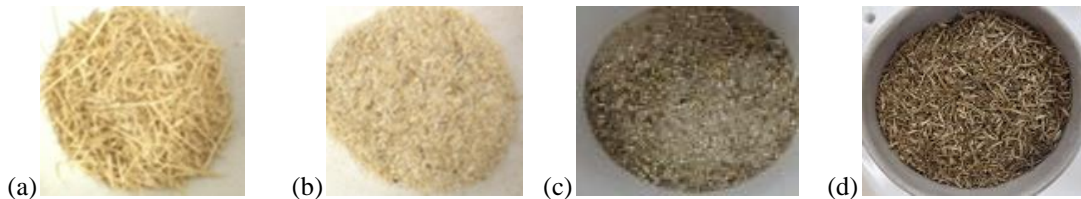
Figura 25: Lenhas utilizadas nas casas de farinha A (a) e D (b).



Fonte: Acervo do autor, 2013

A Figura 26 apresenta o aspecto dos resíduos após a análise granulométrica.

Figura 26: Visualização dos resíduos após análise granulométrica. (a) palha de milho; (b) sabugo de milho; (c) casca de mandioca; (d) maniva.



Fonte: Acervo do autor, 2013

Os resultados da análise granulométrica são apresentados na Tabela 9. Pode-se observar que o resíduo de milho apresentou o maior e menor percentual de resíduo retido, sendo o maior o de sabugo (62,03%) e o menor (17,53%) para a palha de milho. A casca e a maniva da mandioca geraram quantidades de resíduos praticamente semelhantes, porém inferior ao resíduo de lenha retido nas peneiras.

Tabela 9: Análise granulométrica das biomassas.

Amostra	Massa inicial (g)	Massa retida nas peneiras 40 a 140 (g)	% aproveitamento para análise
Lenha	1296,89	423,94	32,69
Casca de mandioca	702,10	144,60	20,60
Maniva de mandioca	1287,60	265,63	20,63
Sabugo de milho	604,60	375,04	62,03
Palha de milho	675,86	118,50	17,53

Fonte: Autor, 2013

5.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ENERGÉTICA DAS BIOMASSAS

As análises de massa específica, umidade, teor de cinzas, de voláteis e carbono fixo foram realizadas com material *in natura* e com material submetido à briquetagem. As mesmas foram efetuadas em triplicata, sendo os resultados, mostrados na Tabelas 10, apresentados com média e desvio padrão, seguido por letras, resultantes da análise estatística, pelo programa ASSISTAT 7.2. A Figura 27 ilustra uma comparação dos valores obtidos em cada análise físico-química entre a amostra *in natura* e os respectivos briquetes.

Tabela 10: Caracterização físico-química das biomassas na forma *in natura* e após briquetagem.

		Massa específica (g/cm ³)	Umidade (%)	Voláteis (%)	Cinzas (%)	Carbono fixo (%)
<i>in natura</i>	Lenha	0,791±0,015 ^a	9,90±0,83 ^b	82,56±0,44 ^d	2,63±0,27 ^c	14,81±0,70 ^a
	Casca de mandioca	0,307±0,039 ^d	11,37±0,26 ^a	85,47±0,29 ^{bc}	5,70±0,18 ^a	8,98±0,41 ^c
	Maniva de mandioca	0,849±0,054 ^a	9,81±0,32 ^b	84,79±0,67 ^c	4,47±0,08 ^b	10,76±0,58 ^b
	Sabugo de milho	0,541±0,028 ^b	9,62±0,19 ^b	87,47±0,41 ^a	2,51±0,30 ^c	10,02±0,42 ^{bc}
	Palha de milho	0,446±0,023 ^c	10,33±0,24 ^{ab}	86,33±0,46 ^{ab}	2,30±0,15 ^c	11,38±0,32 ^{bc}
Briquete	Lenha	1,476±0,181 ^b	10,06±0,07 ^c	84,20±0,49 ^c	2,26±0,16 ^c	13,53±0,65 ^a
	Casca de mandioca	1,731±0,026 ^a	12,28±0,20 ^a	85,89±0,29 ^b	5,74±0,43 ^a	8,47±0,12 ^b
	Maniva de mandioca	1,503±0,004 ^b	9,89±0,38 ^c	82,24±0,50 ^d	4,48±0,03 ^b	12,99±0,65 ^d
	Sabugo de milho	0,806±0,013 ^c	10,92±0,05 ^b	88,54±0,62 ^a	1,99±0,11 ^c	9,47±0,54 ^a
	Palha de milho	0,818±0,022 ^c	11,37±0,03 ^b	88,22±0,37 ^a	1,79±0,10 ^c	9,99±0,47 ^a

Resultados representam a média de três repetições ± desvio padrão e as letras diferentes em cada linha significam que as amostras foram significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Fonte: Autor, 2014.

Na análise de densidade, o briquete de casca de mandioca apresentou maior valor em relação às demais amostras. Apesar de na forma *in natura* a maniva ter apresentado uma baixa densidade (0,307 g/cm³), na briquetagem seu poder de compactação gerou massa específica cerca de 15% superior à lenha briquetada.

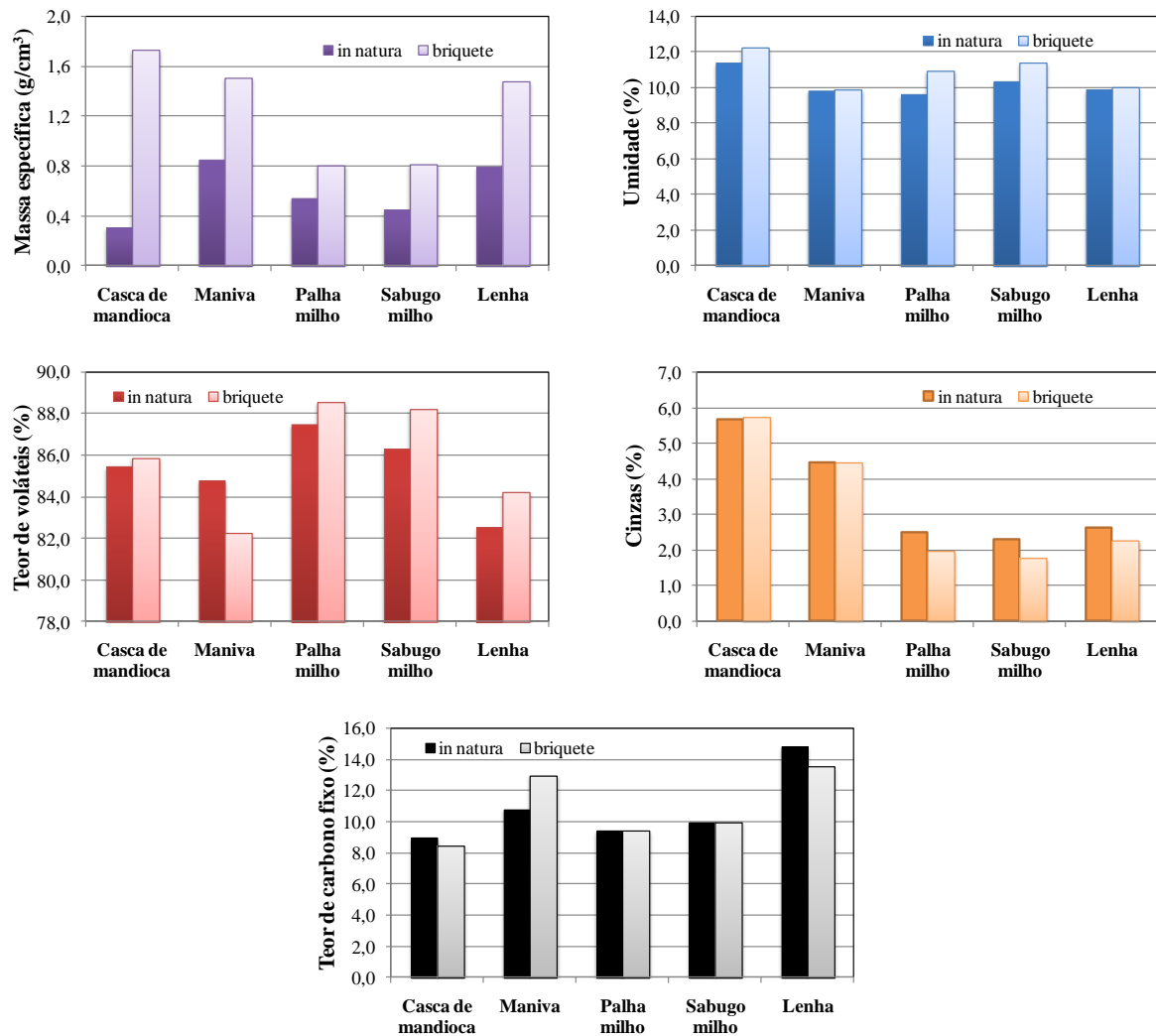
A análise no ASSITAT 7.2 mostrou que apenas as biomassas de lenha e maniva são estatisticamente semelhantes, nas duas formas de tratamento, e para os resíduos de milho, na forma de briquetes.

Pela Figura 27, a briquetagem indica que houve um aumento significativo na densidade, sendo na casca de mandioca o maior incremento observado e nos resíduos de milho, os menores.

Quanto à secagem, além de reduzir a umidade, diminui a possibilidade de deteriorações. Além disto, um alto teor de umidade faz com que o processo de combustão seja mais baixo, necessitando de mais energia para vaporizar a água e, com isto, fornecendo menos energia para a queima, levando à redução do poder calorífico e aumento do consumo de combustível (VIEIRA, 2012).

O teor de umidade nas amostras, inferior a 15%, indica condição favorável para conservação destes resíduos.

Figura 27: Avaliação físico-química das biomassas na forma *in natura* e após briquetagem.



Fonte: Autor, 2014

Pela análise estatística do teste de Tukey, foram observadas diferenças de umidade na biomassa da casca de mandioca em relação aos demais resíduos. Após briquetagem, lenha e maniva não apresentaram diferenças significativas no teor de umidade, bem como entre os resíduos de milho.

Mckendry (2002) cita que o teor de voláteis se refere à parte da biomassa que evapora através do aquecimento. Os resultados indicaram valores praticamente semelhantes nas amostras *in natura* e um pouco mais elevados nos briquetes a partir de palha (88,22%) e de sabugo de milho (88,54%). A maniva, diferente das demais biomassas, possuiu menor teor de voláteis após a briquetagem (82,24%). De forma geral, todas as amostras apresentam valores muito próximos da lenha, tanto *in natura* (82,56%) como sob a forma de briquetes (84,20%).

As cinzas geradas na queima do combustível informam a quantidade de energia produzida pela biomassa, ou seja, quanto mais cinzas são produzidas, menos eficiente deverá ser a queima deste resíduo, em função de um maior teor de elementos minerais presentes, comprometendo a qualidade do produto fabricado devido à diminuição da eficiência de queima do resíduo. Notaram-se altos teores de cinzas nos resíduos de mandioca, estatisticamente diferentes dos demais, com quase o dobro do valor observado na lenha (2,26%), e valores ainda mais baixos nos resíduos de milho briquetados, 1,79% (palha) e 1,99% (sabugo), sugerindo maior eficiência destas biomassas. Todos os resíduos apresentaram menor teor em relação ao bagaço da cana-de-açúcar, cujo valor é de aproximadamente 6,32% (SILVA, 2007).

A análise do carbono fixo determina a quantidade de biomassa queimada no estado sólido. Para uma combustão maior, percentuais de carbono fixo são preferíveis, pois indicam que a queima do material é mais lenta (MCKENDRY, 2002). Os resultados mostram um teor de carbono fixo um pouco superior no material *in natura* em relação aos briquetes, à exceção da maniva, de modo semelhante ao teor de voláteis. Para os briquetes, o teor na maniva (12,99%) foi praticamente semelhante à lenha (13,53%) e com rápida combustão para os briquetes obtidos a partir de casca de mandioca (8,47%), palha (9,99%) e sabugo de milho (9,47%).

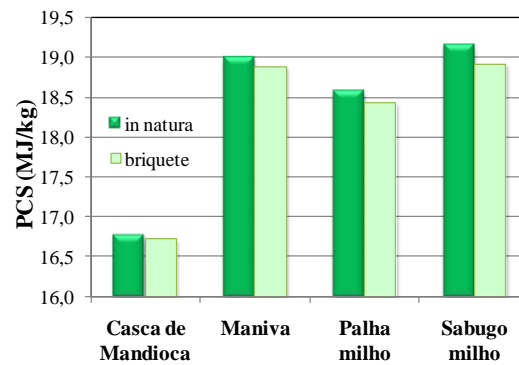
Os resultados obtidos sugerem que tanto os resíduos do beneficiamento da mandioca quanto do milho apresentam características próximas à da lenha utilizada nas casas de farinha visitadas e, portanto, podem vir a ser um substituto dessa madeira ilegal.

Para confirmar estes resultados, foi analisado o poder calorífico, quantidade de energia por unidade de massa (ou de volume, no caso dos gases) libertada na oxidação de um determinado combustível, cujos resultados são apresentados na Tabela 11 e na Figura 28.

Tabela 11: Análises do poder calorífico das biomassas na forma *in natura* e após briquetagem.

	Poder calorífico (MJ/kg)	
	<i>in natura</i>	briquete
Casca de mandioca	16,79	16,73
Maniva de mandioca	19,00	18,89
Sabugo de milho	19,17	18,92
Palha de milho	18,58	18,44

Fonte: Autor, 2014

Figura 28: Poder calorífico superior das biomassas.

Fonte: Autor, 2014

A biomassa de maior potencial energético foi o sabugo do milho, com 19,17 MJ/kg para a forma *in natura* e 18,92 MJ/kg para a briquetada, valor bem próximo ao do poder calorífico superior da madeira, o qual apresenta valor médio de 20,70 MJ/kg (BARROS, 2012) e superior ao encontrado por Vieira (2012) para o sabugo, 16,00 MJ/kg.

O poder calorífico da maniva, apesar de seus valores de teor de voláteis e de carbono fixo na forma briquetada diferenciarem-se dos demais, também apresentou resultado significativo para as duas formas, 19,00 e 18,89 MJ/kg para *in natura* e briquete, respectivamente.

Com estes resultados, confirmou-se que tanto os resíduos provenientes do beneficiamento da mandioca quanto os do milho apresentam grande potencial energético para a queima na forma de briquetes, sendo bons substitutos à lenha. Sobressaem-se os resíduos de milho e a maniva. A casca de mandioca, em função do elevado teor de cinzas, gerou menor poder calorífico em relação às demais amostras.

Apesar do grande potencial de queima, para a viabilidade de substituição de briquetes a partir destes resíduos faz-se necessária uma análise de custos e benefícios, a exemplo de tratamento e transporte da matéria-prima.

Deve-se levar em conta, também, a lenha ilegal atualmente utilizada por estes locais. Este tipo de lenha possui um custo de R\$ 30,00/m³, enquanto que a na forma legalizada custaria por volta R\$ 80,00/m³, o que os proprietários consideram como prejuízo financeiro. Salienta-se que, pelo levantamento realizado, as casas de farinha usam, em média, 25 a 40 m³ de lenha por semana e que, quando comparada ao briquete, cerca de 5 m³ de lenha equivalem a 1 tonelada de briquete (CALHEIROS, 2013).

5.4. ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA

Esse estudo faz uma análise da viabilidade do projeto de implantação de uma Mini Usina de Fabricação de Briquetes na microrregião de Arapiraca, com intuito de atender a demanda energética das casas de farinha da região. Atualmente, o Estado de Alagoas conta com apenas duas fábricas de briquetes: a Renove S.A., situada em Rio Largo, e a Usina Sumaúma, localizada em Marechal Deodoro, ambas a mais de 110 km de distância da cidade de Arapiraca.

5.4.1. Análise Técnico-Econômica

Primeiramente, analisou-se a região em que será implantada a mini usina de briquetagem. Essa análise foi feita na microrregião de Arapiraca, que é formada pelos municípios de Arapiraca, Campo Grande, Coité do Nóia, Craíbas, Feira Grande, Girau do Ponciano, Lagoa da Canoa, Limoeiro de Anadia, São Sebastião e Taquarana. A razão da escolha se deu em função desta região ser considerada uma das maiores produtoras do Estado.

De acordo com dados do IBGE (2012), foram quantificadas algumas biomassas da região, como amendoim, coco, feijão, mandioca e milho, produzidas no ano de 2012. Esses dados podem ser observados na Tabela 12.

Tabela 12: Produção agrícola na microrregião de Arapiraca.

Cidades	Produção Agrícola				
	Amendoim (t casca)	Coco (fruto)	Feijão (t grão)	Mandioca (t raiz)	Milho (t grão)
Arapiraca	0	0	1.333	87.885	1.720
Campo Grande	0	28.000	29	420	89
Coité do Nóia	0	0	100	3.840	600
Craíbas	0	0	66	3.560	1.210
Feira Grande	0	0	144	10.080	450
Girau do Ponciano	0	105.000	555	27.300	1.750
Lagoa da Canoa	0	0	270	5.400	270
Limoeiro de Anadia	0	50.000	38	1.800	72
São Sebastião	0	2.574.000	109	22.800	230
Taquarana	46	180.000	882	45.000	1.296
Total (t)	46	2.937.000*	3.536	208.085	6.687

Fonte: Adaptado de IBGE, 2012

Nota-se que o coco, pela quantidade de frutos, seria a maior produtividade da microrregião. Todavia, Souza (2011) cita que o peso médio do fruto é 0,5 kg, levando à produção nesta região para 1.468,5 t, tornando a mandioca a principal cultura da região.

O potencial energético dos resíduos gerados no beneficiamento dessas culturas foi deduzido através da multiplicação do poder calorífico superior (PCS) do resíduo pela quantidade da produção do mesmo na safra de 2012, como descrito na Tabela 13.

Tabela 13: Potencial energético dos resíduos na microrregião de Arapiraca, no ano de 2012.

Cultura agrícola	Produção agrícola (kg)	% residual gerado	Resíduos gerados (kg)	PCS (MJ/Kg)	Energia (MJ)
Amendoim (casca)	46.000	30	13.800	21,64	298.632
Coco (fruto)	1.468.500	60	881.100	18,80	16.564.680
Feijão (casca)	3.536.000	70	2.475.200	16,77	41.509.104
Mandioca (casca)	208.085.000	15,30	31.837.005	16,79	534.543.314
Milho (sabugo)	6.687.000	26,84	1.794.791	19,17	34.406.143
Total energético (MJ)					627.321.873

Fonte: Autor, 2014.

De acordo com a Tabela 13, pode-se observar que mandioca se destaca pela grande produtividade agrícola na região e, por conseguinte, grande geração de resíduos. Mesmo a casca de mandioca apresentando PCS de 16,77 MJ/kg, um dos menores valores quando comparados aos resíduos do amendoim (21,64 MJ/kg) e do coco (18,8 MJ/kg), sua energia gerada foi a maior, pelo fato da grande quantidade de resíduo gerado em seu beneficiamento.

Para a determinação do consumo de energia foram visitadas 5 casas de farinha, onde se observou que o consumo médio de lenha variava de 25 a 40 m³/semana, o que equivale a um consumo mensal entre 100 a 160 m³ de lenha. De acordo com Souza (2011), 1 m³ de lenha equivale, em média, a 670 kg. Dessa forma, pode-se calcular a energia necessária para manter uma casa de farinha em um ano de funcionamento, como observado na Tabela 14. Admitiu-se o valor de 20,70 MJ/kg como o valor do poder calorífico (BARROS, 2012).

A energia consumida pela lenha nas casas de farinha variou entre 16.642.800 a 26.628.480 MJ/ano. Considerando o valor máximo e os dados de energia possível oferecida pelos resíduos produzidos nesta região, verifica-se que apenas o sabugo de milho, um dos resíduos avaliados neste trabalho, representa uma geração de energia 20% superior ao maior valor obtido para a lenha.

Tabela 14: Consumo de lenha em casas de farinha da microrregião de Arapiraca

Casa de farinha	Consumo mensal (m³)	Quantidade de lenha (kg)	PCS (MJ/kg)	Energia (MJ)	Energia (MJ/ano)
A	160	107.200	20,70	2.219.040	26.628.480
B	140	93.800	20,70	1.941.660	23.299.920
C	120	80.400	20,70	1.664.280	19.971.360
D	110	73.700	20,70	1.525.590	18.307.080
E	100	67.000	20,70	1.386.900	16.642.800
Total	630	422.100	20,70	8.737.470	104.849.640

Fonte: Autor, 2013.

Em matéria de poder calorífico e geração de energia, com os resíduos da mandioca, do qual aqui são citadas apenas as cascas, ter-se-ia a capacidade de abastecer em torno de 20 casas de farinha com a substituição da lenha pelo mesmo. Isto se deve ao fato de a energia necessária para manter o funcionamento de uma casa de farinha que utiliza cerca de 160 m³ de lenha/ mês ser 26.628.480 MJ/ano, um valor muito inferior ao da energia produzida pela casca de mandioca da região, que é de 534.543.314 MJ/ano.

Os resíduos da produção agrícola possuem como característica uma elevada umidade, em torno de 50%, disponibilidade sazonal, baixa densidade energética, grande volume para transporte, apresentando, geralmente, problemas na manipulação, transporte e queima (YOSHIKAWA, 2009). Entretanto, neste estudo, os dados apresentados foram analisados com a matéria seca.

O preço do resíduo também é um ponto de fundamental importância para a análise econômica. Conseguiu-se, em pesquisas na região, o valor da tonelada de casca de mandioca como R\$ 30,00 e, para o coco (SOUZA, 2011), o valor de R\$ 25,00. Assim, estimou-se no trabalho o valor de R\$ 27,50/t de resíduo.

O aproveitamento dos resíduos agroindustriais envolverá duas etapas: a do campo e a da indústria. Na etapa do campo tem-se a separação do resíduo, o carregamento e o transporte. Já na etapa industrial (casa de farinha) tem-se o descarregamento, o armazenamento e o abastecimento dos fornos. O custo real dos resíduos está envolvido com o valor da tonelada desta biomassa, somado o valor do frete desde o local da coleta até a indústria.

Considerando-se que a mini usina de briquetagem seja instalada em uma casa de farinha de mandioca situada na cidade de Arapiraca, as distâncias entre as cidades que formam sua microrregião são pequenas, como se observa na Tabela 15. Utilizou-se como preço médio do diesel o valor de R\$ 2,40 (ANP, 2014) e o consumo médio de um caminhão, como o

Mercedes L1318 ou o Volks Worker 8120, com carga de 30 m³, que equivalem a cerca de 21,5 t, como 4,5 km/L.

Tabela 15: Custo total (transporte e resíduo).

Municípios	Distância à Arapiraca (km)	Preço do frete	Custo Total (R\$)
	Ida e Volta	(R\$)	Frete + resíduo
Campo Grande	73,60	117,76	709,01
Coité do Nória	30,80	49,28	640,53
Craíbas	38,00	60,8	652,05
Feira Grande	32,60	52,16	643,41
Girau do Ponciano	45,80	73,28	664,53
Lagoa da Canoa	24,40	39,04	630,29
Limoeiro de Anadia	34,60	55,36	646,61
São Sebastião	47,40	75,84	667,09
Taquarana	32,60	52,16	643,41

Fonte: Autor, 2013

De acordo com os valores cobrados pelas transportadoras da região e as características de consumo citadas, estimou-se um custo médio de transporte em torno de R\$ 1,60/km rodado.

Salienta-se que os resíduos utilizados para fazer o custo total foram apenas o coco e a mandioca, já que os outros resíduos não tiveram valores estimados, sendo, para estes, só considerados o valor do frete.

5.4.2. Projeto de Instalação da Mini Usina de Briquetagem

Para um melhor aproveitamento do potencial energético dos resíduos gerados, uma das alternativas é a compactação desses materiais orgânicos que, de acordo Silveira (2008), apresenta diversas vantagens, como permitir o aproveitamento de resíduos agrícolas, florestal e outros; 1 tonelada de briquete poder substituir até 1,96 toneladas de lenha; ter uma forma que facilita o transporte, a manipulação e o armazenamento; ser um produto de maior higiene, gerando menos fumaça, cinza e fuligem, etc.

Devido à diversa quantidade e características das biomassas encontradas na microrregião de Arapiraca, os estudos mostraram que é necessário uma usina de briquetagem completa, formada, principalmente, por moinho, briquetadeira, secador e picotador. A cotação financeira foi realizada para uma usina de briquetagem com uma produção de 1 t/h, em

função da sazonalidade das culturas da região. Sugere-se, também, uma prensa, como forma de retirada da maior umidade dos resíduos, salientando-se que neste trabalho os mesmos foram secos ao sol.

Para a instalação da mini usina foi considerada a área de 90 m², estimada pela empresa Biomax, uma das principais fornecedoras de equipamentos de briquetagem do país. Os preços dos equipamentos (Tabela 16) foram estimados com base no trabalho de Souza (2011) e dados das empresas Biomax e Lippel. Para a análise de viabilidade econômica da usina de briquetagem, considerou-se uma jornada de trabalho de 8 h/dia durante 22 dias/mês, como mostra a Tabela 17.

Tabela 16: Preços dos equipamentos para Mini Usina de Briquetagem

Equipamentos	Quantidade	Preço (R\$)
Moinho	01	40.000,00
Briquetadeira	01	130.000,00
Secador	01	70.000,00
Picotador	01	150.000,00
Prensa	01	12.000,00
Total de investimento		402.000,00

Fonte: Adaptado de Lippel, 2011; Souza, 2011; Biomax, 2013.

Tabela 17: Custos de operação da mini usina de briquetagem

Capacidade produtiva dos equipamentos	1 t/h
Produção mensal (t)	20 a 32
Produção estimada em 10 anos (t)	2400 a 3840
Área de cobertura necessária (m ²)	90
Funcionários por turno	2
Potência instalada (kW)	53
Potência consumida (kW)	39
Custo com depreciação dos equipamentos ¹ (R\$/t)	12,06
Custo com mão de obra ² (R\$/t)	27,47
Custos de manutenção ³ (R\$/t)	10,82
Custos com energia elétrica ⁴ (R\$/t)	11,80
Custo total ⁵	62,15

1. Os custos com depreciação incluem o valor dos equipamentos e estimativa de frete, instalação, prédio e infraestrutura. 2. Os custos de mão de obra são calculados sobre uma base salarial de R\$ 2.500,00/funcionário.turno (incluindo impostos e encargos sociais) 3. Os custos de manutenção variam de acordo com a abrasividade da matéria-prima 4. Os custos de energia elétrica se baseiam em uma tarifa de R\$ 0,35/ kWh 5. O custo total não inclui os custos com matéria-prima e embalagem do briquete.

Fonte: Adpatado de BIOMAX, 2014.

De acordo com o catálogo da Biomax, quanto maior a umidade inicial do resíduo, maior a quantidade de água a ser evaporada no processo de secagem e, com isto, menor a quantidade de resíduos secos disponíveis para a fabricação de briquetes. Como neste trabalho os resíduos foram secos previamente, com umidade inferior a 25%, considera-se que para cada tonelada de briquete serão necessários 1,27 t de resíduo. Considerando o transporte do caminhão como 21,5 t, ter-se-ia a geração de 16,9 t de briquete por cada transporte de caminhão, sendo, com isto, necessárias no máximo 2 viagens do veículo para suprir a demanda energética atual, que é de 100 a 160 m³ de lenha /mês.

Este estudo aponta que nas casas de farinha serão gastos de 20 a 32 t biomassa/mês, tendo-se um custo de R\$ 1.243,00 a aproximadamente R\$ 1.990,00. Quanto ao custo de transporte, tomando como base o maior valor (R\$ 709,01), obtém-se um valor mensal de R\$ 1.418,00. Logo, o custo total das etapas de coleta, transporte, processamento e armazenamento dos resíduos agrícolas para uma casa de farinha em Arapiraca seria de R\$ 2.661,00 a R\$ 3.408,00.

Sabendo-se que 1 m³ de lenha pode variar de R\$ 30,00 a R\$ 80,00 e a tonelada de briquetes equivale a 5 m³ de lenha, o custo mensal seria, para o preço mínimo estimado da lenha (ilegal), de R\$ 3.000,00 a R\$ 4.800,00 e, para o preço máximo, de R\$ 8.000,00 a R\$ 12.800,00.

Os valores apresentados na análise de viabilidade de uma usina de briquetagem se mostram inferiores ao custo gasto atualmente com a lenha, mesmo que esta seja proveniente do desmatamento (ilegal).

O valor bruto do investimento para a implantação da usina estaria em torno de R\$ 400.000,00, levando em consideração até mesmo uma prensa para a retirada de umidade. Considerando o consumo de lenha da casa de farinha como 160 m³/mês, a implantação da mini usina geraria uma economia de R\$ 1.390,00 (lenha ilegal) a R\$ 9.392,00.

Além dos benefícios econômicos, é importante ressaltar a diminuição dos impactos ambientais que a instalação dessa usina traria, como diminuindo o desmatamento de áreas que deveriam ser preservadas e o descarte dos resíduos agrícolas da mandioca e do milho.

6. CONCLUSÕES

Tem-se observado nas últimas décadas a necessidade crescente de energia. Devido a essa grande demanda, surgem novas pesquisas em busca de fontes energéticas renováveis e mais limpas, que possam reduzir os impactos ambientais causados principalmente pelos combustíveis derivados do petróleo. Outro ponto a ser questionado nos dias atuais é a utilização da lenha como fonte de energia, onde a maior problemática é o uso indiscriminado dessa biomassa, desmatando áreas de preservação ambiental e prejudicando a fauna e a flora da região.

Esse estudo mostrou que há uma grande quantidade de biomassas no Estado de Alagoas que pode ser utilizada como fonte de energia, destacando-se as culturas de milho e de mandioca. Na safra 2013, a produção foi de 222.960 t de mandioca em Alagoas e, sabendo que a geração de resíduo gira em torno 10 e 15% da produção agrícola, o Estado geraria entre 22,3 e 34,1 mil toneladas de resíduos da casca de mandioca/mês. Nesta mesma safra, o milho teve uma produção de 21,9 mil toneladas e, ao se considerar que o percentual de resíduo gerado no beneficiamento do milho está na faixa de 22 a 26,84%, chega-se, no Estado de Alagoas, entre 5 a 6 mil toneladas/ano de resíduo.

Através de análises físico-químicas, onde foi aferido o potencial calorífico dos resíduos gerados no beneficiamento das culturas do milho e da mandioca, observaram-se significativo poder energético, destacando-se os resíduos *in natura* do sabugo do milho e a maniva, com poder calorífico superior (PCS) de 19,17 MJ/kg e 19,00 MJ/kg, respectivamente, enquanto a casca da mandioca gerou 16,79 MJ/kg e a palha do milho, 18,58 MJ/kg. Isto indica que todas as biomassas estudadas podem vir a ser um substituto da lenha, já que o poder calorífico desta gira em torno de 20,70 MJ/kg.

As análises de PCS realizadas com os resíduos na forma de briquetes apresentaram valores bem semelhantes aos da forma *in natura*. A briquetagem tem várias vantagens, como evitar o desmatamento de áreas preservadas, ser uma energia renovável, além de mais higiênica, de mais fácil de transporte e gerar menos fuligem e não necessitar de legalização para o seu uso.

A energia consumida pela lenha nas casas de farinha variou entre 16.642.800 a 26.628.480 MJ/ano. Considerando o valor máximo e os dados de energia possível oferecida pelos resíduos produzidos nesta região, verifica-se que apenas o sabugo de milho, um dos resíduos avaliados neste trabalho, representa uma geração de energia 20% superior ao maior valor obtido para a lenha.

Em matéria de poder calorífico e geração de energia, com os resíduos da mandioca, do qual aqui são citadas apenas as cascas, ter-se-ia a capacidade de abastecer em torno de 20 casas de farinha com a substituição da lenha pelo mesmo. Isto se deve ao fato de a energia necessária para manter o funcionamento de uma casa de farinha que utiliza cerca de 160 m³ de lenha/ mês ser 26.628.480 MJ/ano, um valor muito inferior ao da energia produzida pela casca de mandioca da região, que é de 534.543.314 MJ/ano.

O estudo de viabilidade técnico-econômica para implantação de uma mini usina de briquetagem em uma casa de farinha situada na cidade de Arapiraca, com intuito de substituir a lenha utilizada em seus fornos por briquetes, apresentou grandes vantagens. Uma casa de farinha que utiliza cerca de 160 m³/mês de lenha gastaria R\$ 12.800,00 com essa biomassa e, se utilizasse apenas briquetes, gastaria R\$ 3.408,00, gerando uma economia de até R\$ 9.392,00.

Comprovou-se que a utilização de biomassas de resíduos agrícolas na forma de briquetes pode ser uma alternativa de fonte de energia renovável, além de seu uso ser ecologicamente correto, por diminuir o desmatamento e a acumulação de resíduos orgânicos, bem como ser rentável, aumentando, assim, o lucro dos proprietários das casas de farinha, os quais reverteriam no preço final do produto, tornando mais barata a farinha de mandioca.

REFERÊNCIAS

ABIB – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS DA BIOMASSA. Inventário residual Brasil. 2011. Disponível em: <<http://pt.calameo.com/accounts/200968>>. Acessado em 12 ago. de 2012.

ABIMILHO - **Associação Brasileira das Indústrias do Milho**, 2006. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/>>. Acessado em 12 ago. de 2012.

ABNT NBR 8112/83, Carvão vegetal – análise imediata.

ABNT NBR 8633/84, Determinação do poder calorífico superior.

AGUIAR, C. M. **Hidrólise enzimática de resíduos lignocelulósicos utilizando celulases produzidas pelo fungo *Aspergillus niger***. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Toledo, PR ,2010.

ALVES, H. **Logística Reversa**. Disponível em: <<http://cotidianodagente.com/tema/logistica-verde/>>. Acesso em 10 dez. de 2013.

ALVES JÚNIOR, F.T; GUIMARÃES, J. L. S.; SANTOS, G. A.; LEITE, A. M. F.; BARROS, G. D. T. **Utilização de biomassa para briquetagem como fonte de energia alternativa e a disponibilidade deste recurso na região do Cariri-CE**. IN: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Ouro Preto, MG, out 2003. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR1003_0215.pdf>. Acesso em 20 abr. de 2014.

ANP-AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (Brasil). **Anuário estatístico da indústria brasileira do petróleo e gás natural**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <www.anp.gov.br/conheca/apresenta.asp?id=1>. Acesso em: 20 jan. 2014

ARAÚJO, J. S. P.; LOPES, C. A. **Elaboração produção de farinha de mandioca na agricultura familiar**. Programa de Desenvolvimento Rural Sustentável em Microbacias Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. Secretaria de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento. Niterói, RJ, abril de 2009.

BARROS, L. O. **Densidade energética de briquetes produzidos a partir de resíduos agrícolas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Energia Florestal) - Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/4448/1/2012_LuanadeOliveiraBarros.pdf> Acesso em 10 Mar de 2014.

BEZZON, G. ; IVENGO, C. A. **Carvão vegetal derivado de resíduos agroflorestais: uma alternativa energética**. Grupo combustíveis alternativos, São Paulo, 1999.

BERTOLO, L. R. et al. Desenvolvimento de briquetes com folhas de árvores geradoras de energia térmica. **Revista Eletrônica de Educação e Tecnologia do SENAI-SP**. ISSN 1981-8270. v.4, n.9, outubro de 2010. Disponível em: <<http://revistaeletronica.sp.senai.br/index.php/seer/article/view/162/100>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

BIOMAX. Biomax Indústria de Máquinas Ltda. Disponível em: <<http://www.biomaxind.com.br/site/br/briquetagem/viabilidade.html>>. Acesso em: 14 abr. 2014.

BRINGHENTI, L.; CABELLO, C. Qualidade do álcool produzido a partir de resíduos amiláceos da agroindustrialização da mandioca. **Revista Energia na Agricultura – FCA/UNESP, Botucatu -SP**, v. 20, n. 4, p. 36-52, 2005.

BRITO, J. O. Carvão vegetal no Brasil: gestões econômicas e ambientais. **São Paulo Energia**. São Paulo, n. 69, maio/jun. 1991.

CALLE, F. R.; BAJAY, S. V.; ROTHMAN, H. **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira**. Campinas: Editora da Unicamp. 1ªEd.12005. 448p.

CALHEIROS, F. **Fábrica de Briquetes**. Rio Largo, 08 de Jun. 2013.

CAMARGO, K.F.; LEONEL, M.; MISCHAN, M.M. Produção de biscoitos extrusados de polvilho azedo com fibras: efeito de parâmetros operacionais sobre as propriedades físicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.3, set. 2008

CENBIO - Centro Nacional de Referência em Biomassa. Instituto de Eletrotécnica e Energia – IEEU. **Metodologias de cálculo para conversão energética**. Universidade de São Paulo – USP. Disponível em: <http://cenbio.iee.usp.br/download/metodologiabiomassa.pdf>>. Acesso em: 12 de julho de 2012.

COLLARES, D. G. **Embrapa produz briquetes ao vivo no Tecnoshow Comigo 2010**. Disponível em: <<http://noticias.cnpea.embrapa.br/pasta-NoticiasUd/noticiasud.2010-04-09.7359177528>>. Acesso em: 01 fev. 2013.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento , 2011. **Acompanhamento da Safra Brasileira, Grãos**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_01_06_08_41_56_boletim_graos_4_o_lev_safra_2010_2011.pdf. Acesso em: 08 jan. 2013.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, 2004. **Conjuntura Regional de Alagoas**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 22 jan. 2013.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_05_10_08_49_52_boletim_mai_2012.pdf>. Acesso em 24 de janeiro de 2013.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. V.1 – Safra 2013/2014. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_03_12_08_41_24_boletim_graos_marco_2014.pdf> Acesso em: 07 abr. 2014.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, S. E.; AYARZA, J. A. C. **Biomassa para Energia: Biomassa no Brasil e no Mundo**. Campinas: Editora Unicamp. 2008.733p.

CRUZ, E. A. et al. Produção de alfa-amilase por *Aspergillus niger* em resíduo de cascas de mandioca. **Revista Unopar Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 13, n. 4, p. 245-249, 2011.

DEMARCHI, M. **Milho: Análise da Conjuntura Agropecuária Safra 2011/12**. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento Departamento de Economia Rural. Outubro de 2011. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br>>. Acesso em: 12 fev. 2013.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Efeito do Processo de Fabricação da Farinha de Mandioca. **Documentos 267**, ISSN 1517-2201, Dezembro, 2006. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/43362/1/Doc.267.pdf>>. Acesso em: 07 out. 2013.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Características e evolução da cultura do milho no Estado de Alagoas entre 1990 e 2003. **Documentos 83**, ISSN 1678-1953, Dezembro, 2005. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2005/doc-83.pdf>. Acesso em: 07 out. 2013.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Milho e sorgo**, 2009. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/index.php#>>. Acesso em: 19 ago. 2012.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Production** (2013). Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 04 abr. 2014.

FERNANDES, C. R. P.; AUGUSTO, A. P.; SANTOS, J. S.; SOUZA, S. P. Produção de briquete industrial: energia limpa e sustentável. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, Goiânia, GO, nov. 2012.

FINNERTY, J. D. **Project financing: asset-based financial engineering**. 2 ed. New York: John Wiley, 2007.

FIORDA, F. A.; SOARES JÚNIOR, M. S.; SILVA, F. A.; SOUTO, L. R. F.; GROSSMANN, M. V. E. Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 408-416, out/dez. 2013.

GASPAR, L. **Casa de farinha**. Pesquisa Escolar On-Line, Fundação Joaquim Nabuco, Recife – PE, 2009. Disponível em: <<http://www.fundaj.gov.br>>. Acesso em: 20 jan. 2012.

GOEDERT, W. J. A mandioca no Cerrado. Orientações técnicas / editores técnicos, Josefino de Freitas Fialho, Eduardo Alano Vieira – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2011.

GROPPELLI, A. A.; NIKBAKHT, E. **Administração financeira**. 3ª ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 12 out. 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. **Estatística da Produção Agrícola 2012**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=al&tema=lavouratemporaria2010>>. Acesso em: 24 jan. 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE. **Estatística da Produção Agrícola 2013**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/00000013314006112013403006271184.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE. **Estatística da Produção Agrícola Fevereiro 2014**. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_201402.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2014.

LIPPEL. Irmãos Lippel & Cia Ltda. Disponível em: <<http://www.lippel.com.br>> Acesso em: 14 abr. 2014.

MAGALHÃES, P. C. et al. Fisiologia do milho. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Circular Técnica 22 – EMBRAPA**, ISSN 1679-1150, Sete Lagoas, MG, Dezembro, 2002.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cadeia produtiva do milho. Secretaria de Política Agrícola – SPA. Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA. **Série Agronegócios**, vol. 1, Janeiro 2007.

MAROZZI, C. R. B. **Caracterização de resíduos agroindustriais e florestais visando a briquetagem**. 2012. 28f. Monografia (Ciências Florestais e da Madeira) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2012.

MARQUES, J. A. et al. Avaliação da mandioca e seus resíduos industriais em substituição ao milho no desempenho de novilhas confinadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 5, p. 1528-1536, 2000.

MCKENDRY, P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. **Bioresource Technology**, v. 83, n. 1, p. 37-46, , maio 2002.

MENDES, C. **Milho: Informa aumenta estimativa para safra do Brasil e reduz para Argentina**, 2012. Disponível em:
<http://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/milho/105292-milho-informa-aumenta-estimativa-para-safra-do-brasil-e-reduz-para-argentina.html>. Acesso em: 10 fevereiro de 2013.

MOERS E. M.; VIEIRA A. C.; FERNANDES D. M.; SOUZA S. N. M.; BARICATTI R. A. Caracterização da biomassa residual proveniente de resíduos agrícolas para geração de energia. In: **Congresso Latino Americano de Suinocultura e Sustentabilidade Ambiental**. Foz do Iguaçu, PR. 2011.

NASSAR, N. M. A. Mandioca: opção contra a fome (Estudos e lições no Brasil e no mundo). **Revista Genética Vegetal, Ciência Hoje**, v. 39, n. 231, p. 30-39, out. 2006.

PAPL - **Programa de Mobilização para o Desenvolvimento dos Arranjos e Territórios Produtivos Locais do Estado de Alagoas**, 2007, Disponível em:
 <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1247145080.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2013.

PAULA, L. E. R. et al. Produção e avaliação de briquetes de resíduos lignocelulósicos. **Revista Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.31, n. 66, p. 103-112, jun. 2011.

PELLISSARI, P. G. Z. et al. Utilização de resíduo de fécula de mandioca como agregado de argamassa de revestimento. **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, ES, v. 7, n. 1, p. 109-120, mar. 2010.

PEREZ, P. **Bancos de germoplasma garantem futuro da cultura**: entrevista com Nivaldo Peroni. Projeto Mandioca Brasileira. Disponível em:
 <<http://www.abam.com.br/not.php?id=80>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2009. Disponível em:
 <<http://www.portaldoagronegocio.com.br>>. Acessado em: 14 dez. 2012.

PRIMEIRA EDIÇÃO. **Fórum da mandioca discute eficiência energética e habilitação para agricultores**. Publicado em: 24 set. 2012. Disponível em:
 <<http://primeiraedicao.com.br/noticia/2012/09/24/forum-da-mandioca-discute-eficiencia-energetica-e-habitacao-para-agricultores>>. Acesso em: 14 abr. 2014.

PRIMEIRA EDIÇÃO. **Projeto de eficiência energética em casas de farinha é apresentado ao Banco do Brasil**. Publicado em: 04 out. de 2012. Disponível em:
 <<http://primeiraedicao.com.br/noticia/2012/10/04/projeto-de-eficiencia-energetica-em-casas-de-farinha-e-apresentado-ao-banco-do-brasil>>. Acesso em: 14 abr. 2014.

QUIRINO, W. F. Utilização energética de resíduos vegetais. Laboratório de produtos Florestais – LPF/IBAMA. Brasília, DF, 2003. 14 p.

ROCHA, E. P. A., SOUZA, D. F., DAMASCENO, S. M. **Estudo da viabilidade da utilização de briquete de capim como fonte alternativa de energia para queima em alto-**

forno. IN: VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. Uberlândia, MG, 2009.

SAITO, I. M.; CABELLO, C. Produção de etanol a partir de hidrolisado obtido por tratamento hidrotérmico de farelo de mandioca. **Revista Energia na Agricultura**, v.21, p.34-44, 2006.

SANT'ANNA, MC.S. **Viabilidade de usina de briquete de casca de coco e glicerina em Sergipe.** Revista Scientia Plena, v.8, n.5, mai.2012.

SANTOS, E. F.; CARVALHO, F. S. SILVA, J. C. G. **Agroindústria da mandioca: o caminho para a sustentabilidade econômica dos beneficiadores do bairro campinhos em Vitória da Conquista-BA.** In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47, 2009, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/13/948.pdf>> Acesso: 5 mar. 2013.

SANTOS, E. O. **Administração financeira da pequena e média empresa.** São Paulo: Atlas, 2001.

SCAPINELLO, C.; MICHELAN, A. C.; FURLAN, A. C.; MARTINS, E. N.; FARIA, H. G.; ANDREAZZI, M. A. Utilização da farinha de varredura de mandioca na alimentação de coelhos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, PR, v. 28, n.1, p. 39-45, jan/mar. 2006.

SCHNEIDER V. E.; PERESIN, D; TRENTIN, A. C.; BORTOLIN, T. A.; SAMBUICHI, R. H. R. **Diagnóstico dos resíduos orgânicos do setor agrossilvopastoril e agroindústrias associadas.** Relatório de Pesquisa. Instituto de Pesquisa Agronômica Aplicada – IPEA. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120917_relatorio_residuos_organicos.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2014.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio as Micros e Pequenas empresas, 2006. **Manual de referência para casas de farinha: boas práticas de fabricação e diagnóstico ambiental, de saúde e segurança no trabalho.** Ergonomia Projeto Arquitetônico. Relatório Técnico. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br>>, acesso em: 02 de fevereiro de 2013.

SEPLANDE. Disponível em: <<http://catalogo.seplande.al.gov.br/dataset/area-plantada-mandioca/resource/64126fa1-7a50-484b-bd77-78f6a6767253>>. Acesso em: 14 de abril de 2014.

SILVA, B. B. et al. **Mandioca. Projeto de desenvolvimento econômico, social e ambiental da agricultura familiar pelo conhecimento agroecológico.** Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2010. Disponível em: <<http://www.lcb.esalq.usp.br/extension/DESAAFCA/mandioca.pdf>> Acesso: 04 janeiro de 2012.

SILVA, A. B. et al. **Potencial pedoclimático do Estado de Alagoas para a cultura do milho em manejo com alta tecnologia, manejo C e cenário chuvoso regular.** IN: XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Águas de Lindoia, SP, 26 a 30 ago. de 2012.

SILVA, C. A. **Estudo técnico-econômico da compactação de resíduos madeireiros para fins energéticos.** Dissertação (Mestrado em Planejamentos de Sistemas Energéticos) - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, 2007. 68 f.

SILVA, R. R. et al. Resíduos de mandioca na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 6, n.10, out. 2005 – Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101005.html>> Acesso em: 5 mar.2013.

SOARES, D. Abandono de feccularia repercute na assembléia. IN: Gazeta de Alagoas, edição de 15 de março de 2012. Disponível em: <<http://gazetaweb.globo.com/gazetadealagoas/noticia.php?c=198309>>. Acesso em: 15 abr. de 2014.

SOUSA, T. C. R. et al. **A importância da mandioca.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Cerrados Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Planaltina - DF, 2011.

SOUZA, C. C. Evolução da produção e suprimento mundial de mandioca. **Agrolink**, 25 jun 2013. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/colunistas/evolucao-da-producao-e-suprimento-mundial-de----_4830.html>. Acesso em: 03 abr. 2014.

SOUZA, J. E. A. **Avaliação das diversas fontes e tipos de biomassa do Estado de Alagoas: estudo de suas características físico-químicas e de seu potencial energético.** Tese (Doutorado em Química e Biotecnologia) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, 2011.

SPADOTTO, C.; RIBEIRO, W. **Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria.** São Paulo: FEFAP, 2006

TEIXEIRA, S. T. et al. **Reciclagem agrícola de manipueira e casca de mandioca.** Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Acre. Comunicado Técnico 179 – EMBRAPA, ISSN 0100-8668, Rio Branco, AC, set. 2011.

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

VIEIRA, A. C. **Caracterização da biomassa proveniente de resíduos agrícolas para geração de energia.** Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel, PR, 2012. 56 f

VIEIRA, E. A. **Recursos genéticos e melhoramento da mandioca**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Cerrados Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Planaltina - DF, 2011.

VILHALVA, D. A. A. et al. Aproveitamento da farinha de casca de mandioca na elaboração de pão de forma. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 4, p. 514-521, 2011.

WOILER, S.; MATHIAS, W. F. **Projetos: planejamento, elaboração e análise**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2010

YOSHIKAWA, Nestor Kenji. **Meio ambiente e desenvolvimento sustentável: “valorização dos resíduos da indústria do álcool (biomassa) para geração de energia renovável”**. In: WORKSHOP: INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA QUÍMICA BRASILEIRA. 2009, Rio de Janeiro, Anais eletrônicos. Rio de Janeiro IPT, 2009. Disponível em: <<http://www.abeq.org.br/palestras/tema4/kenji.pdf>> Acesso em: 12 out. 2013.

ZIGLIO, B. R.; BEZERRA, J. R. M. V.; BRANCO, I. G.; BASTOS, R., RIGO, M. Elaboração de pães com adição de farinha de sabugo de milho. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 9, n. 1, 2007. Disponível em: <<http://www.unicentro.br/editora/revistas/recen/v9n1/115-128.pdf>> Acesso em: 12 fev. 2012.

ZUGE, M., CHAVES NETO, A. **Utilização dos métodos estatísticos multivariados na avaliação de desempenho empresarial**. *Revista Administração*, São Paulo, n.97, p. 101 – 102, set./dez. 2009.

ANEXO I



Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Centro de Tecnologia – CTEC
Engenharia Química



Avaliação das Casas de Farinha

Dados do entrevistado:

Nome do (a) entrevistado (a): _____

Cargo: _____

Dados da Casa de Farinha/Cooperativa:

Nome: _____

Endereço: _____

Telefone: _____ Há quantos anos existe a casa de farinha?: _____

Quantidade de funcionários: _____

Produção Média de farinha (mensal/anual): _____

Quantidade de fornos: _____

Período de trabalho (ano completo ou por safra): _____

Finalidade da farinha (venda ou consumo próprio): _____

Quanto de resíduos (casca e manipueira) são produzidos (diariamente/semanal/anual):

Para onde vão os resíduos da mandioca (casca e manipueira): _____

Tipo de lenha utilizada: _____

Quantidade de lenha utilizada (diariamente/semanal/anual): _____

Origem da lenha: _____

Existe alguma documentação dessa lenha? _____

Podemos fazer uma visita (a combinar) na casa de farinha? _____

AGRADECEMOS SUA COLABORAÇÃO!