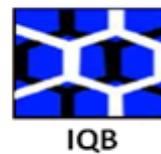




Universidade Federal de Alagoas
Instituto de Química e Biotecnologia
Programa de Pós-Graduação em Química e
Biotecnologia



JOSÉ EDMUNDO ACCIOLY DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DAS DIVERSAS FONTES E TIPOS DE
BIOMASSA DO ESTADO DE ALAGOAS: ESTUDO DE
SUAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E DE SEU
POTENCIAL ENERGÉTICO.**

Maceió
2011

JOSÉ EDMUNDO ACCIOLY DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DAS DIVERSAS FONTES E TIPOS DE
BIOMASSA DO ESTADO DE ALAGOAS: ESTUDO DE
SUAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E DE SEU
POTENCIAL ENERGÉTICO.**

**Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação
em Química e Biotecnologia do Instituto de
Química e Biotecnologia da Universidade Federal
de Alagoas para a obtenção do título de Doutor em
Ciências.**

**Orientadora: Profra. Dra. Simoni Margareti Plentz
Meneghetti**

Maceió
2011

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

- S725a Souza, José Edmundo Accioly de.
Avaliação das diversas fontes e tipos de biomassa do estado de Alagoas: estudo de suas características físico-químicas e de seu potencial energético / José Edmundo Accioly de Souza. – 2011.
179 f. : il. grafs. e tabs.
- Orientadora: Simoni Margareti Plentz Meneghetti.
Tese (doutorado em Química e Biotecnologia) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Química e Biotecnologia. Maceió, 2011.
- Inclui bibliografia.
Apêndices: f. [168]-179.
1. Biomassa – Aproveitamento energético – Alagoas. 2. Resíduos agroindustriais. 3. Briquetes. 4. Fornos cerâmicos. I. Título.

CDU: 544.016



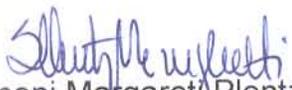
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA E
BIOTECNOLOGIA

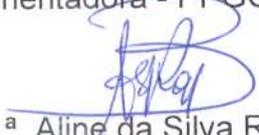


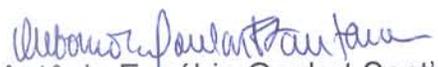
BR 104 Km14, Campus A. C. Simões
Cidade Universitária, Tabuleiro dos Martins
57072-970, Maceió-AL, Brasil
Fone: (82) 3214-1384, Fax: (82) 3214-1384
email: cpgqb@qui.ufal.br

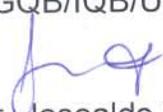
Membros da Comissão Julgadora da Tese de Doutorado de José Edmundo Accioly de Souza, intitulada: **“Avaliação das Diversas Fontes e Tipos Biomassa do Estado de Alagoas: Estudo de suas características Físico-Químicas e de seu Potencial Energético”**, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas em 26 de setembro de 2011, às 17h, na Sala de Aulas do PPQGB/UFAL.

COMISSÃO JULGADORA

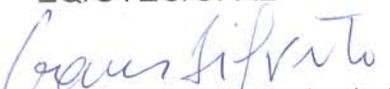

Prof.^a Dr.^a Simoni Margaret Plentz Meneghetti
Orientadora - PPGQB/IQB/UFAL


Prof.^a Dr.^a Aline da Silva Ramos Barboza
Coorientador - CETEC/UFAL


Prof. Dr. Antônio Euzébio Goulart Sant'Ana
PPGQB/IQB/UFAL


Prof. Dr. Josealdo Tonholo
PPGQB/IQB/UFAL


Prof. Dr. Antônio Osimar de Souza
EQ/CTEC/UFAL


Prof. Dr. Gaus Silvestre de Andrade Lima
CECA/UFAL

...aos meus pais, Pedro Rebello de Souza (in memorian) e Iracy Accioly de Souza, ao meu irmão Pedro Acioli, ao meu tio Ary Accioly-professor e incentivador aos meus orientadores Simoni M. P. Meneghetti e Aline da Silva Ramos Barboza aos Diretores da Unidade Acadêmica professores Walmir Pedrosa e Antonio Osimar S. Silva e a todos os professores e alunos que me apoiaram no decorrer da minha vida acadêmica...

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais, por todos os esforços e confiança aplicados no desejo de conceder aos filhos uma boa vida através do apoio educacional.

Aos professores, Dra. Simoni M. P. Meneghetti, Dr. Mário R. Meneghetti e a Dra. Aline Ramos, pela orientação, dedicação e confiança depositada por todo o tempo de trabalho juntos.

Aos meus alunos Amauri Bruno, Bertony Pessoa, Ewerton Henrique, Fabio Paes, Fabrício e Gerllande Barbosa pelo apoio prestado quando necessário.

A Professora Delba Correia sempre presente nos momentos de dúvidas.

A todos os professores e alunos da UFAL que de alguma forma contribuíram para a elaboração deste trabalho.

Ao SINDICER AI pelas informações prestadas e pela maneira cordial com que fui recebido nas cerâmicas visitadas.

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.”

(Chico Xavier).

RESUMO

Nesse estudo foi avaliada a utilização de resíduos agroindustriais e florestais do Estado de Alagoas, para utilização em fornos cerâmicos para geração de energia. Inicialmente, foi realizado um levantamento dos diversos tipos de biomassa existentes no Brasil e em Alagoas, seguido de um levantamento das principais culturas agrícolas permanentes e temporárias que poderiam gerar resíduos agroindustriais. Após, foram efetuados estudos das formas de utilização dos resíduos agroindustriais assim como uma avaliação quantitativa e da energia que pode ser gerada, a partir dos resíduos agroindustriais provenientes das principais culturas agrícolas de Alagoas. Os principais resíduos agroindustriais dos municípios limítrofes as cinco principais cerâmicas de Alagoas foram caracterizados, do ponto de vista físico-químico, comparando-se demandas energéticas com a possível utilização desses em fornos ou fornalhas. O processo de fabricação de briquetes também foi alvo de um estudo de caso envolvendo tal processo em escala laboratorial. A avaliação econômica do aproveitamento dos resíduos agroindustriais considerando a preparação, o transporte e o consumo energético em fornalhas e fornos cerâmicos foi alvo de investigação e uma simulação, considerando vários cenários para o aproveitamento de resíduos agroindustriais, tomando como referência uma cerâmica em Arapiraca. Complementarmente, a hipótese de utilização da lenha de eucalipto para a geração de energia foi avaliada através de estudo econômico e financeiro, simulando o plantio dessa cultura em um assentamento rural. Os vários aspectos aqui investigados apontaram que os resíduos agroindustriais provenientes do beneficiamento da produção agrícola do Estado de Alagoas poderiam ser usados nos fornos cerâmicos sem processamento ou adensados e poderiam substituir totalmente os combustíveis atualmente utilizados nos fornos ou fornalhas, de cerâmicas localizadas na região de Arapiraca, privilegiada nesses tipos de resíduos, pela alta produção agrícola. No caso de cerâmicas, localizadas em regiões onde exista pouca disponibilidade de resíduos agroindustriais, uma alternativa em termos de combustível renovável, seria o plantio de florestas energéticas com espécies nativas ou exóticas como, por exemplo, o eucalipto.

Palavras Chaves: Biomassa – Aproveitamento energético – Alagoas. Resíduos agroindustriais. Briquetes. Fornos cerâmicos

ABSTRACT

In this study the use of available agro-industrial and forest residues, in Alagoas, were evaluated for use in ceramic furnaces to energy generation. At first, a survey of various types of biomass in Brazil and in Alagoas was made, followed by a investigation of the main permanent and temporary crops that could generate agro-industrial residues. Later, studies of the forms of use of agro-industrial residues as well as a quantitative assessment and energy that can be generated from the agro-industrial residues from major crops of Alagoas were conducted. The main agro-industrial residues next to the bigger five ceramics, located in adjacent municipalities of Alagoas were characterized in terms of physical-chemical parameters, comparing energy demands with their possible use in furnaces. The process of manufacturing of briquettes was also subject to a case study involving such a process on laboratory scale. The economic evaluation of the use of agro-industrial residues considering the preparation, transportation and energy consumption in furnaces and one simulation, considering various scenarios for the use of agro-industrial residues, with reference to a ceramic Arapiraca were made. In addition, the case of utilization of eucalyptus wood for energy generation was assessed using economic and financial study, simulating the culture of this crop in a rural settlement. The various aspects investigated here showed that the agro-industrial residues from the processing of agricultural production in the State of Alagoas could be used in ceramic and can completely replace the fuel currently used in furnaces, for one ceramic located in the Arapiraca region, where these kind of residues are available. In the case of ceramics located in regions where the availability of agro-industrial residues is limited, an alternative of renewable fuel, would be the culture of energy forests with native or exotic species, such as the eucalyptus.

Keywords: Biomass - Energy utilization – Alagoas. Agro-industrial residues. Briquettes. Ceramic furnaces

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Fluxograma dos possíveis tipos de biomassa e suas fontes de obtenção.....	24
Figura 1.2	Oferta Interna de Energia no Brasil	25
Figura 1.3	Produtos Agrícolas e a sua localização no mapa do Estado de Alagoas	30
Figura 2.1	Picotador Fixo de Biomassa.....	36
Figura 2.2	Picotador Móvel de Biomassa.....	36
Figura 2.3	Moinho de Martelos.....	36
Figura 2.4	Máquina de Enfardamento de Fardo Cilíndrico.....	38
Figura 2.5	Prensa Enfardadoras do tipo Vertical.....	39
Figura 2.6	Fardos Cilíndricos.....	39
Figura 2.7	Exemplares de Briquetes de casca de arroz , serragem e carvão.....	40
Figura 2.8	Comparação dimensional entre lenha e briquetes em função do volume.....	41
Figura 2.9	Diagrama do sistema de secagem direta.....	42
Figura 2.10	Diagrama dos secadores indiretos.....	43
Figura 2.11	Secador de Biomassa Rotativo de um Estágio (CTEC/UFAL).....	44
Figura 2.12	Briquetedeira de Biomassa de Extrusora Parafuso (CTEC/UFAL).....	44
Figura 2.13	Esquema de uma extrusora parafuso.....	45
Figura 2.14	Peletizadora de Matriz Anular da UFAL.....	46
Figura 2.15	(a) Esquema da prensa com matriz anular; (b) Imagem da prensa com matriz anular da peletizadora da UFAL.....	46

Figura 2.16	Pellets de bagaço de cana.	47
Figura 2.17	Fluxograma da mini-usina de adensamento de biomassa CTEC/UFAL.	49
Figura 2.18	Fluxograma do Processo de Queima em Fornos Intermitentes.	51
Figura 2.19	Forno tipo Caieira.	51
Figura 2.20	Forno Reversível ou Abóbada da Cerâmica Capelli - AL.	52
Figura 2.21	Esquema do forno do tipo Abóbada.	53
Figura 2.22	Vista interna de um forno tipo Vagão em construção na Cerâmica Capelli - AL.....	54
Figura 2.23	Vista lateral de um Forno Hoffmann em uma cerâmica no interior de Alagoas.....	55
Figura 2.24	Vista superior de um Forno Hoffmann.....	55
Figura 2.25	Planta de um Forno Hoffmann.	56
Figura 2.26	Forno tipo Túnel.	56
Figura 2.27	Entrada de Material no Forno tipo Túnel.	57
Figura 2.28	Corte transversal do forno, mostrando os diversos elementos constituintes.	58
Figura 2.29	Corte transversal de um forno tipo Hoffman.....	60
Figura 3.1	Localização Geográfica do Município de Arapiraca e dos Principais Municípios Produtores de Coco e Arroz no Estado de Alagoas.	71
Figura 4.1	Localização Político-Geográfica das Cerâmicas do Projeto SINDICER – AL / UFAL.....	79
Figura 4.2	Calorímetro IKA C 200 (ASTM D-2382).	81
Figura 4.3	Bomba Calorimétrica do Calorímetro IKA C 200 (ASTM D-2382).....	82

Figura 5.1	Prensa de pistão mecânico.	105
Figura 5.2	Prensa Briquetadeira com parafuso cônico.....	106
Figura 5.3	Diversos Tipos de Materiais Briquetados.	108
Figura 5.4	Prensa de Pastilhamento (Simulador de Briquetes).....	112
Figura 5.5	Briquetes de Resíduos de Coco e de Feijão	112
Figura 6.1	Caminhão utilizado para o transporte de lenha para uma Cerâmica em Alagoas.	121
Figura 6.2	Caixa de compensado de capacidade de 1 m ³ utilizada para a pesagem da casca de coco.....	122
Figura 6.3	Fluxograma de Transporte de Resíduos do Local de Coleta até o Local de Queima nas Formas sem Processamento e Adensamento realizadas no Local de Coleta.	125
Figura 6.4	Fluxograma de Transporte de Resíduos do Local de Coleta até o Local de Queima nas Formas sem Processamento e Adensamento realizadas no Local de Queima.	125
Figura 6.5	Secagem Natural de Blocos Cerâmicos na Cerâmica Arapiraca – AL.....	134
Figura 6.6	Porta de Visita de uma Câmara de Secagem Artificial com Fornalha Acoplada da Cerâmica Arapiraca.....	135
Figura 7.1	Municípios com Assentamentos no Estado de Alagoas.....	143
Figura 7.2	Área total dos assentamentos de cada município do Estado de Alagoas.	145
Figura 7.3	Mapa do Estado de Alagoas, Assentamentos e Municípios com indústrias cerâmicas em funcionamento.....	149

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Dados Referentes às Quantidades Produzidas e de Resíduos Agroindustriais Gerados em Alagoas, Relativas ao Ano de 2006.	66
Tabela 3.2	Estimativa da Quantidade de Energia Térmica dos Resíduos Agroindustriais do Estado de Alagoas Durante um Ano.....	68
Tabela 3.3	Quantidade de Combustível, Poder Calorífico Inferior e Quantidade De Energia que Pode Ser Gerada a Partir dos Combustíveis Utilizados Num Forno Hoffmann com Capacidade de 1.400.000 Blocos por Mês.....	69
Tabela 3.4	Produção em Toneladas de Arroz Dos Municípios Com Maior Produção Em Alagoas.....	70
Tabela 3.5	Produção Total de Coco E De Arroz Em Casca, Quantidade De Resíduos Gerados E Energia Que Pode Ser Gerada Pelos Municípios Produtores.....	71
Tabela 4.1	Características Físico-Químicas E Quantidade De Energia Que Pode Ser Gerada A Partir Das Espécies Arbóreas Utilizadas Na Cerâmica Arapiraca.	87
Tabela 4.2	Quantidade Produzida das Principais Culturas Nos Municípios Adjacentes À Cerâmica Arapiraca - AL.	87
Tabela 4.3	Culturas, Tipos De Resíduos, Quantidade De Resíduos, Valores Do Poder Calorífico Superior (Pcs) E Quantidade De Energia Que Pode Ser Gerada A Partir Dos Resíduos Agroindustriais Da Região Da Cerâmica Arapiraca.	88

Tabela 4.4	Características Físico-Químicas Das Espécies Arbóreas Utilizadas Na Cerâmica Capelli.....	89
Tabela 4.5	Características Físico-Químicas E Quantidade De Energia Que Pode Ser Gerada A Partir Da Lenha Utilizada Na Cerâmica Capelli.	90
Tabela 4.6	Quantidade Produzida Das Principais Culturas Nos Municípios Limítrofes À Cerâmica Capelli.	90
Tabela 4.7	Culturas, Tipos De Resíduos, Quantidade De Resíduos, Valores Do Poder Calorífico Superior (Pcs) E Quantidade De Energia Que Pode Ser Gerada A Partir Dos Resíduos Agroindustriais Da Região Da Cerâmica Capelli.....	91
Tabela 4.8	Características Físico-Químicas E Quantidade De Energia Que Pode Ser Gerada A Partir Dos Tipos De Combustíveis Utilizados Na Cerâmica Barra Grande.	92
Tabela 4.9	Quantidade Produzida Das Principais Culturas Nos Municípios Limítrofes À Cerâmica Barra Grande.	93
Tabela 4.10	Culturas, Tipos De Resíduos, Quantidade De Resíduos, Valores Do Poder Calorífico Superior (Pcs) E Quantidade De Energia Que Pode Ser Gerada A Partir Dos Resíduos Agroindustriais Da Região Da Cerâmica Barra Grande.....	93
Tabela 4.11	Características Físico-Químicas E Quantidade De Energia Que Pode Ser Gerada A Partir Dos Combustíveis Utilizados Na Cerâmica Bandeira.....	94
Tabela 4.12	Quantidade Produzida Das Principais Culturas Nos Municípios Limítrofes À Cerâmica Bandeira.....	95
Tabela 4.13	Culturas, Tipos De Resíduos, Quantidade De Resíduos, Valores Do	

	Poder Calorífico Superior (Pcs) E Quantidade De Energia Que Pode Ser Gerada A Partir Dos Resíduos Agroindustriais Da Região Da Cerâmica Bandeira.	95
Tabela 4.14	Características Físico-Químicas E Quantidade De Energia Que Pode Ser Gerada A Partir Dos Tipos De Combustíveis Utilizados Na Cerâmica Camaragibe.....	96
Tabela 4.15	Quantidade Produzida Das Principais Culturas Nos Municípios Limítrofes À Cerâmica Camaragibe.....	97
Tabela 4.16	Culturas, Tipos De Resíduos, Quantidade De Resíduos, Valores Do Poder Calorífico Superior (Pcs) E Quantidade De Energia Que Pode Ser Gerada A Partir Dos Resíduos Agroindustriais Da Região Da Cerâmica Camaragibe.	97
Tabela 5.1	Umidade e Poder Calorífico Superior de Resíduos Agroindustriais na Forma Sem Processamento da Região de Arapiraca/AL	113
Tabela 6.1	Custo Do Frete Do Município De São Sebastião Para A Cerâmica Arapiraca Para O Transporte De Casca De Coco Em Diversas Formas.	124
Tabela 6.2	Distância De Arapiraca Aos Municípios Limítrofes	126
Tabela 6.3	Tipos De Resíduos Gerados A Partir Das Culturas Agrícolas De Maior Produção Da Região De Arapiraca.....	127
Tabela 6.4	Quantidade De Resíduos Gerados Das Quatro Culturas De Maior Produção Da Região De Arapiraca.	128
Tabela 6.5	Avaliação dos Custos de Transporte dos Resíduos sem Processamento da Região de Arapiraca para Quatro Cenários Propostos.	129
Tabela 6.6	Poder Calorífico Inferior Médio Da Biomassa Atualmente Utilizada	

	Em Fornos Da Cerâmica Arapiraca.....	132
Tabela 6.7	Poder Calorífico Inferior Médio Dos Resíduos Da Produção Agrícola Que Poderiam Ser Utilizados Em Fornos Da Cerâmica Arapiraca - Al.	132
Tabela 6.8	Consumo Energético Atual Nos Fornos Da Cerâmica Arapiraca.	132
Tabela 6.9	Quantidade De Energia Que Pode Ser Gerada Utilizando Diversos Cenários Para Consumo Em Fornos Da Cerâmica Arapiraca - AL.	133
Tabela 6.10	Quantidade E Custo Mensal De Utilização Da Lenha Em Fornalhas De Câmeras De Secagem Na Cerâmica Arapiraca – AL.	136
Tabela 6.11	Quantidade E Custo Mensal De Utilização Dos Resíduos Da Produção Agrícola Em Fornalhas De Câmeras De Secagem Na Cerâmica Arapiraca – AL.....	136
Tabela 7.1	Municípios, Número De Projeto E Áreas Dos Assentamentos Em Alagoas.	144
Tabela 7.2	Relação Dos Municípios De Alagoas Agrupados Por Região.	146
Tabela 7.3	Relação Das Cerâmicas Em Funcionamento Do Estado De Alagoas Por Municípios E Vinculadas Ao Sindicer - Al.	148
Tabela 7.4	Avaliação Econômica Para Áreas Com Cultivo De Eucalipto – Indicadores De Custo (R\$/Ha), Produtividade (M ³ /Há), Valor Da Produção(R\$/Ha) Do Eucalipto Em Propriedades Familiares	153
Tabela 7.5	Assentamento São Luiz, Área Total Plantada E Quantidade De Lenha.	154
Tabela 7.6	Custo De Implantação E Reparos De Um Quarto Da Área Que Pode Ser Cultivada Com Eucalipto No Assentamento São Luiz - Al.	155
Tabela 7.7	Características Físico-Químicas Do Eucalipto	

	(Galhos E Cavacos) Cultivado Na Região De Atalaia - Al.....	157
Tabela 7.8	Valores De Volume, Massa, Energia E Preço Da Lenha Que Pode Ser Obtida Com O 1° Corte De Eucalipto Proveniente Do Assentamento São Luiz - Al.	158
Tabela 7.9	Valores De Volume, Massa, Energia E Gastos Da Cerâmica Capelli Atualmente Com O Uso De Biomassa Não Renovável.	159
Tabela 7.10	Planilha De Otimização Econômica Da Cerâmica Capelli, Com O Uso Exclusivo Do Eucalipto Proveniente Do Assentamento São Luiz - Al. ..	160

SUMÁRIO

	MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS.....	21
1	TIPOS DE BIOMASSA EXISTENTES NO BRASIL E EM ALAGOAS...	23
1.1	Biomassas no Brasil.....	23
1.2	Biomassas em Alagoas.....	26
1.2.1	Cana-de-Açúcar.....	27
1.2.2	Mandioca.....	27
1.2.3	Milho.....	27
1.2.4	Arroz.....	28
1.2.5	Coco.....	28
1.2.6	Amendoim.....	29
1.2.7	Algodão.....	29
1.3	Considerações Finais.....	30
	REFERÊNCIAS.....	31
2	FORMAS DE UTILIZA DE RESÍDUOS DA BIOMASSA EM FORNOS DAS CERÂMICAS VERMELHA NO ESTADO DE ALAGOAS.....	33
2.1	Utilização dos Resíduos sem processamento.....	34
2.2	Adensamento de Resíduos Agrícolas e Agroindustriais.....	34
2.2.1	Picotamento.....	35
2.2.2	Enfardamento.....	37
2.2.3	Briquetagem.....	40
2.2.4	Peletização.....	45
2.3	Processos de Adensamento de Biomassa da Universidade Federal de Alagoas (Mini-Usina).....	48

2.4	Queima Direta em Fornos.....	50
2.5	Tipos de Fornos.....	50
2.5.1	Fornos Intermitentes.....	50
2.5.1.1	Forno Tipo Caieira.....	51
2.5.1.2	Forno Tipo Chama Reversível ou Abóbada.....	52
2.5.1.3	Forno Tipo Plataforma ou Vagão.....	53
2.5.2	Fornos Contínuos.....	54
2.5.2.1	Forno Hoffmann.....	54
2.5.2.2	Forno Túnel.....	56
2.6	Tipo de Fornos Utilizados pelas Cerâmicas de Alagoas.....	57
2.6.1	Forno do Tipo Chama Reversível ou Abóbada.....	58
2.6.2	Forno Horffmann.....	59
2.7	Considerações Finais.....	61
	REFERÊNCIAS.....	62
3	ESTUDO QUANTITATIVO TEÓRICO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA EM ALAGOAS E USO DOS MESMOS EM FORNOS DO TIPO HOFFMANN.....	64
3.1	Potencial de Energia Primária de Resíduos Agroindustriais em Alagoas.....	65
3.2	Estudo de Caso: Avaliação do Uso, como Combustível, dos Resíduos Agroindustriais em Fornos do Tipo Hoffman.....	68
3.3	Estudo de Caso: Avaliação Energética dos Resíduos Agroindustriais a Partir da Produção de Coco e Arroz dos Três Maiores Municípios Produtores do Estado de Alagoas.....	69
3.4	Considerações Finais.....	72
	REFERÊNCIAS.....	74
4	ESTUDO TÉCNICO DA POSSIBILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA EM FORNOS DAS PRINCIPAIS CERÂMICAS DE ALAGOAS.....	77

4.1	Metodologia	80
4.1.1	Questionário.....	80
4.1.2	Coleta de Amostras.....	80
4.1.3	Poder Calorífico Superior (PCS).....	81
4.1.4	Teor de Umidade.....	83
4.1.5	Densidade.....	84
4.1.6	Granulometria.....	84
4.1.7	Teor de Cinzas.....	85
4.1.8	Quantificação da Biomassa Residual.....	86
4.1.9	Cálculo de Energia dos Resíduos.....	86
4.2	Cerâmica Arapiraca	86
4.3	Cerâmica Capelli	89
4.4	Cerâmica E.F.V. Silva (Barra Grande)	92
4.5	Cerâmica Bandeira	94
4.6	Cerâmica Camaragibe	96
4.7	Considerações Finais	98
	REFERÊNCIAS	100
5	ANÁLISE DOS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS APÓS O PROCESSO REDUÇÃO DA UMIDADE E COMPACTAÇÃO	102
5.1	Aspectos Gerais Sobre Briquetagem	103
5.1.1	Definição e Histórico.....	103
5.1.2	Prensas de Briquetagem.....	104
5.1.2.1	Prensa de Pistão Mecânico.....	105
5.1.3	Prensas com Parafuso Cônico.....	106
5.1.4	A Briquetagem Como Forma de Preservação Ambiental e Recuperação de Energia.....	106

5.2	Estudo de Caso para Verificar se há Aumento do Poder Calorífico dos Resíduos Agroindustriais a partir de um Processo de Briquetagem.....	109
5.2.1	Metodologia.....	110
5.3	Resultados e Discussões.....	113
5.4	Considerações Finais.....	114
	REFERÊNCIAS.....	115
6	AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS CONSIDERANDO A PREPARAÇÃO, O TRANSPORTE E O CONSUMO ENERGÉTICO EM FORNALHAS E FORNOS CERÂMICOS.....	118
6.1	Preparação dos Resíduos a ser Transportado para o Local de Queima: Estudo com a Casca de Coco.....	119
6.1.1	Metodologia.....	122
6.1.2	Estudo de Caso: Cerâmica Arapiraca.....	123
6.2	Estudo de Cenários para o Custo de Transporte de Diversos Resíduos da Produção Agrícola, sem Processamento, para Aproveitamento em Fornos e Fornalhas Cerâmicas da Região de Arapiraca.....	126
6.3	Estudo Comparativo do Consumo Energético na Utilização de Resíduos Agroindustriais Sem Processamento em Substituição a Lenha para Suprimento Energético em Fornos e Fornalhas das Cerâmicas da Região de Arapiraca.....	131
6.4	Considerações Finais.....	137
	REFERÊNCIAS.....	139
7	FLORESTAS ENERGÉTICAS CULTIVADAS EM ASSENTAMENTOS RURAIS: ALTERNATIVA ENERGÉTICA PARA O SETOR CERÂMICO DE ALAGOAS.....	140
7.1	Assentamentos Rurais do Estado de Alagoas.....	142
7.2	Cerâmicas do Estado de Alagoas.	147
7.3	O Eucalipto.....	150

7.4	Avaliação Econômica do Cultivo de Eucalipto em Assentamentos Rurais do Estado de Alagoas, Tomando como Base o Assentamento São Luiz Localizado no Município de Atalaia.....	..152
7.5	Avaliação econômica da utilização de lenha proveniente do assentamento São Luiz, na Cerâmica Capelli.....	157
7.6	Considerações Finais.....	161
	REFERÊNCIAS.....	162
8	CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES E PERSPECTIVAS.....	164
	APÊNDICES	168

MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS

As questões que envolvem geração e distribuição de energia, num país de imensa extensão territorial como o Brasil, representam sempre um grande desafio e devem ser tratadas com muita seriedade e espírito crítico. A demanda energética está em franco crescimento e problemas ambientais, sociais e econômicos conduzem na busca de fontes renováveis de energia, que garantam o desenvolvimento sustentável do país, contemplando os aspectos ambientais, estratégicos e econômicos.

Os combustíveis fósseis não são recursos renováveis, além de contribuírem com uma carga significativa de emissões, que vêm alterando, ao longo dos anos, o meio ambiente.

Atualmente existem várias fontes renováveis, como o vento, o bagaço de cana e outros resíduos industriais e agrícolas, os óleos vegetais e o lixo urbano, que podem, em poucos anos, trazer uma contribuição significativa à produção de energia no país. Outras tecnologias mais avançadas, como a dos painéis fotovoltaicos, já são acessíveis em algumas comunidades isoladas. Assim, existe uma série de alternativas a serem exploradas no Brasil, com vistas à geração de energia.

O grande desafio atual é desenvolver novas matrizes energéticas a partir de fontes alternativas de baixo custo, tornando-as competitivas economicamente. Diante desta situação vários órgãos de pesquisa do país, têm se esforçado para desenvolver novas alternativas e entre as diversas possibilidades, destaca-se o da utilização de resíduos de biomassa para geração de energia através da queima.

O estado de Alagoas, além da cana-de-açúcar, possui outros tipos de biomassa que podem ser aproveitados para fins energéticos, como os resíduos agroindustriais: casca do arroz, sabugo do milho, casca da mandioca, casca do amendoim, casca do algodão, além do eucalipto oriundo do plantio de florestas energéticas. Outra alternativa, é o cultivo do capim elefante, que atualmente se mostra muito promissor na área de biomassa energética.

Uma das formas de aproveitamento de biomassa é a fabricação de briquetes, pela compactação de resíduos. Os clientes potenciais em Alagoas, para emprego de biomassa adensada, são cerâmicas, panificadoras, pizzarias e indústrias que

utilizam caldeiras ou fornalhas. Essas têm sofrido várias restrições, no sentido de utilização de combustíveis não legalizados.

Dentro desse contexto os objetivos desse trabalho foram:

1. Identificar e inventariar os resíduos disponíveis para geração de energia no Estado de Alagoas
2. Calcular o potencial teórico e técnico dos resíduos agroindustriais do Estado de Alagoas para a geração de energia.
3. Estudar a possibilidade de utilização dos resíduos agroindustriais em fornos cerâmicos.
4. Estudar as características físico-químicas e energéticas dos resíduos agroindustriais, antes e após compactação (briquetagem).
5. Estudar o potencial energético da transformação dos resíduos agroindustriais em briquetes.
6. Efetuar estudo econômico e logístico das formas de utilização dos resíduos agroindustriais em fornos cerâmicos.
7. Efetuar estudo econômico da possibilidade do uso de florestas energéticas em fornos cerâmicos.

1 TIPOS DE BIOMASSA EXISTENTES NO BRASIL E EM ALAGOAS

A utilização de fontes de energias 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 que vem ocorrendo (CALLE, BAJAY, & ROTHMAN, 2005).

O uso da biomassa, notadamente da lenha, é antiga 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.

A partir da criação do PROÁLCOOL pelo governo federal em 1975 com a produção de grandes volumes de etanol, os usos recentes da biomassa passaram a ganhar destaque na matriz energética brasileira, ao mesmo tempo em que a biomassa tradicional perdia lugar para os combustíveis fósseis (CALLE, BAJAY, & ROTHMAN, 2005).

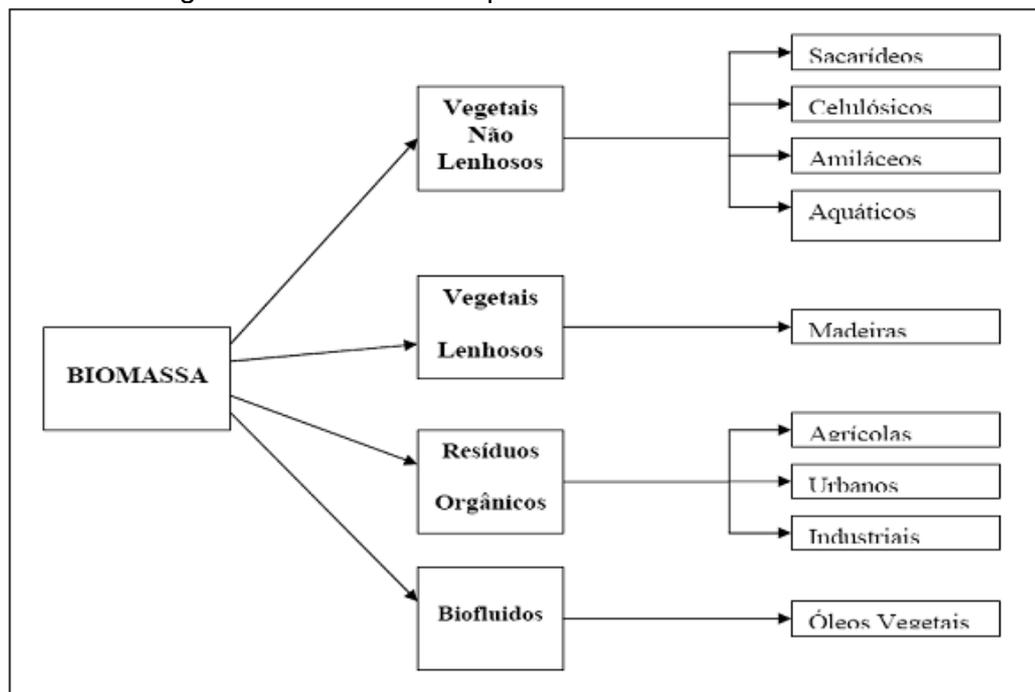
Neste capítulo será focado um panorama da biomassa no Brasil e da biomassa em Alagoas, caracterizada principalmente pelos resíduos da produção agrícola.

1.1 Biomassas no Brasil

O Brasil, por ser um país com uma grande biodiversidade, possui uma grande variedade de tipos de biomassa em seu território, mas somente algumas poderão 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 de 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 (ex. mamona e soja). Na Figura 1.1, tem-se o fluxograma mostrando os possíveis tipos de biomassa disponíveis no Brasil e suas fontes de obtenção.

Figura 1.1 - Fluxograma dos Possíveis Tipos de Biomassa e suas Fontes de Obtenção.



Fonte: Ministério de Minas e Energia, 1982 apud CORTEZ, LORA E AYARZA, 2006.

Os tipos de biomassa de resíduos agrícolas existentes no Brasil são oriundos de diversas culturas tais como: algodão, milho, mandioca, arroz, cana-de-açúcar, amendoim, etc. Seus resíduos, que possuem um alto poder calorífico, poderão ser utilizados para obtenção de energia de diversas formas tais como a queima direta em caldeiras, compactação (para posterior queima), gaseificação, pirólise, etc (CORTEZ, LORA & AYARZA, 2008).

A biomassa de origem lenhosa é representada pelos resíduos da madeira, tais como galhos, folhas e outros ou mesmo ela própria podendo ser queimada diretamente ou utilizada para se produzir o carvão. Existem alguns projetos atualmente voltados para a utilização da madeira como fonte de geração de eletricidade. São as chamadas florestas energéticas, onde se prevê o plantio de árvores, cujos resíduos tem com alto poder calorífico como, por exemplo, o gênero *Eucalyptus*, com destaque para as espécies *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla*, *E. urograndis* (híbrido), *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. cloeziana*, *E. globulus*, *E. maculata*, *E. paniculata*, *E. pellita*, *E. pilularis*, *E. saligna*, *E. tereticornis* (COUTO, 2003).

Outra espécie importante, bastante difundida na Região Sul do país para produção de carvão vegetal e tanino é a acácia negra (*Acacia measrsii*). Têm-se

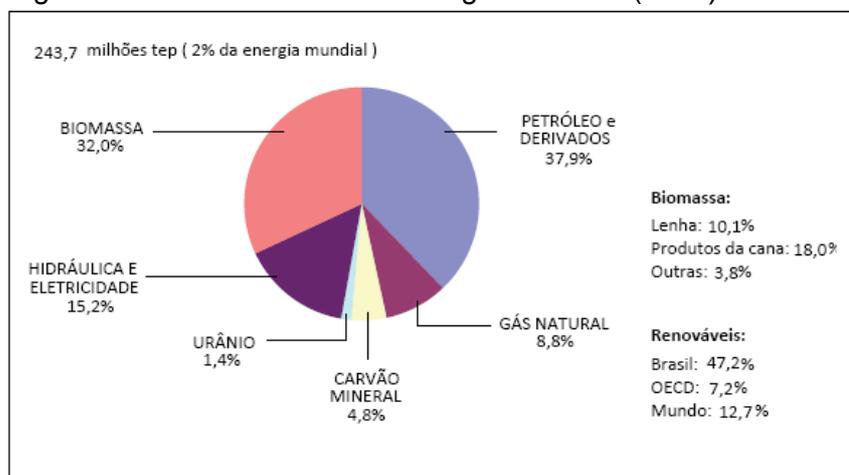
estudado bastante o uso da acácia para fins energéticos e esta se mostrou bastante promissora (COUTO, 2003).

Dos resíduos da produção agrícola apresentados anteriormente alguns têm uma produção bem representativa no Brasil, como é o caso do bagaço de cana-de-açúcar e a casca do arroz.

Atualmente o recurso renovável de maior potencial para a geração elétrica no país é o bagaço da cana-de-açúcar. A cada ano tem-se verificado um aumento considerável no plantio canavieiro, o que acaba gerando, conseqüentemente, uma maior quantidade de bagaço disponível nas usinas. Por outro lado também ocorreu uma grande melhoria no processo de transformação da biomassa sucroalcooleira, com tecnologias bem mais eficientes, com as quais se tem uma economia maior de vapor, sendo este aproveitado para cogeração de energia. As usinas que produzem um excesso de energia elétrica estão interligadas aos principais sistemas elétricos, que atendem aos grandes centros de consumo. Além disso, o período de safra da cana coincide com o período de estiagem das principais bacias hidrográficas do parque hidrelétrico brasileiro, se tornando assim uma opção mais vantajosa (ANEEL, 2002).

A oferta interna de energia no Brasil a partir da biomassa é da ordem de 32%, sendo 10,1 % oriunda de lenha, 18% de produtos derivados da cana-de-açúcar e 3,8% de outras fontes de biomassa, só perdendo para o petróleo e derivados que é da ordem de 37,9% (BEN, 2010), de acordo com a Figura 1.2.

Figura 1.2 - Oferta Interna de Energia no Brasil (2009).



Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2010.

O estado brasileiro de maior produção canavieira é São Paulo que produz mais de 265 milhões de toneladas. Sua produção de biomassa energética por meio da cana-de-açúcar pode ser comparável à produção de energia das hidrelétricas. Verifica-se, que, apesar da produção de biomassa ser mundialmente considerada uma atividade extremamente demandante de terras, mesmo numa região com alta densidade demográfica é possível encontrar áreas para essa atividade. A maior parte da energia dessa biomassa é utilizada na produção do etanol – combustível líquido (ANEEL, 2002).

Em alguns Estados brasileiros, principalmente na Região Amazônica, com destaque para o Estado do Pará, verifica-se também a importância de várias plantas para a produção de óleo vegetal, que pode ser queimado em caldeiras e motores de combustão interna, para a geração de energia elétrica e o atendimento de comunidades isoladas do sistema elétrico. Entre essas plantas destaca-se o dendê, com produtividade média anual de 4 toneladas de óleo por hectare (dez vezes maior que a da soja, por exemplo) e a maior disponibilidade tecnológica para o uso do óleo. Outras culturas de grande potencial são o buriti, o babaçu e a andiroba, fartamente encontrado naquela região (FREITAS; DI LASCIO & ROSA, 1996).

Outros resíduos agrícolas também apresentam grande potencial no setor de geração de energia elétrica é a casca de arroz, da casca de castanha de caju e da casca de coco-da-baía.

1.2 Biomassas em Alagoas

Em Alagoas tem-se também a produção de diversas culturas tais como: milho, arroz, mandioca, amendoim, cana-de-açúcar, algodão entre outras. Nesta parte do trabalho, serão abordadas principalmente as citadas acima, por serem culturas com produção significativa no Estado e por conta da geração de biomassa residual que é bastante considerável em cada uma delas.

1.2.1 Cana-de-Açúcar

Dentre as culturas citadas no parágrafo anterior, a cana-de-açúcar é a que tem maior produção no estado. Na safra 2007/2008 produziu-se mais de 28 milhões de toneladas destinadas à produção de açúcar, álcool e energia elétrica. A produção sucroalcooleira é presente em praticamente metade da área significativa do estado, contando atualmente com 24 usinas em operação, sendo que 18 unidades produzem açúcar e álcool, cinco produzem apenas açúcar e uma unidade produz apenas álcool (SINDAÇÚCAR AL, 2009).

Os maiores produtores de cana-de-açúcar são os municípios de Coruripe, São Miguel dos Campos e Atalaia. A energia elétrica utilizada pelo estado é fornecida em parte pela Eletrobrás Alagoas e parte pelo excedente produzido nas usinas. Atualmente a geração termelétrica é feita somente com o bagaço de cana, mas está se fazendo o estudo da viabilidade de produção energética a partir de outras biomassas residuais presentes no estado (IBGE, 2006).

1.2.2 Mandioca

A mandioca é a segunda cultura com maior produção no Estado, obtendo-se uma colheita de mais de 190 mil toneladas de raízes no ano de 2006. É uma cultura que é estabelecida em quase todo o território alagoano e dela podem-se aproveitar suas folhas e cascas. Os municípios com maiores colheitas são: Arapiraca, Taquarana e Girau do Ponciano (IBGE, 2006).

1.2.3 Milho

O milho é a terceira maior cultura com uma colheita de mais de 36 mil toneladas no ano de 2006. É cultivado em praticamente todos os municípios. Do milho, aproveitam-se suas palhas e o sabugo com a finalidade de gerar energia. Os municípios com maior produção são: Mata Grande, Igaci e Canapi (IBGE, 2006).

1.2.4 Arroz

O arroz também é produzido em Alagoas, apesar da menor escala em relação a outras culturas. Apenas 14 municípios fazem o cultivo do arroz, por conta do solo propício para esta cultura. Corresponde a quarta maior cultura do estado com uma colheita de mais de 12 mil toneladas, e deste valor 30% correspondem à casca, além do aproveitamento de sua palhagem (CENBIO, 2008). Os municípios com maior produção são: Igreja Nova, Porto Real do Colégio e Penedo (IBGE, 2006).

Segundo a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), Alagoas possui importantes perímetros de irrigação de arroz. O perímetro irrigado do Itiúba, localizado em Porto Real do Colégio, é um deles. Criado em 1977, sua área irrigável é de 833 ha com 227 lotes que cultivam arroz e cana-de-açúcar e desenvolvem atividades de piscicultura, entre outras. Em 2008, o perímetro produziu duas safras de arroz que somaram 6.851,3 toneladas, cultivadas em 1.245,7 hectares (ha) (CODEVASF, 2009).

Outro perímetro irrigado é o do Boacica, criado em 1982, localizado no município de Igreja Nova, possuindo uma área irrigável de 3.112 ha com 768 lotes de pequenos agricultores que cultivam arroz, cana-de-açúcar e desenvolvem atividades de piscicultura, entre outras. Em 2008, a safra de arroz teve uma produção de 7.269,4 toneladas, utilizando 1.214 ha (CODEVASF, 2009).

1.2.5 Coco

Outra cultura importante em Alagoas é o coco do qual se pode aproveitar a casca para a geração de energia e que correspondendo a cerca de 60 %, da massa total do mesmo (CENBIO, 2008). Sua produção concentra-se principalmente no Agreste e Leste do Estado. Os municípios que se destacam como maiores produtores do estado são: Coruripe, Piaçabuçu, Marechal Deodoro, São Sebastião e Maragogi. Em 2006, segundo o IBGE (2006), a produção de coco no estado foi de 50.233 mil frutos.

1.2.6 Amendoim

O amendoim é uma das culturas pouco desenvolvidas do Estado de Alagoas, pois somente seis municípios fazem o cultivo do mesmo. A produção em 2006 foi de apenas 48 toneladas de amendoim com casca (IBGE, 2006). Do amendoim pode-se aproveitar a sua casca e suas ramas como biomassa residual para a possível conversão energética. Os principais municípios produtores de amendoim São Sebastião e Taquarana, cada um produzindo 11 toneladas (IBGE, 2006).

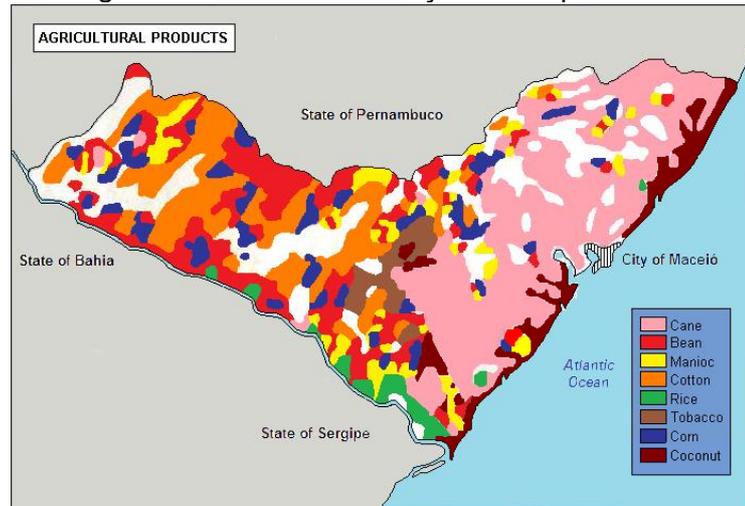
1.2.7 Algodão

No ano de 1970, Alagoas produziu cerca de 20 mil toneladas de algodão (IBGE, 1970), em 1996 a produção caiu para 2724 toneladas (IBGE, 1996) e tal queda deve-se ao fato da praga do bicudo.

No ano de 2006 foram colhidas cerca de 3.229 toneladas do algodão com casca (IBGE, 2006). Pode-se aproveitar do algodão as suas cascas e ramas como biomassa residual. Os cinco municípios que são os maiores produtores de algodão são: Craíbas, Ouro Branco, Girau do Ponciano, Água Branca e Mata Grande (IBGE, 2006).

A Figura 1.3 sintetiza a distribuição dessas culturas nas diversas regiões do estado de Alagoas. Observa-se que a produção da cana-de-açúcar está mais concentrada no Leste do estado, na Zona da Mata, enquanto o cultivo do milho e do algodão está localizado do sertão ao agreste, com maior concentração no Oeste do estado. No caso do cultivo da mandioca ocorre uma dispersão por todo o estado sem uma concentração específica. A cultura do arroz está localizada na região sul do estado, as margens do rio São Francisco.

Figura 1.3 – Produtos Agrícolas e a sua Localização no Mapa do Estado de Alagoas.



Fonte: Frigoletto, 2006. Adaptado do Censo de produção agrícola IBGE.

1.3 Considerações Finais

A utilização da biomassa para o aproveitamento energético é uma realidade tanto no Brasil como em Alagoas, principalmente com a utilização do bagaço nas usinas de açúcar e álcool. Além do bagaço de cana de açúcar, o Brasil gera outros tipos de resíduos agrícolas e agroindustriais. 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. Essas culturas geram uma quantidade expressiva de resíduos, seja no campo durante a fase de colheita (resíduos agrícolas) ou na etapa de beneficiamento nas agroindústrias (resíduos agroindustriais) que são atualmente utilizados como ração animal ou até mesmo na adubação do solo. Outra possibilidade seria o uso como fonte energética em pequenas unidades industriais, como Cerâmicas e Olarias.

A produção agrícola alagoana é caracterizada por culturas permanentes, como por exemplo, o coco, por culturas semi perenes, como a cana de açúcar e por culturas temporárias como o algodão, o arroz, a mandioca, o amendoim e a soja. Para a hipótese de aproveitamento energético dos resíduos da produção agrícola, com exceção da cana de açúcar, alguns fatores devem ser considerados, como as características físico-químicas, a forma de utilização nos fornos, a época de colheita, época de processamento, condições pluviométricas, localização geográfica, entre outros.

REFERÊNCIAS

ALBORG INDUSTRIES. **Poder calorífico superior**. Disponível em: <www.aalborg-industries.com.br>. Acesso em: 28 jun.2009.

ALTAFINI, C. R. **Apostila**: caldeiras. Universidade de Caxias do Sul. 2002. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAATdIAA/apostila-caldeiras>>. Acesso em: 25 jun. 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. **Fundamentos e aplicações**. Brasília, DF, 2000 p. 31-54,.

_____. **Panorama do potencial de biomassa no Brasil** :capacitação do setor elétrico brasileiro em relação à mudança global do clima. 2002. Projeto BRA/00/029. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/panorama_biomassa.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2009.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Perímetros irrigados**. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/principal/perimetros-irrigados>>. Acesso em: 16 jul. 2009.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional 2011.Ano base 2010**. Disponível em : <<http://www.mme.gov.br/mme>>. Acesso em: 2 mar. 2011

_____. **Resenha energética brasileira de 2010, ano base 2009**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/mme/>>. Acesso em: 5 abr. 2010.

BRITO, J. O.; TOMAZELLO FILHO, M.; SALGADO, A. L. B. Produção e caracterização do carvão vegetal de espécies e variedades de bambu. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, Piracicaba**, n. 36, p.13-17, ago.1987. Disponível em: <www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr36/cap02.pdf>. Acesso em: 30 set. 2009

CALLE, F. R.; BAJAY, S. V.; ROTHMAN, H. **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira**. Campinas: Editora da UNICAMP, 2005.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA. Instituto de Eletrotécnica e Energia. **Metodologias de cálculo para conversão energética. São Paulo**: Universidade de São Paulo. Disponível em: <www.cenbio.org.br>. Acesso em: 12 set. 2008.

COELHO, S. T.; PALETTA, C. E. M.; FREITAS, M. A. V. **Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica**. Brasília, 2000. Disponível em: <www.cdeam.ufam.edu.br/artigos/emissoes.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2010

CORTEZ, Luís A. B.; LORA, S. E.; AYARZA, J. A. C. **Biomassa para energia: biomassa no Brasil e no mundo.** Campinas: Editora da UNICAMP. 2008.

COUTO, L. **Espécies cultivadas para produção de biomassa para energia.** Belo Horizonte: CEMIG, 2003.

FREITAS, M. A. V.; DI LASCIO, M. A.; ROSA, L. P. Biomassa energética renovável para o desenvolvimento sustentável da Amazônia. **Revista Brasileira de Energia**, Rio de Janeiro, v. 5, n.1, 1996. p. 71-97.

FRIGOLETTO, E. **Mapa das mesorregiões do estado de Alagoas.** Disponível em: < <http://www.frigoletto.com.br/GeoAlagoas/mapamregioes.htm>.> Acesso em: 15 jan. 2009.

HUGOT, E. **Manual da engenharia açucareira.** São Paulo: Mestre Jou, 1977. v.1.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Anuário estatístico do Brasil, 1970.** Disponível em: Geografia ilustrada. Rio de Janeiro: Abril Cultural, 1971. v. 2.

_____. **Censo agropecuário 2006.** Disponível em: <http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/etene/etene/docs/informe_algodao.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2010.

_____. **Levantamento das lavouras permanentes e temporárias no estado de Alagoas, 2006.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 5 out. 2008.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis - IBAMA. **Biomassa florestal para fins energéticos.** 2006. Disponível em: <www.ibama.gov.br>. Acesso em: 8 abr. 2010.

NOGUEIRA, L. U. H., SILVA L. E. E.; TROSSERO M. A.; **Dendroenergia: fundamentos e aplicações,** Brasília, DF: ANEEL, 2000. p. 31-54.

RIBEIRO, P. R. **A usina de açúcar e sua automação.** , 2ª ed. Araçatuba: SMAR, 2003.

RODRIGUES, G. A. Embalagens de alimentos com fibra de coco verde. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA E PESQUISAS AMBIENTAIS. 3., 2008. São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: SENAI, 2008. Disponível em: <http://www.sp.senai.br/portal/meioambiente/conteudo/embalagem_fibra_coco.pdf> Acesso em: 20 out. 2010.

SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL DO ESTADO DE ALAGOAS. **Relatório estatístico correspondente da safra 2008/2009.** Disponível em: <<http://www.sindacucar-al.com.br/docs/pg59.pdf>> Acesso em: 5 jan. 2011.

2 FORMAS DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA BIOMASSA EM FORNOS DAS CERÂMICAS VERMELHA NO ESTADO DE ALAGOAS

Como foi mostrado no capítulo anterior, o estado de Alagoas, apesar de sua pequena dimensão geográfica, possui uma produção agrícola diversificada disposta em todo seu território. Essa produção agrícola gera resíduos que poderiam ser aproveitados como combustíveis. Por outro lado, Alagoas conta com 34 unidades de cerâmicas vermelhas, produtoras de telhas e blocos, distribuídas nas diversas mesorregiões. Atualmente, o setor cerâmico do estado de Alagoas está passando por dificuldades no que se refere à geração de energia para operação de seus fornos, pois a legislação ambiental cada vez mais restringe o uso de combustíveis não renováveis ou oriundos de fontes renováveis não legalizadas (Lei nº 9.605/98, IBAMA). Neste contexto, os resíduos da produção agrícola de Alagoas podem ser uma alternativa para o uso dos fornos das cerâmicas locais, garantindo o seu funcionamento com manutenção de empregos, atendimento à legislação e gerando menor poluição.

Existem diversas formas de se aproveitar os resíduos gerados a partir de uma cultura agrícola. Dependendo da forma de emprego, tem-se certo ganho de eficiência na transformação do resíduo em energia. As principais formas de utilização desses resíduos para fins energéticos em fornos cerâmicos são picotado, enfardado, briquetado e peletizado, podendo ainda ser usados na forma direta, sem processamento. Os resíduos de biomassa quando empregados sem processamento, apresentam densidade muito baixa dificultando e onerando o transporte, aspecto abordado no Capítulo 6.

Este Capítulo tem como objetivo focalizar as formas de utilização de resíduos da produção agrícola existentes em Alagoas para aproveitamento em fornos de cerâmicas vermelhas. Serão mostrados também os diversos tipos de fornos cerâmicos, dando maior atenção aos do tipo Abóboda e Hoffman, que são os mais comuns no Estado.

2.1 Utilização dos Resíduos sem Processamento

Utilizar os resíduos sem processamento significa queimá-los nos fornos das cerâmicas na forma na qual foi coletado no campo ou na agroindústria com sua umidade e granulometria natural. A secagem de resíduos pode ser realizada no local de coleta ou na cerâmica. Caso a secagem seja realizada no local de coleta, a mesma precede o adensamento. Em caso de se optar em transportar o resíduo na forma natural sem processamento é necessário se fazer uma secagem natural para a redução da umidade. Após esse período de secagem natural, o resíduo pode ser transportado para o local de queima. Segundo Rípoli (2002), o palhiço da cana de açúcar deve ser secado no solo por aproximadamente 10 dias, reduzindo sua umidade a pouco mais de 20 % em média (variando de cerca de 15 % a 30 %). Para outros tipos de resíduos da produção agrícola desse ser observado a umidade de cada resíduo para saber o tempo necessário para que o mesmo atinja uma umidade ideal para o seu transporte e aproveitamento.

2.2 Adensamento de Resíduos Agrícolas e Agroindustriais

O principal objetivo do adensamento é fazer a aglomeração de partículas de pequenas dimensões, onde se produzirá um sólido com uma forma geométrica definida e dimensões especificadas para determinadas aplicações, seja para o transporte de um local para outro ou queima em fornos cerâmicos.

Os resíduos mais utilizados para o adensamento são os agrofloretais, porque estes contêm partículas de características bem heterogêneas quanto as suas dimensões da mesma forma dos resíduos da produção agrícola. Com isso, esse material possui baixa densidade para utilização energética (sem estar compactado), proporcionando altos custos de transporte e armazenamento devido a uma baixa energia disponível por quantidade de volume. Portanto, a técnica de adensamento também pode ser aplicada aos resíduos da produção agrícola.

O adensamento tem a função de aumentar a densidade dos resíduos, proporcionando um formato geométrico desejado e ocasionando menores custos de manuseio, gerando um poder calorífico maior que na forma da biomassa não

compactada, e em consequência proporcionando uma maior eficiência energética na utilização como combustível.

Um problema relevante é a alta umidade da maioria dos resíduos, como foi mencionado anteriormente, o que acaba reduzindo consideravelmente o poder calorífico e a eficiência dos equipamentos utilizados para a geração de energia. Certos tipos de processos de adensamento que requerem uma pré-secagem do insumo utilizado ou que realizem aquecimento simultâneo à compactação proporcionam uma redução do teor de umidade aumentando-se dessa forma o poder calorífico e a eficiência energética de utilização desses materiais (BENZZON,1994).

Como já mencionado, em algumas situações o resíduo agrícola ou agroindustrial pode ser usado sem processamento, ou seja, o resíduo é utilizado no forno em seu estado natural, às vezes passando apenas por um processo de redução de umidade. Porém, no caso de adensamento as formas mais utilizadas são o picotamento, o enfardamento, a briquetagem e a peletização, que serão apresentadas a seguir.

2.2.1 Picotamento

O sistema de picotamento consiste na diminuição da granulometria do resíduo, através de um processo de trituração utilizando uma forrageira ou um picotador.

Antes da realização do picotamento os resíduos agroindustriais devem ser espalhados sobre o solo, passar por um processo de secagem natural ou artificial, e posteriormente, transportado para o local de queima, como citado anteriormente.

O picotamento tem por objetivo reduzir o tamanho das partículas, para aproximadamente 10 mm, densidade para aproximadamente 90 kg/m³, proporcionando o aumento da densidade de carga no transporte. No mercado existem vários tipos de picotadores móveis e fixos, cujo valor varia entre 63 a 126 mil dólares a depender da capacidade e do resíduo a ser triturado (LIPPEL, 2011). A Figura 2.1 e a Figura 2.2 mostram picotadores do tipo fixo e móvel, respectivamente.

Figura 2.1 - Picotador Fixo de Biomassa



Fonte: Lippel, 2011

Figura 2.2 – Picotador Móvel de Biomassa.



Fonte: Lippel, 2011

Após o processo de picotamento os resíduos poderão ainda passar por um processo de moagem, para diminuir ainda mais a granulometria. O investimento de um moinho (Figura 2.3) varia entre 36 a 45 mil dólares (LIPPEL, 2011). Após o picotamento e a moagem, os resíduos poderão ser transportados até um local com pouca umidade para armazenamento, nas proximidades dos fornos cerâmicos.

Figura 2.3 - Moinho de Martelos



Fonte: Lippel 2011

O sistema picotado a granel pode ser aplicado com maior sucesso para distâncias pequenas, alimentando fornos de baixa pressão e estruturados para a remoção de grandes volumes de cinzas. Quanto menor o diâmetro dos resíduos menor será a quantidade de cinzas geradas durante a queima.

2.2.2 Enfardamento

Nos sistemas que utilizam o enfardamento como sistema de adensamento, como seriam os casos de fardo em forma de paralelepípedo, cilíndrico e algodoeiro, a densidade não supera os 200 kg/m³.

No caso do enfardamento tipo paralelepípedo ou cilíndrico (Figura 2.4), tais formas de compactação, realizadas por prensagem sob pressão, facilitam as operações de armazenamento, transporte e concentração energética, principalmente se for usá-los em fornos do tipo abóboda, os quais serão descritos ainda neste Capítulo. Utiliza-se no Brasil o enfardamento comumente com bagaço e palha de cana para uso energético e com gramíneas ou feno para alimentação animal. O fardo não é rígido, logo, deve ser amarrado com alguns fios de arame para se manter sua forma fixa. Os fardos paralelepipedais e cilíndricos apresentam uma densidade variável a depender da pressão da enfardadeira que pode ser de baixa, média ou alta pressão. As enfardadeiras ou prensas de baixa pressão produzem fardos com densidade inferior a 100 kg/m³, as de média pressão produzem fardos com densidade entre 100 a 175 kg/m³ e as de alta pressão produzem fardos entre 175 a 250 kg/m³, sendo os custos de produção relativamente baixos mesmo utilizando esses equipamentos (VIANNA JR, 2002 apud BEZZON).

O processo de enfardamento também pode ser manual, tendo o inconveniente de usar muita mão de obra.

Figura 2.4 - Máquina de Enfardamento de Fardo Cilíndrico.



Fonte: Bezzon, 2006.

Para o manuseio do material sem processamento, com fibras longas, torna-se necessária a compressão do material em fardos com amarração para evitar sua recuperação e correspondente perda de densidade. Processos com maiores pressões e temperatura, como a briquetagem e a peletização, conseguem maiores densidades sem amarração, mas aumentam significativamente o consumo de energia e reduzem o rendimento da operação do que resulta um custo significativamente superior.

As prensas para fardos (Figura 2.5) têm potência hidráulica de 40 t, potência elétrica de 11,5kW (15cv), produtividade de 2 a 3 fardos por hora e dimensão dos fardos de 1,10 x 1,00 x 0,60 m. O investimento é da ordem de 7 a 9 mil dólares (CONEMAG, 2011). Este valor é relativamente acessível, sendo fácil o transporte de um local para outro, podendo ser adaptada para prensar na forma de fardos diversos tipos de resíduos agroindustriais existentes em Alagoas. No mercado existem vários tipos de prensa adaptáveis para fardos de diversos fabricantes. As vantagens deste tipo de equipamentos é que são relativamente leves, podendo ser transportados com facilidade de um local para outro, o que facilita a elaboração de fardos de diversos tipos de resíduos agroindustriais.

Figura 2.5 - Prensa Enfardadoras do tipo Vertical.



Fonte: CONEMAG, 2011

Os fardos (Figura 2.6) são liberados após a prensagem sobre o solo para serem amarrados e transportados posteriormente em caminhões até o local da queima. O fardo oferece uma densidade de carga aproximadamente o dobro que no sistema picado a granel.

Figura 2.6 - Fardos Cilíndricos.



Fonte: Acervo do Autor, 2010

2.2.3 Briquetagem

O briquete é um biocombustível sólido, oriundo de um processo de fabricação, feito a partir da compactação de resíduos ligno-celulósicos, sob pressão e temperatura elevadas. Para satisfazer as condições de fabricação do briquete, o resíduo precisa estar de acordo com percentual de umidade e tamanho das partículas aceitável (granulometria). A briquetagem é uma forma bastante eficiente para concentrar a energia disponível da biomassa.

Na Figura 2.7 podem-se observar diferentes tipos de briquetes que podem ser produzidos a partir de vários tipos de resíduos vegetais tais como casca de arroz, bagaço de cana, serragem, carvão etc.

Figuras 2.7 - Exemplos de Briquetes de Casca de Arroz, Serragem e Carvão.

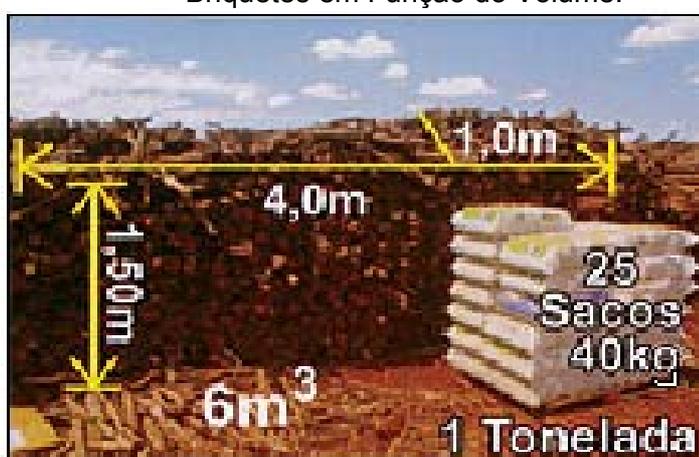


Fonte: IBAMA, 2007.

Na fabricação de briquete, as matérias-primas utilizadas podem ser: serragem, maravalha, casca de arroz, palha de milho, sabugo, bagaço de cana-de-açúcar, casca de algodão, casca de café, feno de braquiara entre outros. O diâmetro do briquete para queima em caldeiras, fornos e lareiras é de 70 mm a 100 mm e com comprimento de 250 mm a 400 mm. Uma tonelada de briquete corresponde a 6 m³ de lenha com umidade entre 35 a 45%, como mostra a Figura 2.8. Os briquetes feitos no Brasil têm uma densidade aparente de 1,0 t/m³ a 1,5 t/m³, um Poder Calorífico Superior de 4000 kcal/kg a 4800 kcal/kg, uma umidade entre 6 a 10%, densidade a granel de 600 kg/m³ a 900 kg/m³, teores de voláteis de 81%, cinzas de 1,2% e carbono fixo de 18,8%. No Brasil, a serragem tem uma densidade a granel

entre 140 kg/m^3 a 400 kg/m^3 , umidade de 15% a 55% base úmida (LIPPEL, 2011). Ainda de acordo com a Figura 2.8 observa-se que 1 tonelada de briquetes ocupa $1,5 \text{ m}^3$ com uma quantidade de 25 sacos de 40 Kg. Enquanto que a mesma quantidade de lenha ocupa um volume de 6 m^3 . Desta forma a grande vantagem do material briquetado é a facilidade do transporte e do armazenamento, ocupando menos espaço e diminuindo o número de viagens para transporte dos briquetes de um local para outro.

Figura 2.8 – Comparação Dimensional entre Lenha e Briquetes em Função do Volume.



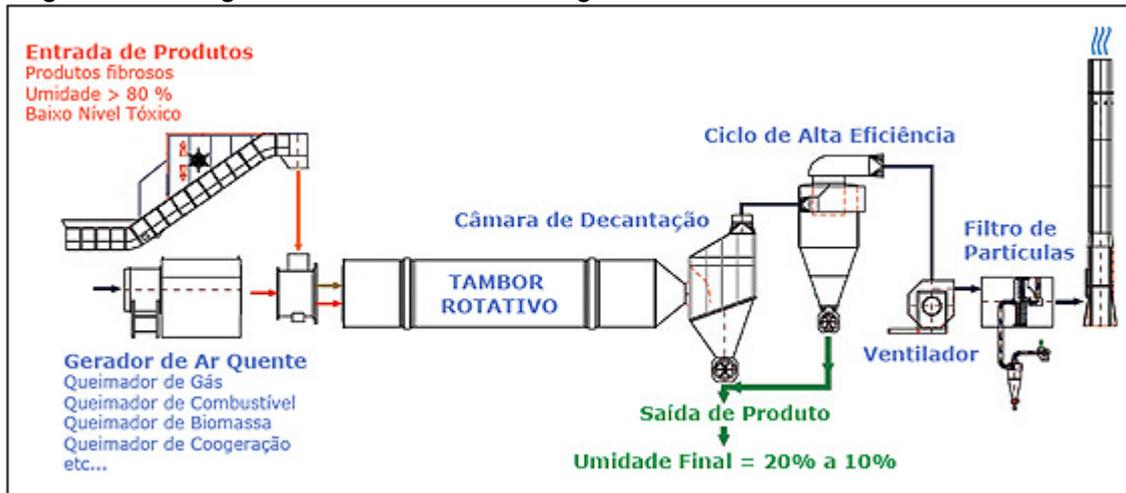
Fonte: LIPPEL, 2011

A secagem de biomassa (bagaço de cana, casca de madeira, cavacos, serragem, maravalha e outros tipos) serve como um estágio preliminar da briquetagem e peletização. Reduzindo a umidade da biomassa para 8 a 12%, seu poder calorífico é aumentado de 2 kWh/kg para aproximadamente $4,5 \text{ kWh/kg}$ (LIPPEL, 2011). Esse processo reduz os custos de transporte e estocagem e cria condições ideais para queima direta ou uma ótima briquetagem para obter briquetes de biomassa de alta qualidade. A secagem também garante a redução de emissões durante a combustão da biomassa, além de reduzir a quantidade de biomassa gasta durante a queima.

Existem dois tipos de secagem para se obter briquetes: a direta (Figura 2.9) e a indireta (Figura 2.10). A secagem direta consiste basicamente em um tambor giratório em que se introduz tanto o produto a secar como o fluido térmico de secagem a uma temperatura elevada (300 a 800°C). A secagem indireta consiste em introduzir os gases quentes procedentes de qualquer zona de emissão de calor (queimadores de gás, queimadores de biomassa, gases de escape de motores de

cogeração) diretamente no tambor. A mistura de gás e vapor obtida pode ser submetida a uma lavagem ou filtração caso o produto contenha partículas em suspensão prejudiciais para o ser humano e ao meio ambiente. (LIPPEL, 2011).

Figura 2.9 - Diagrama do Sistema de Secagem Direta.

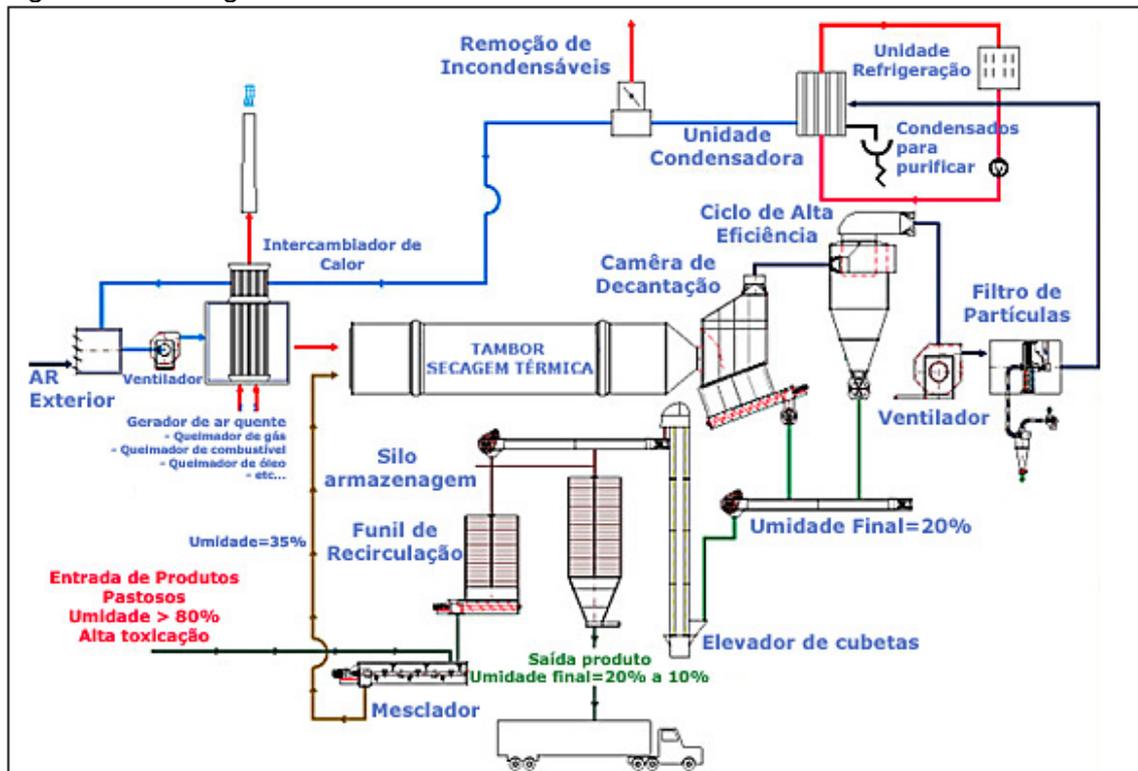


Fonte: LIPPEL, 2011

No caso de secagem indireta o fluido térmico é o próprio ar que é aquecido através de um trocador de calor, passando pelo secador de biomassa e por um condensador para separar as substâncias evaporadas, e voltando a ser aquecido para ser utilizado novamente. Assim, forma-se um circuito fechado. As únicas emissões à atmosfera são as de gases provenientes das zonas de calor que se empregam no trocador. É um processo de grande eficácia ambiental, indicado para os produtos com substâncias voláteis de alta toxicidade, diferentemente dos resíduos agrícolas e agroindustriais tratados nesse trabalho.

Desta forma, dos dois processos de secagem para obtenção de briquetes o de secagem direta é o mais indicado para a secagem de resíduos da produção agrícola em Alagoas. Este tipo de secagem exige fornos mais simples e de fácil operação, conseqüentemente os custos de aquisição desses fornos são mais econômicos, exigindo também, menos mão de obra. Na UFAL existe um forno de secagem direta para ser utilizado na secagem de resíduos do tipo casca de coco, casca de mandioca, sabugo de milho, capim elefante, casca de feijão, resíduos florestais entre outros.

Figura 2.10 - Diagrama dos Secadores Indiretos.



Fonte: Lippel, 2011

Secadores de um estágio (Figura 2.11) são construídos com aletas soldadas no interior do secador pelo comprimento total do seu tambor. Enquanto o tambor gira a uma velocidade constante, as aletas levantam continuamente a biomassa e a passam por uma fonte de ar quente. Ao mesmo tempo, barreiras especialmente projetadas ajudam a manter um transporte mecânico e pneumático consistente das partículas de biomassa através do secador. O processo de secagem ocorre enquanto a biomassa é suspensa na fonte de ar quente. Quando a quantidade apropriada de umidade é removida, a biomassa seca é transportada até um sistema de coleta pela pá da hélice do secador.

O secador de três estágios é constituído por dois cilindros concêntricos dentro de um grande cilindro exterior. Estes cilindros fixos estão alinhados para girar à mesma velocidade. À medida que a biomassa passa pelo cilindro mais ao interior é exposta à temperatura mais alta dos gases quentes. Como a biomassa é transmitida pneumáticamente para o cilindro exterior por uma ventoinha, é exposta a temperaturas e velocidades mais baixas dos gases quentes e do ar. Finalmente, quando a quantidade adequada de umidade for removida, a biomassa seca é transmitida ao coletor e separada do fluxo de gases quentes.

Figura 2.11 – Secador de Biomassa Rotativo de um Estágio (CTEC/UFAL).



Fonte: Acervo do Autor, 2011.

O equipamento de briquetagem mais simples é constituído de uma briquetadeira e um sistema de alimentação, para o caso de resíduos secos e granulometria fina. A Universidade Federal de Alagoas (UFAL) adquiriu uma mini-usina de compactação de biomassa (*pellets* e briquetes), ainda em fase de montagem, composta pelos seguintes equipamentos: Triturador, Moinho, Fornalha de Combustão, Secador Rotativo de um Estágio, Briquetadeira de Extrusão Parafuso (Figura 2.12) e Peletizadora. A referida briquetadeira é de acionamento elétrico, potência de 40 cv, produzindo de 300 a 500 briquetes por hora com um diâmetro de 55 mm. O valor do investimento neste tipo de briquetadeira gira em torno de 30 a 70 mil dólares. Existem no mercado outros tipos de briquetadeiras que são as briquetadeiras mecânicas, hidráulicas e a de extrusão rolos.

Figura 2.12 – Briquetadeira de Biomassa de Extrusora Parafuso (CTEC/UFAL).

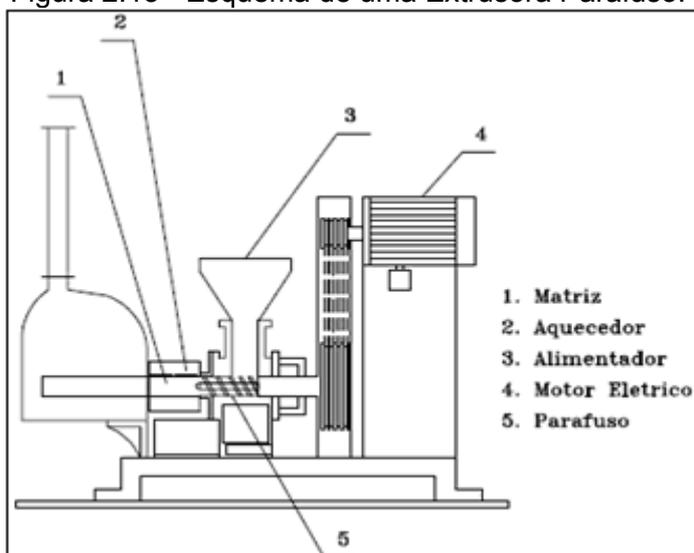


Fonte: Acervo do Autor, 2011.

Na Figura 2.13 observa-se um exemplo ilustrativo de uma extrusora parafuso na qual se observa no número 3 (três) onde a biomassa entra no

alimentador da extrusora; e no número 5 (cinco) o parafuso com o sistema de rosca sem fim que realiza o aquecimento e prensagem da biomassa, através da rotação da rosca.

Figura 2.13 - Esquema de uma Extrusora Parafuso.



Fonte: Bezzon, 2006.

O tamanho das fibras e dos retalhos é importante para a briquetagem. No caso da madeira, a granulometria indicada é de, no máximo, 15 mm. Para compactar outros produtos, como cascas e fibras, o comprimento pode ser superior a 15 mm, sendo necessário fazer uma análise para cada caso.

2.2.4 Peletização

Neste processo os resíduos agrícolas e agroindustriais podem ter suas partículas aglomeradas em formato cilíndrico por meio da compactação em alta pressão, sendo assim obtido o *pellet*. As dimensões de um *pellet* variam num diâmetro de 5 a 18 mm e comprimento até 40 mm. Sua densidade varia entre 1000 e 1.300 kg/m³ (COPERSUCAR, 1983 apud BEZZON, 2006).

Os equipamentos usados para a peletização de biomassa podem ser uma prensa de pistão com acionamento hidráulico; uma prensa com matriz anular ou em forma de disco ou ainda uma prensa de extrusão.

A UFAL dispõe de uma peletizadora (Figura 2.14) do tipo Matriz Anular de escala industrial que dará suporte as pesquisas com biomassas, especificamente

de resíduos oriundos da produção agrícola. O investimento é da ordem de 28 a 36 mil dólares (LIPPEL, 2011).

Figura 2.14 – Peletizadora de Matriz Anular da UFAL.

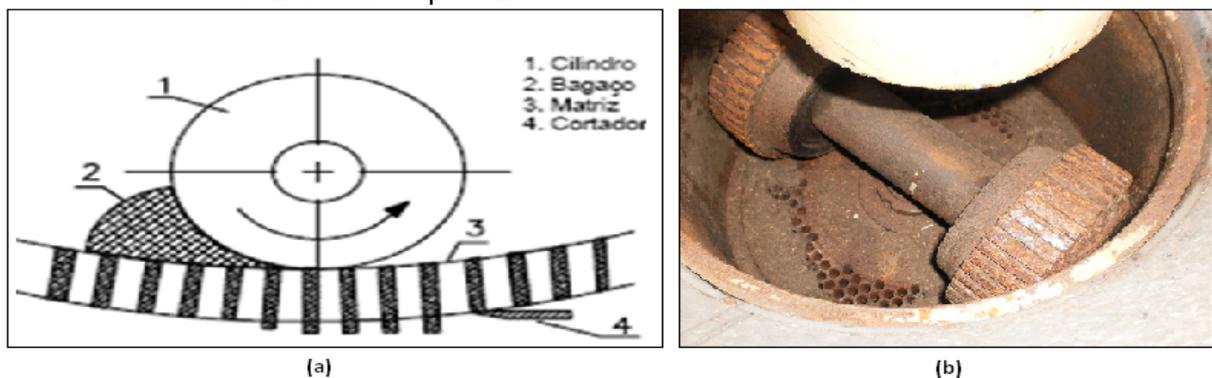


Fonte: Acervo do Autor, 2011.

Para ser peletizado, a umidade ideal do resíduo deve estar entre 15 e 20% b.u (bolo úmido) e se o resíduo não se encontrar nessa faixa de umidade, deve-se realizar a secagem prévia desse resíduo.

As peletizadoras mais utilizadas atualmente são as prensas de matriz anular semelhantes à existente na UFAL. Elas comprimem o resíduo entre um rolo circular e um anel com furos radiais. Na Figura 2.15 observa-se um esquema e uma imagem da peletizadora da UFAL, mostrando o cilindro, a matriz e o cortador.

Figura 2.15 – (a) Esquema da prensa com matriz anular; (b) Imagem da prensa com matriz anular da peletizadora da UFAL



Fonte: (a) COPERSUCAR, 1983,; (b) Acervo do Autor, 2011.

Experimentos de peletização realizados pela COPERSUCAR (Cooperativa dos Produtores de Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo) produziram *pellets* de bagaço com uma densidade de 1.200 kg/m³. Foram utilizadas prensas de matriz anular, na qual se injeta vapor para aquecer o bagaço e corrigir a umidade. Após a peletização, os *pellets* passam por um resfriador e por uma peneira vibratória onde é separado o pó que retorna novamente à máquina (COPERSUCAR, 1983 apud BEZZON). A Figura 2.16 mostra *pellets* de bagaço de cana.

Figura 2.16 – Pellets de Bagaço de Cana



Fonte: PETROBRAS, 2011.

Através de experimentos de peletização de bagaço de cana realizados em Cuba com um equipamento em escala laboratorial constituído por uma prensa mecânica, uma matriz e um forno para aquecimento da matriz, foi verificado a forte dependência das pressões e temperaturas utilizadas na densidade do *pellet*. O bagaço recebeu um tratamento de secagem até uma umidade de 15% b.u. Os melhores parâmetros obtidos foram temperaturas do bagaço entre 150 e 180°C, pressão de peletização de 100 a 150 MPa e tempo de residência sob pressão de 20 s. Nestes casos as densidades obtidas variaram entre 1.100 a 1.200 kg/m³ (LORA, 1986 apud BEZZON, 2006).

É essencial que os *pellets* não contenham outras substâncias ou contaminações, que podem aumentar consideravelmente a quantidade de cinzas, fato que pode conduzir a problemas de operação com a caldeira ou forno. É também importante que os *pellets* estejam bem compactados e não se desintegram facilmente em partículas, pois estas apresentam diferentes propriedades de

combustão. Os valores dos equipamentos foram calculados tomando-se como referência o valor médio do dólar no mês de Setembro de 2011 em R\$ 1,80 reais.

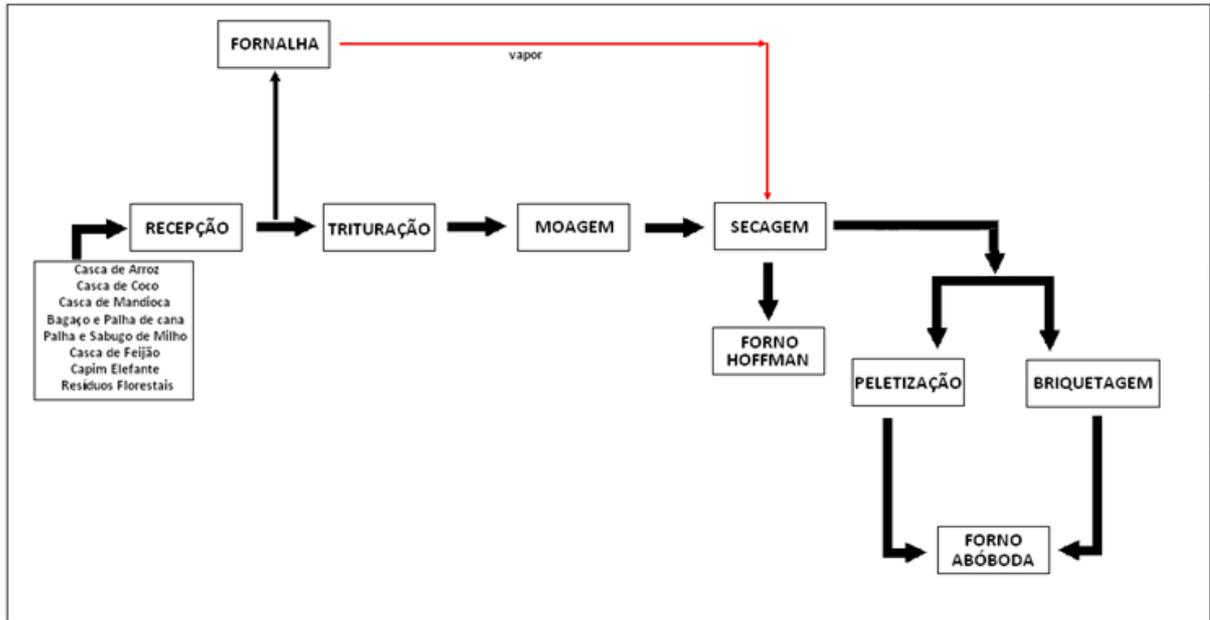
2.3 Processos de Adensamento de Biomassa da Universidade Federal de Alagoas (Mini-Usina)

Como foi citado no item 2.2.3, a UFAL está instalando atualmente uma mini-usina de adensamento de biomassa, visando o estudo de diversos resíduos agrícolas e agroindustriais do Estado de Alagoas na produção de resíduos picotados, briquetados e peletizados que serão testados inicialmente em fornos cerâmicos do tipo Abóboda e Hoffmann e posteriormente testados em fornos e caldeiras de outros segmentos industriais.

Além da mini-usina, existe também na UFAL um laboratório equipado para a determinação de análises físico-químicas e termodinâmicas, como o poder calorífico, densidade, teor de cinzas e umidade. Essas análises laboratoriais têm como objetivo a avaliação dos diversos resíduos a serem processados.

Os equipamentos que compõe a mini usina da UFAL (Figuras 2.1, 2.3, 2.11, 2.12 e 2.14) foram projetados para o processamento de resíduos como: casca de coco, bagaço e palha de cana, casca de arroz, casca de mandioca, casca de feijão, palha e sabugo de milho, capim elefante, resíduos florestais, entre outros. O fluxograma do processamento é iniciado pela recepção dos resíduos, diminuição da granulometria, secagem e extrusão. A Figura 2.17, mostra as operações e equipamentos utilizados.

Figura 2.17 – Fluxograma da Mini-Usina de Adensamento de Biomassa - CTEC/UFAL.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2011.

A instalação desta mini-usina na UFAL possibilitará ao longo do tempo verificar, por exemplo, se todos os equipamentos que a compõem devem ser instalados na própria cerâmica, ou ainda se parte desses equipamentos podem ser localizados no local de coleta. O Capítulo 6 deste trabalho abordará algumas questões relativas à logística de transporte de resíduos do local onde são coletados para o local de queima que permitirá avaliar, através de cálculos de custos, alternativas de localização destes equipamentos.

A instalação da mini-usina também possibilitará obter quatro tipos de produtos: o resíduo triturado, o resíduo moído, o resíduo briquetado e o resíduo peletizado. Esses produtos serão testados nos diversos fornos e fornalhas das Cerâmicas existentes em Alagoas, visando identificar a melhor forma de uso. Um ponto positivo a ser considerado no fluxograma da mini-usina de adensamento de resíduos da UFAL é que o próprio resíduo a ser adensado servirá de combustível para alimentar a fornalha que por sua vez fornecerá calor ao secador.

2.4 Queima Direta em Fornos

A queima é considerada a etapa mais onerosa da fabricação de produtos cerâmicos devido ao elevado custo para o suprimento da fonte térmica. Independentemente da fonte energética os custos com energia destinados a obtenção de calor são dos mais altos dentro todos os custos de processamento de cerâmicas (FRANCO et al, 2007). A queima industrial de produtos cerâmicos implica na aplicação de grande quantidade de energia, consumindo altos volumes de combustíveis. O combustível utilizado pode ser óleo, gás ou lenha, sendo a lenha o combustível mais utilizado nas cerâmicas brasileiras. As indústrias cerâmicas enfrentam, como mencionado anteriormente, a escassez da lenha e obrigatoriedade legal que lhe impõe a responsabilidade de equilibrar ecologicamente os impactos gerados com a exploração vegetal, através de um Plano de Manejo Florestal, ainda de acordo com Monteiro e Franco et. al. (2007).

2.5 Tipos de Fornos

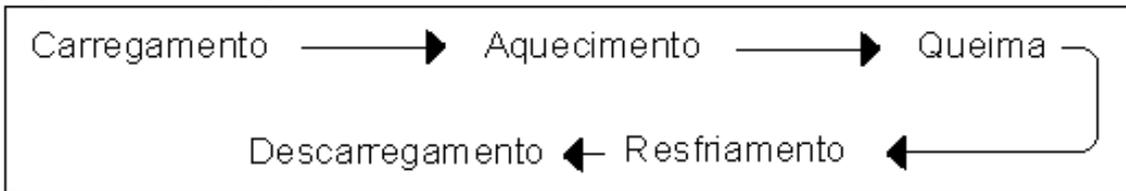
Forno é o nome popular que é dado ao equipamento que é responsável pela geração de calor, cuja aplicação é bastante ampla no meio industrial.

Quanto a forma de operação existem dois tipos de fornos: os fornos intermitentes e os fornos contínuos, e ambos podem ser utilizados no setor cerâmico.

2.5.1 Fornos Intermitentes

Os fornos intermitentes são aqueles em que a queima na cerâmica é efetuada de forma descontínua conforme o fluxograma da Figura 2.18. Estes tipos de fornos são bastante eficientes e são encontrados em várias cerâmicas do país e também do estado de Alagoas. Alguns desses modelos de fornos são antigos e outros são modernos.

Figura 2.18 – Fluxograma do Processo de Queima em Fornos Intermitentes



Fonte: Franco et al., 2007.

Os fornos intermitentes se subdividem em forno tipo Caieira, forno tipo Chama Reversível (Abóbada) e forno do tipo Plataforma ou Vagão (FRANCO et. al. 2007).

2.5.1.1 Forno Tipo Caieira

O forno tipo Caieira, mostrado na Figura 2.19, é utilizado em pequenas olarias. Devido a sua baixa eficiência energética e técnica, este forno entrou em desuso por provocar grandes perdas financeiras e impactos ambientais (FRANCO et. al. 2007).

Figura 2.19 - Forno tipo Caieira.



Fonte: Acervo do autor, 2010.

Esse tipo de forno que usa lenha vegetal para a queima de produtos cerâmicos gera um tipo de resíduo, proveniente da carbonização parcial da madeira. Este resíduo possui na sua composição o ácido pirolenhoso que é uma mistura de substâncias, em geral, de características ácidas, devido aos ácidos orgânicos

presentes como acético, fórmico, propanóico, butanóico, pentanóico, hexanóico, heptanóico (14,34% no total) e a substância chamada levoglucosam que constitui o maior percentual (42% do total) (SILVA et al., 2005).

Na agricultura natural, o ácido pirolenhoso é conhecido e utilizado de forma controlada como condicionador do solo, bioestimulante vegetal, indutor de enraizamento, repelente de insetos e também usado como potencializador de herbicidas diminuindo o uso de produtos químicos. O ácido pirolenhoso, caso não seja utilizado de forma correta, pode trazer males à saúde humana e ao meio ambiente. Logo, deve-se ter um elevado grau de conhecimento do produto e de sua utilização para que suas funções possam ser realizadas eficientemente (GLASS, 2001).

2.5.1.2 Forno Tipo Chama Reversível ou Abóbada

O forno tipo Chama Reversível ou Abóbada, apresentado na Figura 2.20, conhecido também como forno Paulistinha, tem sua estrutura constituída de câmara com abóboda fechada e com crivos no piso. Os crivos são tijolos furados instalados no piso do forno por onde passam os gases de combustão da queima aos dutos de tiragem para atingirem a chaminé. Os crivos abaixo da carga promovem a descida dos gases quentes através da carga (FRANCO et. al. 2007). Esse tipo de forno será mais detalhado no item 2.5.1.

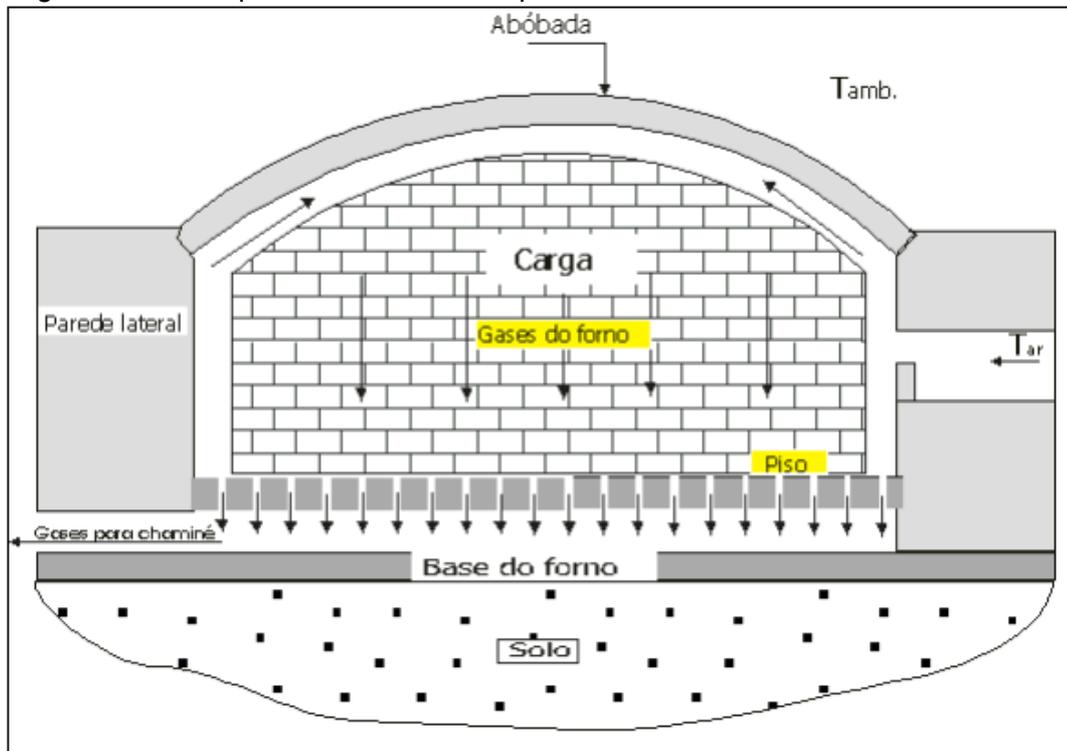
Figura 2.20 - Forno Reversível ou Abóbada da Cerâmica Capelli - AL.



Fonte: Acervo do autor, 2010.

O forno do tipo Abóbada é dividido em vários volumes circulares, em forma de anéis, envolvendo os elementos da carga e gases de combustão no interior, bem como os vários elementos constituintes do envelope do forno (Figura 2.21).

Figura 2.21 – Esquema do Forno do Tipo Abóbada.



Fonte: UFSC, 2010.

2.5.1.3 Forno Tipo Plataforma ou Vagão

No forno tipo Plataforma ou Vagão (Figura 2.22) as peças são colocadas numa plataforma com rodas de aço sobre trilhos. A plataforma é empurrada e retirada do forno por meio de tração mecânica. A queima nestes fornos pode ser efetuada em fornalhas a lenha ou óleo, instaladas nas laterais dos fornos (FRANCO et. al. 2007). Este tipo de forno está tendo uma aceitação muito grande no mercado atualmente.

Uma cerâmica de Alagoas construiu um forno vagão recentemente, sendo o primeiro da região Nordeste a entrar em funcionamento e segundo os proprietários da cerâmica este forno tem uma eficiência bastante satisfatória.

Figura 2.22 - Vista Interna de um Forno Tipo Vagão em Construção na Cerâmica Capelli - AL.



Fonte: Acervo do autor, 2010.

2.5.2 Fornos Contínuos

Os fornos contínuos são aqueles em que a queima se faz de forma contínua, sem interrupção para descargas ou carregamento das peças. Assim, esses fornos operam continuamente pelo fato de que o fogo é mantido sempre aceso (FRANCO et. al. 2007)

2.5.2.1 Forno Hoffmann

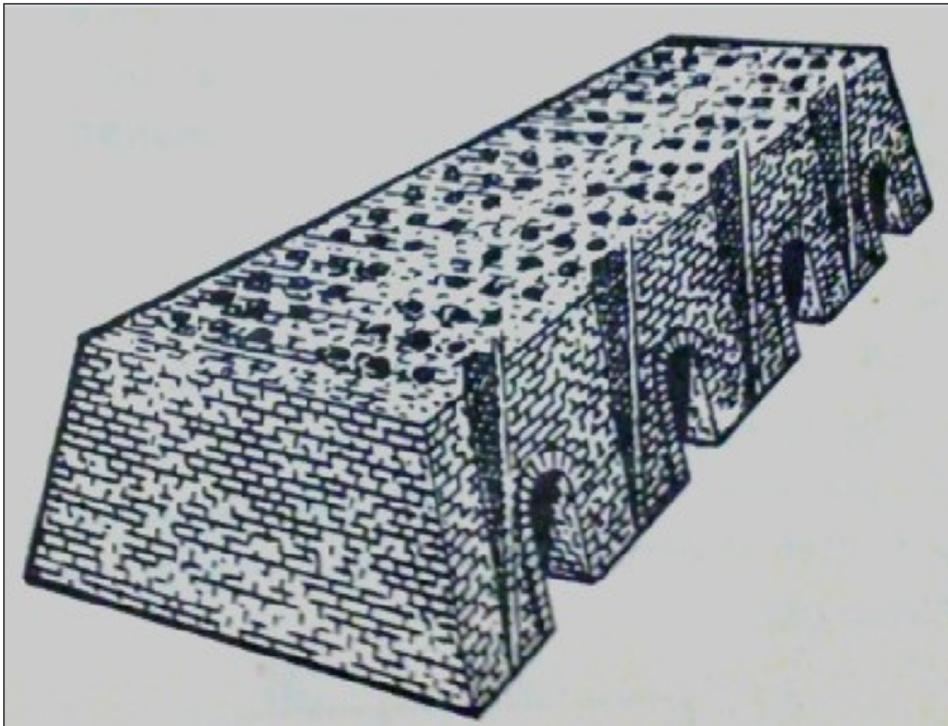
Esse tipo de forno é bastante utilizado pela indústria cerâmica, tendo bom rendimento energético. É econômico sob o ponto de vista operacional, tendo elevado custo de construção (FRANCO et. al. 2007). Este tipo de forno apresentado nas Figuras 2.23, 2.24 e 2.25 serão mais detalhadas no item 2.6.2.

Figura 2.23 - Vista lateral de um Forno Hoffmann em uma cerâmica no interior de Alagoas.



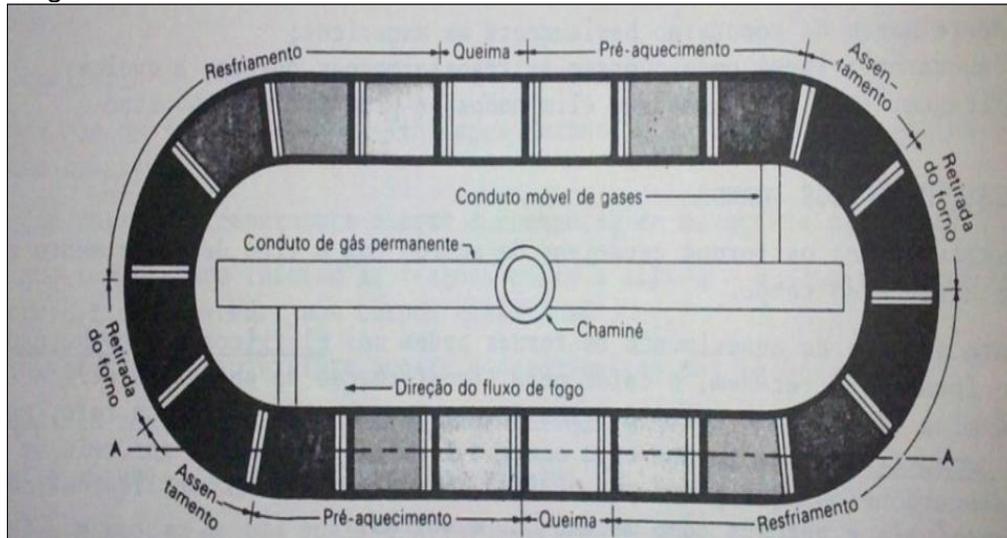
Fonte: Acervo do Autor, 2010.

Figura 2.24 - Vista superior de um Forno Hoffmann.



Fonte: Henriques, 1993.

Figura 2.25 - Planta de um Forno Hoffmann.



Fonte: Henriques, 1993.

2.5.2.2 Forno Túnel

São modernos e eficientes em termos de eficiência energética. Opera continuamente, preservando a mesma curva de queima. Não é necessário aquecer a carga térmica dos materiais que constituem o forno. A carga cerâmica se movimenta através do forno. O transporte dos blocos cerâmicos é realizado por meio de carrinhos especiais ou esteiras móveis acionadas através de sistemas pneumáticos automatizados. Esse tipo de forno (Figura 2.26 e 2.27) é utilizado principalmente para a queima de cerâmica branca (pisos, azulejos e louças). Também é utilizado em menor escala nas cerâmicas do tipo vermelha (tijolos, telhas e lajotas) (FRANCO et. al. 2007).

Figura 2.26 - Forno Tipo Túnel.



Fonte: Acervo do autor, 2010

Figura 2.27 - Entrada de Material no Forno Tipo Túnel.



Fonte: UFSC, 2002.

2.6 Tipo de Fornos Utilizados pelas Cerâmicas de Alagoas

Nas indústrias de cerâmica estrutural, também conhecidas como cerâmica vermelha em Alagoas, os fornos na maioria delas, são do tipo Abóbada e do tipo Hoffmann, classificados respectivamente como intermitentes e contínuos. Neste tópico será dada uma atenção maior para estes fornos, pelo fato dos estudos sobre combustíveis a partir da biomassa aqui tratada ser direcionados para estes tipos de fornos.

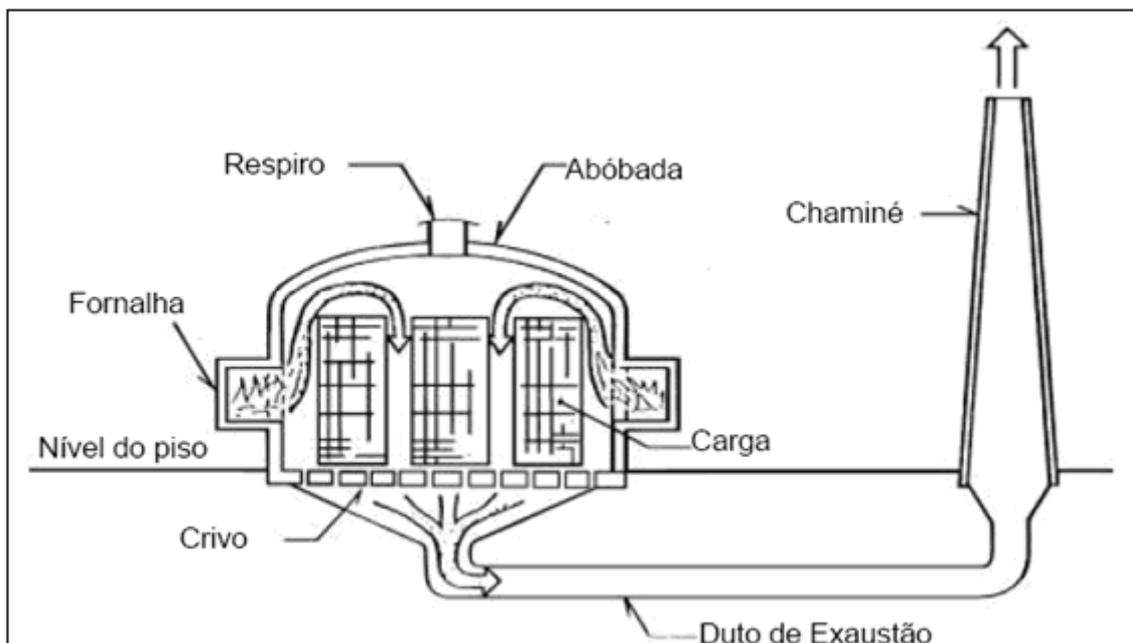
2.6.1 Forno do tipo Chama Reversível ou Abóbada

São fornos de construção simples, como mostra a Figura 2.28. As fases típicas de queima são as mesmas para todos os fornos, ou seja, todos são obrigados a respeitar os fenômenos térmicos e dilatométricos das matérias-primas

utilizadas (NAVARRO & FUSTER, 1985). A queima apresenta seis fases características que dão forma à curva de queima:

- 1) Aquecimento lento da carga úmida, para evitar o estouro das peças úmidas;
- 2) Pré-aquecimento rápido da carga seca (também chamada de “esquente”).;
- 3) Um demorado patamar da temperatura superior para que a temperatura se uniformize através da carga. A finalidade desse patamar é uniformizar a cor de queima, como também para desenvolver resistência nos pontos mais frios do forno;
- 4) Resfriamento lento com o forno fechado;
- 5) Extração de calor nas temperaturas onde não exista perigo de choque térmico. É importante salientar que existe perigo de perder a fornada com choque térmico ao extrair calor num patamar de temperatura entre 600 e 400°C.

Figura 2.28 - Corte Transversal do Forno, Mostrando os Diversos Elementos Constituintes.



Fonte: Lopes, 2005.

As vantagens desse tipo de forno são a facilidade de construção, o fato de poderem operar com combustível oriundo de fonte renovável, pois adaptam-se aos mais variados tipos de combustíveis e o investimento de construção é compatível para as pequenas empresas (NAVARRO & FUSTER, 1985).

As desvantagens apresentadas por este tipo de forno são sua inadequação para a produção em larga escala, bem como o fato de que a qualidade do produto final depende da maneira de conduzir a queima. Ainda a mão-de-obra necessita de muito treinamento e experiência, além de consumir muito combustível (NAVARRO & FUSTER, 1985).

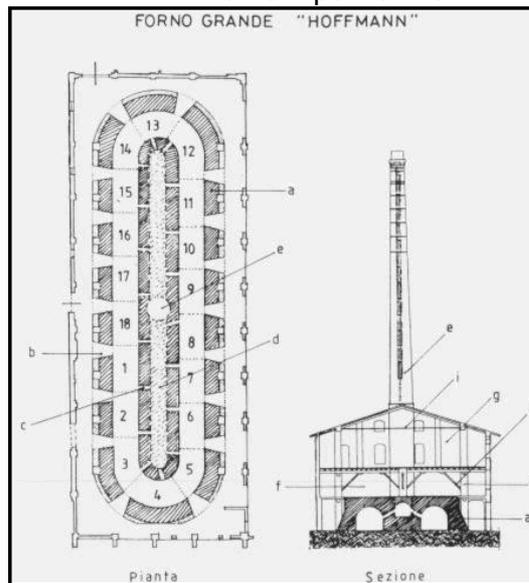
Um forno Chama Reversível ou Abóbada pode queimar de 16 a 18 mil tijolos de oito furos, dependendo das suas dimensões. O tempo de queima é de 30 horas, desde o fim da saída d'água até o fim da queima. O número de fornada por mês depende da umidade no empilhamento. Com o material cuidadosamente seco cada forno intermitente pode queimar de sete a oito fornadas por mês de blocos ou cinco fornadas de telhas (NAVARRO & FUSTER, 1985).

2.6.2 Forno Hoffmann

Este tipo de forno foi inventado por Frederico Hoffmann em 1856 na Alemanha e pela primeira vez era concebido o pré-aquecimento do material frio, feito pelos gases da zona de queima. Um importante requisito das paredes do forno Hoffmann é a resistência aos choques térmicos. O deslocamento do fogo causa dilatações em grande escala. Após vários ciclos de queima as dilatações e contrações acabam provocando trincas na alvenaria. As paredes são grossas para poder sustentar um teto com carga sobre ele (NAVARRO & FUSTER, 1985).

As alvenarias devem ser feitas com juntas bem dimensionadas entre as sucessivas câmaras. A cerâmica vermelha dilata aproximadamente seis milímetros desde a temperatura ambiente até 900 °C. Caso a junta não fosse suficientemente larga se desenvolveriam forças enormes sobre as alvenarias, capazes de deslocar os contra-fortes e produzir sérios danos ao forno. A queima no forno Hoffmann é contínua (NAVARRO & FUSTER, 1985). A Figura 2.29 apresenta detalhes construtivos do forno Hoffman.

Figura 2.29 - Corte Transversal de um Forno Tipo Hoffman.



Fonte: Acervo do Autor, 2010.

Uma curiosidade nesse tipo de forno é que a lenha picada permite uma queima mais constante que a lenha em galhos. A lenha picada pode ser estocada sob os fornos para que se mantenha morna e seca, ou seja, com o seu poder calorífico elevado. Um cavaco estará razoavelmente “seco” caso não contenha mais de 30% de água. O uso de lenha ou algum outro tipo de biomassa picada permite simplificar a alimentação dos fornos por meio de esteiras e coifas (NAVARRO & FUSTER, 1985).

Esse tipo de forno foi projetado para usar gás natural ou óleo residual do petróleo, porém suas vantagens são a adaptabilidade a diferentes tipos de combustíveis, que podem ser lenhas e resíduos orgânicos. O forno Hoffman também pode ser dividido com 18 a 20 câmaras interligadas. A queima se dá câmara por câmara, ou seja, enquanto uma câmara esta queimando as posteriores estão em fase de aquecimento, aproveitando o calor da queima e as anteriores estão resfriando com o uso de ar ambiente (FRANCO et. al. 2007). O fogo pode ser adiantado ou retardado facilmente mediante registros, os quais proporcionam o encaminhamento da chama de uma câmara à outra (NAVARRO & FUSTER, 1985).

O forno Hoffman possui a desvantagem de ter uma operação cheia de revezamentos, requerendo maior treinamento e experiência dos operadores e necessita de uma grande área para sua instalação (FRANCO et. al. 2007).

2.7 Considerações Finais

De acordo com o que foi visto neste Capítulo, os resíduos da produção agrícola do Estado de Alagoas podem ser usados nos fornos cerâmicos na forma direta, sem processamento, ou adensados. Os equipamentos utilizados para o adensamento são trituradores, moinhos, picotadores, enfardadoras, peletizadoras e briquetadeiras. O Brasil já dispõe de vários fabricantes e representantes destes equipamentos com custos variáveis a depender da capacidade de processamento e de marca. Os equipamentos utilizados para o adensamento de resíduos geram diferentes tipos de produtos, podendo ser um produto final na forma triturada, moído, na forma de fardo, na forma de briquetes ou de *pellets*. A mini usina em fase de instalação na UFAL, é a primeira de universidades federais brasileiras em escala industrial, dispondo de equipamentos projetados para a realidade local que irá desenvolver pesquisas, visando à utilização de resíduos da produção agrícola do estado e outros tipos de biomassa em fornos cerâmicos nas diferentes formas citadas.

Os estudos até aqui efetuados indicam que os fornos cerâmicos existentes em Alagoas podem ser abastecidos com os biocombustíveis advindos da produção agrícola nas diversas formas. O forno do tipo Reversível ou Abóbada poderá ser alimentado com biomassa compactada do tipo fardos, *pellets* ou briquetes. Por outro lado, o forno do tipo Hoffmann poderá ser abastecido com biomassa sem processamento, triturada ou moída uma vez que este tipo de forno foi projetado inicialmente para ser abastecido com combustíveis líquidos e/ou gasosos. No Capítulo 3 foi efetuado um estudo quantitativo teórico do potencial energético dos resíduos da produção agrícola do estado de Alagoas visando verificar se a produção, nas diversas regiões, é suficiente para gerar energia para abastecer um forno do tipo Hoffman, numa determinada cerâmica.

REFERÊNCIAS

ALTAFINI, C. R. **Apostila sobre caldeiras**. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul. Departamento de Engenharia Mecânica, 2002. Disponível em: <www.ceped.ufsc.br/sites/default/files/projetos/Monografia_Manuel.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2010

BEZZON, G. **Síntese de novos combustíveis sólidos a partir de resíduos agroflorestais e possíveis contribuições no cenário energético brasileiro**. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas Campinas, 1994.

BR BIOMASSA. **Energia renovável**. Disponível em: <www.brbiomassa.com.br>. Acesso em: 11 maio 2011.

BRASIL. Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 fev. 1998.

CORTEZ, L. A.; LORA, E. S. **Tecnologia de conversão energética da biomassa**. EDUA/EFEI. Manaus: (Série sistemas energéticos, 2) 1997.

COELHO, S. T.; PALETTA, C. E. M.; FREITAS, M. A. V. **Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica**. Brasília: Dupligráfica, 2000.

CONEMAG. **Prensas e briquetadeiras**. Araraquara, 2011. Disponível em: <http://www.prensasconemag.com.br/conemag/index.php?option=com_content&view=article&id=38%3Aphv-cm-50trx&catid=9%3Aenfardadeiras-verticais&Itemid=35&lang=pt>. Acesso em: 9 maio 2011

FRANCO, M. N. et al. **Noções básicas do processo produtivo de cerâmica vermelha**. Teresina: Centro de Tecnologia da Cerâmica, 2007.

GLASS, V.; SOUZA, E. Onde há fumaça há lucro. **Revista Globo Rural**. v. 16, n. 188, p. 34-37, 2001.

HENRIQUES JUNIOR., M. F. **Manual de conservação de energia na indústria de cerâmica vermelha**, Rio de Janeiro: INT/ MCT/ SEBRAE, 1993.

HUGOT, E. **Manual da engenharia açucareira**. São Paulo: Mestre Jou, 1977. v. 1.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Biomassa florestal para fins energéticos**, 2006. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em 6 set. 2010

IRMÃOS LIPPEL & CIA LTDA. **Produtos para biomassa**. Agrolândia, 2011. Disponível em: <<http://www.lippel.com.br/>>. Acesso em: 5 mar. 2010.

LOPES, D. C. **Estudo da viabilidade de adição de resíduo de pó de fumo à massa cerâmica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppgec/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=182&Itemid=71>. Acesso em: 1 maio 2010.

LUENGO, C. A. et al. A surface and electrochemical investigations of a fullerene soot. **Electrochemica Acta**, v. 44, p. 3564-3574, 1999.

NAVARRO. Henrique; FUSTER, Monzó. **Tecnologia cerâmica**. Valência: Instituto de Tecnologia Cerâmica, 1985. v.2.

NICOLAU, V. de P. **Análise numérica e experimental de um forno intermitente para a queima de produtos cerâmicos**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. Disponível em: <<http://www.labtermo.ufsc.br/siteLabCET/CONEM2002.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2010.

RIBEIRO, P. R. **A usina de açúcar e sua automação**. 2. ed. Araçatuba: SMAR - Equipamentos Industriais, 2003. Apostila de Açúcar e Álcool.

RIPOLI, M. L. C. **Mapeamento do palhiço enfardado de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e do seu potencial energético**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

SANCHEZ, C. G.; LORA E. S.; GÓMEZ, E. O. Gaseificação. In: CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. S. (Coord.). **Tecnologias de conversão energética da biomassa**. Disponível em: <http://www.nest.unifei.edu.br/portugues/pags/novidades/cursos_bioenergia_biocombustivel/files/folderbiomassaa4.pdf > Acesso em: 8 set. 2010

SILVA, C. A.; MENDES, M. F.; PESSOA, F. L. P. Predição da solubilidade do ácido pirolenhoso em CO₂ supercrítico usando o modelo de LCVM. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA. 6., Campinas, 2005. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Projeto de cerâmica vermelha**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Mecânica, 2010. Disponível em: <<http://www.labtermo.ufsc.br/siteLabCET/Projetos/Grupo2/Progra2.htm>> Acesso em: 28 Jan. 2011.

3 ESTUDO QUANTITATIVO TEÓRICO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA EM ALAGOAS E USO DOS MESMOS EM FORNOS DO TIPO HOFFMANN.

Neste capítulo serão apresentados os dados obtidos através do levantamento da produção de algumas culturas agrícolas do estado de Alagoas, que podem gerar resíduos para fins energéticos. As culturas agrícolas geram duas classes de resíduos: os agroindustriais e os agrícolas. Entre as culturas produzidas em Alagoas, que têm potencial de geração significativa de resíduos, destacam-se: coco, amendoim, arroz, feijão, mandioca, algodão, milho, entre outras. O motivo para a escolha dessas culturas está no fato de serem representativas em termos de produção e de gerarem grande quantidade de biomassa residual, como já comentado no Capítulo 1.

A classe dos resíduos agroindustriais compreende aqueles provenientes do beneficiamento de produtos agrícolas nas agroindústrias. Por exemplo, no beneficiamento do arroz, trigo, café, milho, coco, castanha de caju, amendoim, etc, são gerados resíduos do tipo cascas e sabugos (CORTEZ, 2008). Esses resíduos podem ser utilizados como uma importante fonte de biomassa para fins energéticos em fornos cerâmicos.

Já a classe dos resíduos denominados agrícolas compreende àqueles resultantes da colheita e que muitas vezes ficam dispostos no próprio campo quase sem nenhuma utilidade ou, em algumas ocasiões, são usados como adubo ou até mesmo para ração animal, como por exemplo, as palhas, as folhas e as ramas de diversas culturas como, por exemplo, mandioca, algodão, cana, feijão e milho. O estado de Alagoas apresenta uma diversificada produção agrícola, nas diversas regiões do Estado, conforme ilustrado no Capítulo 1.

A maioria das culturas pode gerar tanto resíduos agroindustriais como resíduos agrícolas. No entanto, algumas lavouras são consideradas permanentes ou temporárias. A lavoura permanente compreende a área plantada (ou em preparo para o plantio) de culturas de longa duração, tais como: café, coco, laranja, cacau, banana e uva, sendo que, após a colheita, não necessitam de novo plantio, produzindo por vários anos consecutivos. A lavoura temporária abrange as áreas plantadas ou em preparo para o plantio de culturas de curta duração (de ciclo inferior

a um ano) e que necessitam geralmente, de novo plantio após cada colheita, tais como: arroz, algodão, milho, trigo, cana-de-açúcar e hortaliças (IBGE, 2006).

Os dados da produção agrícola de Alagoas foram levantados a partir de informações disponíveis no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), (último censo agrícola realizado no país), no qual se encontra a produção de todos os 102 municípios alagoanos. Além disso, foram utilizados dados da Confederação Nacional dos Municípios (CNM, 2006).

Este capítulo tem como objetivo determinar, a partir da produção agrícola do Estado de Alagoas, levando em conta as culturas permanentes e temporárias, a quantidade de resíduos agroindustriais que podem ser gerados. Nesses estudos só foram considerados os resíduos agroindustriais, pois os resíduos agrícolas são deixados no campo para servir de adubo natural e proteger o solo de erosão, não servindo para queima em fornos ou fornalhas das cerâmicas. Este Capítulo objetiva ainda calcular o potencial teórico da energia primária dos resíduos agroindustriais necessária para alimentar por determinado período de tempo um forno do tipo Hoffmann comum, nas cerâmicas do estado de Alagoas.

3.1 Potenciais de Energia Primária de Resíduos Agroindustriais em Alagoas.

Este item trata basicamente da investigação da quantidade de energia térmica que pode ser gerada no Estado de Alagoas a partir dos resíduos agroindustriais originados das culturas que lhe deram origem. Para este trabalho foram estudadas as culturas: coco, mandioca, feijão, milho, arroz, algodão, soja e amendoim. O tipo de resíduo gerado após o beneficiamento está na forma de casca, com exceção do milho que gera o sabugo.

A cana-de-açúcar foi desconsiderada neste trabalho pelo fato do seu resíduo agroindustrial (bagaço de cana) estar sendo totalmente aproveitado nas próprias caldeiras das usinas de açúcar e destilarias de álcool para geração de vapor e energia (cogeração).

Para se calcular a quantidade de resíduos de cada cultura foi tomada algumas referências para a metodologia de cálculo já que cada cultura produz

resíduos de características diferentes. Para a cultura do coco foi adotado 60% do peso total do fruto como sendo resíduo (casca) (CENBIO, 2008). O peso médio de cada coco pesa em média 500 g (LABEN, 2011). A produção do coco pelo IBGE é dada em unidades (frutos), sendo necessário transformar para toneladas. Para o cálculo residual da casca de arroz e do amendoim, o percentual de casca gira em torno de 30% (CENBIO, 2008). Para a mandioca o fator de conversão foi de 0,1, ou seja, apenas 10% da mandioca é casca (SCAPINELLO et. al., 2006). Para o milho o fator adotado foi de 0,22, pois 22% da espiga de milho é o sabugo (ZIGLIO et. al., 2007). Para o feijão verde, a casca representa 70% da vagem (LABEN, 2011). E finalmente para o algodão, a quantidade de casca presente é de 20,7%. (EMBRAPA, 2000).

Assim, o cálculo da quantidade de resíduos poder ser feito baseado na Equação 3.1.

$$R = P \times \%R$$

└ Percentual de resíduo
└ Produção com resíduo
└ Quantidade de resíduo gerado

(3.1)

A Tabela 3.1 mostra os principais produtos agrícolas de Alagoas, o tipo de resíduo gerado, a quantidade produzida de cada cultura e a quantidade de resíduo que pode ser gerado de cada cultura.

Tabela 3.1 - Dados Referentes as Quantidades Produzidas e de Resíduos Agroindustriais Gerados em Alagoas, Relativas ao Ano de 2006.

PRINCIPAIS PRODUTOS AGRÍCOLAS	TIPO DE RESÍDUO	QUANTIDADE PRODUZIDA (t)	QUANTIDADE DE RESÍDUO (t)
MANDIOCA (RAIZ)	Casca	190 684,00	19 068,40
FEIJÃO (EM GRÃO)	Casca	42 490,00	29 743,00
MILHO (EM GRÃO)	Sabugo	38 664,00	8 506,08
COCO (MIL FRUTOS)	Casca	50 233,00	15 069,90
ARROZ (EM CASCA)	Casca	12 811,00	3 843,30
ALGODÃO HERBÁCEO (EM CAROÇO)	Casca	3 229,00	668,40
AMENDOIM (EM CASCA)	Casca	48,00	14,40

Fontes: IBGE – Dados Econômicos da Produção Agrícola Municipal, 2006 e Confederação Nacional dos Municípios (CNM) em Dados Econômicos da Produção Agrícola Municipal, 2006. Adaptada pelo Autor, (2010).

Observa-se na literatura que o poder calorífico inferior (PCI) dos resíduos agroindustriais é em média aproximadamente 3.000 kcal/kg (CENBIO, 2008; SENAI-RS, 2007). Com esse PCI médio foi possível estimar o potencial energético teórico dos resíduos agroindustriais das principais culturas agrícolas de Alagoas.

A área em que foi coletada cada resíduo está localizada em regiões onde existem cerâmicas. Com base nos valores citados na Tabela 3.1, pode ser calculado o potencial de geração de energia térmica a partir dos resíduos agroindustriais do Estado de Alagoas em fornos cerâmicos.

O poder calorífico define-se como a quantidade de energia na forma de calor liberada pela combustão de uma unidade de massa (JARA, 1989). No Sistema Internacional o poder calorífico é expresso em joules por grama ou quilojoules por quilo, mas pode ser expresso em calorias por grama ou quilocalorias por quilograma. (BRIANE & DOAT, 1985).

Ainda segundo Braine & Doat (1985), o poder calorífico é expresso como superior e inferior. O poder calorífico superior é aquele em que a combustão se efetua a volume constante e no qual a água formada durante a combustão é condensada e o calor que é derivado desta condensação é recuperado.

O poder calorífico inferior é a energia efetivamente disponível por unidade de massa de combustível após deduzir as perdas com a evaporação da água (JARA, 1989).

A Tabela 3.2 apresenta a estimativa energética total e para cada resíduo. Foi admitido que a geração de energia térmica nos fornos é obtida com a queima de 100% da biomassa. Tendo o conhecimento da demanda energética dos fornos das cerâmicas, o resultado que será aqui apresentado permitirá estimar a percentagem equivalente da utilização dos resíduos da biomassa em relação ao combustível atualmente utilizado pelas cerâmicas.

Com os valores dos PCI's dos resíduos (adotou-se um valor teórico de 3000 kcal/kg conforme já mencionado para efeito de cálculo) e a quantidade em massa do resíduo, é possível estimar a quantidade de energia através da Equação 3.2.

$$E = R \times PCI \times 1000 \quad (3.2)$$

E — Energia (Kcal)
 R — Massa de resíduos (Ton)
 PCI — Poder Calorífico Inferior (Kcal/ Kg)

Tabela 3.2 - Estimativa da Quantidade de Energia Térmica dos Resíduos Agroindustriais do Estado de Alagoas Durante um Ano.

PRINCIPAIS PRODUTOS AGROINDUSTRIAIS	QUANTIDADE DE RESÍDUO (t/ano)	ENERGIA TÉRMICA (kcal/ano)
MANDIOCA (RAIZ)	19 068,40	57 205 200 000,00
FEIJÃO (EM GRÃO)	29 743,00	89 229 000 000,00
MILHO (EM GRÃO)	8 506,08	25 518 240 000,00
COCO (MIL FRUTOS)	15 069,90	45 209 700 000,00
ARROZ (EM CASCA)	3 843,30	11 529 900 000,00
ALGODÃO HERBÁCEO (EM CAROÇO)	668,40	2 005 209 000,00
AMENDOIM (EM CASCA)	14,40	43 200 000,00
TOTAL	76 992,68	230 740 449 000,00

Fonte: Elaborada pelo Autor, 2009.

Conclui-se então que o potencial de geração de energia térmica em fornos cerâmicos a partir dos resíduos agroindustriais em Alagoas é de 230 740 449 000 kcal por ano ou de aproximadamente 230 bilhões de kcal por ano.

3.2 Estudos de Caso: Avaliação do Uso, Como Combustível, dos Resíduos Agroindustriais em Fornos do Tipo Hoffmann

O forno Hoffman é de fato utilizado em boa parte das cerâmicas existentes no Estado de Alagoas. Tomando como base um forno Hoffman qualquer de determinada cerâmica que demanda mensalmente uma quantidade 500 toneladas de bambu e 90 toneladas de pó de serra é possível calcular a quantidade de energia que este forno necessita para atender a produção de 1.400.000 blocos por mês.

De acordo com a literatura, o PCI do bambu com 10% de umidade é de 3.700 kcal/kg e o pó de serra seco é de 4.000 kcal/kg (OLIVEIRA et. al., 2007), que

são apresentados na Tabela 3.3, juntamente com a massa demandada pelo forno e a energia que pode ser gerada.

Tabela 3.3 – Quantidade de Combustível, Poder Calorífico Inferior e Quantidade de Energia que Pode Ser Gerada a Partir dos Combustíveis Utilizados num Forno Hoffmann Com Capacidade de 1.400.000 Blocos por Mês.

ESPÉCIE	MASSA (T)	PCI (kcal/kg)	UMIDADE (%)	ENERGIA (kcal / mês)
PÓ DE SERRA	90,00	4 000,00	seco	360 000 000,00
BAMBÚ	500,00	3 700,00	10	1 850 000 000,00
TOTAL	590,00			2 210 000 000,00

Fonte: Elaborada pelo Autor (2010).

De acordo com a Tabela 3.3, observa-se que o forno Hoffman tem uma necessidade energética de 2 210 000 000,00 kcal por mês ou 26 520 000 000,00 kcal por ano, utilizando-se atualmente apenas o pó de serra e o bambu, como citado anteriormente.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 3.2 e 3.3, pode-se avaliar que utilizando 11,49% dos resíduos agroindustriais produzidos em Alagoas durante um ano daria para alimentar um forno Hoffmann de capacidade de produção de 1 400 000 blocos/mês durante o período de um ano.

Sabe-se que a produção de resíduos foi estimada de acordo com a produção agrícola do Estado de Alagoas no ano de 2006 fornecida pelo IBGE. Como se trata de culturas de subsistência e pelo histórico de produção dos últimos anos, espera-se que a produção agrícola do Estado não sofrerá grandes variações, permitindo a sustentabilidade de utilização de resíduos agroindustriais pelas cerâmicas, caso as mesmas venham adotar a substituição.

3.3 Estudos de Caso: Avaliação Energética dos Resíduos Agroindustriais a partir da Produção de Coco e Arroz dos Três Maiores Municípios Produtores do Estado de Alagoas

Os municípios de Marechal Deodoro, Coruripe e Piaçabuçu, localizados no litoral sul de Alagoas, se destacam como os maiores produtores de coco. Segundo o

IBGE (2006) Marechal Deodoro produziu, em um ano, 7.770 mil frutos, Coruripe 8.800 mil frutos e Piaçabuçu com 7.034 mil frutos. É conveniente citar que nesta região não existem grandes cerâmicas, as mais próximas estão localizadas no município de Arapiraca (Cerâmica Arapiraca, Cerâmica Três Irmãos e Cerâmica São Carlos).

Como foi abordado anteriormente, na região dos municípios de Igreja Nova, Penedo e Porto Real do Colégio é cultivado o arroz através dos projetos Boacica e Itiúba, acompanhados pela Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF). A Tabela 3.4 mostra a quantidade produzida de Arroz nos municípios de Igreja Nova, Penedo e Porto Real do Colégio, segundo o senso agropecuário do IBGE em 2006. Em Penedo e Porto Real do Colégio existem cerâmicas de pequeno porte em funcionamento.

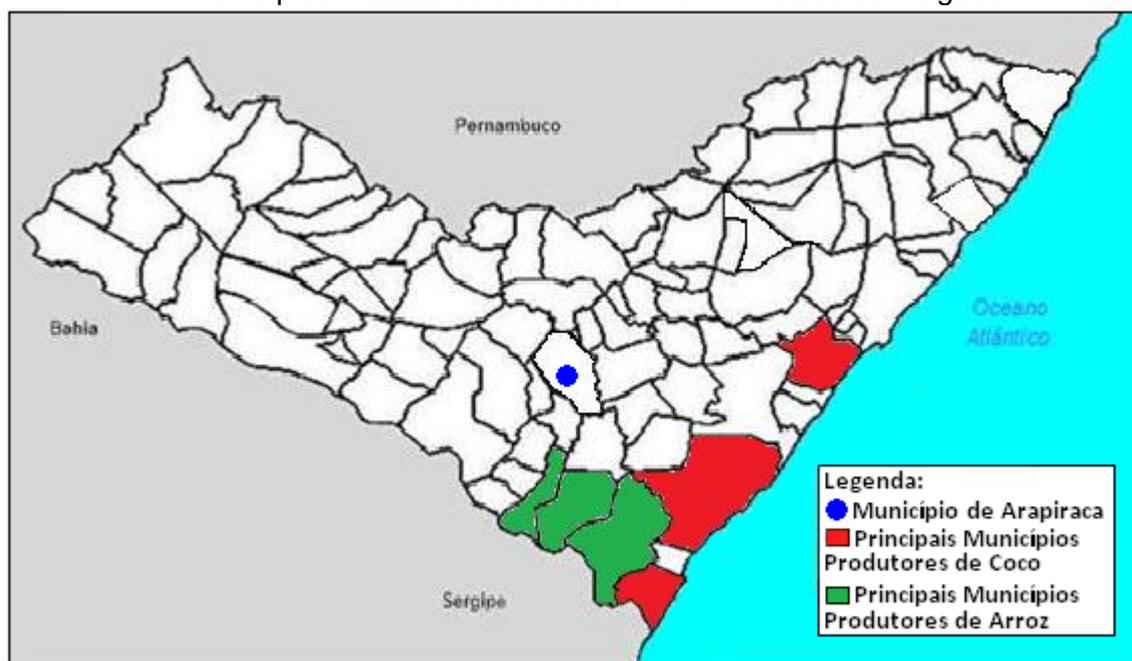
Tabela 3.4 - Produção em Toneladas de Arroz dos Municípios com Maior Produção em Alagoas.

MUNICÍPIOS	ARROZ (CASCA)
IGREJA NOVA	6 235
PORTO REAL DO COLÉGIO	5 060
PENEDO	667

Fonte: IBGE (2006).

A Figura 3.1 mostra a localização geográfica dos três principais municípios produtores de coco e dos três principais municípios produtores de arroz do Estado de Alagoas e ainda a localização geográfica do município de Arapiraca que possui três indústrias de Cerâmica Vermelha. O município de Arapiraca fica localizado na região central do estado o que poderia facilitar o transporte dos resíduos das culturas citadas para as três cerâmicas, caso as mesmas venham a optar por este tipo de combustível.

Figura 3.1 – Localização Geográfica do Município de Arapiraca e dos Principais Municípios Produtores de Coco e Arroz no Estado de Alagoas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2011.

Como foi visto anteriormente, essas culturas geram resíduos que podem ser aproveitados em fornos cerâmicos para geração de energia. A partir do coco se obtém a casca do coco (resíduo agroindustrial), as palhas (resíduos agrícolas) e a partir do arroz se obtém resíduos do tipo agrícola (palhas) e agroindustriais (cascas). Para calcular o total da produção de coco em toneladas, utilizou-se a o peso médio do fruto conforme citado no Item 3.1. Tomando como base apenas os resíduos agroindustriais que podem ser gerados a partir dessas duas culturas, estimou-se a quantidade de energia que estes podem ser geradas, como mostra as Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Produção Total de Coco e de Arroz em Casca, Quantidade de Resíduos Gerados e Energia que Pode Ser Gerada pelos Municípios Produtores.

CULTURA	COCO	ARROZ
TOTAL DA PRODUÇÃO (Frutos)	23 604 000,00	-
TOTAL DA PRODUÇÃO (t)	11 802,00	11 962,00
PCI (kcal/kg)	3 000,00	3 000,00
TOTAL DE RESÍDUOS (t)	7 081,20	3 588,60
	21 243 600	10 765 800
ENERGIA (Kcal)	000,00	000,00

Fonte: Elaborada pelo Autor, 2010.

A soma do total da energia que pode ser gerada através dos resíduos agroindustriais dessas duas culturas é da ordem de 32 009 400 000,00 kcal por ano. Considerando um forno Hoffmann com capacidade de produção de 1 400 000 blocos/mês, que consome anualmente cerca de 26 520 000 000,00 kcal, como citado anteriormente, chega-se a conclusão que se utilizando 82,85% dos resíduos agroindustriais do tipo da casca do coco e de arroz dos municípios citados daria para alimentar esse forno Hoffmann durante o período de um ano.

3.4 Considerações Finais

O valor de energia térmica que pode ser gerada a partir dos resíduos agroindustriais do estado de Alagoas, chega-se a um valor total de aproximadamente 230 bilhões de kcal/ano. Com esse valor conclui-se que a utilização de 11,49% dos resíduos da produção agroindustrial é suficiente para gerar energia térmica para alimentar um forno cerâmico do tipo Hoffman com capacidade de produção de 1.400.000 blocos/mês durante o período de um ano.

Por outro lado, observa-se que utilizando 82,85% dos resíduos agroindustriais gerados pelos três maiores municípios produtores de coco e arroz de Alagoas é possível alimentar 1 (um) forno cerâmico do tipo Hoffman durante um período de um ano. Este fato reforça a tese de que é possível complementar as necessidades energéticas de determinadas cerâmicas utilizando resíduos de culturas típicas de cada região nas quais as mesmas estão localizadas.

Apesar de serem valores teóricos, por se ter utilizado o mesmo valor de PCI encontrado na literatura (3000 kcal/kg) para todos os resíduos, serviu como base para novos estudos com valores de poder calorífico dos resíduos, obtidos experimentalmente.

No Capítulo 4 foram utilizadas amostras de resíduos de diversas regiões próximas as principais cerâmicas do estado, que foram analisadas em laboratório para a determinação de características físico-químicas e termodinâmicas. Para o aproveitamento dos resíduos agroindustriais em fornos cerâmicos é necessário também uma avaliação econômica levando em consideração à distância percorrida

pelo resíduo do local de coleta até o local de queima, a forma de transportar os resíduos e ainda os custos de transporte, incluindo o frete, tratados no Capítulo 6.

Nos próximos capítulos foram efetuados estudos direcionados a cinco importantes cerâmicas do Estado de Alagoas, localizadas em diferentes regiões, sendo avaliada a disponibilidade de resíduos da produção agrícola da região do entorno de cada cerâmica levando em conta sempre os resíduos agroindustriais.

REFERÊNCIAS

ALAGOAS. Secretaria de Desenvolvimento Econômico. **Balço energético do estado de Alagoas 2006, ano base 2005**. Maceió: CEPAL, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. EMBRAPA. O que fazer com a semente?: algodão utilidades. **Revista Cultivar**, p.38-39, 2000..

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balço energético nacional 2007, no base 2006**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>> Acesso em: 15.out. 2008.

BRIANE, D.; DOAT, J. **Guide technique de la carbonisation: la fabrication du charbon de bois**. Aix-en-Provence, ÉDISUD, 1985.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA. Instituto de Eletrotécnica e Energia. **Metodologias de cálculo para conversão energética**. São Paulo: USP, 2008. Disponível em: <<http://cenbio.iee.usp.br/download/metodologiabiomassa.pdf>> Acesso em: 12 set. 2008.

COELHO, S. T. et al. **Capacitação do setor elétrico brasileiro em relação à mudança global do clima**. Brasília, DF: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2002. PROJETO BRA/00/029.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICÍPIOS. **Dados econômicos da agricultura 2006**. Disponível em: <<http://www.cnm.org.br/>>. Acesso em: 5 out. 2008.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E.; GÓMEZ, E. O. (Org.). **Biomassa para energia**. Campinas: Editora da UNICAMP, 2008.

COUTO, L., MULLER, M. D.; Florestas Energéticas no Brasil. In: _____; CORTEZ, L. A. B. (Org.) **Biomassa para energia**. Campinas: Editora da UNICAMP, 2008. p.93-109

DEMIRBAS, A. Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuel and chemicals. **Energy Conversion & Management**, v. 42. p. 1357-1378, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Levantamento das lavouras permanentes e temporárias no estado de Alagoas, 2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>> acesso em: 5 out. 2008.

_____. **Levantamento das lavouras permanentes e temporárias no estado de Alagoas, 2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 5 out. 2008.

GOMES, B. M. Energia e Desenvolvimento. In: CAVALCANTI FILHO, A. (Org.) **Alagoas novo tempo de oportunidades**. Maceió: SEPLAN-AL, 2004. p.12-16.

HALL, D. O; HOUSE, J. I; SCRASE, I. Visão geral de energia e biomassa. In: Rosillo-Calle, F.; Bajay, S. V.; Rothman, H. (Org.); **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira**. Campinas: Editora da UNICAMP, 2005. p. 131-134.

JARA, E. R. P. **O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989. Comunicação Técnica, n. 1797.

LORA, E. E. S.; NOGUEIRA, L. A. H. **Dendroenergia, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Interciência, 2003.

LORA, E. S. Tecnologia e aplicação racional de energia elétrica e de fontes renováveis na agricultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. 26., 1997. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UFCG, p.97-128, 1997.

LIN, K. S. A process development for gasification of rice husk. **Fuel Processing Technology**, v. 55, p.185-192, 1998.

MOURAD, A. I; AMBROGI, V. S; GUERRA, S. M. G. **Potencial de utilização energética de biomassa residual de grãos**. Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/energia/agre2004/Fscommand/PDF/Agrener/Trabalho%20107.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2008.

OLIVEIRA, J. M.; SANTANA, L. F.; PINTO, F. S. T. **Poder calorífico de combustíveis**. Porto Alegre: SENAI-RS, Centro Nacional de Tecnologias Limpas. 2007. (Série manuais de produção mais limpa) Disponível em: <<http://www.agraçadaguimica.com.br/quimica/arealegal/outros/262.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2010.

SCAPINELLO, C. et al. **Utilização da farinha de varredura de mandioca na alimentação de coelhos**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Zootecnia, 2006. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/viewFile/663/409>>. Acesso em: 12 mar. 2011.

SERVIÇO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Centro Nacional de Tecnologias Limpas. **Poder calorífico de combustíveis**. Porto Alegre: SENAI-RS, 2007. Disponível em: <<http://www.sbri.ibict.br>>. Acesso em: 15 set. 2008.

SILVA, N. A. **Construção e operação de biodigestor: modelo chinês**. 3. ed. Brasília: EMBRATER, 1983.

SILVA, I. T.; SILVA, I. M. O.; ROCHA, B. R. P. Geração de energia a partir de resíduos de mandioca para agricultura familiar no estado do Pará. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., Campinas, 2002. **Anais...** Campinas: AGRENER, 2002.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL NO ESTADO DE ALAGOAS. Departamento Técnico. **Relatório estatístico da safra 2006/2007**. Maceió, 2007.

SOUZA, S. N. M. Energia excedente de biomassa nas usinas de açúcar e álcool para produção de hidrogênio. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 4., Chillán, 2001. **Anais...** Chillán, 2001. v. 1, p. 131-133.

SOUZA, S.N.M.; SORDI, A.; OLIVA, C. A. Potencial de energia primária de resíduos vegetais no Paraná. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., Campinas, 2002. **Anais...** Campinas: AGRENER, 2002.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS. Instituto de Química & Biotecnologia. Laboratório de Biocombustíveis e Energia. **Análise do teor de casca presente no feijão verde e na casca de coco**. Maceió, 2011.

VOIVONTAS, D. Assessment of biomass potential for power production: a GIS based method. **Biomass and Bioenergy**, v. 20, p. 101-112, 2001.

WARREN, T. J. B. Converting biomass to electricity on a farm-sized scale using downdraft gasification and a spark-ignition engine. **Biorsource Technology**, v. 52. p. 95-98, 1995.

WALISIEWICZ, M. **Energia alternativa**: solar, eólica, hidrelétrica e de biocombustíveis. Tradução: Elvira Serapicos. São Paulo: Publifolha, 2008.

WILTSEE, G.A. **Lessons learned from existing biomass power plants**. In: BIOMASS CONFERENCE OF THE AMERICAS, 4th : Biomass, a Growth Opportunity in Green Energy and Value-Added Products, 1999, Oakland. **Proceedings...** New York: Pergamon, 1999. v. 1, p. 79-84.

ZIGLIO, B. R. et al. Elaboração de pães com adição de farinha de sabugo de milho. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava: UNICENTRO, v. 9, n. 1, 2007. Disponível em: <<http://www.unicentro.br/editora/revistas/recen/v9n1/115-128.pdf>>. Acesso: 12 mar. 2011

4 ESTUDO TÉCNICO DA POSSIBILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA EM FORNOS DAS PRINCIPAIS CERÂMICAS DE ALAGOAS.

Apenas a pouco mais de cem anos a biomassa passou a ter redução na sua liderança histórica para a geração de energia a partir do carvão, devido ao crescimento constante do emprego do petróleo e do gás natural.

No entanto, atualmente, em maior ou menor intensidade, boa parte dos países, sejam eles desenvolvidos ou não, estão promovendo ações para que as energias alternativas renováveis tenham participações significativas em suas matrizes energéticas. O motivo para essa mudança de postura é a necessidade da diminuição do uso de derivados do petróleo e, conseqüentemente, a dependência energética desses países em relação aos países exportadores de petróleo. Vale reforçar também, que com a redução no consumo dos derivados do petróleo consegue-se reduzir a emissão de gases agentes do efeito estufa (CORTEZ et. al., 2008).

De acordo com a Agência Internacional de Energia (AIE) estima-se que em aproximadamente vinte anos, cerca de 30% do total da energia consumida pela humanidade será originada de fontes renováveis (BEM, 2004). No Brasil atualmente 45,3 % da energia produzida é de origem renovável, e nesse cenário a biomassa tem 15,1 % na participação da oferta (Ministério de Minas e Energia – BEN 2009). Alagoas consome cerca de 80% de energia proveniente de fonte renovável, da qual a biomassa representa aproximadamente 31%, proveniente do bagaço de cana e da lenha (SEDEC, 2007).

Como foi comentado anteriormente, além da cana-de-açúcar, o estado de Alagoas possui outros tipos de biomassa que podem ser aproveitados (biomassas residuais de origem agroindustrial) para fins energéticos, como é o caso do arroz (casca), milho (sabugo), mandioca (cascas), amendoim (cascas), algodão (cascas), entre outros.

A caracterização analítica da biomassa, sem processamento, antes da compactação é fundamental em termos de comparação com a análise da biomassa prensada (briquete ou *pellet*) que será realizada posteriormente, após instalação de uma usina piloto de compactação na UFAL. Estas análises avaliam as características físico-químicas e termodinâmicas da biomassa.

As caracterizações que foram realizadas em amostras de biomassa coletadas no estado de Alagoas foram: o poder calorífico superior (PCS) – que avalia o poder de queima da biomassa através de um calorímetro; densidade – que determina a massa de amostra por unidade de volume; teor de umidade – que quantifica em porcentagem a água presente na biomassa; teor de cinzas – que avalia a quantidade de matéria presente na biomassa de origem mineral existente na amostra e granulometria – que determina a dimensão das partículas do material após passar pelo trituração.

Existem, atualmente, 25 (vinte e cinco) empresas produtoras de cerâmica vermelha filiadas ao SINDICER - AL (Apêndice A), distribuídas por 11 (onze) municípios (SINDICER - AL, 2009), funcionando com sistemas praticamente artesanais de fabricação de telhas e tijolos.

Devido à escassez de combustível vegetal, atualmente utilizado para alimentar os fornos, algumas cerâmicas estão utilizando madeira nativa da Mata Atlântica ou da Caatinga provocando devastação nestes biomas. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), a principal razão é a falta de alternativas energéticas para a região. No Nordeste, a vegetação é derrubada especialmente para fazer lenha e carvão (ALENCASTRO, 2010). Sabe-se que a derrubada desse tipo de vegetação para qualquer tipo de utilização na indústria madeireira, de carvão ou qualquer outro segmento é proibida, por parte da legislação ambiental (IBAMA, 2000). As cerâmicas de Alagoas estão com dificuldades para conseguir fornecedores legalizados de biomassa de origem vegetal. Por conta disso em maio de 2009 várias empresas do segmento cerâmico do Estado de Alagoas foram impedidas de operar ou multadas pelo fato de estarem utilizando madeira ilegal e ainda não dispõem de licenciamento do órgão ambiental Estadual (IMA) e do órgão ambiental federal (IBAMA) para o funcionamento. Algumas cerâmicas em Alagoas também foram impedidas de funcionar naquele ano pelo fato de não serem licenciadas pelo Departamento Nacional de Pesquisas Minerais (DNPM), responsável pela concessão de licença para que as mesmas possam extrair a argila (SEDEC, 2009).

Em questionários (APENDICE B), aplicados às cinco maiores indústrias cerâmicas de Alagoas (Figura 4.1), que fazem parte do projeto SINDICER – AL / UFAL, pode-se observar que algumas dessas já utilizam em seus fornos, sem o controle das características físico-químicas e termodinâmicas, combustível oriundo

de biomassa residual, como por exemplo, a casca de coco, o bambu, pó de serra e eucalipto em substituição à madeira nativa.

Figura 4.1 - Localização Político-Geográfica das Cerâmicas do Projeto SINDICER – AL/UFAL.



Fonte: Elaborada pelo autor, (2010).

Através de estudo do aproveitamento de resíduos agroindustriais com procedimentos técnicos, observando a localização das culturas que lhes deram origem e ainda as características, como a umidade, a densidade, o poder calorífico, a granulometria e o teor de cinzas, percebe-se que a utilização desses resíduos poderia beneficiar o setor cerâmico, substituindo os atuais combustíveis não renováveis. O aproveitamento dos resíduos agroindustriais poderia evitar a destruição de parte da flora nativa ou de árvores frutíferas que servem de alimento humano ou animal. No decorrer deste trabalho serão mostrados alguns estudos referentes à energia térmica que pode ser gerada a partir da queima dos resíduos da produção agrícola dos municípios limítrofes às cerâmicas, mostradas na Figura 4.1, para a queima em seus fornos.

4.1 Metodologia

4.1.1 Questionário

Como foi citado anteriormente, por solicitação do autor ao SINDICER - AL, foi aplicado um questionário a cinco importantes cerâmicas do estado que fazem parte do projeto de cooperação técnica entre a Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e o SINDICER – AL, localizadas em diferentes regiões geográficas do estado de Alagoas. O questionário teve como objetivo conhecer o tipo e a quantidade de combustíveis utilizados nos fornos, a produção destes fornos, os tipos de produtos, o gasto mensal com combustível e as principais dificuldades enfrentadas pelos empresários ceramistas.

4.1.2 Coleta de Amostras

Foram selecionadas as cinco cerâmicas, localizadas nos seguintes municípios: Cerâmica Arapiraca (Município de Arapiraca), Cerâmica Capelli (Município de Capela), Cerâmica Bandeira (Município de Capela), Cerâmica E.F.V Silva/Barra Grande (Município de Maragogi) e Cerâmica Camaragibe (Município de Passo de Camaragibe), representadas na Figura 4.1. Depois dessa seleção foi feita uma quantificação da biomassa residual gerada nos municípios que se limitam com as mesmas, incluindo o seu município sede. Logo após, foram realizadas as coletas de aproximadamente 1(um) kg de cada resíduo em cada município selecionado nos meses de junho e setembro, ou seja, no período de inverno e verão. Os materiais foram coletados em sacos plásticos e encaminhados para análises físico-químicas (Poder Calorífico, Densidade, Umidade, Teor de Cinzas e Granulometria), as quais permitem uma avaliação da possibilidade de aproveitamento dos mesmos nos fornos cerâmicos em diversas épocas do ano. A metodologia de qualificação e quantificação dos resíduos está descrita nos tópicos seguintes.

4.1.3 Poder Calorífico Superior (PCS)

Como definido no Capítulo 3, o poder calorífico ou capacidade calorífica é a energia térmica total disponível no combustível, medida em unidades de energia por unidade de massa. O poder calorífico divide-se em superior e inferior. O poder calorífico superior (PCS) é aquele em que a combustão se efetua a volume constante e no qual a água formada durante a combustão é condensada e o calor que é derivado desta condensação é recuperado (BRIANE & DOAT, 1985). Já o poder calorífico inferior (PCI) é a energia efetivamente disponível por unidade de massa de combustível após deduzir as perdas com a evaporação da água (JARA, 1989).

O poder calorífico das amostras foi determinado utilizando-se um Calorímetro IKA C 200 (ASTM D-2382), seguindo as normas ABNT NBR 8633/84, a qual fornece somente o PCS. A Figura 4.2 mostra o Calorímetro IKA C 200 instalado no Laboratório de Biocombustíveis e Energia (LABEN) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

Figura 4.2 – Calorímetro IKA C 200 (ASTM D-2382)



Fonte: Acervo do Autor, 2011.

A amostra da substância foi colocada num pequeno cadinho no interior da bomba calorimétrica (Figura 4.3). Essa câmara de combustão de aço inox, capaz de resistir a grandes pressões, tem válvula para a admissão de oxigênio e também contatos elétricos para provocar a inflamação da amostra.

Figura 4.3 – Bomba Calorimétrica do Calorímetro IKA C 200 (ASTM D-2382)



Fonte: Acervo do Autor, 2011.

Depois que a amostra é inserida, a bomba é hermeticamente fechada e recebe carga de oxigênio sob pressão de aproximadamente 25 (vinte e cinco) kgf/cm^2 . A bomba calorimétrica é então imersa no calorímetro, (vaso que apresenta excelente isolamento térmico) que contém massa de água conhecida, sob agitação. O sistema trabalha em condições adiabáticas, não havendo perda nem ganho de calor do calorímetro para as vizinhanças. Quando todos os componentes dentro do calorímetro atingem uma temperatura uniforme e constante, provoca-se a inflamação da amostra, mediante uma corrente elétrica que passa por um fio condutor que fica em contato com a mesma. O calor liberado na combustão causa a elevação da temperatura da água. Esta temperatura é cuidadosamente medida, com um termômetro de precisão de Beckmann, antes da reação e depois do término da reação, quando a temperatura no interior do calorímetro é novamente constante. A variação de temperatura ΔT , observada no calorímetro é proporcional ao calor que a reação liberta ou absorve. (OPERATING INSTRUCTIONS IKA C 200, 2010)

Para a determinação do PCS, todas as análises foram realizadas em triplicata, visando um resultado mais real possível. O tempo de queima varia de acordo com o modo de operação do calorímetro. Como foi usado o modo dinâmico, o tempo é de aproximadamente 8 (oito) minutos. Após o término do processo de queima, a tela do equipamento mostra o valor do poder calorífico superior (PCS) em unidade pré-determinada (J/g).

O poder calorífico de um combustível é definido como a quantidade de calor esprendida na sua queima completa, estequiometricamente. Caso esta quantidade de calor seja medida com a água gerada na queima a fase gasosa, o poder calorífico é chamado de Poder Calorífico Inferior (PCI) e caso a água gerada na

combustão seja considerada na fase líquida, tem-se o Poder Calorífico Superior (PCS). A diferença entre eles é, portanto, exatamente a entalpia de vaporização da água formada pela queima do hidrogênio contido no combustível e da água já contida do combustível como unidade do mesmo (Garcia, 2002), (Andrade, 2010).

Assim, a relação matemática entre o PCS e o PCI é dada pela Equação 4.1:

$$\text{PCI} = \text{PCS} - 2440 (9\text{H} + \text{U}) \quad (4.1)$$

Onde:

- PCI - Poder Calorífico Inferior [kJ/kg] em base seca;
- PCS - Poder Calorífico Superior [kJ/kg], determinado com o uso do Calorímetro;
- H - Teor de hidrogênio do combustível [kg/kg] em base seca;
- U - Teor de umidade do combustível [kg (H₂O)/kg (combustível seco)], determinado através da estufa de secagem;

Usou-se para a variável H o valor de 6,5 %, pois em biomassas o teor de hidrogênio varia entre 6 – 6,5%, então, de acordo com a fórmula matemática mencionada para o cálculo do PCI tem-se um valor mínimo para o mesmo quando utiliza-se um H de 6,5%. (RANADE & KAWRE, 2010)

O cálculo utilizado para se obter a quantidade de energia produzida a partir dos resíduos agroindustriais foi realizado multiplicando-se o valor do PCI do resíduo pelo valor da produção do resíduo. O valor obtido é dado em Kcal. O mesmo procedimento foi utilizado para o cálculo da energia dos combustíveis usados atualmente nas cerâmicas.

4.1.4 Teor de Umidade

O teor de umidade afeta as propriedades físicas de uma substância, como o peso, a densidade, a viscosidade, o índice refração, a condutividade elétrica, entre outras. Para determinar este teor, se utilizam técnicas químicas, termogravimétricas ou de perda na secagem, seguindo as Normas ABNT NBR 8112.

Utilizou-se uma estufa de secagem, para a determinação da umidade, retirando água na secagem.

O método de medição é baseado em quantidades conhecidas de biomassa, sendo a umidade determinada por pesagens antes e depois da secagem na estufa. O tempo e a temperatura necessários para o processo de secagem dependem do tipo de biomassa e de sua granulometria (se estão inteiras ou trituradas). No procedimento para a determinação do teor de umidade foi utilizado um cadinho de porcelana de massa conhecida, no qual foram colocados 5 (cinco) g da amostra. Após, o sistema foi colocado em uma estufa de secagem durante 90 minutos a 105°C. Passado o tempo programado, deixou-se a amostra esfriar no dessecador para que a mesma ficasse com peso constante.

A massa que foi perdida na secagem corresponde a massa de água. Desta forma foi calcular o teor de umidade em porcentagem.

4.1.5 Densidade

A densidade é a relação entre a massa de um material e o seu volume. Colocando-se uma amostra de massa conhecida em um balão volumétrico de fundo redondo e adicionando água é possível encontrar o volume da amostra e, portanto calcular a densidade da mesma, seguindo as Normas ABNT NBR 6922. No procedimento para a determinação da densidade foi utilizado um balão volumétrico de fundo redondo de massa e volume conhecidos, no qual foram colocados 5g de amostra. Depois, o conjunto balão mais a amostra foram pesados. Foi adicionado água até a marcação do volume do balão e posteriormente foi pesado novamente. A temperatura da água utilizada foi anotada para o cálculo do volume de água colocada.

Relacionando a massa total, o volume total e utilizando o valor de densidade da água facilmente calculou-se a densidade do resíduo.

4.1.6 Granulometria

De uma forma geral, a biomassa quando triturada é composta por um grande número de partículas que possuem diferentes dimensões. A granulometria

ou análise granulométrica é o processo que visa definir, para determinadas faixas pré-estabelecidas de tamanho de grãos, a porcentagem em peso de cada tamanho em relação à massa total da amostra em análise. Um dos métodos de análise da granulometria é o peneiramento, seguindo a Norma ABNT NBR 8112/83

Na análise granulométrica faz-se necessário uma quantidade de aproximadamente 500g da biomassa a ser analisada. Esta quantidade foi pesada em uma balança de duas casas decimais, após colocada em jogo de peneiras acoplado a um sistema vibratório para a sua classificação, durante um tempo de 20 minutos. Este jogo de peneiras consiste em cinco peneiras de diferentes tamanhos das malhas (*mesh*) que são 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.

4.1.7 Teor de Cinzas

As cinzas são resíduos inorgânicos resultantes da oxidação completa da matéria orgânica e representa o teor total de elementos minerais presentes nas amostras. É importante quantificar o teor de cinzas da biomassa pelo fato de que, quanto mais cinzas o combustível gerar menor será também a quantidade de energia produzida. As cinzas também comprometem a qualidade dos produtos cerâmicos, em consequência da diminuição da eficiência de queima dos mesmos. Além disso, por se tratar de um resíduo, devem ter o seu destino correto, em função dos componentes presentes. Na determinação do teor de cinzas foi colocado 1g de amostra, isenta de umidade e de granulometria inferior a 0,210mm, num cadinho previamente seco e tarado, seguindo a Norma ASTM D 1765. Depois foi colocado o cadinho com a amostra de biomassa na mufla previamente aquecida a $700 \pm 10^{\circ}\text{C}$. Em seguida, deixou-se o cadinho na mufla até que ocorresse queima total. Por fim, retirou-se a amostra da mufla e esfriou-a em um dessecador para determinar a massa final, até o peso constante.

4.1.8 Quantificação da Biomassa Residual

Para se calcular a quantidade de resíduos de cada cultura foi adotada a mesma metodologia do Capítulo 3. Ou seja, como foi visto para cada cultura existem diferentes percentagens residuais que foram aplicadas na Equação 3.1 do Capítulo 3.

4.1.9 Cálculo de Energia dos Resíduos

O cálculo utilizado para se obter a quantidade de energia produzida a partir dos resíduos agroindustriais foi realizado multiplicando-se o valor do PCI do resíduo pelo valor da produção do resíduo. O valor obtido é dado em kJ. O mesmo procedimento se dá para o cálculo de energia dos combustíveis usados atualmente nas cerâmicas. Nos próximos itens estão descritos os cálculos de geração de energia térmica proveniente da queima dos resíduos, nos fornos das cinco cerâmicas do Estado de Alagoas em comparação com a demanda energética atual.

4.2 Cerâmica Arapiraca

A Cerâmica Arapiraca utiliza para queima em seus fornos a madeira da algaroba e também lenha de frutíferas (típicas da região). Conforme Apêndice B, a cerâmica informa que utiliza mensalmente de 360 m³ de algaroba e 360 m³ de mangueira, o que resulta numa quantidade anual de 8 640 m³ ou uma quantidade mensal de 720 m³ de ambas as madeiras.

A Tabela 4.1 apresenta as espécies arbóreas atualmente utilizadas para queimas nos fornos da Cerâmica Arapiraca, o consumo mensal demandado dessas espécies, a densidade (Dens.), o poder calorífico superior, a umidade (Umid.) e a quantidade de energia que pode ser gerada.

Tabela 4.1 - Características Físico-Químicas e Quantidade de Energia que Pode Ser Gerada a Partir das Espécies Arbóreas Utilizadas na Cerâmica Arapiraca-AL

ESPÉCIE	Consumo Mensal (m ³)	Dens. (kg/m ³)	Quant. de Lenha (kg)	PCS (kJ/kg)	Umid. (%)	PCI (kJ/kg)	Energia (kJ)
ALGAROBA	360	756	272 160	20 737,22	20,00	18 821,82	5 122 546 531
MANGUEIRA	360	570	205 200	10 048,32	20,00	8 132,92	1 668 875
Total	720	-	477 360	-	-	-	6 791 421 715

Fonte: Elaborada pelo autor (2010).

De acordo com a Figura 4.1, observa-se que a Cerâmica Arapiraca, está localizada no município de Arapiraca, limitando-se com os municípios de Coité do Noia, Feira Grande, Girau do Ponciano, Igaci, Jaramataia, Lagoa da Canoa, Limoeiro de Anadia, Major Isidoro, São Sebastião e Taquarana.

Esses municípios são grandes produtores de algodão arbóreo, amendoim, feijão, mandioca, milho e coco.

A Tabela 4.2 apresenta a produção das culturas de cada um dos municípios da região da Cerâmica Arapiraca e ainda a produção total de cada cultura da região.

Tabela 4.2 – Quantidade Produzida das Principais Culturas nos Municípios Adjacentes à Cerâmica Arapiraca - AL.

MUNICÍPIO	ALGODÃO (Caroço)	AMENDOIM (casca)	FEIJÃO (Grão)	MANDIOCA (Raiz)	MILHO (Grão)	COCO (Mil Frutos)
ARAPIRACA	60	0	2 450	30 000	1 056	0
COITÉ DO NOIA	39	0	160	2 250	250	0
FEIRA GRANDE	15	0	162	10 400	450	0
GIRAU DO PORCIANO	300	0	380	18 200	1 500	105
IGACI	180	8	2 205	10 000	1 900	0
JARAMATAIA	36	0	240	0	500	0
LAGOA DA CANOA	30	0	270	5 250	270	0
LIMOEIRO DE ANADIA	0	0	260	2 125	140	35
MAJOR ISIDORO	100	0	1 592	0	430	0
SÃO SEBASTIÃO	0	11	404	16 000	960	3 604
TAQUARANA	10	11	1 578	18 200	1 322	15
CRAÍBAS	480	0	563	13	202	0
PROD. TOTAL (t)	1 250	30	10 264	112 438	8 980	3 759

Fonte: Censo de Produção Agrícola 2006 (IBGE), Adaptada pelo autor.

A Tabela 4.3 mostra os valores médios dos PCI's dos resíduos de cada município da região da Cerâmica Arapiraca, obtidos através de análises em dias subsequentes a coleta. A Tabela 4.3 mostra ainda o tipo de resíduo, a quantidade em massa e a quantidade de energia térmica que pode ser gerada a partir desses resíduos, os quais foram coletados nos meses de Junho a Setembro de 2010.

O valor encontrado para a energia que pode ser gerada a partir dos resíduos agroindustriais disponíveis na região da Cerâmica Arapiraca é de 287 288 793 233 kJ.

Como foi abordado anteriormente, a Cerâmica Arapiraca atualmente demanda um valor energético mensal da ordem de 6 791 421 715 kJ, conforme se observa na Tabela 4.1. E anualmente, este consumo com lenha é da ordem de 81 497 060 580 kJ.

Tabela 4.3 – Culturas, tipos de resíduos, quantidade de resíduos, valores do Poder Calorífico Superior (PCS) e quantidade de energia que pode ser gerada a partir dos resíduos agroindustriais da região da Cerâmica Arapiraca - AL.

CULTURA	Produção (Kg)	Quantidade de Resíduos (Kg)	PCS (kJ/kg)	Umidade (%)	PCI (kJ/kg)	Energia(KJ)
ALGODÃO (CASCA)	1 250 000	258 750	17 999,8	12,50	16 267,40	4 209 189 750
FEIJÃO (CASCA)	10 264 000	7 184 800	16 778,0	12,50	15 045,60	108 099 626 880
MANDIOCA (CASCA)	112 438 000	11 243 800	13 684,0	12,13	11 960,63	134 482 909 106
MILHO (SABUGO)	8 980 000	1 975 600	16 950,0	9,74	15 284,94	30 196 935 366
COCO (CASCA)	1 879 500	1 127 700	11 584,0	41,92	9 133,75	10 300 132 130
TOTAL						287 288 793 233

Fonte: Elaborada pelo autor (2010).

Desta forma, usando-se 28,37% da produção anual dos resíduos agroindustriais dos municípios limítrofes a Cerâmica Arapiraca é possível suprir as necessidades energéticas anuais da mesma. O uso desses resíduos poderia evitar, por exemplo, a utilização de espécies arbóreas frutíferas para queima e ao mesmo suprir as necessidades de combustível.

4.3 Cerâmica Capelli

A Cerâmica Capelli utiliza para queima em seus fornos lenha de mangueira amarela, bambu, algaroba, mangueira, cajazeira, cajueiro, sabiá, (típicas da região), conforme Tabela 4.4. De acordo com o Apêndice B, a Cerâmica informa que utiliza 1 700 metros cúbicos de lenha ao mês, o que resulta numa quantidade anual de 20 400 m³ de lenha. Em razão de não haver um padrão da quantidade de uso de cada espécie mensalmente optou-se em se fazer uma média dos resultados dos materiais, dando assim uma característica única do combustível atualmente utilizado.

De acordo com as análises efetuadas a densidade média das diversas madeiras utilizadas da região é de 700 kg/m³ como mostra a Tabela 4.5. Com isso tem-se que a quantidade anual de lenha utilizada na Capelli é de 14 280 toneladas.

A Tabela 4.4 mostra além das espécies, à origem, a densidade, a umidade e o poder calorífico superior de cada espécie utilizada para queima nos fornos da Capelli.

Tabela 4.4 - Características Físico-Químicas das Espécies Arbóreas Utilizadas na Cerâmica Capelli - AL.

Biomassa	Região	PCS médio (kCal/kg)	Densidade (kg/m ³)	Umidade (%)
Mangueira Amarela	Capela	13.785,29	800,00	43,41
Bambu	Capela	14.099,30	680,00	18,82
Algaroba	Capela	13.253,02	520,00	29,93
Mangueira	Capela	5.310,54	770,00	51,07
Cajazeira	Capela	11.912,28	770,00	60,00
Cajueiro	Capela	11.558,08	750,00	60,64
Sabiá	Viçosa	14.881,56	740,00	22,25
Cajueiro	Viçosa	15.607,05	560,00	21,92
MÉDIA		12.550,89	700,00	38,51

Fonte: Elaborada pelo Autor (2010).

Ainda considerando a Tabela 4.4 e as análises efetuadas foi verificado que o poder calorífico superior médio (PCS) das diversas espécies arbóreas utilizadas é de aproximadamente 12.550,89 kcal/kg.

A Tabela 4.5 apresenta a quantidade mensal de lenha demandada, a densidade média, o poder calorífico superior médio, o poder calorífico inferior médio e a quantidade de energia que pode ser gerada, através da queima da biomassa atualmente empregada pela Cerâmica Capelli.

Tabela 4.5 - Características Físico-Químicas e Quantidade de Energia que Pode Ser Gerada a Partir da Lenha Utilizada na Cerâmica Capelli - AL

Combustível	m ³ de Lenha (mensal)	Dens. (kg/m ³)	Quant. de Lenha (kg)	PCS (kJ/kg)	Umid. (%)	PCI (kJ/kg)	Energia (kJ)
LENHA	1 700	700,00	1 190 000	12 550,89	38,51	10 183,80	12 118 778 301

Fonte: Elaborada pelo autor (2010).

Ainda de acordo com a Figura 4.1, observa-se que a Cerâmica Capelli está localizada no município de Capela, limitando-se com os municípios Atalaia, Cajueiro, Murici e Viçosa. Esses municípios são grandes produtores de algodão arbóreo, amendoim, feijão, mandioca, milho e coco.

A Tabela 4.6 apresenta a produção das culturas de cada um dos municípios da região da Cerâmica Capelli e ainda a produção total de cada cultura da região.

Tabela 4.6 – Quantidade Produzida das Principais Culturas nos Municípios Limítrofes à Cerâmica Capelli - AL.

MUNICÍPIO	FEIJÃO (Grão)	MANDIOCA (Raiz)	MILHO (Grão)	COCO (Mil Frutos)	AMENDOIM (Casca)
CAPELA	12	93	18	0	0
ATALAIA	50	900	60	160	4
CAJUEIRO	5	76	12	0	0
MURICI	30	200	16	0	0
VIÇOSA	25	237	25	0	0
BRANQUINHA	74	108	6	0	0
UNIÃO DOS PALMARES	290	387	72	0	0
PROD. TOTAL (t)	486	2 001	209	160	4

Fonte: Censo de Produção Agrícola 2006 (IBGE) adaptada pelo autor.

Através de análises efetuadas, em dias subsequentes a coleta, foi possível construir a Tabela 4.7, a qual apresenta valores médios dos PCS e PCI dos resíduos dos municípios da região da Cerâmica Capelli, assim como o tipo de resíduo, a quantidade em massa e a quantidade de energia produzida a partir dos mesmos. A colheita dessas culturas para análises foram realizadas nos meses de junho a setembro de 2010.

Na Tabela 4.7 são mostrados os tipos e as quantidades de resíduos da região da Cerâmica Capelli, bem como os valores correspondentes do poder calorífico superior e inferior e ainda a energia que pode ser obtida com a queima destes resíduos agroindustriais. O valor encontrado para a energia que pode ser gerada a partir dos resíduos agroindustriais da região da Cerâmica Capelli é de 9 083 940 300 kJ.

Tabela 4.7 – Culturas, Tipos de Resíduos, Quantidade de Resíduos, Valores do Poder Calorífico Superior (PCS) e Quantidade de Energia que Pode Ser Gerada a Partir dos Resíduos Agroindustriais da Região da Cerâmica Capelli - AL.

CULTURA	PRODUÇÃO (kg)	QUANTIDADE DE RESÍDUO (kg)	PCS (kJ/kg)	UMIDADE (%)	PCI (kJ/kg)	ENERGIA (kJ)
FEIJÃO (CASCA)	486 000	340 200	16 559	12,55	14 825,38	5 043 594 276
MANDIOCA (CASCA)	2 001 000	200 100	15 039	11,67	13 326,85	2 666 703 085
MILHO (SABUGO)	209 000	45 980	16 335	13,76	14 571,86	670 013 938,9
COCO (CASCA)	800 00	48 000	16 236	16,40	14 408,44	691 605 120
AMENDOIM (CASCA)	2 000	600	21 638	7,00	20 039,80	12 023 880
TOTAL						9 083 940 300

Fonte: Elaborada pelo Autor (2010).

Como foi visto anteriormente, a Cerâmica Capelli tem atualmente uma demanda energética mensal da ordem de 12 118 778 301 kJ conforme observado na Tabela 4.5. Anualmente, este consumo com lenha é da ordem de 145 425 339 612 kJ.

Observando os valores encontrados nota-se que a energia que pode ser gerada anualmente pelos resíduos agroindustriais da região da Cerâmica Capelli poderia suprir 6,25 % da demanda anual da mesma.

Com este resultado, a Cerâmica Capelli poderia substituir parte do uso em seus fornos de frutíferas, como mangueira, cajazeira e cajueiro, cujos frutos servem para alimentação animal e humano. Cabe salientar que o cajueiro (*Anacardium occidentale*) é considerado uma planta nativa da Mata Atlântica, protegido por Lei (VIVATERRA, 1993).

4.4 Cerâmica E.F.V. Silva (Barra Grande)

A Cerâmica Barra Grande utiliza, para queima em seus fornos, casca de coco, coque e eucalipto. De acordo com o Apêndice B, a Cerâmica informa que utiliza mensalmente 600 m³ de casca de coco, 1,35 toneladas de coque e 510 m³ de pó de eucalipto o que resulta numa quantidade anual de 7 200 m³, 16,2 toneladas e 6 120 m³ respectivamente.

A Tabela 4.18 apresenta os tipos de combustíveis atualmente empregados para queimas nos fornos da Cerâmica Barra Grande, a quantidade (Quant.) mensal demandada dessas espécies, a densidade, o poder calorífico superior, a umidade (Umid.) e a quantidade de energia que pode ser gerada a partir dos mesmos.

Tabela 4.8 - Características Físico-Químicas e Quantidade de Energia que Pode Ser Gerada a Partir dos Tipos de Combustíveis Utilizados na Cerâmica Barra Grande - AL.

Espécie	Consumo Mensal (m ³)	Dens. (kg/m ³)	Quant. de Lenha (kg)	PCS (kJ/kg)	Umid. (%)	PCI (kJ/kg)	Energia (kJ)
COCO	600	380,00	228 000	16 472,21	26,04	14 409,43	3 285 351 174,53
COQUE	3,07	440,00	1 350,8	36 425,66	2,29	34 942,39	47 200 175,57
PÓ DE EUCALIPTO	510	760,00	387 600	14 243,49	26,78	12 162,66	4 714 247 636,16
TOTAL	1 113,07	-	616 950,8	-	-	-	8 046 798 986,26

Fonte: Elaborada pelo autor (2010).

De acordo com a Figura 4.1, observa-se que a Cerâmica Barra Grande, está localizada no município de Maragogi, limitando-se com os municípios de Jacuípe, Japaratinga e Porto Calvo. Esses municípios são grandes produtores de arroz, feijão, mandioca, milho e coco.

A Tabela 4.9 apresenta a produção das culturas de cada um dos municípios da região da Cerâmica Barra Grande e ainda a produção total de cada cultura da região.

Tabela 4.9 – Quantidade Produzida das Principais Culturas nos Municípios Limítrofes à Cerâmica Barra Grande - AL.

MUNICÍPIO	ARROZ (Casca)	FEIJÃO (Grão)	MANDIOCA (Raiz)	MILHO (Grão)	COCO (Mil Frutos)
MARAGOGI	18	2	5 500	7	3 000
JACUÍPE	6	25	1 540	24	12
JAPARATINGA	3	18	1 430	21	2 268
PORTO CALVO	185	18	540	35	405
PROD. TOTAL (t)	212	63	9 010	87	5 685

Fonte: Censo de Produção Agrícola 2006 (IBGE). Adaptada pelo Autor.

A Tabela 4.10 mostra valores médios dos PCS e PCI dos resíduos de cada município da região da Cerâmica Barra Grande, obtidos através de análises em dias subsequentes à coleta. Esta Tabela mostra ainda o tipo de resíduo, a quantidade em massa e a quantidade de energia térmica que pode ser gerada a partir dos mesmos, os quais foram coletados em junho a setembro de 2010.

Tabela 4.10 – Culturas, Tipos de Resíduos, Quantidade de Resíduos, Valores do Poder Calorífico Superior (PCS) e Quantidade de Energia que Pode Ser Gerada a Partir dos Resíduos Agroindustriais da Região da Cerâmica Barra Grande - AL.

CULTURA	PRODUÇÃO (kg)	QUANTIDADE DE RESÍDUO (kg)	PCS (kJ/kg)	UMIDADE (%)	PCI (kJ/kg)	ENERGIA (kJ)
ARROZ (CASCA)	212 000	63 600	15 791	8,00	14 168,40	901 110 240
FEIJÃO (CASCA)	63 000	44 100	17 220	12,34	15 491,50	683 175 326,4
MANDIOCA (CASCA)	9 010 000	901 000	16 052	10,32	14 372,79	12 949 885 592
MILHO (SABUGO)	87 000	19 140	16 548	14,25	14 772,90	282 753 306
COCO (CASCA)	2 842 500	1 705 500	17 415	8,96	15 768,98	26 893 988 568
TOTAL						41 710 913 032

Fonte: Elaborada pelo Autor (2010).

O valor encontrado para a energia que pode ser gerada a partir dos resíduos agroindustriais da região da Cerâmica Barra Grande é de 41 710 913 032

kJ. Como foi abordado anteriormente, a Cerâmica Barra Grande atualmente demanda um valor energético mensal da ordem de 8 046 798 986, 26 KJ, conforme se observa na Tabela 4.8. Anualmente, este consumo com lenha é da ordem de 96 561 587 835,12 kJ.

Desta forma, a energia que pode ser gerada anualmente pelos resíduos agroindustriais da região da Cerâmica Barra Grande dar para suprir 43,2 % da demanda anual da mesma. Com este resultado, a Cerâmica poderia substituir totalmente o uso em seus fornos do coque, que é um combustível não renovável e ainda uma fração do pó de eucalipto, que vem de outras regiões do estado.

4.5 Cerâmica Bandeira

A Cerâmica Bandeira utiliza para queima em seus fornos pó de serra e bambu. Conforme Apêndice B, a Cerâmica Bandeira informa que utiliza mensalmente 90 toneladas de pó de serra e 700 m³ de bambu o que resulta numa quantidade anual de 1 080 toneladas do primeiro e 8 400 do segundo.

A Tabela 4.11 apresenta os tipos de combustíveis atualmente utilizados para queimas nos fornos da Cerâmica Bandeira, a quantidade mensal demandada desses combustíveis, a densidade, o poder calorífico superior, a umidade e a quantidade de energia que pode ser gerada.

Tabela 4.11 - Características Físico-Químicas e Quantidade de Energia que Pode Ser Gerada a Partir dos Combustíveis Utilizados na Cerâmica Bandeira - AL.

Espécie	Consumo Mensal (m ³)	Dens. (kg/ m ³)	Quant. de Lenha (kg)	PCS (kJ/kg)	Umid. (%)	PCI (kJ/kg)	Energia (kJ)
Pó de Serra	104,23	863,50	900 02,60	16 740,50	18,60	14 859,26	1 337 372 209,18
Bambu	700,00	683,10	478 170	14 099,30	18,82	12 212,69	5 839 743 033,10
TOTAL	804,23	-	568 172,60	-	-	-	7 177 115 242,27

Fonte: Elaborada pelo Autor (2010).

De acordo com a Figura 4.1, observa-se que a Cerâmica Bandeira, está localizada no município de Capela, limitando-se com os municípios Atalaia, Cajueiro, Murici e Viçosa. Esses municípios são grandes produtores de algodão arbóreo, amendoim, feijão, mandioca, milho e coco.

A Tabela 4.12 apresenta a produção das culturas de cada um dos municípios da região da Cerâmica Bandeira e ainda a produção total de cada cultura da região.

Tabela 4.12 – Quantidade Produzida das Principais Culturas nos Municípios Limítrofes à Cerâmica Bandeira – AL.

MUNICÍPIO	FEIJÃO (Grão)	MANDIOCA (Raiz)	MILHO (Grão)	COCO (Mil Frutos)	AMENDOIM (Casca)
CAPELA	12	93	18	0	0
ATALAIA	50	900	60	160	4
CAJUEIRO	5	76	12	0	0
MURICI	30	200	16	0	0
VIÇOSA	25	237	25	0	0
BRANQUINHA	74	108	6	0	0
UNIÃO DOS PALMARES	290	387	72	0	0
PROD. TOTAL (t)	486	2.001	209	160	4

Fonte: Censo de Produção Agrícola 2006 (IBGE), Adaptada pelo Autor.

Através de análises efetuadas, em dias subsequentes a coleta, foi possível construir a Tabela 4.13, a qual apresenta valores médios dos PCS's e PCI's dos resíduos dos municípios da região da Cerâmica Bandeira, assim como o tipo de resíduo, a quantidade em massa e quantidade de energia produzida a partir dos mesmos, cujas coletas foram realizadas em Junho a Setembro de 2010.

Tabela 4.13 – Culturas, Tipos de Resíduos, Quantidade de Resíduos, Valores do Poder Calorífico Superior (PCS) e Quantidade de Energia que Pode Ser Gerada a Partir dos Resíduos Agroindustriais da Região da Cerâmica Bandeira - AL.

CULTURA	PRODUÇÃO (kg)	QUANTIDADE DE RESÍDUO (kg)	PCS (kJ/kg)	UMIDADE (%)	PCI (kJ/kg)	ENERGIA (kJ)
FEIJÃO (CASCA)	486 000	340 200	16 559	12,55	14 825,38	5 043 594 276
MANDIOCA (CASCA)	2 001 000	200 100	15 039	11,67	13 326,85	2 666 703 085
MILHO (SABUGO)	209 000	45 980	16 335	13,76	14 571,86	670 013 938,9
COCO (CASCA)	80 000	48 000	16 236	16,40	14 408,44	691 605 120
AMENDOIM (CASCA)	2 000	600	21 638	7,00	20 039,80	12 023 880
TOTAL						9 083 940 300

Fonte: Elaborada pelo autor (2010).

O valor total encontrado para a energia que pode ser gerada a partir de todos os resíduos agroindustriais da região da Cerâmica Bandeira é de 9 083 940 300 kJ. Como foi comentado anteriormente, a Cerâmica Bandeira atualmente demanda um valor energético mensal da ordem de 7 177 115 242, 27 kJ, conforme se observa na Tabela 4.11. Anualmente, este consumo com lenha é da ordem de 86 125 382 907,24 kJ.

Desta forma, a energia que pode ser gerada anualmente pelos resíduos agroindustriais da região da Cerâmica Bandeira dar para suprir 10,55 % da demanda anual da mesma, evitando a utilização de espécies arbóreas para queima e ao mesmo suprir as necessidades de combustível.

4.6 Cerâmica Camaragibe

A Cerâmica Camaragibe utiliza para queima em seus fornos casca de coco e cavaco de eucalipto. Conforme o Apêndice B, a Cerâmica informa que utiliza mensalmente 1 800 m³ de casca de coco e 1 050 m³ de cavaco de eucalipto, o que resulta numa quantidade anual de 21 600 m³ e 12 600 m³ respectivamente.

A Tabela 4.23 apresenta os tipos de combustíveis atualmente empregados para queimas nos fornos da Cerâmica Camaragibe, a quantidade mensal demandada dessas espécies, a densidade, o poder calorífico superior, a umidade e a quantidade de energia que pode ser gerada.

Tabela 4.14 - Características Físico-Químicas e Quantidade de Energia que Pode Ser Gerada a Partir dos Tipos de Combustíveis Utilizados na Cerâmica Camaragibe - AL.

Espécie	Consumo Mensal (m ³)	Dens. (kg/ m ³)	Quant. de Lenha (kg)	PCS (kJ/kg)	Umid. (%)	PCI (kJ/kg)	Energia (kJ)
CASCA DE COCO	1 800,00	380	684 000	16 723,42	26,04	14 660,64	10 027 879 796
CAVACO DE EUCALIPTO	1 050,00	760	798 000	14 243,49	26,78	12 162,66	9 705 803 957
TOTAL	2 850,00		1 482 000,00			14 660,64	19 733 683 752

Fonte: Elaborada pelo autor (2010).

De acordo com a Figura 4.1, observa-se que a Cerâmica Camaragibe, está localizada no município de Passo de Camaragibe, limitando-se com os municípios

de Barra de Santo Antônio, Matriz do Camaragibe, Porto de Pedras, São Luiz do Quitunde São Miguel dos Milagres, municípios são grandes produtores de arroz, feijão, mandioca, milho e coco. A Tabela 4.15 apresenta a produção das culturas de cada um dos municípios da região da Cerâmica Camaragibe e ainda a produção total de cada cultura da região.

Tabela 4.15 – Quantidade Produzida das Principais Culturas nos Municípios Limítrofes à Cerâmica Camaragibe - AL.

MUNICÍPIOS	ARROZ (Casca)	FEIJÃO (Grão)	MANDIOCA (Raiz)	MILHO (Grão)	COCO (Mil Frutos)
PASSO DE CAMAR.	4	18	170	18	1.692
B. DE S. ANTÔNIO	0	0	165	0	2.408
M. DO CAMARAGIBE	46	6	630	18	192
PORTO DE PEDRAS	10	21	90	18	1.550
S. LUIZ DO QUINT.	30	12	500	21	130
S.M. DOS MILAGRES	3	8	100	6	2.494
PROD. TOTAL (t)	93	65	1655	81	8466

Fonte: Censo de Produção Agrícola 2006 (IBGE). Adaptada pelo Autor.

A Tabela 4.16 mostra os valores médios dos PCS's e PCI's dos resíduos de cada município da região da Cerâmica Camaragibe, obtidos através de análises em dias subsequentes a coleta. A Tabela 4.16 mostra ainda o tipo de resíduo, a quantidade em massa e a quantidade de energia térmica que pode ser gerada a partir desses resíduos, os quais foram coletado nos meses de Maio a Setembro de 2010.

Tabela 4.16 – Culturas, Tipos de Resíduos, Quantidade de Resíduos, Valores do Poder Calorífico Superior (PCS) e Quantidade de Energia Que Pode Ser Gerada a Partir dos Resíduos Agroindustriais da Região da Cerâmica Camaragibe.

CULTURA	PRODUÇÃO (kg)	QUANTIDADE DE RESÍDUO (kg)	PCS (kJ/kg)	UMIDADE (%)	PCI (kJ/kg)	ENERGIA (kJ)
ARROZ (CASCA)	93 000	27 900	14 320	12,00	12 599,80	351 534 420
FEIJÃO (CASCA)	65 000	45 500	17 258	11,98	15 538,29	706 992 104
MANDIOCA (CASCA)	165 5000	165 500	13 460	28,59	11 335	1 875 943 162
MILHO (SABUGO)	81 000	17 820	17 119	19,96	15 204,58	270 945 544
COCO (CASCA)	423 3000	2 539 800	16 024	20,17	14 104,45	35 822 487 190
TOTAL						39 027 902 420

Fonte: Elaborada pelo Autor (2010).

O valor total encontrado para a energia que pode ser gerada a partir de todos os resíduos agroindustriais da região da Cerâmica Camaragibe é de 39 027 902 420 kJ. Como foi mostrado anteriormente, a Cerâmica Camaragibe atualmente demanda um valor energético mensal da ordem de 19 733 683 752 kJ, conforme se observa na Tabela 4.14. Anualmente, este consumo com lenha é da ordem de 236 804 205 024,00 kJ.

Desta forma, a energia que pode ser gerada anualmente, pelos resíduos agroindustriais da região da Cerâmica Camaragibe pode suprir 16,48 % da demanda anual da mesma. Se a Cerâmica Camaragibe optasse pelo uso dos resíduos agroindustriais daria, por exemplo, para suprir uma parcela do consumo de cavaco de eucalipto atualmente utilizado, o qual vem de outras regiões do estado.

4.7 Considerações Finais

De acordo com o que foi apresentado neste Capítulo, a utilização de resíduos agroindustriais de algumas culturas pode ser uma alternativa de complemento energético viável para as cerâmicas do estado em termos de combustíveis renováveis para a utilização em seus fornos. Estes resíduos podem substituir totalmente os combustíveis atualmente utilizados, como é caso da Cerâmica Arapiraca, localizada numa região privilegiada em termos de resíduos agroindustriais. Em outras cerâmicas, como é o caso das Cerâmicas Barra Grande, Bandeira, Capelli e Camaragibe, os resíduos agroindustriais poderão suprir grande parte das necessidades atuais de combustível que em muitas vezes vêm de outras regiões encarecendo o valor do frete além de sujeitas a multas e embargos por estarem utilizando lenha de origem desconhecida ou de algum bioma protegido pela legislação.

Cabe enfatizar que nesse Capítulo só foi abordada a questão da viabilidade energética da utilização dos resíduos agroindustriais, sem processamento, nos fornos cerâmicos das principais Cerâmicas do Estado de Alagoas. O próximo Capítulo (Capítulo 5) apresenta um estudo da utilização dos resíduos agroindustriais em uma das cinco cerâmicas, na forma compactada, objetivando verificar se há algum ganho energético efetivo com a compactação. Já no Capítulo

6 será apresentado um estudo da viabilidade econômica, levando em conta a utilização dos resíduos, na forma triturada ou compactada, bem como considerando a logística de transporte e armazenamento, permitindo uma melhor avaliação em termos energético, econômico e ambiental, da utilização de resíduos agroindustriais para a geração de energia.

REFERÊNCIAS

ALAGOAS. Secretaria de Desenvolvimento Econômico. **Balço energético do estado de Alagoas 2007, ano base 2006**. Maceió: CEPAL, 2007.

ALAGOAS. Secretaria de Desenvolvimento Econômico. **Governo pede prazo para regularização das cerâmicas de Alagoas**. Disponível em: <www.desenvolvimentoeconomico.al.gov.br>. Acesso: 25 maio 2009.

ALENCASTRO, C. Desmatamento: caatinga já perdeu 45,39% de sua vegetação nativa. **O Globo**, Rio de Janeiro, 2 mar. 2010. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/pais/mat/2010/03/02/desmatamento-caatinga-ja-perdeu-45-39-de-sua-vegetacao-nativa-diz-ministerio-do-meio-ambiente-915971295.asp>>. Acesso em: 6 jul. 2011.

ANDRADE, A. S. **Máquinas térmicas AT-056**. Curitiba: UFPR. Curso de Engenharia INDUSTRIAL Madeireira, 2010. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasalan/AT056-Aula01.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2010.

BRASIL. Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 25 maio 2009.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Energia. **Balço energético nacional 2004, ano base 2003**. Disponível em: <<http://ben.epe.gov.br>>. Acesso em 26 mar. 2009.

_____. **Balço energético nacional 2009, ano base 2008**. Disponível em: <<http://ben.epe.gov.br>>. Acesso: 20 mar. 2010.

BRIANE, D.; DOAT, J. **Guide technique de la carbonisation: la fabrication du charbon de bois**. Aix-en-Provence, ÉDISUD, 1985.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. (Org.). **Biomassa para energia**. Campinas: Editora da UNICAMP, 2008.

DEMIRBAS, A. Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuel and chemicals. **Energy Conversion & Management**, v. 42, p. 1357-1378, 2001.

GARCIA, R. **Combustíveis e combustão industrial**. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE.

Levantamento das lavouras permanentes e temporárias no estado de Alagoas.

2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>> Acesso em: 5 out. 2008.

JARA, E. R. P. **O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil.**

São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989. Comunicação Técnica, n. 1797.

OPERATING INSTRUCTIONS IKA C 200. **Calorimeter system C 200.** 2010.

Disponível em: <http://www.ika.net/ika/product_art/manual/ika_c_200_en.pdf>

Acesso em: 12 mar. 2010.

RANADE, P.; KAWRE, J. P. **A seminar report on hydrogen from biomass, 2010.**

Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/7365674/hydrogen-from-biomass>>.

Acesso em: 18 dez. 2010.

SINDICATO DAS CERÂMICAS DO ESTADO DE ALAGOAS. **Relação das**

cerâmicas filiadas ao SINDICER - AL. Maceió: Federação das Indústrias do

Estado de Alagoas, 2009. Disponível em: <<http://www.sindindustria.com.br/main.jsp?lumPageld=4028E4861F7F55EE011F8FD48591284D>>. Acesso em: 5 jan. 2010.

SOUZA, S. N. M.; SORDI, A.; OLIVA, C. A. Potencial de energia primária de resíduos vegetais no Paraná. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. **Anais eletrônicos...** Campinas: AGRENERA, 2002. Disponível em:

<http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022002000200042&script=sci_arttext>. Acesso em: 25 jan. 2010.

VIVATERRA. Sociedade de Defesa, Pesquisa e Educação Ambiental. **Árvores e**

arbustos nativos do Brasil. Costa Verde: Editora Brasil, 1993. Disponível em

<http://www.vivaterra.org.br/arvores_nativas.htm>. Acesso em: 12 ago. 2011.

5 ANÁLISE DOS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS APÓS O PROCESSO DE REDUÇÃO DA UMIDADE E COMPACTAÇÃO

Como foi visto no Capítulo 2, compactação de resíduos através da briquetagem que é uma das formas de compactação de biomassa, consiste em um processo razoavelmente desenvolvido e difundido, sendo de expressiva utilização industrial e comercial no mundo. A história da briquetagem teve início a partir da escassez de combustível e energia sofrida pela população europeia, durante a I Grande Guerra Mundial, evoluindo muito até a atualidade (ALBUQUERQUE, 1997).

No Brasil, apesar do pouco conhecimento e do médio emprego dessa forma de compactação da biomassa, existe um potencial propício a ser explorado, o que permitiria o aproveitamento mais racional dessa fonte de energia disponível, reduzindo o desperdício de resíduos agrícolas e agroindustriais.

No caso específico das indústrias cerâmicas de Alagoas o uso de briquetes como combustível ofereceria a possibilidade da redução do custo da energia consumida nos fornos e fornalhas, além de uma provável redução nos níveis de desmatamento de árvores nativas e frutíferas principalmente nas regiões de Mata Atlântica e Caatinga. Este fato poderia resultar na substituição parcial ou total dos combustíveis não renováveis por renováveis de origem vegetal.

A briquetagem, portanto é um processo racional de aproveitamento da biomassa, que consiste no adensamento da biomassa, gerando mecanicamente um aquecimento, que provoca a “liquefação” da lignina presente, que atua como agente aglomerante. Em muitos casos não existe a necessidade de adição de outro agente aglomerante (ALBUQUERQUE, 1997). Define-se briquetagem como um processo nos quais pequenas partículas de material sólido é prensado para formar blocos de forma definida e de menor tamanho. Através desse processo, subprodutos de beneficiamento agroflorestal, agroindustrial e finos de carvão convertem-se em um material de maior valor comercial (ANTUNES, 1982).

A produção de briquetes, segundo a literatura, é uma das melhores alternativas de utilização do potencial de biomassa, pois, por meio desta, pode-se estocar estes resíduos, prevenindo-se da escassez nos períodos de entressafra e melhorando suas características termofísicas. O processo de produção, como foi visto anteriormente, vai desde a escolha de matérias-primas qualificadas até à caracterização do produto final para verificação de sua durabilidade e características

de sua queima. Os parâmetros esperados para o briquete são: resistência mecânica, resistência ao impacto, baixa higroscopicidade, alta densidade, boas propriedades de queima e alto poder calorífico (RODRIGUES et. al., 2002).

O objetivo deste Capítulo foi verificar se de fato existe ganho em termos de poder calorífico quando os resíduos agroindustriais são submetidos à redução do teor de umidade e quando são compactados na forma semelhante à de briquetes, tomando como estudo de caso os resíduos da região de Arapiraca - Alagoas.

5.1 Aspectos Gerais sobre Briquetagem

5.1.1 Definição e Histórico

Como foi dito a briquetagem é um processo em que pequenas partículas de materiais são prensadas para formar aglomerados de forma definida e de maior tamanho. Por meio desse processo, subprodutos de beneficiamento agroflorestal e agroindustrial convertem-se em um material de maior valor comercial (ANTUNES, 1982).

Alves Junior & Santos (2002) afirmam que o emprego da biomassa através de briquetes pode resultar num modelo que pode dar sustentabilidade a um sistema empresarial urbano e rural, garantindo a autonomia energética de uma pequena comunidade, funcionando como um fator de desconcentração de renda e descentralização do poder, visto que a capacidade produtiva de uma região está intensamente ligada ao potencial energético.

Para Carvalho e Brink (2004) o desenvolvimento de tecnologia na área de briquetagem envolve, além da necessidade de instalações e maquinários, a experiência dos profissionais envolvidos. Faz-se necessário um conhecimento no que diz respeito a:

Trabalhabilidade – examinar as possibilidades técnicas do material a ser briquetado, com base na análise das características físicas e químicas do material e das características de mérito para o produto, e também das condições técnicas indispensáveis para a execução desta operação (a quente, a frio, sem aglutinante, com aglutinante, composição e umidade da mistura, forma e tamanho dos briquetes)

Condições operacionais – com base nos conhecimentos de trabalhabilidade são definidas as condições de operação do equipamento, ou sejam, a pressão, a velocidade e o ajuste dos teores de umidade indispensáveis para obtenção de briquetes com a resistência imperativa à aplicação desejada.

Operações complementares – acepção das operações complementares mandatórias, tais como a secagem ou ajuste da temperatura, o peneiramento, pré-mistura, pré-prensagem, etc., cura a frio ou a quente do produto obtido e as suas condições de embalagem/estocagem.

Com os dados levantados nessa etapa, pode ser elaborado o projeto de uma instalação de produção e realizar a análise preliminar de viabilidade técnica e econômica do empreendimento, dentro dos níveis desejados de risco.

Bhattacharya et al. (1989), classificaram os processos de compactação de biomassa em duas categorias principais: compactação quente em alta pressão e compactação fria em baixa pressão. O primeiro tipo é o mais importante em relação à abundância de matérias que pode processar e às características dos produtos obtidos, tanto que se tornou o mais comum e o termo compactação usualmente se refere tacitamente a este tipo de técnica. A característica de praticar a compactação em condições de elevada pressão consiste na obtenção de um produto com maior densidade e maior resistência, especialmente em relação ao manuseio e transporte. Em relação à temperatura, a compactação em condições acima de 100 °C permite a fluidificação da lignina contida nas cavidades da biomassa, a qual age como um aglutinante entre as partículas, dispensando, assim, o uso de aglutinantes adicionais na biomassa. Além disso, temperaturas elevadas evaporam parte da umidade da biomassa, melhorando o poder calorífico do produto compactado. Os equipamentos empregados na compactação podem ser classificados em dois grupos a depender dos tipos de prensa que são utilizadas: prensas de pistão e prensas de parafuso cônico.

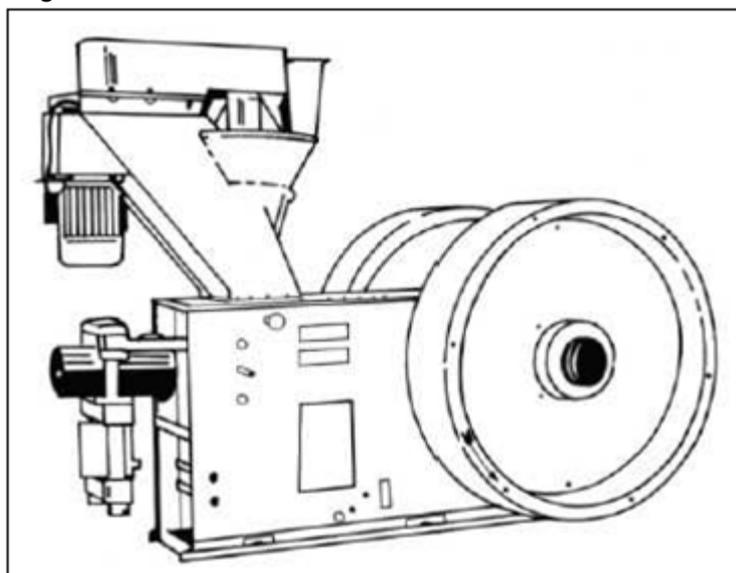
5.1.2 Prensas de Briquetagem

Os principais tipos de prensas para a fabricação de briquetes são as prensas de pistão mecânico e as prensas de parafuso cônico.

5.1.2.1 Prensa de Pistão Mecânico

Na prensa de pistão mecânico, a matéria-prima é alimentada e compactada em uma matriz por meio de um pistão que se movimenta alternadamente (Figura 5.1).

Figura 5.1. Prensa de Pistão Mecânico



Fonte: Eriksson et. al., 1990

A matriz é geralmente constituída por um conduto afunilado de seção circular, que serve para compactar e extrusar na forma de briquetes. A fricção da matéria-prima contra a parede da matriz provoca um aquecimento que varia de 150 a 300 °C (BHATTACHARYA, SETT & SHRESTHA., 1989).

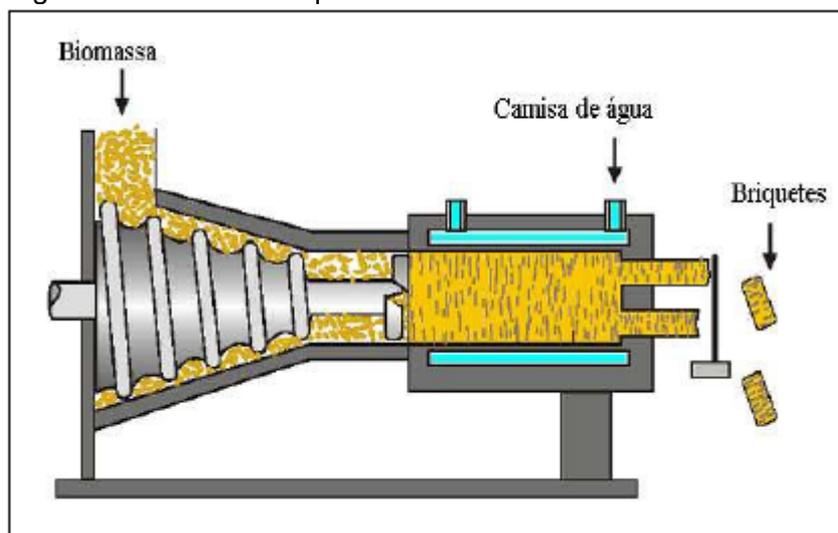
As prensas de pistão são normalmente movidas por energia elétrica e dotadas de volante, o qual transmite o movimento ao pistão por meio de uma biela (mecanismo de excêntrica). O volante serve para compensar as flutuações na demanda de energia, acumulando energia nos períodos de mínima demanda (retorno e alimentação) e descarregando-a nos períodos de máxima demanda (compactação/extrusão). (BHATTACHARYA, SETT & SHRESTHA., 1989).

As prensas de pistão são comumente dimensionadas para capacidades superiores a 1000 kg/h, pois máquinas de capacidades menores não são economicamente viáveis (ERIKSSON & PRIOR, 1990). Os briquetes apresentam geralmente forma cilíndrica, com diâmetro entre 50 e 100 mm. O problema típico deste tipo de prensa é o desgaste da matriz e do pistão.

5.1.3 Prensa com Parafuso Cônico

Nesta briquetadeira, a qual tem semelhante princípio de funcionamento da existente na UFAL, mostrada no Capítulo 2, o parafuso cônico conduz a matéria-prima e a pré-compacta em uma antecâmara, posteriormente um cabeçote de compressão, compacta, extrusando a biomassa em uma matriz, como mostra a Figura 5.2.

Figura 5.2 - Prensa Briquetadeira com Parafuso Cônico.



Fonte: (ERIKSSON & PRIOR, 1990).

A matriz pode ser formada por furos múltiplos de 28 mm de diâmetro ou por um único furo de 95 mm. O aquecimento elevado gerado pelo atrito requer um sistema de resfriamento ao redor da matriz. A capacidade produtiva varia entre 600 e 1000 kg/h, dependendo do tipo de material. Apesar da excelente qualidade dos briquetes, o inconveniente desta máquina é o rápido desgaste da cabeça de reposição (ERIKSSON & PRIOR, 1990).

5.1.4 A Briquetagem Como Forma de Preservação Ambiental e Recuperação de Energia

A briquetagem consiste na aplicação de pressão a uma massa de partículas com ou sem adição de ligantes e com ou sem tratamento térmico posterior

(SALAME, 1992). O aproveitamento de produtos naturais, em especial da madeira associada ao lixo urbano significa a agregação de valor a materiais anteriormente considerados resíduos. Neste Capítulo a briquetagem foi estudada para agregação de valor aos resíduos agroindustriais como foi discutido anteriormente, para verificar se existe ganho em termos de poder calorífico.

Essa técnica pode ser considerada também uma forma de proteção ambiental, pois como ocorre com a serragem, madeira e o lixo não-reciclável, estes resíduos geralmente são destinados a aterros ou queimados gerando altos índices de poluição ao meio ambiente, sem resultar em energia reutilizável. No caso dos resíduos agroindustriais de Alagoas, normalmente esses resíduos são deixados no campo próximos aos locais de processamento, queimados ou amontoados nas margens de rodovias a espera que o poder público ofereça uma destinação final adequada, fato que raramente acontece. Às vezes, dependendo do tipo de resíduo, são utilizados como ração animal como é o caso da casca de feijão e de mandioca em algumas regiões de Alagoas.

Estima-se que hoje, só no Brasil, cerca de 20 milhões de m³ de rejeitos vegetais são desperdiçados pelas indústrias. Para Quirino (1993), o motivo é a abundância de madeira no país e o descaso dos empresários, que contribuíram para que o processo da briquetagem não fosse difundido.

Ainda segundo Quirino (1987), todo briquete é um combustível, ou seja, é um material cuja queima é utilizada para produzir calor ou energia. A queima ou combustão é uma reação química de oxido-redução, na qual os constituintes do combustível se combinam com o oxigênio do ar. Para iniciar a queima é necessário que a biomassa atinja uma temperatura definida, chamada de temperatura de ignição.

Define-se então briquetagem como um processo de aproveitamento de diversos tipos de resíduos que depois de triturados, moídos e secados formam pequenos blocos de forma definida, facilitando o transporte e o manuseio (Figura 5.3).

Figura 5.3 - Diversos Tipos de Materiais Briquetados.



Fonte: Acervo do Autor, 2010.

A escolha do local para a instalação de uma planta de briquetes deve levar em consideração, a distância entre a cerâmica e as fontes de matérias primas, assim como a distância entre a cerâmica e os centros consumidores, e a forma de transporte. Como o transporte das matérias primas tem custos mais altos do que os da distribuição, a localização da planta deve privilegiar o acesso às matérias-primas. Tipicamente, a localização ideal deve ser próxima as áreas geradoras de resíduos de madeira em geral (reflorestamentos, madeireiras, serrarias) e/ou de resíduos agroindustriais como casca de mandioca, sabugo de milho, casca de arroz, entre outros. Como a demanda pode ser grande e generalizada, o produto final encontra consumidores de todos os tipos (industrial, comercial e doméstico) em qualquer território. Em Alagoas os resíduos agroindustriais estão dispersos em diversas regiões do estado e são diretamente gerados de acordo com a produção agrícola dos municípios como foi mostrado no Capítulo 1. Neste trabalho, portanto o foco de aproveitamento desses resíduos, sem processamento ou na forma de briquetes, são os fornos ou fornalhas das indústrias cerâmicas localizadas em diversas regiões do Estado coincidentemente instaladas ou próximas a regiões produtoras de resíduos.

Num modelo usual, o manuseio das matérias primas é bastante simples: a planta de briquetes pode ser localizada na própria cerâmica, devendo ter espaço adequado, podendo ser uma grande área descoberta para recepção, estocagem e manuseio das várias matérias primas (resíduos agroindustriais). Em momento oportuno, estas matérias-primas são submetidas a um processo de trituração,

moagem, secagem e logo após é feito os briquetes, depois seguem para um depósito, de onde serão transferidas para o processo de queima.

A seguir foi feito um estudo de caso com o objetivo de verificar de acordo com a literatura se há de fato aumento do poder calorífico, de alguns resíduos agroindustriais produzidos na região de Arapiraca – AL, após um processo de secagem e compactação na forma semelhante à de briquetes.

5.2 Estudos de Caso para Verificar se Há Aumento do Poder Calorífico dos Resíduos Agroindustriais a Partir de Um Processo de Briquetagem

Como já foi tratado anteriormente, na indisponibilidade de combustível vegetal para alimentar os fornos de indústrias cerâmicas muitas vezes extraem madeira da Mata Atlântica ou espécies frutíferas de diversas regiões do estado. Sabe-se que a derrubada desse tipo de vegetação para qualquer tipo de utilização na indústria madeireira, de carvão ou qualquer outro segmento é proibida, por parte da legislação ambiental (LEI nº 11.428, 2006). As cerâmicas estão com dificuldades para conseguir fornecedores legalizados de biomassa de origem vegetal. O setor cerâmico do Estado de Alagoas e especificamente as Cerâmicas Capelli, Bandeira e Cerâmica Arapiraca tem buscado novas alternativas como fonte de energia. As mesmas têm intensificado o interesse em pesquisas objetivando a utilização da biomassa proveniente de resíduos agroindustriais ou de espécies arbóreas nativas ou exóticas plantadas, como bambu e eucalipto para queima em seus fornos.

A Cerâmica escolhida para estudo neste Capítulo fica localizada no município de Arapiraca. Os resíduos coletados para estudo são provenientes dos municípios circunvizinhos e do município sede da cerâmica, o que poderia facilitar o transporte dos mesmos.

Portanto, este estudo de caso visa estudar e comparar tecnicamente se existe ganho de poder calorífico quando esses resíduos agroindustriais, inicialmente sem processamento, passam posteriormente por um processo de secagem e de compactação na forma de briquetes.

Dependendo do tipo de matéria-prima e do processo de compactação existe uma faixa de teor de umidade ideal para o material poder ser compactado adequadamente. O excesso de umidade pode provocar explosões devido à formação de vapor. Por outro lado, uma matéria-prima muito seca dificulta os mecanismos de ligação entre as partículas. (BHATTACHARYA, SETT & SHRESTHA., 1989). Ainda segundo estes autores, recomendam que o valor ótimo de umidade deva estar entre 8 e 12%. Quanto maior estiver a umidade dos resíduos, menor será o poder calorífico do briquete. (CARVALHO & BRINCK, 2004). Logo a umidade dos resíduos em seu estado natural é um fator que se deve considerar para a obtenção de um briquete com alto poder calorífico.

Ainda segundo Carvalho e Brinck (2004) muitos materiais orgânicos e inorgânicos podem ser briquetados sem a utilização de aglutinantes. As forças, que mantêm esses cristais unidos, não são necessariamente fortes, nem específicas, devendo apenas fazer com que os cristais individuais estejam suficientemente próximos uns dos outros. As variáveis mais importantes na produção de briquetes sem aglutinantes são: umidade do material; capacidade de compressão das partículas e a porosidade do briquete.

No caso dos resíduos agroindustriais da região de Arapiraca a idéia seria obter pastilhas semelhantes aos briquetes sem o uso de aglutinantes, e portanto, a secagem dos resíduos é um item importante a considerar neste estudo.

5.2.1 Metodologia

Os resíduos agroindustriais escolhidos foram casca de mandioca, casca de feijão e casca de coco dos municípios circunvizinhos à Cerâmica Arapiraca, incluindo o seu município sede. Os critérios para a escolha desses materiais e origem foram sua disponibilidade na região e em locais próximos onde as culturas agrícolas que lhe deram procedência são processadas.

Os resíduos foram coletados em sacos plásticos durante o mês de Março de 2011, levados ao Laboratório do Instituto de Química e Biotecnologia (IQB) da UFAL. Eles foram submetidos às caracterizações físico-químicas, com o objetivo de se determinar o poder calorífico superior (PCS), permitindo assim uma avaliação do

seu potencial energético. O PCS dos resíduos sem processamento foi determinado utilizando-se um Calorímetro IKA C 200 (ASTM D-2382), seguindo as normas ABNT NBR 8633/84.

Após a determinação do PCS dos resíduos sem processamento, os mesmos foram submetidos a um processo de secagem em estufa com tempos diferentes para cada resíduo. De acordo com o que foi comentado anteriormente, a umidade ideal do resíduo a ser compactado (briquetado) deve estar na faixa de 8 a 12%.

Para a casca de mandioca, o tempo de secagem foi de 40 minutos para se obter uma umidade de 8,61%. Para a casca de feijão, o tempo de secagem foi de 80 minutos, obtendo 8,15% de umidade e para a casca de coco, o tempo de secagem foi de 50 minutos para se obter uma umidade de 8,27%. É importante ressaltar que logo após a secagem, os resíduos foram pastilhados simulando os briquetes e evitando que os mesmos absorvam umidade do meio ambiente.

Para a obtenção das pastilhas que simularam os briquetes pesou-se 0,4500g de cada amostra, anteriormente trituradas. Esta quantidade é a adequada para a capacidade do pastilhador. Em seguida, transferiu-se a amostra pesada e seca para o pastilhador, o qual foi fechado adequadamente de acordo com as instruções do fabricante e compactado numa prensa hidráulica de bancada Carver (modelo C), sofrendo uma pressão em torno de 6 e 7 psi num intervalo de tempo de aproximadamente três minutos. Após tal procedimento é retirada a amostra do pastilhador em forma de pastilhas que simulam os briquetes. Em seguida, as pastilhas formadas foram avaliadas em termos de poder calorífico superior (PCS) e possuem diâmetro de aproximadamente 1,0 cm. A Figura 5.4 mostra o pastilhador e a prensa empregada.

Figura 5.4 – Prensa de Pastilhamento (Simulador de Briquetes).



Fonte: LABEN, 2011.

A Figura 5.5 ilustra algumas amostras de pastilhas obtidas da casca de coco e da casca de feijão, da região de Arapiraca, produzidas no Laboratório do Instituto de Química e Biotecnologia da UFAL.

Figura 5.5 – Pastilhas de Resíduos de Coco e de Feijão.



Fonte: LABEN, 2011.

Após sua transformação em pastilhas, as amostras foram novamente analisadas para a determinação do poder calorífico superior, usando o mesmo equipamento e metodologia descrita no Capítulo 4.

5.3 Resultados e Discussões

Para as amostras sem processamento os resultados de umidade e PCS e ainda os resultados das análises das amostras depois do processo de secagem e obtenção das pastilhas estão dispostos na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Umidade e Poder Calorífico Superior de Resíduos Agroindustriais na Forma Sem Processamento da Região de Arapiraca/AL

Briquetagem	Antes		Após	
	Umidade (%)	PCS (kJ/kg)	Umidade (%)	PCS (kJ/kg)
Resíduo				
Casca de Mandioca	15,56	13933	8,61	15421
Casca de Feijão	18,40	15721	8,15	17304
Casca de Coco	11,75	16603	8,27	18100

Fonte: Elaborada pelo Autor, 2011.

Como pode ser observado na Tabela 5.1, os resíduos de casca de mandioca, casca de feijão e casca de coco em seu estado natural possui umidade elevada para poder se submeter a um processo de compactação, como foi visto anteriormente.

Comparando o poder calorífico superior antes e após a compactação, observa-se que para todas as amostras compactadas houve um aumento considerável do poder calorífico superior. Para a casca de mandioca obteve-se um ganho energético da ordem de 10,68%. Para a casca de feijão, o ganho energético foi da ordem de 10,07%. E para a casca de coco, obteve-se um aumento de 9,01%.

Para todos os resíduos analisados da região de Arapiraca, quando submetidos a um processo de secagem em estufa ocorreu um aumento de poder calorífico, comprovando-se experimentalmente com as amostras desse estudo, o que a literatura recomenda (BHATTACHARYA et al., 1989). Essa simulação em escala laboratorial deverá ser testada em uma escala industrial. Nesta escala, a secagem dos resíduos poderia ser realizada de forma natural (luz solar) ou de forma artificial (secador rotativo) para a obtenção dos briquetes em dimensões comerciais para uso em fornos ou fornalhas das indústrias cerâmicas.

5.4 Considerações Finais

Os resultados apresentados neste Capítulo confirmaram, conforme mencionado na literatura, que os resíduos agroindustriais sem processamento quando submetidos a um processo de secagem artificial e compactação, podem fornecer uma maior quantidade de energia durante o processo de queima.

É necessário, para cada resíduo estudado, verificar qual o tempo de secagem para atingir a faixa de umidade ideal para a obtenção dos briquetes. Como foi visto neste Capítulo, a casca de mandioca, a casca de feijão e a casca de coco foram secas por diferentes períodos de tempo para a obtenção de umidade na faixa de 8 e 12%.

O ganho energético desses resíduos após o processo de secagem e compactação foi da mesma ordem de grandeza. Para a casca de mandioca o ganho foi de 10,68%. Para a casca de feijão houve um aumento de 10,07%. E para a casca de coco esse aumento foi da ordem de 9,1%. Esses resultados são de laboratório e em uma escala industrial, esses números podem ser variáveis, sendo necessária uma avaliação com briquetes de dimensões comerciais.

Como pode ser observado não houve um ganho expressivo de energia dos resíduos agroindustriais após passarem por um processo de compactação na forma de pastilhas que simularam briquetes. A grande vantagem da compactação da biomassa, na forma de briquetes, como já foi abordada anteriormente está na diminuição do volume o que facilita o transporte e armazenagem antes de serem usados nos fornos cerâmicos.

Além da questão do ganho energético do briquete discutido neste Capítulo, é necessário se fazer uma avaliação econômica e de logística no que se refere à melhor forma de uso dos resíduos (sem processamento, triturado ou compactado) tratados no Capítulo 6. Ainda deve-se considerar a forma de transporte mais adequado desses resíduos, do local de processamento até a cerâmica, bem como a análise dos custos dos equipamentos e as condições financeiras de cada cerâmica.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. E. C.; ANDRADE, A. M. Briquetagem: visão histórica e perspectiva futura. **Revista Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, n. 4, p. 104-109, 1997.
- ALVES JUNIOR, F. T.; SANTOS, G. A. **Potencial de geração de biomassa para briquetagem e o perfil do mercado consumidor deste Insumo na região do Cariri-CE**. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS FLORESTAIS; SEMINÁRIO EM TECNOLOGIA DA MADEIRAS E PRODUTOS FLORESTAIS NÃO-MADEIRÁVEIS. 2., Curitiba. 2002. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 2002.
- ANDRADE, A. S. **Máquinas térmicas AT-056**. Curitiba: UFPR . Curso de engenharia industrial madeireira , 2010. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasalan/AT056-Aula01.pdf>>. Acesso em: 25 de jan. 2011
- ANTUNES, R. C. Briquetagem de carvão vegetal. In: _____. **Produção e utilização de carvão vegetal**. Belo Horizonte: CETEC, 1982. , v. 1, p. 197-206.
- BHATTACHARYA, S. C.; SETT, S.; SHRESTHA, R. M. State of the art for biomassdensification. **Energy sources**, New York, v. 11, n. 3, p. 161-182, 1989.
- BRASIL. LEI Nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 dez. 2006. Disponível em: <http://www.bioatlantica.org.br/Lei%2011428_06%20Lei%20da%20Mata%20Atlantica.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2011
- BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. **Nordeste: uma estratégia de desenvolvimento sustentável**. Brasília, DF: Projeto Áridas, 1995. Disponível em:<<http://www.slideshare.net/TFWilson/anexo-projeto-aridas-uma-estratgia-de-desenvolvimento-sustentvel-para-o-nordeste-5634557>>. Acesso em: 20 jan.2010.
- CARVALHO, E. A. de; BRINCK, V. Briquetagem. In: LUZ, A. B. da; SAMPAIO, J. A., ALMEIDA, S. L. M. da. **Tratamento de minérios**. 4. ed. Rio de Janeiro: CETEM-MCT, 2004. Cap. 15, p. 613-636.
- CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA. **Metodologias de cálculo para conversão energética**. São Paulo: USP, Instituto de Eletrotécnica e Energia – IEEU. Disponível em: <http://cenbio.iee.usp.br/download/atlas_cenbio.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2011.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICÍPIOS. **Dados econômicos da agricultura**. 2006. Disponível em: <http://www.cnm.org.br/economia/br_economia.asp>. Acesso em: 7 maio 2011.

DEMIRBAS, A. Briquetting waste paper and wheat straw mixtures: fuel processing technology. **Elsevier Science B. V.**, v. 55, n. 2, p.175-183, 1998.

ERIKSSON, S.; PRIOR, M. **The briquetting of agricultural wastes for fuel**. Rome: FAO, 1990.

FRIGOLETTO, E. **Economia**: produção agrícola 2005/2006. Disponível em: <www.frigoletto.com.br>. Acesso em: 20 abr. 2011.

GARCIA, R. **Combustíveis e combustão industrial**. Rio de Janeiro: Interdiscência, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo de produção agrícola**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <www.ibge.gov.br> Acesso em: 5 abr. 2011.

_____. **Levantamento sistemático da produção agrícola**: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br> Acesso em: 14 abr. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Especialidade de árvores**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

LORA, E. E. S.; NOGUEIRA, L. A. H. **Dendroenergia**: fundamentos e aplicações. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2003.

MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. **Economia do meio ambiente**: teoria e prática. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

QUIRINO, W. F. **Briquetagem de carvão vegetal e resíduos agrícolas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 4., 1987, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CBE, 1987. p. 36-41.

RANADE, P.; KAWRE, J. P. **Relatório do seminário em hidrogênio a partir de biomassa**. 2010. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/7365674/hydrogen-from-biomass>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

REIS, L. B.; FADIGAS, E. A. A.; CARVALHO, C. E. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável**. Barueri: Manole, 2006.

RODRIGUES, L. D. et al. Uso de briquetes compostos para produção de energia no estado do Pará. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 9., Campinas, 2002. **Anais...** Campinas: AGRENER, 2002. CD-ROM

RUSSOMANO, V. H. **Introdução à administração de energia na indústria**. São Paulo: Pioneira, 1987.

SALAME, J. E. F. **Estudo básico para briquetagem de carvão vegetal**. Ouro Preto: Escola de Minas e Metalurgia, 1992.

SANTOS, L. M. M. **Avaliação ambiental de processos industriais**. São Paulo: Signus, 2006.

SERVIÇO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Centro Nacional de Tecnologias Limpas. **Poder calorífico de combustíveis**. Porto Alegre, 2007. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br>>. Acesso em: 15 jun. 2011.

6 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS CONSIDERANDO A PREPARAÇÃO, O TRANSPORTE E O CONSUMO ENERGÉTICO EM FORNALHAS E FORNOS CERÂMICOS.

Como foi visto nos Capítulos anteriores o objetivo geral deste trabalho visa estudar as possibilidades de aproveitamento dos resíduos agroindustriais, como insumo energético, em fornos cerâmicos do estado de Alagoas. Além dos estudos da disponibilidade desses resíduos em Alagoas, localização geográfica da produção e estudos físico-químicos, se faz necessário também verificar a viabilidade econômica e energética de uso desses resíduos considerando a questão da preparação e do transporte para o aproveitamento dos mesmos nos fornos e fornalhas da indústria cerâmica.

Os resíduos da produção agrícola (agroindustriais) em seu estado original possuem como características a baixa densidade energética, grande volume para transporte, umidade elevada (em torno de 50%), disponibilidade sazonal, variabilidade de composição e qualidade. Essas características podem gerar problemas no transporte, na manipulação, no armazenamento e na combustão. (YOSHIKAWA, 2009).

Os resíduos agrícolas sem processamento no campo e aqueles resultantes de um beneficiamento na agroindústria apresentam uma densidade baixa, dificultando e onerando os custos de transporte. Desta forma, para o transporte dos resíduos do local de coleta até o local de queima é necessário, se possível, o adensamento do volume dos mesmos.

Portanto, a logística é uma etapa decisiva que envolve custos e que faz parte da cadeia produtiva da biomassa para a produção de energia e compreende uma série de operações que envolvem as etapas de secagem, estocagem, processamento e transporte.

Ainda segundo Yoshikawa (2009) além do transporte, o armazenamento adequado dos resíduos é também um item da logística a ser considerado. O mesmo deve ser adequado para garantir o fornecimento constante dos resíduos, evitando alterações nas características fundamentais (apodrecimento, fermentação ou deterioração), permitindo a perda de umidade de forma natural e evitando a incorporação de materiais inorgânicos.

Neste capítulo foram tratadas questões relativas a preparação dos resíduos a ser transportado para o local de queima através de um estudo realizado com a casca de coco, que é abundante em várias regiões do Estado de Alagoas. Foi realizado também um estudo de cenários para o custo de transporte de diversos resíduos agroindustriais, sem processamento, para aproveitamento em fornos e fornalhas cerâmicas da região de Arapiraca. E complementarmente, foi realizado um estudo comparativo da utilização de resíduos sem processamento da produção agrícola para o suprimento energético em fornos e fornalhas das cerâmicas da região de Arapiraca.

Para o aproveitamento dos resíduos agroindustriais em fornos e fornalhas das cerâmicas devem ser considerados parâmetros que norteiam os processos envolvidos que acarretam custos. Desta forma, deve ser avaliado o nível de investimento com equipamentos, o rendimento operacional, a demanda energética, a densidade do material a ser queimado e a distância do local em que se encontram estes resíduos até o local de queima.

Sistemas para aproveitamento de resíduos mais simples, com menor número de equipamentos, consumindo menos combustível e com elevado rendimento diário, resultam normalmente em custos menores. (YOSHIKAWA, 2009).

6.1 Preparações dos Resíduos a Ser Transportado para o Local de Queima: Estudo com a Casca de Coco

Os resíduos agroindustriais, como foram tratados, representam uma fonte considerável de energia e o seu aproveitamento implica no desenvolvimento de técnicas apropriadas de utilização, inclusive envolvendo o desenvolvimento de novos sistemas de coleta, já que as características dos materiais são diferentes.

Esses resíduos apresentam as seguintes características: pouco peso, grande volume e grande dispersão. Devido a tais características, a utilização será viável economicamente se forem utilizados sistemas mecanizados, que minimizem a participação da mão-de-obra e concentrem as operações num determinado ponto de coleta. As alternativas para a coleta, processamento do resíduo e transporte são os

objetivos deste tópico. De um modo geral, o aproveitamento dos resíduos envolve duas etapas distintas: a etapa de campo e a etapa industrial.

Na etapa de campo, podem-se definir as seguintes operações: separação do resíduo, secagem, adensamento, carregamento e o transporte.

Na etapa industrial, realizada na cerâmica, podem-se considerar as atividades de descarregamento, armazenamento e o abastecimento da fornalha ou do forno. A operação de secagem dos resíduos precede o adensamento que tanto pode ser realizada no campo ou na própria cerâmica. (SALMERON, 1980), conforme comentado no Capítulo 2.

Uma das formas de melhorar a qualidade da biomassa na combustão é o adensamento (WERTHER et al., 2000), o que irá melhorar a sua homogeneidade, tornando-se mais fácil e econômico o seu transporte (KANURY, 1994). Desta forma, o adensamento permitirá a diminuição do volume a ser transportado, conseqüentemente diminuindo a número de viagens a serem realizadas do local de coleta do resíduo até o local de queima.

As principais formas de adensamento para transporte de resíduos são o picotamento, o enfardamento, a briquetagem e a peletização, conforme abordado também no Capítulo 2.

Um problema que deve ser considerado, é a alta umidade da maioria dos resíduos, como foi citado, o que acaba dificultando a formação de briquetes ou reduzindo o poder calorífico e a eficiência dos equipamentos utilizados para a geração de energia. Certos tipos de processos de compactação que requerem uma pré-secagem do insumo utilizado ou que realizem aquecimento simultâneo à compactação proporcionam uma redução do teor de umidade aumentando-se dessa forma o poder calorífico e a eficiência energética de utilização desses materiais

A compactação tem, portanto, a função de aumentar a densidade dos resíduos, proporcionando um formato geométrico desejado e ocasionando menores custos de manuseio, gerando insumos com um poder calorífico maior que na forma da biomassa não compactada. Com isso teremos uma eficiência energética na utilização como combustível. (COELHO, 2002 apud BEZZON, 2006).

Nesse contexto, o grau de tratamento do resíduo deve levar em consideração os seguintes aspectos: custo do processamento, custo do transporte e a forma de resíduo requerido pelas caldeiras ou fornos. Embora o processamento do resíduo tenha influência significativa, a etapa de transporte é decisiva

economicamente, podendo inclusive, decidir pela viabilidade ou não da utilização do material.

Das diversas formas de se transportar o resíduo, três delas chamam a atenção pelo fato de serem as mais simples, não exigindo equipamentos muito sofisticados, e podendo operar no próprio local de coleta. São elas:

- a) Transporte do resíduo sem processamento: Nesse caso o material é coletado e levado diretamente para a unidade de queima;
- b) Resíduo picado (a granel): visa uniformizar o material para queima, facilitar o transporte e acelerar a secagem;
- c) Resíduo compactado: visa facilitar o transporte e o manuseio para alimentação dos fornos.

A seguir foi feito um estudo da viabilidade do transporte do resíduo inicialmente sem processamento, após na forma picado a granel e por último na forma compactada em um caminhão comumente utilizado em Alagoas com capacidade volumétrica de aproximadamente 30 m³ e que teoricamente tem uma capacidade de 10 toneladas de carga por viagem, como mostra a Figura 6.1. O resíduo escolhido para este estudo foi a casca de coco, por ser encontrado em várias regiões do Estado de Alagoas.

Figura 6.1 – Caminhão Utilizado Para o Transporte de Lenha para uma Cerâmica em Alagoas.



Fonte: Acervo do Autor, 2011.

6.1.1 Metodologia

Para o cálculo do peso do metro cúbico do resíduo de casca de coco sem processamento foi confeccionado uma caixa de compensado como mostra a Figura 6.2.

Figura 6.2 – Caixa de Compensado de Capacidade de 1 m³ Utilizada para a Pesagem da Casca de Coco.



Fonte: Acervo do Autor, 2011.

Em seguida, foi pesado em uma balança com capacidade de 1450 kg do tipo Filizola, pesando primeiro a caixa vazia, obtendo-se um peso de 20 kg. Posteriormente se obteve o peso líquido da casca de coco equivalente a 100 kg que é o peso do resíduo sem processamento. Segundo Salmeron (1980), o adensamento do resíduo de eucalipto sem processamento para a forma picotada é da ordem 1:3. Mas por convenção, neste trabalho, devido a casca do coco ser um material fibroso e de difícil obtenção de pequenos partículas, utilizou-se uma proporção de adensamento de 1:1,5. Desta forma, 1 m³ de resíduo picado de casca de coco pesa aproximadamente 150 kg. Utilizando-se um compactador de relação 1:2, tem-se que 1m³ do resíduo da casca de coco pesa ao redor de 300 kg. Percebe-se que não existe uma proporção geral que se aplique para qualquer tipo de resíduo.

A proporção correspondente para cada tipo de resíduo na forma sem processamento para picado e de picado para compactado dependerá da natureza de cada resíduo. Assim, se uma cerâmica, por exemplo, utilizar casca de mandioca, esta deve ser pesada em um recipiente de 1m³ nas três formas de avaliação (sem processamento, picotada e compactada), observando as proporções de peso entre

as três formas. Estas proporções permite se obter um fator multiplicador para o cálculo das massas que serão transportadas por viagem.

Como já citado, foi considerado o transporte do resíduo de casca de coco em um caminhão com capacidade de 30 m^3 , que teoricamente tem uma capacidade de carga ao redor de 10 toneladas, tem-se então as seguintes massas transportadas por viagem.

- Resíduo sem processamento: 100 kg (valor pesado em 1 m^3) $\times 30 \text{ m}^3$ (capacidade do caminhão) = 3000 kg ;
- Resíduo picado: 150 kg (valor calculado pela proporção de 1 sem processamento :1,5 picado) $\times 30 \text{ m}^3$ (capacidade do caminhão) = 4500 kg ;
- Resíduo compactado: 300 kg (valor calculado pela proporção de 1 picado : 2 compactado) $\times 30 \text{ m}^3$ (capacidade do caminhão) = 9000 kg

6.1.2 Estudo de Caso: Cerâmica Arapiraca

O estudo de caso foi realizado para a Cerâmica Arapiraca que tem um consumo atual mensal de lenha em torno de 477,36 toneladas.

A distância tomada como referência foi uma distância de transporte de 25 km que é à distância da Cerâmica Arapiraca para o Município de São Sebastião, maior produtor de coco da região de Arapiraca. O custo por quilômetro do frete é da ordem de R\$ 4,00/km, que é o valor cobrado em Alagoas para transporte de lenha. O número de viagens será a divisão da quantidade consumida mensalmente do resíduo da cerâmica pela carga transportada por viagem. O total de quilômetros rodados para cada forma de transporte será dado pelo produto da distância tomada como referência (25 km) pelo número de viagens. O custo do frete total refere-se ao valor gasto do quilômetro rodado (R\$ 4,00/km) multiplicado pelo valor do número de quilômetros rodados total para cada forma de transporte. Dividindo-se o custo do frete total pelo consumo mensal de biomassa da cerâmica temos o cálculo do custo

por tonelada de resíduo de casca de coco. A Tabela 1 mostra os resultados desse estudo.

Tabela 6.1 – Custo do Frete do Município de São Sebastião para a Cerâmica Arapiraca para o Transporte de Casca de Coco em Diversas Formas.

Forma de Transporte	Carga(t)	km rodado	Nº de Viagens	Custo total (R\$)	Custo (R\$)/tonelada
Sem processamento	3,00	3978,00	159	15912,00	33,33
Picado	4,50	2652,00	106	10608,00	22,22
Compactado	9,00	1326,00	53	5304,00	11,11

Fonte: Salmeron, 1980. Adaptada pelo Autor.

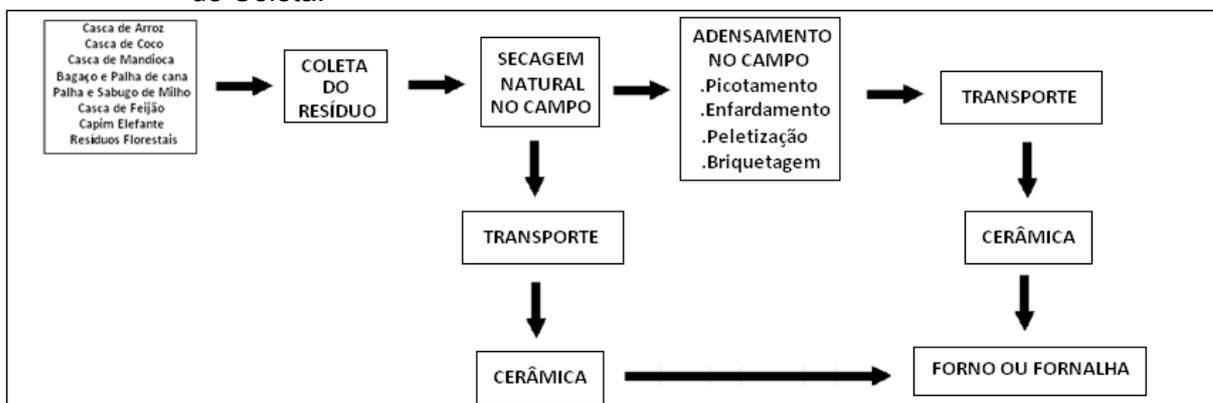
Observa-se pela Tabela 6.1, que para o resíduo da casca de coco, quanto mais adensado, maior será a carga a ser transportada por viagem e conseqüentemente, menor o número de viagens e também será menor o custo total com o frete para o transporte da mesma quantidade de resíduo.

Para o transporte do resíduo na forma picotada seria necessária a aquisição de um triturador, que como foi abordado no Capítulo 2, custa em torno de 35 a 70 mil a depender da capacidade do equipamento. Já para o transporte do resíduo na forma compactada teriam como opções o uso de equipamentos como a enfardadeiras, briquetadeiras ou peletizadoras, os custos de cada equipamento variam de acordo com a capacidade da produção e do fabricante, também tratado no Capítulo 2.

A escolha da melhor forma de transporte pode variar para cada cerâmica a depender da capacidade de consumo de combustível, da capacidade de investimento e da disponibilidade de mão-de-obra especializada para operar os equipamentos das formas picotada e compactada.

O fluxograma da Figura 6.3 mostra as possibilidades para o transporte de resíduos nas formas sem processamento e adensados no próprio local de coleta, como também mostra a possibilidade da secagem dos mesmos neste mesmo local, já que esses resíduos normalmente têm uma alta umidade como já foi citado.

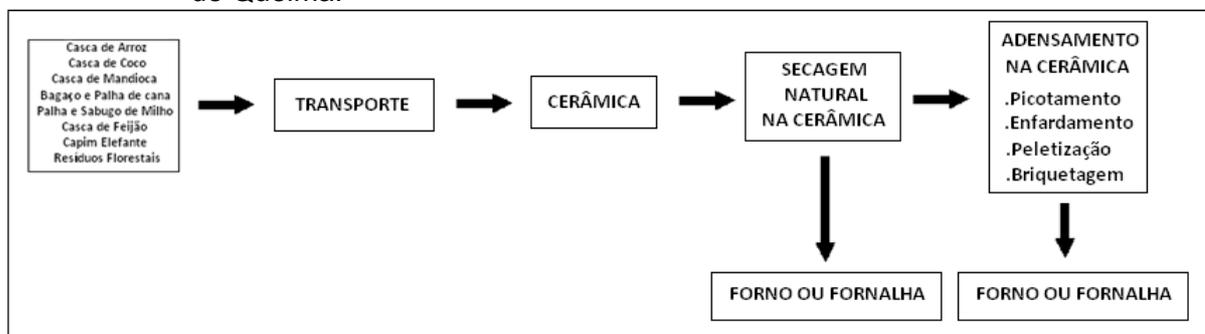
Figura 6.3 – Fluxograma de Transporte de Resíduos do Local de Coleta até o Local de Queima nas Formas sem Processamento e Adensamento realizadas no Local de Coleta.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2011.

O fluxograma da Figura 6.4 mostra as possibilidades para o transporte de resíduos nas formas sem processamento e adensados no próprio local da queima, como também mostra a possibilidade da secagem dos mesmos neste mesmo local.

Figura 6.4 – Fluxograma de Transporte de Resíduos do Local de Coleta até o Local de Queima nas Formas sem Processamento e Adensamento realizadas no Local de Queima.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2011.

Desta forma de acordo com as Figuras 6.3 e 6.4 existem duas possibilidades para o transporte, secagem e adensamento dos resíduos antes de serem utilizados para a queima nos fornos ou fornalhas. A escolha vai depender das condições particulares e capacidade de investimento de cada cerâmica.

6.2 Estudos de Cenários para o Custo de Transporte de Diversos Resíduos da Produção Agrícola, sem Processamento, para Aproveitamento em Fornos e Fornalhas Cerâmicas da Região de Arapiraca.

O município de Arapiraca está localizado na região central de Alagoas, como foi visto no Capítulo 4, tendo como limite os municípios de Feira Grande, Lagoa da Canoa, Igací, Craíbas, Girau do Ponciano, Jaramataia, Major Isidoro, São Sebastião, Taquarana, Limoeiro de Anadia e Coité do Nóia. A Cerâmica Arapiraca queima em seus fornos Algaroba e árvores frutíferas, porém está inserida em uma região de grande produção agrícola. A maior distância geográfica do município de Arapiraca é para o município de Major Isidoro, situado aproximadamente a 51,5 km e a menor distância é para o município de Lagoa da Canoa que está aproximadamente a 15,7 km. Do ponto de vista do transporte de cargas são distâncias relativamente pequenas que contribuem para o transporte de resíduos da produção agrícola, caso a Cerâmica Arapiraca queira aproveitá-los em suas fornalhas ou fornos. A Tabela 6.2 mostra todas as distâncias do município de Arapiraca aos demais municípios limítrofes.

Tabela 6.2 – Distância de Arapiraca aos Municípios Limítrofes

Município	Distância à Arapiraca (km)
Feira Grande	18,0
Lagoa da Canoa	15,7
Igací	24,8
Craíbas	22,0
Girau do Ponciano	25,5
Jaramataia	42,6
Major Isidoro	51,5
São Sebastião	25,8
Taquarana	23,3
Limoeiro de Anadia	19,5
Coité do Nóia	20,7

Fonte: Elaborado pelo Autor

Segundo o IBGE (2006) esses municípios destacam-se na produção de coco, feijão, mandioca, milho, algodão, amendoim e soja. Neste capítulo foi realizado um estudo dos custos de transporte para o aproveitamento dos resíduos, sem processamento, disponíveis da produção agrícola dos municípios próximos à

Cerâmica Arapiraca para a queima em seus fornos ou fornalhas. Das sete culturas citadas, consideraram-se neste estudo os resíduos agroindustriais das quatro culturas de maior produção: Coco (Casca), feijão (Casca), mandioca (Casca) e milho (Sabugo).

Como apresentado no Capítulo 3, existem vários fatores para a quantificação dos resíduos, dependendo das características de cultura em questão.

A Tabela 6.3 apresenta a quantidade de resíduos gerados a partir das quatro culturas que lhes deram origem de cada município da Região de Arapiraca e a partir desses dados foi possível quantificar os valores dos resíduos que podem ser gerados anualmente e mensalmente em cada município da Região de Arapiraca, como mostra a Tabela 6.4. Observa-se nesta Tabela que os municípios que podem gerar uma maior quantidade de resíduos são Arapiraca, Taquarana, Girau do Ponciano, São Sebastião e Igaci.

Tabela 6.3 – Quantidade de Resíduos Gerados das Quatro Culturas de Maior Produção (Prod.) da Região de Arapiraca.

MUNICÍPIO	Coco	Coco	Feijão	Feijão	Mandioca	Mandioca	Milho	Milho
	Em massa	Em massa	(Grão)	(Casca)	(Raiz)	(Casca)	(Grão)	(Sabugo)
	Prod.	Resíduo	Prod.	Resíduo	Prod.	Resíduo	Prod.	Resíduo
ARAPIRACA	0	0	2.450	1.715	30.000	3.000,0	1.056	232,32
COITÉ DO NOIA	0	0	160	112	2.250	225,0	250	55
FEIRA GRANDE	0	0	162	113	10.400	1.040,0	450	99
GIRAU DO PORCIANO	52,5	31,5	380	266	18.200	1.820,0	1.500	330
IGACI	0	0	2.205	1.544	10.000	1.000,0	1.900	418
JARAMATAIA	0	0	240	168	0	0,0	500	110
LAGOA DA CANOA	0	0	270	189	5.250	525,0	270	59,4
LIMOEIRO DE ANADIA	17,5	10,5	260	182	2.125	212,5	140	30,8
MAJOR ISIDORO	0	0	1.592	1.114	0	0,0	430	94,6
SÃO SEBASTIÃO	1802	1081,2	404	283	16.000	1.600,0	960	211,2
TAQUARANA	7,5	4,5	1.578	1.105	18.200	1.820,0	1.322	290,84
CRAÍBAS	0	0	563	394	13	1,3	202	44,44
PROD. TOTAL (Ton.)	1.880	1127,7	10.264	7.185	112.438	11.243,8	8.980	1975,6

Fonte: IBGE, 2006 e adaptada pelo Autor

Tabela 6.4 – Tipo e Produção de Resíduos Gerados Anualmente e Mensalmente dos Municípios da Região de Arapiraca.

MUNICÍPIO	Coco	Feijão	Mandioca	Milho	Resíduos gerados (anual)	Resíduos gerados (mensal)
	Em massa	(Casca)	(Casca)	(Sabugo)		
	Resíduo	Resíduo	Resíduo	Resíduo		
ARAPIRACA	0	1.715	3.000,0	232,32	4.947,3	412,28
COITÉ DO NOIA	0	112	225,0	55	392,0	32,67
FEIRA	0	113	1.040,0	99	1.252,4	104,37
GIRAU DO	31,5	266	1.820,0	330	2.447,5	203,96
IGACI	0	1.544	1.000,0	418	2.961,5	246,79
JARAMATAIA	0	168	0,0	110	278,0	23,17
LAGOA DA	0	189	525,0	59,4	773,4	64,45
LIMOEIRO DE	10,5	182	212,5	30,8	435,8	36,32
MAJOR	0	1.114	0,0	94,6	1.209,0	100,75
SÃO	1081,2	283	1.600,0	211,2	3.175,2	264,60
TAQUARANA	4,5	1.105	1.820,0	290,84	3.219,9	268,33
CRAÍBAS	0	394	1,3	44,44	439,8	36,65

Fonte: IBGE, 2006. Adaptada pelo Autor.

Mensalmente, a cerâmica em estudo consome aproximadamente 477,36 toneladas de lenha, sendo 272,16 toneladas de Algaroba e 205,20 toneladas de Mangueira. O custo mensal desses combustíveis gira em torno de R\$ 28.000,00, incluindo o custo com o frete, sendo a madeira transportada de várias regiões do estado de Alagoas e também de estados vizinhos (SINDICER AL, 2011).

Neste estudo foram considerados quatro cenários em relação ao custo de transporte dos resíduos sem nenhum tipo de processamento, que serão detalhados em seguida. Os cenários foram construídos levando-se em consideração o consumo mensal de 477,36 toneladas de lenha da Cerâmica Arapiraca e para a avaliação dos mesmos as variáveis custo do frete e custo dos resíduos foram consideradas. O custo do frete foi de R\$ 200,00 por viagem, valor praticado na região de Arapiraca para uma distância máxima de 50 km, considerando um caminhão de 30 m³, ou seja, com uma capacidade de aproximadamente 21 toneladas (SINDICER AL, 2011). Para o custo dos resíduos, o valor adotado foi o de comercializado na região que é

de R\$ 30,00 por tonelada. A Tabela 6.5 mostra uma avaliação dos custos de transporte dos resíduos sem nenhum tipo de processamento dos municípios limítrofes de Arapiraca, visando o aproveitamento dos mesmos para os diferentes cenários.

Tabela 6.5 - Avaliação dos Custos de Transporte dos Resíduos sem Processamento da Região de Arapiraca para Quatro Cenários Propostos

Municípios	Resíduos gerados (mensal)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
		30%	75% + 5 mais próximos	35% + 5 mais produtivos	55% + 3 mais produtivos
ARAPIRACA	412,28	123,68	309,21	144,30	226,75
COITÉ DO NOIA	32,67	9,80	24,50	-	-
FEIRA GRANDE	104,37	31,31	78,28	-	-
GIRAU DO PORCIANO	203,96	61,19	-	71,39	112,18
IGACI	246,79	74,04	-	86,38	-
JARAMATAIA	23,17	6,95	-	-	-
LAGOA DA CANOA	64,45	19,34	48,34	-	-
LIMOEIRO DE ANADIA MAJOR	36,32	10,90	27,24	-	-
ISIDORO SÃO SEBASTIÃO	100,75	30,23	-	-	-
SEBASTIÃO	264,60	79,38	-	92,61	-
TAQUARANA	268,33	80,50	-	93,91	147,58
CRAÍBAS	36,65	11,00	-	-	-
TOTAL (t)	1794,33	538,30	487,56	488,58	486,51
Cons. Mensal da Cer. Arapiraca		477,36	477,36	477,36	477,36
Valor do resíduo (R\$ / t)		30	30	30	30
Custo com o resíduo (R\$)		16.148,93	14.626,73	4.657,53	4.595,30
Número de viagens					23
		26	23	23	
Custo com frete (R\$)		5.126,64	4.643,40	4.653,18	4.633,43
Custo Total (R\$)		21.275,57	19.270,13	19.310,71	19.228,72

Fonte: IBGE, 2006. Adaptada pelo Autor.

No cenário 1 foi avaliado um percentual de 30% de aproveitamento de todos os resíduos de cada município de acordo com a Tabela 6.6. Deste modo, obteve-se

um total de 538,30 toneladas de resíduos gerados. Dividindo-se este valor pela carga máxima do caminhão que é de 21 toneladas, como foi visto anteriormente, chega-se a um total de 26 viagens. Significa então, que seria necessário este número de viagens mensalmente para transportar 30% de todos os resíduos da região de uma distância máxima de 50 km até a Cerâmica Arapiraca.

Para o cálculo do resíduo, multiplica-se o valor cobrado na região que é de R\$ 30,00 por tonelada de resíduo gerado pelo cenário 1, e desta forma obteve-se um valor de R\$ 16.148,93. Para o cálculo do frete, multiplica-se o número de viagens pelo valor de R\$ 200,00 (para cada viagem), logo, o custo de transporte foi de R\$ 5.126,64.

Portanto, o custo total se o cenário 1 fosse aplicado seria da ordem de R\$ 21.275,57 reais.

Para o cenário 2 foram considerados 75% dos resíduos gerados pelos cinco municípios mais próximos à Cerâmica que foi de 487,56 toneladas. Desta forma, chegou-se aos seguintes resultados: 23 viagens seriam necessárias para o transporte dos resíduos, o custo dos resíduos seria de R\$ 14.626,73, o custo do frete seria de R\$ 4.643,40, totalizando o custo total de R\$ 19.270,13 reais.

Para o cenário 3 foram considerados 35% dos resíduos gerados pelos cinco municípios mais produtivos que foi de 488,58 toneladas. Desta forma, chegou-se aos seguintes resultados: 23 viagens mensais seriam necessárias para o transporte dos resíduos, o custo dos resíduos seria de R\$ 14.657,53, o custo do frete seria de R\$ 4.653,18 totalizando o custo total de R\$ 19.310,71 reais.

Para o cenário 4 foram considerados 55% dos resíduos gerados pelos três municípios mais produtivos que foi de 486,51 toneladas. Deste modo, chegou-se aos seguintes resultados: 23 viagens por mês seriam necessárias para o transporte dos resíduos, o custo dos resíduos seria de R\$ 14.595,30, o custo do frete seria de R\$ 4.633,43, totalizando o custo total de R\$ 19.288,72 reais.

Analisando os quatro cenários em estudo e de acordo com a Tabela 6.6, observa-se que o cenário 4 possui um custo total menor que os demais cenários, por possuir uma menor quantidade de resíduo a ser transportado. O cenário 2 possui uma quantidade maior de resíduos que poderiam ser transportados com um custo um pouco mais elevado do que o cenário 4, porém os municípios que compõe o cenário 2 estão em uma distância mais próxima à Arapiraca tornando o transporte mais rápido para o recolhimento dos resíduos até a cerâmica.

Comparando os custos atuais da Cerâmica Arapiraca com os custos de uma possível utilização dos resíduos agroindustriais, observa-se que em todos esses cenários estudados o custo total, usando os resíduos da produção agrícola na forma sem processamento é sempre menor que o custo atual, mesmo utilizando uma quantidade de resíduos superior a lenha atualmente utilizada. Os percentuais escolhidos para a coleta de resíduos em cada cenário foram em função da quantidade de lenha usada atualmente na cerâmica que é de 477,36 toneladas mensais.

6.3 Estudos Comparativos do Consumo Energético na Utilização de Resíduos Agroindustriais sem Processamento em Substituição a Lenha para Suprimento Energético em Fornos e Fornalhas das Cerâmicas da Região de Arapiraca.

Para o cálculo do consumo energético atual dos fornos e das fornalhas e da possível utilização de resíduos agroindustriais em cada cenário estudado se faz necessário a estimativa média do poder calorífico inferior dos resíduos da produção agrícola, pois cada resíduo possui diferentes características físico-químicas. A alimentação desses materiais nos fornos ou nas fornalhas poderá ser de forma homogênea, ou seja, não existindo uma separação dos mesmos no momento em que se está alimentando o forno ou a fornalha. Desta forma, o cálculo do PCI da Biomassa atualmente utilizada nos fornos da Cerâmica Arapiraca será a média dos valores de PCI de cada biomassa (Algaroba e Mangueira). A Tabela 6.6 apresenta o poder calorífico inferior médio da Algaroba e da Mangueira calculado a partir da umidade e do poder calorífico superior, determinados conforme metodologia apresentada no Capítulo 4.

Tabela 6.6 – Poder Calorífico Inferior Médio da Biomassa Atualmente Utilizada em Fornos da Cerâmica Arapiraca

Cultura / Valores Médios	Algaroba	Mangueira	Valores Médios
Umidade (%)	20	20	20
PCS (kcal/kg)	4953	2400	3676,5
PCI Médio (kcal/kg)	1761,1		

Fonte: Laboratório LABEN, 2009.

Analogamente foi elaborada a Tabela 6.7 que apresenta os valores de poder calorífico inferior médio dos diferentes resíduos da produção agrícola estudado nos diversos cenários.

Tabela 6.7 - Poder Calorífico Inferior Médio dos Resíduos da Produção Agrícola que Poderiam ser Utilizados em Fornos da Cerâmica Arapiraca

Resíduos	Coco	Feijão	Mandioca	Milho	Valores Médios
Umidade (%)	12,00	12,00	15,00	10,00	12,25
PCS (kcal/kg)	3000,00	3700,00	3500,00	4000,00	3550,00
PCI Médio (kcal/kg)	1823,70				

Fonte: Laboratório LABEN, 2009.

Usando o valor de poder calorífico inferior médio apresentado na Tabela 6.7, 1761,1 kcal/kg foi possível calcular o consumo mensal de energia necessária para suprir a demanda dos fornos e das fornalhas, utilizando Algaroba e Mangueira, e o valor encontrado foi de 840 678 696 kcal, como mostra a Tabela 6.8.

Tabela 6.8 – Consumo Energético Atual nos Fornos da Cerâmica Arapiraca

Lenha (Mangueira e Algaroba) (t)	477,36
PCI da lenha (kcal/kg)	1761,1
Energia (kcal)	840 678 696

Fonte: Laboratório LABEN, 2009.

Para a construção da Tabela 6.9 foi utilizada a mesma metodologia anterior. Observa-se que a razão do valor de energia encontrado para cada cenário com a

utilização dos resíduos agrícolas dividido pelo consumo mensal atual de energia através da lenha (consumo atual) é de aproximadamente 1(um). Este valor indica que a demanda do forno da Cerâmica Arapiraca poderia ser suprida, em termos de geração de energia, utilizando qualquer um dos cenários estudados.

Tabela 6.9 – Quantidade de Energia que Pode Ser Gerada Utilizando Diversos Cenários Para Consumo em Fornos da Cerâmica Arapiraca - AL.

Cenários	1	2	3	4
Resíduo (t)	538,3	487,56	488,58	486,51
PCI dos resíduos (kcal/kg)	1823,7	1823,7	1823,7	1823,7
Energia (kcal)	981 697 710	889 163 172	891 023 346	887 248 287
Razão de consumo	1,167744246	1,057673016	1,059885721	1,055395232

Fonte: Elaborada do Autor, 2011

Por outro lado, em indústrias cerâmicas existe uma etapa que precede a queima, que consiste na secagem das peças. As peças cerâmicas secas adquirem uma boa resistência mecânica, o que facilita o manuseio e reduz as quebras. Somente após a secagem, é que os blocos ou telhas estão prontos para suportarem as altas temperaturas da queima (FRANCO et. al., 2007).

Existem duas formas de secagem das peças cerâmicas, a secagem natural e a secagem artificial. Na secagem natural não há a necessidade de utilização de combustíveis, pois a mesma pode ser realizada em galpões que possuam boa ventilação e iluminação, como mostra a Figura 6.5

Figura 6.5 – Secagem Natural de Blocos Cerâmicos na Cerâmica Arapiraca – AL.



Fonte: Acervo do Autor, 2011.

Na secagem artificial, realizada em câmaras de secagem, o ar quente utilizado para a secagem dos blocos pode ser produzido através do aproveitamento do calor dos fornos ou utilizando fornalhas independentes acopladas nessas câmaras.

A Cerâmica Arapiraca, que produz blocos cerâmicos, possui duas câmaras de secagem artificial, uma aproveita calor de escape do forno do tipo abóboda e a outra possui uma fornalha independente, utilizando 20 m³ de lenha para geração de calor em cada fornada, como mostra a Figura 6.6.

Figura 6.6 – Porta de Visita de uma Câmara de Secagem Artificial com Fornalha Acoplada da Cerâmica Arapiraca



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2011.

Segundo informações colhidas junto à direção da referida cerâmica, mensalmente são consumidas cerca de 240 m³ de lenha. Foi realizado um estudo comparativo da utilização da lenha com os resíduos da produção agrícola da região de Arapiraca equivalente a este consumo mensal de lenha, de acordo com as Tabelas 6.11 e 6.12.

De acordo com a Tabela 6.11 foi calculado os custos mensais de lenha de algaroba e mangueira, combustível atualmente utilizada nas fornalhas. Considerou-se o consumo de 50% de algaroba e 50% de mangueira. Através de suas respectivas densidades foi calculado o consumo mensal em toneladas de lenha e em seguida chegou-se a um custo total de R\$ 11.304,00, que corresponde ao valor que a cerâmica despende mensalmente para utilização deste combustível (considerando o valor da lenha e do frete).

Tabela 6.10 – Quantidade e Custo Mensal de Utilização da Lenha em Fornalhas de Câmaras de Secagem na Cerâmica Arapiraca - AL

Uso da lenha em fornalhas da câmara de secagem		
Lenha Utilizada	Algaroba	Mangueira
Consumo Mensal (m ³)	120	120
Densidade (t/m ³)	0,756	0,570
Consumo mensal (t)	90,7	68,4
Valor da lenha /t (R\$)	95,50	38,60
Valor de cada espécie (R\$)	8.663,76	2.640,24
Valor Total (R\$)	11.304,00	

Fonte: Laboratório do GCAR – IQB - UFAL (2009). Elaborada pelo autor, (2010).

Para a construção da Tabela 6.12 que mostra a quantidade e o custo mensal de utilização dos resíduos da produção agrícola em fornalhas de câmaras de secagem da Cerâmica Arapiraca foi considerado o mesmo consumo de lenha da Tabela 6.11, utilizando agora os mesmos resíduos da região citados no item 6.2. Usando o mesmo valor monetário do resíduo por tonelada e o valor do custo do frete de R\$ 200,00 por viagem foi possível calcular o custo mensal que foi de R\$ 9.485,71 utilizando os resíduos da produção agrícola nas fornalhas da câmara de secagem. Ainda de acordo com a Tabela 6.12 para atender a demanda da fornalha são necessárias 11 viagens utilizando um caminhão de 30 m³ em um raio de 50 km.

Tabela 6.11 - Quantidade e Custo Mensal de Utilização dos Resíduos da Produção Agrícola em Fornalhas de Câmaras de Secagem na Cerâmica Arapiraca - AL

Uso de resíduos em fornalhas da câmara de secagem	
Consumo Mensal (t)	240
Valor do resíduo /t (R\$)	30,00
Valor gasto sem o frete (R\$)	7.200,00
Valor do Frete (R\$)	2.285,71
Número de Viagens	11
Valor Total (R\$)	9.485,71

Fonte: Elaborada pelo autor, 2011.

Desta forma, a diferença entre o valor monetário de consumo utilizando os resíduos da produção agrícola e o valor monetário do consumo utilizando a lenha foi

de aproximadamente R\$ 1.820,00, resultando em economia para a cerâmica. Outro fator relevante é que o consumo de combustível na fornalha da câmara de secagem representa um terço do combustível que toda a cerâmica demanda mensalmente, necessitando de uma quantidade de combustível inferior as necessidades de consumo de um forno.

De acordo com a Tabela 6.12 a Cerâmica Arapiraca teria que desembolsar mensalmente R\$ 9.485,71 com a utilização dos resíduos da produção agrícola, incluindo os custos dos resíduos e do frete, para suprir as necessidades energéticas da fornalha, valor inferior se comparado com a utilização atualmente da lenha que é de R\$ 11.304,00 gerando economia e evitando também o desmatamento na região.

6.4 Considerações Finais

De acordo com o que foi estudado neste Capítulo existem várias possibilidades de utilização dos resíduos agroindustriais como combustíveis nas cerâmicas da região de Arapiraca, seja na forma direta sem processamento, picotado ou compactado. A escolha vai depender da disponibilidade dos mesmos na região da Cerâmica, da melhor forma para o transporte, da disponibilidade financeira para compra de equipamentos necessários para o picotamento, briquetagem ou peletização.

Em todos os cenários estudados para a utilização dos resíduos na forma sem processamento, que é a forma menos racional de uso, observou-se que os custos, incluindo o preço dos resíduos e de transporte é sempre inferior ao da lenha atualmente utilizada. Foi observado ainda que devido à alta umidade dos resíduos qualquer que seja a forma de utilização (sem processamento, picotado ou adensado) é necessário que seja realizado uma secagem dos mesmos. Esta secagem pode ser realizada no local de coleta, como mostra a Figura 6.3 ou na própria cerâmica, Figura 6.4, podendo ser efetuada aproveitando-se a luz do sol, abundante na região nordeste quase o ano inteiro, e que seja realizada numa área em que os resíduos possam ser uniformemente espalhados e secos.

A biomassa dos resíduos agroindustriais pode ser uma alternativa econômica para utilização como combustível nas fornalhas ou como complemento

energético nos fornos das cerâmicas do estado de Alagoas. Outra alternativa, em termos de biomassa como combustível para as cerâmicas são as florestas energéticas que poderiam ser cultivadas em assentamentos rurais do estado e que será assunto a ser tratado no Capítulo 7.

REFERÊNCIAS

FRANCO, M. N. et al. **Noções básicas do processo produtivo de cerâmica vermelha**. Terezina: Centro de Tecnologia Cerâmica. Departamento Regional do Piauí, 2007. v. 1.

KANURY, A. Combustion characteristics of biomass fuels. **Oregon: Combustion Science and Technology**. v. 97, Issue 4, p. 469-491, 1994.

NOGUEIRA. **Máquinas agrícolas: enleirador / espalhador**. Ribeirão Preto, 2011. Disponível em: <<http://br.viarural.com/agricultura/maquinaria-agricola/nogueira/enleirador-espalhador.htm>.> Acesso em: 09 maio 2011.

SALMERON, A. **Pesquisa sobre mecanização florestal para abastecimento industrial de resíduo visando a produção de energia**. Piracicaba, 1980. p. B.1 – B.12. (Série Técnica Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, v.1, n. 2)

SINDICATO DAS INDÚSTRIAS CERÂMICAS DO ESTADO DE ALAGOAS. Evolução do setor cerâmico em Alagoas. In: SEMINÁRIO DE CERÂMICA VERMELHA. 2010. Maceió. **Anais eletrônicos...** Maceió: SINDICER- AL, 2010. Disponível em: <http://www.acertenamidia.com.br/enic/arquivos/File/programacao_31_05_2010/PROGRAMACAO-SEMINARIO_CERAMICA_ENIC_2010.pdf.> Acesso em: 20 jun. 2011.

WERTHER, J. et al. Combustion of agricultural residues, progress in energy and combustion. **Science**, n. 26. p. 1-27, 2000.

YOSHIKAWA, N. K. 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. 1., 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 maio 2011.

7 FLORESTAS ENERGÉTICAS CULTIVADAS EM ASSENTAMENTOS RURAIS: ALTERNATIVA ENERGÉTICA PARA O SETOR CERÂMICO DE ALAGOAS

Pelos estudos até aqui efetuados, o uso dos resíduos agroindustriais de Alagoas pode constituir uma alternativa para queima em fornos ou fornalhas nas cerâmicas. Outra alternativa, que pode ser avaliada é o cultivo e uso de florestas energéticas, tais como o plantio de eucalipto, pinus, bambu e/ou espécies nativas para queima nas cerâmicas e ainda o plantio de espécies vegetais como o capim elefante.

Neste capítulo foi realizado um estudo de caso para o eucalipto que poderia ser cultivado em um assentamento rural no município de Atalaia, para suprir a demanda energética da Cerâmica Capelli.

A silvicultura teve início no Brasil no início do século XX, com o estabelecimento dos plantios florestais de espécies exóticas para substituição da madeira das florestas nativas de difícil reposição. As principais espécies exóticas foram os eucaliptos, introduzidos pela Companhia Paulista de Estrada de Ferro em 1904 visando à produção de dormentes, lenha e postes para as locomotivas. Até o início da industrialização do país na década de 60, o setor continuou inexpressivo, mas começou a ganhar força por meio de incentivos fiscais no início dos anos 70, evoluindo de 400 mil ha para cerca de 6 milhões de ha em 1994 (MACHADO, 2002). Atualmente a silvicultura se destaca no cenário sócio econômico do Brasil, sendo responsável por aproximadamente R\$ 8,15 bilhões do total de tributos arrecadados em 2009, representando 0,75% de participação deste setor no total de tributos arrecadados pelo país, contribuindo também significativamente na geração de 3,9 milhões empregos, incluindo os diretos (535,0 mil), indiretos (1,26 milhão) e empregos resultantes do efeito-renda (2,16 milhões) (ABRAF, 2010).

O Governo brasileiro através do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) lançou em 2004 o Programa de Plantio Comercial e Recuperação de Floresta - PROFLORA, através da Resolução nº 3.207, de 24/06/2004, que apóia a implantação e manutenção de florestas destinadas ao uso industrial; a recomposição e manutenção de áreas de preservação e reserva florestal legal; e a implantação e manutenção de espécies florestais para produção de madeira destinada à queima no processo de secagem de produtos agrícolas. Objetiva, também, contribuir para a

redução do déficit existente no plantio de árvores utilizadas como matérias-primas pelas indústrias; incrementar a diversificação das atividades produtivas no meio rural; gerar emprego e renda de forma descentralizada; e alavancar o desenvolvimento tecnológico e comercial do setor. Dos pontos de vista social e ambiental, visa fixar o homem no meio rural e reduzir a sua migração para as cidades, por meio da viabilização econômica de pequenas e médias propriedades e contribuir para a preservação das florestas nativas e ecossistemas remanescentes. As operações são realizadas através das instituições financeiras credenciadas, com taxa de juros 8,75% a.a., incluído a remuneração da instituição financeira credenciada de 3% a.a. e financiamento em até 100% (BNDES, 2004).

Embora atualmente o uso da energia da biomassa florestal seja predominante doméstico, nas áreas rurais dos países em desenvolvimento, cada vez mais se percebe que também é uma fonte importante de combustível para os pobres que vivem nas cidades e para muitas indústrias de pequeno e médio porte. Deve-se então, tratar da questão do uso ambientalmente correto da terra que requer que a biomassa usada na produção de combustível seja produzida de forma sustentável. Portanto, é indispensável que se concentre na produção e uso eficiente da biomassa energética, de modo, que ela possa oferecer combustíveis modernos para atender principalmente as demandas locais (HALL, 1991).

Ainda segundo Hall (1991), para que as plantações de biomassa desempenhem um importante papel na economia energética local são necessárias estratégias para se alcançar e manter elevada a produtividade em grandes áreas plantadas durante longos períodos. São necessárias pesquisas para assegurar estratégias ótimas para obtenção de tais produtividades da biomassa energética em condições variáveis. As questões práticas a serem abordadas são a escolha e preparação dos locais, a seleção das espécies, a fertilidade do solo, o controle de pragas e doenças, cuidados com erosão e a poluição da água, e a diversidade biológica existente na plantação e em seus arredores.

Por outro lado o Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística (IBOPE) publicou em outubro de 2009 uma pesquisa completa sobre as condições de vida das famílias que residem em assentamentos rurais no Brasil. Entre outros números a pesquisa revela que 48% dos assentados não produzem o suficiente para sobreviver, 75% não têm acesso aos programas de crédito do governo e 46% compraram suas terras ilegalmente de terceiros. Para 37% das famílias que vivem

em assentamentos da reforma agrária brasileira, a renda mensal é de, no máximo, um salário mínimo, ou seja, uma situação de extrema pobreza.

A pesquisa mostra ainda que 37% dos assentados não têm qualquer produção. Na fatia restante de 63% que apresenta algum tipo de produção, somente 27,7% conseguem produzir o suficiente para abastecer sua própria família e gerar algum excedente para comercialização, ou seja, apresentam capacidade de gerar renda. A análise dos dados comprova que, efetivamente, 72,3% dos entrevistados não conseguem obter renda com a produção rural nos assentamentos. A pesquisa indica, ainda, que 49% da renda dos assentados não está ligada à atividade na propriedade rural, havendo necessidade de complementação por meios como aposentadorias, pensões, bolsa família, seguro desemprego e trabalho assalariado. Sem essas outras fontes, a renda média cairia para 0,86% do salário mínimo.

O estudo do IBOPE mostra também que a atividade nos assentamentos é de baixo acesso à tecnologia. Os principais instrumentos de trabalho são enxadas, foices e pás. O trator aparece somente em sétimo lugar, presente em 9% dos domicílios pesquisados. A pesquisa aponta que 46% dos assentados têm 50 anos ou mais, ou seja, uma população com idade média avançada. Outro dado de extrema gravidade mostra que em 19% dos assentamentos há presença de trabalho infantil. Cerca de 68% dos entrevistados é analfabeto ou teve acesso, no máximo, até a quarta série do ensino fundamental. Em média, 4,3 pessoas moram em cada casa de um assentamento da reforma agrária, mas 14% desses domicílios não têm banheiro ou outra instalação sanitária. Entre os 86% que têm banheiro, parcela de 63% utiliza fossa rudimentar. Para 42% das propriedades, a água utilizada vem de poço ou nascente.

7.1 Assentamentos Rurais do Estado de Alagoas

No Estado de Alagoas até o ano de 2007 existiam 133 projetos de assentamentos distribuídos em 39 dos 102 municípios do Estado situados nas regiões Leste, Agreste e Sertão alagoano, perfazendo uma área total de 86.898,846 ha, equivalente a aproximadamente 3,2 % da área total do Estado de Alagoas que é de 27.767,66 km² ou 2.776.766 ha.

A Figura 7.1 apresenta o mapa do Estado de Alagoas, identificando os 102 municípios dos quais 39 possuem projetos de assentamentos.

Figura 7.1- Municípios com Assentamentos no Estado de Alagoas.



Fonte: Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA, 2007 e Mapa elaborado pelo autor (2009).

A Tabela 7.1 apresenta os municípios de Alagoas com os respectivos projetos de assentamentos e a extensão das áreas ocupadas, com capacidade de assentar 9889 famílias dando assim uma média de aproximadamente 8,79 hectares por família. Observa-se também que a região leste do Estado concentra a maior parte dos assentamentos que estão localizados nos municípios mais ao norte desta Região. Nesta região destacam-se pela grande quantidade de assentamentos os municípios de Maragogi (com 18 projetos de assentamentos), São Luiz do Quitunde (com 15 projetos), União dos Palmares e Atalaia (com 8 projetos em cada um). Observa-se que nos municípios localizados mais ao sul da região leste do estado apenas o município de Penedo apresenta projeto de assentamento.

Na região agreste os projetos de assentamentos estão localizados em municípios próximos às cidades pólos de Arapiraca e Palmeira dos Índios. Na região do sertão os projetos de assentamentos estão localizados nos municípios próximos as margens do rio São Francisco e no extremo oeste do estado.

Tabela 7.1 - Municípios, Número de Projeto e Áreas dos Assentamentos em Alagoas.

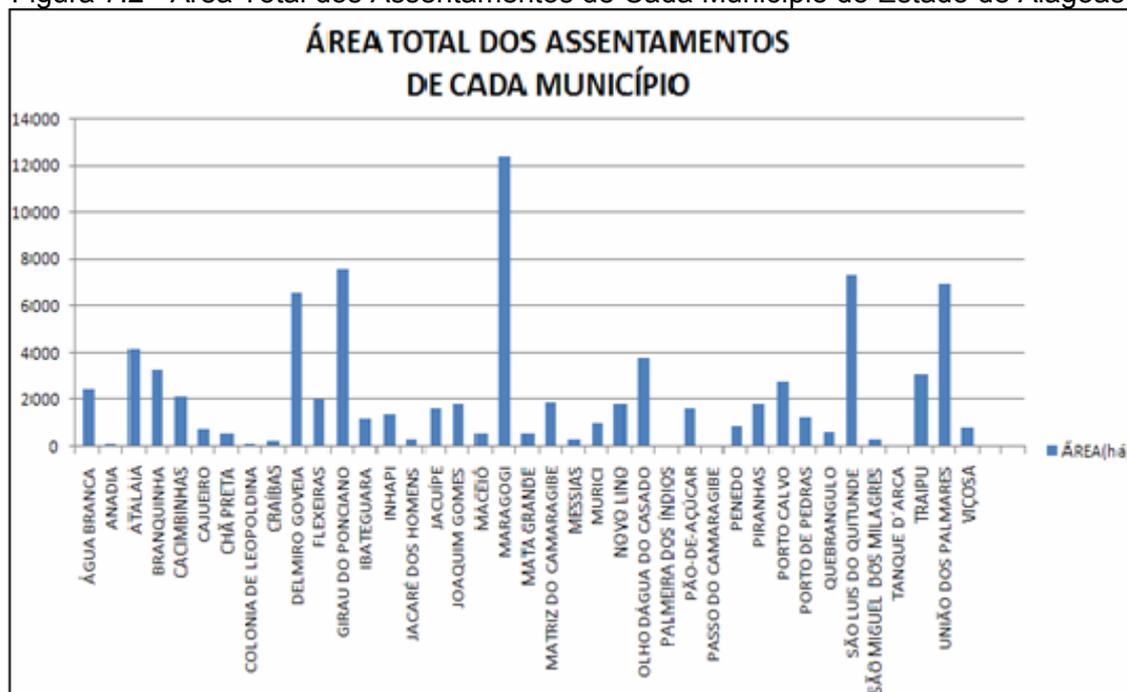
Município	Nº Projeto	Área (ha)	Município	Nº Projeto	Área (ha)
Água Branca	4	2478,93	Matriz do Camaragibe	3	1881,13
Anadia	1	163,43	Messias	1	350,80
Atalaia	8	4149,48	Murici	2	1019,03
Branquinha	5	3278,95	Novo Lino	1	1841,49
Cacimbinhas	1	2188,80	Olho D'água do Casado	3	3812,80
Cajueiro	1	756,61	Palmeira dos Índios	1	77,44
Chã Preta	2	613,83	Pão – de - Açúcar	3	1674,45
Colônia De Leopoldina	1	114,00	Passo do Camaragibe	1	58,52
Craibas	1	246,56	Penedo	1	887,30
Delmiro Gouveia	7	6592,32	Piranhas	4	1838,29
Flexeiras	6	2006,33	Porto Calvo	3	2789,28
Girau Do Ponciano	7	7584,67	Porto de Pedras	3	1293,58
Ibateguara	1	1182,22	Quebrangulo	2	621,97
Inhapi	2	1420,84	São Luis do Quitunde	15	7313,83
Jacaré Dos Homens	1	336,90	São Miguel dos Milagres	1	361,12
Jacuípe	2	1656,75	Tanque D'Arca	1	16,00
Joaquim Gomes	3	1827,91	Traipu	5	3125,10
Maceió	2	601,73	União dos Palmares	8	6923,11
Maragogi	18	12362,28	Viçosa	1	837,05
Mata Grande	1	614,00	-	-	-

Fonte: Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrárias, 2007 e Tabela Adaptada pelo autor (2009).

A Tabela 7.2 identifica os 102 municípios alagoanos agrupados por região que são as Regiões do Agreste Alagoano, Leste Alagoano e Sertão Alagoano. Através de suas respectivas numerações esses municípios podem ser localizados na Figura 7.1.

A Figura 7.2 mostra a área total dos assentamentos de cada município do estado de Alagoas. Observa-se pelo gráfico que o município com maior área ocupada por assentamentos é o município de Maragogi na região leste do estado com uma área um pouco maior que 12000 hectares. Destacam-se também com área ocupada por assentamentos os municípios de União dos Palmares e São Luís de Quitunde, igualmente na região leste. Em Girau do Ponciano destaca-se na região agreste e Delmiro Gouveia na região do sertão.

Figura 7.2 - Área Total dos Assentamentos de Cada Município do Estado de Alagoas.



Fonte: Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA, 2007e Gráfico elaborado pelo autor (2009).

Tabela 7.2 - Relação dos Municípios de Alagoas Agrupados por Região.

Agreste			Leste Alagoano			Sertão	
3	Arapiraca	39	Japaratinga	41	Joaquim Gomes	26	Delmiro Gouveia
16	Campo Grande	102	Jequiá da Praia	42	Jundiá	61	Olho d'Água do Casado
21	Coité do Nóia	49	Maragogi	54	Matriz de Camaragibe	76	Piranhas
25	Craíbas	70	Passo de Camaragibe	55	Messias	7	Batalha
29	Feira Grande	79	Porto de Pedras	58	Murici	9	Belo Monte
32	Girau do Ponciano	92	São Miguel dos Milagres	59	Novo Lino	37	Jacaré dos Homens
44	Lagoa da Canoa	5	Barra de Santo Antônio	78	Porto Calvo	40	Jaramataia
45	Limoeiro de Anadia	6	Barra de São Miguel	90	São Luís do Quitunde	47	Major Isidoro
93	São Sebastião	23	Coqueiro Seco	30	Feliz Deserto	57	Monteirópolis
97	Taquarana	46	Maceió	35	Igreja Nova	60	Olho d'Água das Flores
8	Belém	51	Marechal Deodoro	72	Penedo	63	Oliveira
12	Cacimbinhas	69	Paripueira	73	Piaçabuçu	19	Carneiros
28	Estrela de Alagoas	74	Pilar	80	Porto Real do Colégio	27	Dois Riachos
34	Igaci	82	Rio Largo	2	Anadia	50	Maravilha
48	Mar Vermelho	84	Santa Luzia do Norte	10	Boca da Mata	64	Ouro Branco
52	Maribondo	94	Satuba	15	Campo Alegre	65	Palestina
56	Minador do Negrão	4	Atalaia	24	Coruripe	67	Pão de Açúcar
66	Palmeira dos Índios	11	Branquinha	43	Junqueiro	77	Poço das Trincheiras
71	Paulo Jacinto	13	Cajueiro	83	Roteiro	85	Santana do Ipanema
81	Quebrangulo	14	Campestre	91	São Miguel dos Campos	89	São José da Tapera
96	Tanque d'Arca	18	Capela	98	Teotônio Vilela	95	Senador Rui Palmeira
62	Olho d'Água Grande	22	Colônia Leopoldina	20	Chã Preta	1	Água Branca
87	São Brás	31	Flexeiras	33	Ibateguara	17	Canapi
99	Traipu	38	Jacuípe	75	Pindoba	36	Inhapi
-	-	100	União dos Palmares	86	Santana do Mundaú	53	Mata Grande
-	-	101	Viçosa	88	São José da Laje	68	Pariconha

Fonte: Adaptada pelo o autor, 2009.

É importante salientar que devido às exigências do uso de combustíveis renováveis em indústrias cerâmicas e correlatas, a demanda por biomassa florestal deverá crescer no Brasil nos próximos anos. Quase todas as empresas cerâmicas sindicalizadas no Estado de Alagoas têm planos de iniciar ou ampliar o uso de biomassa renovável em seus fornos e fornalhas. Assim, os assentamentos têm disponibilidade de áreas para o cultivo de florestas energéticas, apresentando uma demanda crescente por novas adequações industriais e de campo no que se refere às práticas de produção e gestão.

7.2 Cerâmicas do Estado de Alagoas

O Estado de Alagoas possui 25 indústrias cerâmicas em funcionamento vinculadas ao Sindicato da Indústria Cerâmica de Alagoas (SINDICER), localizadas nos municípios de Arapiraca, Atalaia, Capela, Maragogi, Matriz do Camaragibe, Palmeira dos Índios, Passo do Camaragibe, Porto Calvo, Porto Real do Colégio e São Miguel dos Campos, ou seja, estão localizadas nas regiões leste e agreste alagoano. A Tabela 7.3 identifica as cerâmicas em funcionamento em cada um dos municípios acima citados. O município de Matriz de Camaragibe na região leste de Alagoas possui o maior número de cerâmicas, num total de sete em funcionamento. O município de Palmeira dos Índios, localizado na região do agreste alagoano é o segundo em maior número de cerâmicas em funcionamento, num total de quatro indústrias cerâmicas. Em seguida, vêm os municípios de Arapiraca e Porto Real do Colégio, localizados também no agreste alagoano com três cerâmicas cada um. Os municípios com menor número de indústrias cerâmicas são Atalaia com uma indústria cerâmica, Capela com duas, Maragogi com uma, Porto Calvo com uma, Passo do Camaragibe com duas, São Miguel dos Campos com uma indústria cerâmica em funcionamento, sendo estas localizadas na região do leste alagoano.

Das indústrias cerâmicas em funcionamento no Estado de Alagoas e vinculadas ao SINDICER - AL, vinte e uma estão localizadas em municípios que possuem áreas de assentamentos. As quatro indústrias cerâmicas que estão localizadas em municípios que não possuem projetos de assentamentos estão

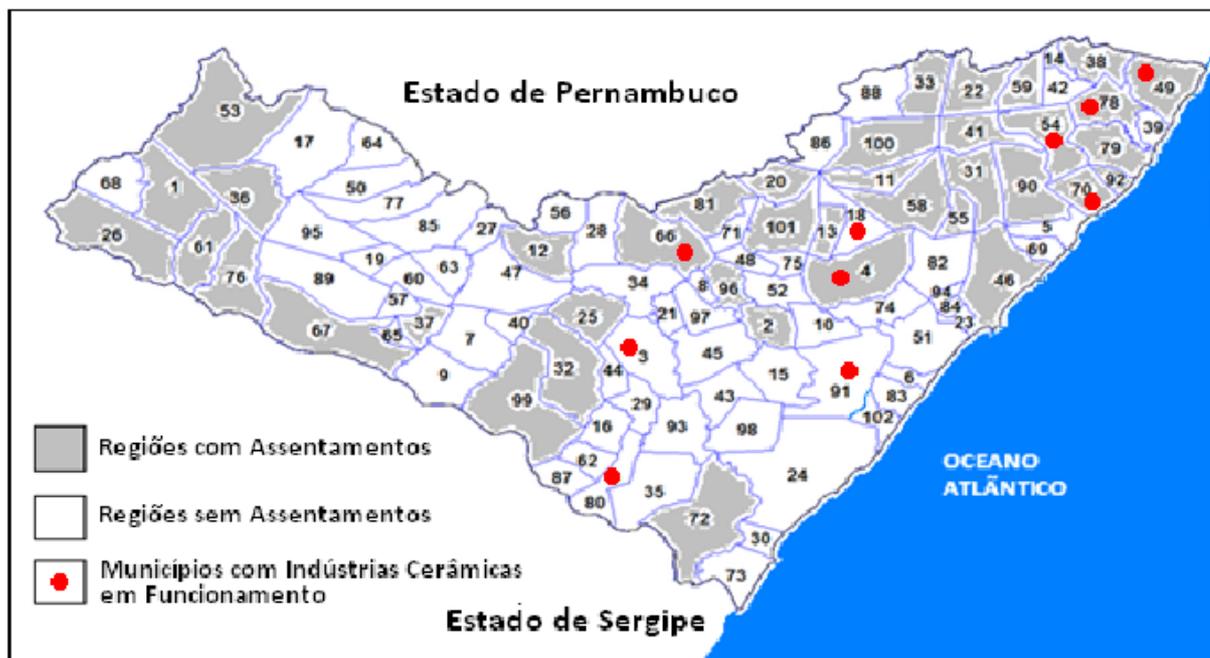
próximas a municípios que possuem este tipo de projeto de reforma agrária, conforme a Figura 7.3.

Tabela 7.3 - Relação das Cerâmicas em Funcionamento do Estado de Alagoas por Municípios e Vinculadas ao SINDICER - AL.

Nº - Município	Cerâmicas
3 - Arapiraca	Cerâmica Arapiraca
	Cerâmica São Carlos
	Cerâmica Três Irmãos
4 - Atalaia	Cerâmica Do Agreste
18 - Capela	Cerâmica Bandeira
	Cerâmica Capelli
49 - Maragogi	E.F. V Silva
54 - Matriz do Camaragibe	Cerâmica Boa Esperança
	Cerâmica Cantagalo
	Cerâmica Santa Eliza
	Cerâmica Chico Bala
	Cerâmica Nossa Senhora Aparecida
	Cerâmica Esperança
66 - Palmeira dos Índios	Ind. E Com Boa Esperança
	Comércio De Material De Construção Bezerra
	A. Caetano Da Silva
	Cerâmica Nova Jerusalém
	Cerâmica Terra Nova
70 - Passo de Camaragibe	Cerâmica Camaragibe
	Cesal Cerâmica Sacramento.
78 - Porto Calvo	Cerâmica Manganzala
80 - Porto Real do Colégio	Industria De Artefatos De Argila União
	Cerâmica Beira Rio
	Cerâmica Itiuba
91 - São Miguel dos Campos	F.H De Almeida Soriano

Fonte: Sindicato da Indústria Cerâmica de Alagoas, SINDICER. Adaptada pelo autor (2009)

Figura 7.3 - Mapa do Estado de Alagoas, Assentamentos e Municípios com Indústrias Cerâmicas em Funcionamento.



Fonte: Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA., SINDICER - AL. e Mapa Elaborado pelo Autor (2009).

As cerâmicas Bandeira e Capelli, localizadas no Município de Capela que não possui assentamentos, estão situadas próximas aos assentamentos de Atalaia, Cajueiro, Murici e Branquinha. As cerâmicas Arapiraca, São Carlos e Três Irmãos localizadas no município de Arapiraca, que não possui nenhum assentamento, estão próximas do município de Craíbas o qual possui apenas um projeto de assentamento com 246,56 hectares, segundo a Tabela 7.1. O município de São Miguel dos Campos que possui uma indústria cerâmica e nenhum assentamento esta localizado próximo de Anadia que possui um projeto de assentamento com 163 hectares. O município de Porto Real do Colégio possui três indústrias cerâmicas em funcionamento, não possuindo assentamentos. Os mais próximos estão localizados em Penedo e Traipu, totalizando uma área de 4012 hectares.

Uma alternativa que pode ser avaliada como solução para a questão energética das cerâmicas alagoanas, a partir do uso da biomassa, seria o cultivo de florestas energéticas, pois assim como se cultiva milho, mandioca, feijão e outros produtos, pode-se cultivar também uma floresta, como se faz em muitos países do mundo.

A madeira está cada vez mais cara e a tendência é elevar o seu preço. Deve-se escolher uma espécie florestal como, por exemplo, o eucalipto que cresce

relativamente rápido e que dá retorno econômico, fato já comprovado por diversos estudos tanto no exterior como também no Brasil.

7.3 O Eucalipto

O eucalipto é plantado, atualmente, em quase todo o mundo, por ser uma planta que possui espécies diversificadas e adaptáveis a várias condições de clima e solo. Para se ter uma idéia da diversificação das espécies, existe eucaliptos que se adaptam muito bem em regiões de temperatura de 35⁰C e outros que suportam um frio de até 18⁰C abaixo de zero (CASTANHO FILHO, 2006).

O eucalipto é uma espécie florestal oriunda da Austrália e Indonésia. Seu gênero é representado por mais de 700 espécies, sendo que cerca de 50 encontram-se distribuídas por países com climas e solos bastante diferenciados como os encontrados no Brasil, Chile, Argentina, África do Sul, Madagascar, Estados Unidos, Espanha, Portugal, Itália, Marrocos e Israel (OLIVEIRA, 2005).

Ainda segundo Oliveira (2005), esta disseminação deve-se às vantagens que o eucalipto oferece quando comparado com outras espécies florestais como gênero de rápido crescimento, alta capacidade de rebrota, facilidade de aclimação e potencial para usos múltiplos. Estes usos múltiplos podem ser a produção de lenha, o reflorestamento, insumo para a produção de celulose e papel, cobertura do solo de áreas inclinadas para combate da erosão, produção de madeira, entre outras utilizações.

De acordo com Grattapaglia (2009) o eucalipto é uma árvore que reúne crescimento rápido, ampla adaptabilidade, e excelente madeira para diversos fins industriais. É plantado em mais de 100 países tropicais e subtropicais, e cumpre um papel essencial de floresta de substituição para a produção de papel, celulose, energia e madeira sólida de forma sustentável. Também segundo Grattapaglia (2009) existem muitos mitos equivocados sobre a planta, tais como o alto consumo de água e de causar o empobrecimento do solo. O eucalipto na verdade tem uma tripla função altamente benéfica para o meio ambiente: seqüestra carbono da

atmosfera é fonte eficiente de produção de fibras e bioenergia e contribui para a recuperação de áreas degradadas

A maioria das espécies de eucaliptos plantadas no Brasil apresenta um crescimento rápido, produz grande quantidade de madeira e subprodutos e possui fácil adaptação. Embora seja considerado que o eucalipto se desenvolva nos mais variados climas e solos, de maneira análoga a qualquer cultura, ele necessita de certos cuidados, principalmente de manejo para sua boa produção, desenvolvimento e adequação ambiental. O eucalipto é considerado uma cultura recuperadora de solo. Por ter raízes profundas ele busca, nas camadas inferiores do solo, nutrientes minerais que já estão fora do alcance de raízes superficiais.

Por esse motivo, o eucalipto pode controlar a erosão do solo e também ocupar áreas que são impróprias para a agricultura, além de reconstituir, num longo prazo, as reservas subterrâneas de água do solo. Além disso, serve de matéria-prima para diversas finalidades como marcenaria, apicultura, papel e celulose, energia, etc.

De acordo com Castanho Filho (2006), das diversas espécies cultivadas recomenda-se para as seguintes finalidades:

- Papel e celulose (*E.grandis*, *E.saligna*, *E.urophylla*).
- Mourão para cerca (*E.citriodora*, *E.robusta*, *E.globulus*).
- Pontalete para construção (*E.citriodora*, *E.robusta*, *E.globulus*).
- Energético - lenha, carvão (*E.grandis*, *E.urophylla*, *E.torililana*).
- Postes (*E.citriodora*, *E.robusta*, *E.grandis*).

A área e a produção de Eucaliptos vão continuar a se expandir no Brasil, sendo uma boa opção para os produtores rurais, segundo previsões da EMBRAPA (2000). O aumento da produção de eucaliptos tende a continuar devido à demanda potencial existente para essa atividade no país.

Vale salientar, no entanto, que o eucalipto de qualquer forma é uma espécie exótica como foi citado, podendo não se adaptar a determinadas regiões do estado de Alagoas. Talvez existam em Alagoas espécies nativas mais convenientes que se adaptam melhor para a região do assentamento em estudo no município de Atalaia, como por exemplo, o Sabiá e a Algaroba (SINDICER – AL, 2009). A escolha do eucalipto para o desenvolvimento deste capítulo se deu pelo fato da existência de variadas informações sobre essa espécie disponíveis na literatura. Para futuros

trabalhos recomenda-se pesquisar, por exemplo, espécies nativas de ciclo mais rápido das regiões onde estão localizados os assentamentos e as cerâmicas e que estas espécies possam oferecer além do suprimento energético, alternativas de uso e renda para os assentados.

7.4 Avaliações Econômicas do Cultivo de Eucalipto em Assentamentos Rurais do Estado de Alagoas, Tomando como Base o Assentamento São Luiz Localizado no Município de Atalaia.

De acordo com estudos realizados pelo pesquisador da Embrapa Florestal Rodigheri (2006), cujos resultados estão apresentados na Tabela 7.4, é possível se obter 140 m³ de madeira para produção de energia por hectare de floresta de eucalipto. Com base nos estudos de Rodigheri, se pode avaliar o custo, receita e lucratividade de uma determinada área com cultivo de eucalipto seja ela destinada à geração de energia e/ou para serraria. Os resultados apresentados na Tabela 7.4 consideram que seriam necessários 6 anos para se efetuar a primeira colheita de madeira, caso ela seja destinada à geração de energia. Quando destinados à serraria, os dois próximos cortes seriam realizados com 12 e 20 anos, finalizando assim o ciclo de colheita do eucalipto. De acordo com o referido autor é possível cultivar 1667 árvores por hectare.

Segundo Rodigheri (2006), esses indicadores podem servir de base para cada produtor estimar seu custo de acordo com a tecnologia, operações de cultivo, uso da mão de obra e a receita em função da produtividade e níveis de preços praticados na região.

Como este trabalho tem como objetivo propor uma solução energética para as cerâmicas do estado de Alagoas será considerado que todo o eucalipto plantado será destinado à geração de energia. Toda colheita será realizada de forma sustentável, ou seja, cada corte será correspondente a $\frac{1}{4}$ da área total cultivada. O primeiro corte será realizado no 6º ano de cultivo e os cortes subseqüentes, ou seja, o segundo, terceiro e o quarto corte seriam realizados nos anos seguintes, formando assim um ciclo. Com o eucalipto, segundo a literatura é possível obter três ciclos de cortes, perfazendo um total de 12 anos de cortes, mais os 5 anos de cultivos que

são esperados para se obter a primeira produção e renda, completando um ciclo total de vida de 17 anos.

Tomando como base o assentamento São Luiz que possui uma área total de 1.192,50 ha, no município de Atalaia, localizado a aproximadamente 20 km de Cerâmica Capelli, foi feita uma avaliação do retorno financeiro que terá o assentamento caso seja destinado 25% de sua área total com o cultivo de eucalipto para suprir as necessidades na referida cerâmica.

Tabela 7.4 - Avaliação econômica para áreas com cultivo de eucalipto - Indicadores de custo (R\$/ha), produtividade (m³/há), valor da produção (R\$/ha) do eucalipto em propriedades familiares.

Variáveis	Unidade	Valor Unit. (R\$)	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Após 6, 12 e 20	
			Qde	Total	Qde	Total	Qde	Total	Qde	Total	Qde	Total	Qde	Total
1. Preparo da Área	Hora Trator	50	4	200,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aração	Hora Trator	11	2	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gradagens	Hora Trator	11	1	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subsolagem	Hora Trator	11	1	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Insumos	-	-	-	594,80	-	200,00	-	200,00	-	200,00	-	200,00	-	-
Formicidas	kg	14	2	28,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mudas (plantio)	unid	0,2	1.667	333,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mudas (10% replantio)	unid	0,2	167	33,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fertilizante Químico	kg	1	200	200,00	200	200,00	200	200,00	200	200,00	200	200,00	-	-
3. Mão de Obra	Homen dia	20	12	240,00	9	180,00	8	160,00	6	120,00	6	120,00	-	-
Combate as Formigas	Homen dia	11	1	20,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Adubação	Homen dia	11	1	20,00	1	20,00	1	20,00	1	20,00	1	20,00	-	-
Plantio	Homen dia	11	5	100,00	-	-	3	60,00	-	-	-	-	-	-
Capina Manual	Homen dia	11	5	100,00	4	80,00	4	80,00	2	40,00	2	40,00	-	-
Desrama (poda)	Homen dia	11	-	-	4	80,00	-	360,00	3	60,00	3	60,00	-	-
4. Custo total (1+2+3)	-	-	-	1034,80	-	380,00	-	360,00	-	320,00	-	320,00	-	-
5. Produção e renda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Madeira para energia (1º desbaste no ano 6)	R\$ e m3	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	140	4200,00
Madeira para serraria (2º desbaste no ano 12)	R\$ e m3	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	280	14000,00
Madeira para serraria (3º desbaste no ano 20)	R\$ e m3	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	380	28500,00
6. TOTAL	R\$ e m3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	800	46700,00

Fonte: Extraída de Rodigheri, 2006.

A Tabela 7.5 apresenta à área total do assentamento São Luiz, a área correspondente aos 25% destinado ao plantio de eucalipto, a quantidade de árvores a ser cultivado, o volume de lenha possível de se obter em toda área com eucalipto e o volume de lenha possível de obter com ¼ da área cultivada, ou seja, que pode ser extraída no primeiro corte.

Com os dados fornecidos por Rodigheri (2006) e a área do assentamento São Luiz, os resultados apresentados na Tabela 7.5 podem ser obtidos de acordo com as equações abaixo.

$$\begin{aligned} \text{Área com árvore} &= \text{Porcentagem de Área para Plantio} \times \text{Área Total do Projeto} \\ &= 0,25 \times 1.192,5 \text{ ha} = 298,13 \text{ ha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Quantidade de árvores} &= \text{Área com árvores} \times \text{N}^\circ \text{ de árvores por hectare} \\ &= 298,13 \text{ ha} \times 1.667 \text{ Árvores / ha} = 496.982,71 \text{ árvores} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{m}^3 \text{ de Lenha da área cultivada} &= \text{Área com árvore} \times \text{m}^3 \text{ de Lenha por Hectare} \\ &= 298,13 \times 140 \text{ m}^3 \text{ de Lenha/ ha} = 41.738,20 \text{ m}^3 \text{ de Lenha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{m}^3 \text{ de Lenha Obtida em um corte} &= \frac{\text{m}^3 \text{ de lenha da área cultivada}}{\text{N}^\circ \text{ de Cortes por Ciclo}} \\ &= \frac{41.737,50 \text{ m}^3 \text{ de Lenha}}{4} = 10.434,55 \text{ m}^3 \text{ de lenha} \end{aligned}$$

4

Tabela 7.5 - Assentamento São Luiz, Área Total Plantada e Quantidade de Lenha.

Município	Atalaia
Nome do Projeto	São Luiz
Área Total do Projeto (ha)	1.192,50
Área com árvore (25% da área total) (ha)	298,13
Quantidade de Árvores (unidade)	496.982,71
m ³ de Lenha da área cultivada	41.738,20
m ³ de lenha obtida no 1º corte (1/4 da área total cultivada)	10.434,55

Fonte: Elaborada pelo Autor (2011).

Para se cultivar eucalipto, o custo de implantação para se obter o primeiro corte, segundo Rodigheri (2006), é da ordem de R\$ 2.414,80 / hectare, os quais envolvem preparo da área, insumos e mão-de-obra. Para o assentamento São Luiz o custo total de implantação de uma floresta energética com eucalipto nos 25% da total do mesmo é de aproximadamente R\$ 719.924,32, conforme Tabela 7.6. Para que as árvores sobrevivam e se desenvolvam é necessário reparo ou tratamentos

culturais, tais como o uso de formicidas, capina manual, aplicação de fertilizantes químicos, poda e mão-de-obra totalizando um custo de R\$ 2414,80 por hectare de área cortada. Ou seja, gastos relativos aos quatro anos da fase de implantação da floresta energética, como foi mostrado na Tabela 7.4. Logo, de acordo com a Tabela 7.6, o gasto com reparos de um quarto da área total cultivada, durante os quatro primeiros anos gira em torno de R\$ 179.981,08.

Uma melhor compreensão dos resultados apresentados na Tabela 7.6 pode ser obtida verificando as equações a seguir.

$$\begin{aligned} \text{Custo de Implantação por ha (R\$)} &= \text{Gasto do 1}^\circ \text{ ano} + \text{2}^\circ \text{ ano} + \text{3}^\circ \text{ ano} + \text{4}^\circ \text{ ano} + \\ & \text{5}^\circ \text{ ano} \\ &= \text{R\$ } 1034,80 + \text{R\$ } 380,00 + \text{R\$ } 360,00 + \text{R\$ } 320,00 + \text{R\$ } 320,00 = \text{R\$ } 2.414,80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Custo de Implantação da Área Total (R\$)} &= \text{Área Plantada} \times \text{Custo de Implantação} \\ \text{por ha} &= 298,13 \text{ ha} \times 2.414,80 \text{ Reais / ha} = \text{R\$ } 719.924,32 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Custo de Reparos por Ano de cada Área Cortada} &= \frac{1}{4} \text{ da Área Total} \times \text{Custo com} \\ \text{Reparo} &= \frac{1}{4} \times 298,13 \text{ ha} \times 2.414,80 \text{ Reais / ha} = \text{R\$ } 179.981,08 \end{aligned}$$

Tabela 7.6 - Custo de Implantação e Reparos de um Quarto da Área que pode ser Cultivada com Eucalipto no Assentamento São Luiz - AL.

Custo de Implantação por há (R\$)	2 094,80
Custo de Implantação da área total (R\$)	719 924,32
Custo de reparos por ano de cada área cortada (R\$)	179 981,08

Fonte: Elaborada pelo Autor (2011).

O governo brasileiro através do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) disponibiliza linhas de créditos para implantação de florestas, com taxa de juros de 8,75% ao ano e prazo de carência de 8 anos, extensível à 12 anos. Para o assentamento São Luiz, caso houvesse interesse de ambas as partes, a Cerâmica e os Assentados, poderia ser realizado um estudo da viabilidade econômica para obtenção de um empréstimo para o cultivo de eucalipto para suprir as necessidades energéticas da Cerâmica. (BNDES, 2004).

De acordo com o SINDICER - AL o valor de mercado do metro cúbico de lenha de eucalipto custa em torno de R\$ 30,00. Para efeito de cálculos foi estipulado

o valor em R\$ 25,00, garantindo uma margem de negociação entre as partes envolvidas: assentamentos e cerâmicas. Ainda de acordo com Rodigheri (2006), sabe-se que o hectare de eucalipto gera 140 m³ de madeira para fins energéticos. Assim levando em conta a produção por hectare e o valor do metro cúbico da lenha, a receita de um ciclo da floresta gira em torno de R\$ 1.043.455,00, como foi abordado anteriormente. Levando-se em conta os gastos relativos a reparos das áreas cortadas, o lucro total ao fim do primeiro ciclo seria de aproximadamente R\$ 323.530,68. Este valor é relativo, pois foram considerados constantes os gastos com o reparo durante os cinco primeiros anos. Os cálculos dos lucros do segundo e do terceiro ciclo não foram computados, devido à variação monetária dos insumos e também do metro cúbico do eucalipto para venda no fim de cada ciclo.

Vale salientar que após o corte das árvores permanece no campo uma quantidade muito grande de resíduos, tais como galhos, folhas, cavaco de madeira (*woodchips*) que podem ser aproveitados também para a queima em fornos, podendo ser também comercializados (LEMOS, 2006).

De acordo com o estudo apresentado verifica-se que o lucro gerado com venda da madeira de eucalipto para fins energéticos que pode ser cultivada em 25% da área total do assentamento São Luiz é significativa. Através desse complemento na renda do assentamento é possível agregar melhores condições de trabalho e desenvolvimento agrícola para os assentados que dependem atualmente quase que exclusivamente da agricultura de subsistência. Essa atividade pode proporcionar, por exemplo, a compra de máquinas agrícolas, sistemas de irrigação, melhores condições de saúde e educação, gerando autonomia e menor dependência do poder público. O cultivo de florestas energéticas em assentamentos rurais de Alagoas poderá proporcionar uma situação de vínculo comercial entre o assentamento e as cerâmicas. O primeiro necessita de renda e o segundo de energia renovável e legal para queimas em seus fornos.

7.5 Avaliação Econômica da Utilização de Lenha Proveniente do Assentamento São Luiz na Cerâmica Capelli.

Na região do município de Atalaia - AL, na qual está localizado o assentamento São Luiz é cultivado o eucalipto em algumas áreas isoladas, sem fins comerciais. Através de algumas amostras (cavacos e galhos) colhidas na região, foram realizadas algumas análises a fim de se determinar o poder calorífico, umidade e densidade de acordo com a metodologia descrita no capítulo 4, como mostra a Tabela 7.9.

Tabela 7.7 - Características Físico-Químicas do Eucalipto (Galhos E Cavacos) Cultivado na Região de Atalaia - AL.

PCS do eucalipto	3.966,96 kJ/kg
PCI do eucalipto	2.000,32 kJ/kg
Umidade	22,10%
Densidade	885 kg /m ³

Fonte: Laboratório do GCAR – IQB - UFAL (2009). Elaborada pelo autor, (2010).

Com base nos resultados das análises efetuadas e nos estudos de capacidade produtiva de 25% da área total do assentamento São Luiz, foi possível construir a Tabela 7.10, a qual mostra os valores de volume, massa, energia gerada e preço da lenha de eucalipto que pode ser obtida a partir do primeiro corte no referido assentamento. Observa-se que a quantidade de energia que pode ser gerada na primeira colheita é um valor bastante significativo, de aproximadamente 37 bilhões kcal. A forma pela qual foram obtidos os resultados da Tabela 7.10 é melhor verificada se observando as equações a seguir:

Volume de Lenha = 10.434,55 m³ (Tabela 7.5)

Valor da Lenha por m³ = R\$ 25,00

Massa da Lenha = Densidade do Eucalipto (galhos e cavacos) x Volume de Lenha
 = 885 Kg/ m³ x 10.434,55 m³ = 9.234.576,75 Kg

Energia Gerada = PCS do Eucalipto (galhos e cavacos) x Massa da Lenha
 = 2.000,32 Kcal/Kg x 9.234.576,75 Kg = 18.472.108.564,56 Kcal

Valor da Lenha = Valor da Lenha por m³ x Volume de Lenha
 = 25,00 Reais/ m³ x 10.434,55 m³ = R\$ 260.863,75

Tabela 7.8 - Valores de Volume, Massa, Energia e Preço da Lenha que pode ser Obtida com o 1º Corte de Eucalipto Proveniente do Assentamento São Luiz - AL.

Volume de lenha (m ³)	10.434,55
Massa da lenha (kg)	9.234.576,75
Energia gerada (kcal)	18.472.108.564,56
Valor da lenha (R\$ 20,00/ m ³)	260.863,75

Fonte: Elaborada pelo Autor (2011).

A Cerâmica Capelli, como foi citada anteriormente, utiliza diversos tipos de biomassa não renováveis, discriminados na Tabela 4.4 do Capítulo 4, provenientes do município na qual está localizada e municípios circunvizinhos. A forma de utilização é aleatória, ou seja, sem um padrão determinado da quantidade de uso por espécie e sem controle das características físico-químicos do material, que possibilitem determinar uma melhor condição do uso para queima, principalmente no que se refere umidade do material, possibilitando desta forma um acréscimo na eficiência energética.

Segundo proprietários de indústrias cerâmicas em Alagoas, o custo do m³ de lenha (mangueira, cajueiro, algaroba, jaqueira, sabiá, etc) gira em torno de R\$ 23,00. A Cerâmica Capelli tem um consumo mensal de combustível de 1700 m³ de lenha ao mês no valor de R\$ 23,00, tendo um gasto mensal de R\$ 39.100,00 com combustível. Usando a média dos dados da Tabela 4.4 do Capítulo 4, foi possível estimar a massa de lenha e a quantidade de energia demandada pela Cerâmica Capelli, apresentados na Tabela 4.5 também do Capítulo 4 e reutilizados para a construção da Tabela 7.11, a qual foi elaborada com base nas equações abaixo.

Volume de Lenha por mês = 1.700 m³/mês

Valor da Lenha por m³ = R\$ 23,00 reais

Massa de lenha por mês = Volume de Lenha por mês x Densidade Média da Lenha
= 1.700 m³/mês x 700 Kg/ m³ = 1.189.702,50 m³/ mês

Demanda Energética por mês = Massa de lenha por mês x PCI da Lenha
= 1.189.702,50 Kg/mês x 1.570,33 Kcal/Kg = 1.868.225.526,82 Kcal/mês

Gasto Atual com Lenha = Valor da Lenha por m³ x Volume de Lenha por mês
= 23,00 Reais /m³ x 1.700 m³/mês = R\$ 39.100,00 reais

Tabela 7.9 - Valores de Volume, Massa, Energia e Gastos da Cerâmica Capelli Atualmente com o Uso de Biomassa não Renovável.

Volume de lenha (m ³ /mês)	1 700
Massa de lenha (kg/mês)	1 189 702,50
Energia (kcal/mês)	1 868 225 526,82
Gasto atual (R\$ 23,00 / m ³)	39 100,00

Fonte: Elaborada pelo Autor (2011).

Com o reflorestamento de 25% (vinte e cinco por cento) da área do assentamento São Luiz, poderá haver uma oferta de lenha para a Cerâmica Capelli. Para efeito de cálculos, foi estipulado que o valor do m³ da lenha de eucalipto fique em torno de R\$ 25,00, admitindo-se um acordo, quanto ao preço, entre a Cerâmica Capelli e o assentamento São Luiz. Através dos resultados em termos de energia que podem ser gerados pela floresta de eucalipto e a demanda energética da Cerâmica Capelli, foi possível avaliar a economia e o possível tempo de utilização desse novo combustível.

A Cerâmica Capelli, com a compra da lenha da primeira colheita do assentamento, terá combustível o suficiente para funcionar durante um período de aproximadamente dez meses, tendo um gasto de R\$ 20.868,75 ao mês. Ou seja, uma redução nos gastos com combustível em torno de R\$ 18.231,25 ao mês. Durante os dez meses de funcionamento, com a utilização do eucalipto, a economia da cerâmica seria de aproximadamente R\$ 182.312,50, de acordo com a Tabela 7.12.

A obtenção dos dados da Tabela 7.12 são resultados dos cálculos utilizando as seguintes equações:

Valor da Lenha do Eucalipto por m³ = R\$ 25,00

Energia Gerada (1º corte do Eucalipto) = 18.472.108.564,56 Kcal

Demanda Energética por mês (Cerâmica Capelli) = 1.868.225.526,82 Kcal/mês

Tempo de Utilização pela Capelli = (Energia Gerada no 1º corte do Eucalipto) / (Demanda Energética por Mês da Cerâmica Capelli)

$$= \frac{18.472.108.564,56 \text{ Kcal}}{1.868.225.526,82 \text{ Kcal/mês}} = 10 \text{ meses}$$

Gasto Mensal Utilizando Eucalipto = (Volume de Lenha do 1º Corte x Valor da Lenha do Eucalipto por m³) / Tempo de Utilização pela Capelli

$$= \frac{10.434,55 \text{ m}^3 \times 25,00 \text{ Reais / m}^3}{10 \text{ meses}} = \text{R\$ } 26.086,75$$

Economia Mensal Utilizando Eucalipto = Gasto Atual com Lenha – Gasto Mensal Utilizando Eucalipto = R\$ 39.100,00 - R\$ 26.086,75 = R\$ 13.013,25

Economia Durante os 10 meses = Tempo de Utilização pela Capelli x Economia Mensal Utilizando Eucalipto = 10 meses x R\$ 13.013,25

$$= \text{R\$ } 130.132,50$$

Tabela 7.10 - Planilha de Otimização Econômica da Cerâmica Capelli, com o Uso Exclusivo do Eucalipto Proveniente do Assentamento São Luiz - AL.

Tempo de utilização (meses)	10
Gasto mensal	R\$ 26.086,75
Economia mensal	R\$ 13.013,25
Economia durante os 10 meses	R\$ 130.132,50

Fonte: Elaborada pelo autor (2011).

A Cerâmica Capelli com a utilização do eucalipto cultivado no assentamento São Luiz, poderá ter um lucro de R\$ 130.132,50 durante um período de 10 meses.

7.6 Considerações Finais

De acordo com o estudo apresentado, verifica-se que o lucro gerado com venda da madeira de eucalipto para fins energéticos que pode ser cultivada em 25% da área total do assentamento São Luiz é significativa, chegando a ser aproximadamente R\$ 323.530,68, após o fim do primeiro ciclo perfazendo um total de quatro cortes. Este valor poderá ser triplicado, caso se mantenha constantes todos os gastos e o preço do mercado da venda de eucalipto continuar o mesmo. Através desse complemento na renda do assentamento é possível agregar melhores condições de trabalho e desenvolvimento agrícola para os assentados que dependem atualmente quase que exclusivamente da agricultura de subsistência. Essa atividade pode possibilitar, por exemplo, a compra de máquinas agrícolas, sistemas de irrigação, melhores condições de saúde e educação, tornando a comunidade menos dependente do poder público. O cultivo de florestas energéticas em assentamentos rurais de Alagoas poderá proporcionar uma situação de vínculo comercial entre o assentamento e as cerâmicas. O primeiro necessita de renda e o segundo de energia renovável e legal para queimas em seus fornos.

A Cerâmica Capelli com a utilização do eucalipto cultivado no assentamento São Luiz, poderia ter um lucro de R\$ 130.132,50 durante um período de 10 meses. Com essa redução dos gastos com aquisição da lenha de eucalipto, os proprietários das cerâmicas poderiam investir em tecnologia e em mão-de-obra, melhorando o rendimento da produção e eficiência do forno, além da utilização de um combustível homogêneo e legalizado, proporcionando um maior mercado para as vendas de seus produtos. Além da economia em termos financeiros, as cerâmicas estariam utilizando um combustível renovável, de menor preço e ainda promovendo renda para os assentamentos rurais.

É importante destacar que para o Estado de Alagoas seria estratégica a implantação de florestas energéticas, observando preferencialmente o plantio de espécies nativas características de cada região do estado e que estas espécies servissem para várias opções de uso. Este modelo poderia proporcionar o aumento de competitividade no setor cerâmico, incremento de renda nos assentamentos ainda o reconhecimento da sociedade pela questão ambiental e social.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2009. Brasília, DF, 2010. Setor Florestal. 2. ISSN 1980-8550.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO. **Programa de plantio comercial e recuperação de florestas**: PROFLOTA, Resolução nº 3.207. Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/edt_10_10_26492.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa Florestas. **Genômica do eucalipto no congresso de florestas energéticas**. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/noticias/notic2009-06-05.htm>>. Acesso em: 11 nov. 2009.

CASTANHO, F. **Florestas, o negócio do século XXI!** São Paulo: Florestar, 2006. Disponível em : <<http://www.floresta.org.br/textos/cartilhaeucaliptoneo.doc>>. Acesso em: 11 nov. 2009.

COUTINHO, J. L. **Eucalipto como fonte energética em áreas degradadas**. 2008 Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/noticias/224295/ipa-pesquisa-eucalipto-como-fonte-energetica-em-areas-degradadas>>. Acesso em: 26 nov. 2009.

EMBRAPA. **Plantio de eucalipto na pequena propriedade rural**. Curitiba, 2000. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes/doc54.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2011.

HALL, D. O.; ROSILLO-CALLE, F. **Why biomass matters energy and the environmental**: biomass user network, SLIN, 1991. Disponível em: <http://www.seps.sk/zp/fond/dieret/biomass.htm>. Acesso em 14 dez.2010

INSTITUTO BRASILEIRO DE OPINIÃO PÚBLICA E ESTATÍSTICA. **Inteligência identifica perfil de brasileiros residentes em assentamentos rurais**. 2009. Disponível em: <http://www.ibope.com.br/inteligencia/downloads/2009/09_10_15_cna_ibope_inteligencia.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Tipos de projetos criados e o número de famílias assentadas nos projetos de reforma agrária**. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/portal/arquivos/projetos_programas/0005502027.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2010.

LEMONS, A. V. E. Eucalipto. In: SIMPÓSIO DE TÉCNICAS DE PLANTIO E MANEJO DE EUCALYPTUS PARA USO MÚLTIPLO,1., 2006, São Paulo , 2006. **Anais eletrônicos...** São Paulo:Suzano Papel & Celulose, 2006. Disponível em: < <http://www.tume.esalq.usp.br/simp/arquivos/atus.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2009.

MACHADO, C.C. “O setor florestal brasileiro”. In: _____. **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2002, p. 15-32.

OLIVEIRA, P. C. **Eucalipto, custos de produção do eucalipto, madeira**. Disque-Tecnologia/CECAE-USP, 2005. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br.Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas>> Acesso em : 11 nov. 2009.

RODIGHERI, H. R. **Indicadores de custos, produtividade, valor de produção do eucalipto em propriedades familiares**. Embrapa Florestas. Abril, 2006. Disponível em: <http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc_indicadores_familiares_942.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2009.

8 CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES E PERSPECTIVAS

O emprego da biomassa, para fins energéticos, já é uma realidade em Alagoas, através do uso do bagaço de cana pelas usinas de açúcar e destilarias de álcool. Além do bagaço de cana, outros resíduos agroindustriais provenientes de culturas permanentes e temporárias do estado poderiam ser utilizados para fins energéticos. Em Alagoas, observa-se que a produção agrícola é diversificada e distribuída nas diversas regiões. As culturas da produção agrícola geram uma quantidade expressiva de resíduos do tipo agrícola ou agroindustrial. Os resíduos agrícolas geralmente são deixados no solo durante a colheita para servir de adubo ou proteger contra a erosão, enquanto que os resíduos agroindustriais são pouco utilizados, muitas vezes descartados às margens das rodovias ou em áreas já degradadas próximas as agroindústrias de processamento, sendo pouco aproveitados. Neste trabalho foram considerados somente os resíduos agroindustriais.

A produção agrícola alagoana é caracterizada por culturas permanentes, como por exemplo, coco, por culturas semi perenes como a cana de açúcar e por culturas temporárias, como o algodão, o arroz, a mandioca, o amendoim e o milho. Para a hipótese de aproveitamento energético dos resíduos agroindustriais dessas culturas, com exceção da cana de açúcar, alguns fatores devem ser considerados, como as características físico-químicas, a forma de utilização nos fornos, a época de colheita, a época de processamento, as condições pluviométricas, a localização geográfica, entre outros requisitos. Neste trabalho os dados da produção agrícola foram baseados no Censo Agropecuário do IBGE (2006) e em dados da Confederação Nacional dos Municípios (CNM).

Os resíduos agroindustriais provenientes do beneficiamento da produção agrícola do Estado de Alagoas poderiam ser usados nos fornos ou fornalhas das cerâmicas na forma direta, sem processamento, ou adensados. Os equipamentos que poderiam ser utilizados para o adensamento são trituradores, moinhos, enfardadoras, peletizadoras ou briquetadeiras. O Brasil já dispõe de vários fabricantes e representantes destes equipamentos com custos variáveis a depender da capacidade de processamento e de marca. Esses equipamentos geram diferentes tipos de produtos, podendo ser um produto final na forma triturada, moído,

na forma de fardo, na forma de *pellets* e de briquetes. A escolha da forma do produto final dependerá também do tipo do forno destinado. Em Alagoas, a maioria das cerâmicas dispõe de fornos do tipo Hoffmann e/ou Abóbada, que poderiam ser adaptados para a utilização desses resíduos.

A estimativa teórica de valor da energia térmica que pode ser gerada a partir dos resíduos agroindustriais do estado de Alagoas, chega a aproximadamente 230 bilhões de kcal/ano. Com esse valor, conclui-se que utilizando 11,49% dos resíduos da produção agroindustrial pode-se gerar energia térmica para alimentar 1 (um) forno cerâmico do tipo Hoffman com capacidade de produção de 1 400 000 blocos/mês durante o período de um ano. Observa-se também que utilizando 82,85% dos resíduos agroindustriais gerados pelos três maiores municípios produtores de coco e arroz de Alagoas é possível alimentar 1 (um) forno cerâmico do tipo Hoffman também durante um período de um ano. Estes números demonstram a possibilidade de se complementar as necessidades energéticas de determinadas cerâmicas utilizando resíduos de culturas típicas de cada região nas quais as mesmas estão localizadas, evitando a importação de combustíveis de outras regiões do estado ou até mesmo de estados vizinhos, encarecendo o frete e com o risco de se estar utilizando um combustível de origem desconhecida. Os resíduos agroindustriais, como foram demonstrados neste trabalho, poderiam substituir totalmente os combustíveis atualmente utilizados nos fornos ou fornalhas, de cerâmicas localizadas na região de Arapiraca, privilegiada nesses tipos de resíduos, pela alta produção agrícola.

Os resíduos agroindustriais, por se tratar, relativamente, de uma biomassa de baixo custo, é uma das principais alternativas para se produzir energia limpa. Sua resposta em quantidade energética, sem processamento é relativamente aceitável, porém, se utilizado de forma mais racional, que é a trituração ou compactada, seus benefícios em ganhos energéticos e de transporte são otimizados. Os resultados apresentados neste trabalho com o processo de secagem e compactação em laboratório dos resíduos agroindustriais da região de Arapiraca confirmaram o que a teoria menciona, em termos de ganho energético. Houve de fato um pequeno ganho energético nos resíduos estudados após a compactação dos mesmos. O tempo de secagem é um fator importante a ser considerado para se conseguir uma boa compactação do briquete. A faixa de umidade ideal para compactação de resíduos deverá ser de 8 a 12%. O estudo com briquetes na forma de pastilhas neste trabalho

foi realizado em laboratório. Em uma escala industrial, o ganho energético pode ser variável, sendo necessária uma avaliação com briquetes de dimensões comerciais.

Portanto existem várias possibilidades de utilização dos resíduos agroindustriais como combustíveis nas cerâmicas de Alagoas, seja na forma direta (sem processamento), picotado ou compactado. A escolha vai depender da disponibilidade dos mesmos na região na qual está localizada a Cerâmica, da melhor forma para o transporte e da disponibilidade financeira para compra de equipamentos necessários para o picotamento, briquetagem ou peletização.

Em estudo de caso realizado numa Cerâmica de Arapiraca, com a simulação de vários cenários, objetivando a utilização dos resíduos sem processamento, observou-se que os custos, incluindo o preço dos resíduos e de transporte é sempre inferior ao da lenha atualmente utilizada nos fornos ou fornalhas. Neste estudo foi observado ainda, que devido à alta umidade dos resíduos qualquer que seja a forma de utilização (sem processamento, picotado ou adensado) é necessário que seja realizado uma secagem dos mesmos. Esta secagem pode ser realizada no local de coleta, ou na própria cerâmica, podendo ser efetuada aproveitando-se a luz solar, utilizando uma área em que os resíduos possam ser uniformemente espalhados e secos. Outra forma de secar os resíduos é com a utilização de fornos rotativos, processo mais oneroso.

Neste trabalho chegou-se a conclusão ainda que para as cerâmicas, localizadas em regiões onde exista pouca quantidade de resíduos agroindustriais, uma alternativa em termos de disponibilidade de combustível renovável, seria o plantio de florestas energéticas com espécies nativas ou exóticas como, por exemplo, o eucalipto. Estas florestas energéticas poderiam ser cultivadas nas cerâmicas que dispusessem de áreas para este fim ou nos assentamentos rurais que são vários em Alagoas e próximos a algumas cerâmicas. Verificou-se ainda que com o lucro gerado com a venda da madeira de eucalipto para fins energéticos, que poderia ser cultivada em 25% da área total de um assentamento rural, é possível agregar melhores condições financeiras aos assentados. Este incremento de renda, por exemplo, possibilitaria a compra de máquinas agrícolas, sistemas de irrigação, melhores condições de saúde e educação, tornando a comunidade menos dependente do poder público. O cultivo de florestas energéticas em assentamentos rurais de Alagoas poderia proporcionar uma situação de vínculo comercial entre o

assentamento e as cerâmicas, pois o primeiro necessita de renda e o segundo de energia renovável e legal para queimas em seus fornos.

Os fornos cerâmicos existentes em Alagoas poderiam, como foi visto, ser abastecidos com os resíduos agroindustriais nas diversas formas, sendo recomendado que nos próximos trabalhos seja estudado de forma mais intensa, qual a melhor configuração de utilização dos mesmos nos fornos cerâmicos levando em conta as características de cada forno.

Para estudos futuros é interessante que se investigue a produção agrícola ou a quantidade de resíduos gerados em determinadas regiões ou comunidades se o objetivo for o aproveitamento energético dos mesmos. Neste trabalho, fez-se um estudo da casca de coco e a casca de arroz abundantes no litoral sul e no baixo São Francisco, respectivamente, para o abastecimento de um determinado forno. Estudo semelhante com outros tipos de resíduos poderia ser realizado em outras localidades do estado, visando o aproveitamento energético em determinada cerâmica ou agroindústria.

Para a determinação de ganho energético dos resíduos agroindustriais nas diversas formas de compactação, estudos futuros poderiam ser realizados utilizando os produtos finais provenientes da usina de compactação de biomassa, em processo de instalação na UFAL, usando metodologia semelhante à aplicada com as pastilhas obtidas em laboratório, neste trabalho.

Finalizando, a utilização, em fornos ou fornalhas de cerâmicas ou de outras atividades industriais, dos resíduos agroindustriais da produção agrícola ou oriundos de florestas cultivadas para fins energéticos é uma forma inteligente de aproveitamento de recursos renováveis. Esta prática poderia evitar o desmatamento, a utilização de combustíveis fósseis, ou de origem desconhecida, e daria um destino mais adequado aos resíduos oriundos do processamento agrícola, atualmente dispersos em locais inadequados causando poluição visual e ambiental. A utilização da biomassa para fins energéticos no estado de Alagoas deveria demandar uma atenção maior dos empresários, dos institutos de pesquisa e de fomento além de uma política de governo em todos os níveis.

APÊNDICES

APÊNDICE A

CERÂMICAS - ALAGOAS

- Arapiraca

1.	<p>CERÂMICA ARAPIRACA LTDA JOSÉ DJALMA ROCHA CNPJ: 12.170.569/0001-84 I.E.: 24.004.670-6 End: Avenida Rio Branco, 285, 1º Andar Bairro: Centro Cep: 57.800-190 Fone: 82 3521-2437/3522-1912/ 9992-9296 - ceramicarocha@ig.com.br 3530-3762 / 9323-3054 Germano (filho)</p>
-----------	---

2.	<p>CERÂMICA SÃO CARLOS NIRALDO FERREIRA DE LIMA CNPJ: 07.480.283/0001-65 End.: Rua Shalon, 209 Bairro: Baixa Grande Cep: 57.317-300 Fone: 82 9975-3614/ 9912-8754 / 9961- 5512</p>
-----------	--

3.	<p>CERÂMICA TRÊS IRMÃOS (NILSON CONSTRUÇÕES) JOSÉ NILSON DOS SANTOS CNPJ: 12.965.687/0001-89 I.E.: 24.073.801-2 End: Rua Santos Dumont, 490, Bairro: Baixão – Arapiraca Al. Cep: 57.300-300 Fone: 82 9915-5625/9906-5332/9985-1693 jnilsonsantos@hotmail.com</p>
-----------	--

- Atalaia

4.	<p>CERÂMICA DO AGRESTE LTDA EDUARDO MÁRIO MELRO CANSANÇÃO FILHO Cnpj: 10.824.654/0001-93 End. Fazenda Campina, S/N Bairro: Zona Rural Cep: 57690-000 Fone: 82 9981-0483/ 9972-8996/ 9974-0690,9902-0150,9987-2904</p>	<p>End. Escritório: Rua Santa Fernanda, 552. Jatiúca, 3327-1273. Cep: 57035-390 Maceió/ AL</p>
-----------	---	---

- Capela

5.	<p>CERÂMICA BANDEIRA LTDA FREDERICO G. CARNEIRO DE ALBUQUERQUE Cnpj: 12.520.045/0001-76 IE : 24.064.092-6 End.: Fazenda Flexeiras, S/N Bairro: Zona Rural Cep: 57.780-000 Fone: 82 3287-1224/ 3287-1339/ 9922-9629,9982-8188- esc.3223-5902. -Farol E-mail: ceramicabandeira@uol.com.br Rua Joaquim Nabuco, 161, sala 07 Magleide – 99615760 – 3287.1188 Cep : 57.051-410</p>
6.	<p>CERÂMICA CAPELLI LTDA EDUARDO G. CARNEIRO DE ALBUQUERQUE Cnpj: 07.111.432/0001-19 IE : 24.104.673-4 End.: Rodovia Antonio Gomes de Melo, Km 12. S/N Bairro: Zona Rural Cep: 57.780-000 Fone: 82 3337-4557/ 82 9932-0243</p>

- Maceió

7.	<p>CESAL CERÂMICA SACRAMENTO LTDA. SÉRGIO PAPINI DE MENDONÇA UCHÔA CNPJ: 12.526.414/0001-38 IE: 24.003.415-5 Rua Jangadeiros Alagoano, 558. Bairro: Pajuçara Cep: 57030-000 Fone: 2123-8586/ 9981-2681 E-mail: sacramento@uol.com.br</p>
----	--

- Maragogi

8.	<p>E.F.V SILVA EDUARDO FERREIRA DE VASCONCELOS SILVA CNPJ: 04.189.134/0001-53 IE: 240.996.97-6 End: Fazenda Marrecas, s/n Bairro: Zona Rural – Rodovia : Al 101 Norte,Km 135 Cep: 57.955-000 Fone: 81-3465-5011,fax 82-3296-6169/ 81 9633-5102, 3296-6185 E-mail: Eduardo.silva@salinas.com.br</p>
----	---

▪ Matriz do Camaragibe

9.	<p>CERÂMICA BOA ESPERANÇA ANTÔNIO PEDRO DO NASCIMENTO COMERCIAL CNPJ: 03.421.761/0001-05 / IE: 24.097.499-9 End: Rodovia Al 101, Km 75, Dist. Industrial Bairro: Distrito Industrial, s/n Cep: 57.910-000 Fone: 9911-6988</p>	
10.	<p>CERÂMICA CANTAGALO LTDA SÉRGIO ROBERTO MELRO CANSANÇÃO CNPJ: 03.063.093/0001-91 / IE: 24.096.418-2 End: Distrito Industrial, Qd. C, Lotes 04 e 05 Bairro: Distrito Industrial Cep: Fone: 3251-1156 / 9981-3423/9973-9425</p>	<p>Escritório End: Condomínio Aldebaran – Alfa, Lote 19, Qd. A Bairro: Tabuleiro dos Martins CEP: 57.080-900 Maceió/AL Fone: 82-3251-1156/3358-5074</p>
11.	<p>CERÂMICA SANTA ELIZA LTDA MARIA JOSÉ SANTOS CNPJ: 01.938.019/0001-46 / IE: 24.101.818-8 End: Qd. C, Lote 2 Bairro: Distrito Industrial Cep: 57.910-000 Fone: 9979-7324 / 9973-8779/ 3254-1142</p>	<p>Escritório End: Av. Maceió, 832 Bairro: Jaraguá CEP: 57.025-080 Maceió/AL Fone: 82-3251-1366</p>
12.	<p>CERÂMICA CHICO BALA ELITA MARIA DE LIMA CNPJ: 04.507.137/001-98 / I.E.: 24.100.574-4 End: Rodovia AL 101 Norte, Km 74 Bairro: Centro Cep: Fone: 82-9911-0346/ 9312-2717</p>	
13.	<p>CERÂMICA NOSSA SENHORA APARECIDA ANIBAL TIAGO LEITE GAMA CNPJ: 06.290.032/0001-55 / I.E.: 24105716-7 End: Rua Empresário Carlos da Silva Nogueira, Lote 16, Ed. Arlindo Soares Bairro: Jatiúca Cep: 57.036-390 Fone: 82-9994.0057/3337.4064</p>	
14.	<p>CERÂMICA ESPERANÇA LTDA -EPP GUSTAVO HENRIQUE OLIVEIRA AMORIM CNPJ: 08.995.670/0001-05 End: Fazenda Boa Esperança, s/n Bairro: Zona Rural – Matriz Camaragibe Rua Major Vicente, 447, Farol - Maceió CEP: 57.050-460</p>	

15.	IND. E COM BOA ESPERANÇA LTDA ANTONIO LISBOA COSTA AMORIM End: Fazenda Boa Esperança, S/N Bairro: Zona Rural Cep: 57.900-000 Município: Matriz de Camaragibe Fone: 82-9981-7955 / 9902-2807	Escritório End : Rua Mayor Vicente Sabino, 447. Bairro: Farol Cep: 57050-460 Maceió/ AL Fone: 82-3327-4126/ 3666-1100
-----	---	---

- Passo do Camaragibe

16.	CERÂMICA CAMARAGIBE LTDA EDUARDO MÁRIO MELRO CANSANÇÃO CNPJ: 10.819.316/0001-63 / IE: 24.071.820-8 End: Fazenda Riachao, S/N Bairro: ZONA RURAL Cep: 576.930-000 Município: PASSO DE CAMARAGIBE Fone: 82-9988-7270 / 3327-1273/ 9981-2587	End. Escritório: Rua Santa Fernanda, 552. Jatiúca. Cep: 57035-390 Maceió/ AL
-----	--	---

- São Miguel dos Campos

17.	F.H DE ALMEIDA SORIANO (Cerâmica São João) FLORA HELENA DE ALMEIDA SORIANO CNPJ: 07.996.080/0001-26 / I.E.: 27600093634 End: Fazenda Cana Brava, s/n Bairro Zona Rural Cep: 57.240-000 – São Miguel dos Campos Fone: 82-9117-0440/ 9981-1869
-----	---

- PORTO CALVO

18.	CERÂMICA MANGANZALA AMARO WALTER PEIXES SOUZA CNPJ: 35727288/0001-85 / I.E.: 24.083.222-1 End: Distrito Industrial F.P da Costa,s/n, Mangazala – Rua Júlia Buarque,88, Centro Bairro: Distrito Cep: 57.900-000 Porto Calvo Fone: 82-3292-2038/ 9988-7674/ 8822-1626
-----	---

- PORTO REAL DO COLÉGIO

19.	INDUSTRIA DE ARTEFATOS DE ARGILA UNIÃO LTDA - ME RUBENS ALVES DA SILVA CNPJ: 04.169.220/0001-02 I.E.: 24.840.875-5 End: Projeto Itiúba, Lote 147 Bairro: Perímetro Itiúba - Zona Rural Praça Rosieta de Goes Monteiro, 964 – Centro Cep: 57.290-000 Fone: 82 9964-4841 (esposa) / 9917-0579 E-mail: rubens-alves1972@bol.com.br
20.	CERÂMICA BEIRA RIO LTDA MARCOS VALÉRIO MACHADO DE AZEVEDO CNPJ: 02.159.385/0001-60 I.E.: 24.093.579-9 End: Fazenda São Francisco, Lote 94 Bairro: Perímetro Itiúba - Zona Rural Cep: 57.290-000 Rua Serapião de Aguiar, 193- Centro CEP : 49.900-000 – Própria/ SE Fone: 79 9983-0264/ 79 3322 1194 Email: marcosvalerio_26@hotmail.com
21.	CERÂMICA ITIUBA ESDRAS ALVES DA SILVA CNPJ:08.117.545/0001-94 End.: Av. Governador Moacir Andrade. 417 Bairro : Centro Cep :57.290-000 Fone: 82-8809-2385/ 9906-6293 E-mail: esdrasalves1979@bol.com.br

- PALMEIRA DOS ÍNDIOS

22.	COMÉRCIO DE MATERIAL DE CONSTRUÇÃO I BEZERRA LTDA - ME IRINEU ALVES BEZERRA CNPJ: 02.688.385/0002-38 I.E.: 24.846.172-9 End: Sítio Guedes, S/N – Rua Pedro Soares da Mota,390, São Cristóvão – Palmeira dos Índios Bairro: Zona Rural Cep: 57-600-970 Fone: 82 3421- 4070/ 82 9984 – 3086/ 9927.7619 Contador: FAX: 3421-2801 Sérgio (Filho) 3421-3576 / 9935-0034
23.	A. CAETANO DA SILVA – ME ANTÔNIO CAETANO DA SILVA CNPJ: 03.179.961/0001-01 I.E.: 24.098.259-2 End: Rua Baixa Fria, 130 Bairro: Palmeira de Fora Cep: 57.600-000 Fone: 82 3429-1246/ 3421-4394/ 9957-5849

24.	CERÂMICA NOVA JERUSALÉM LTDA FRANCISCO BARBOSA DA SILVA CNPJ: 12.501.839/0001-92 I.E.: 24.074.109-9 End: Rua Baixa Fria, 500 Bairro: Fazenda Canaã - Palmeira de Fora Cep: 57.600-970 Fone: 82 3421-5160/ 9988-9845/ 9609-1667
25.	CERÂMICA TERRA NOVA JOSÉ ROBERTO MARTINS SANTANA CNPJ: 07.647.103/0001-97 End: Travessa da Paz, 84 Bairro: Eucalipto - Palmeira dos Índios Cep: 57.606-020 Fone: 82 9948-3304

APÊNDICE B**QUESTIONÁRIO APLICADO À CERÂMICA ARAPIRACA**

DATA:13/05/09

- 1. Tipos e capacidade do forno:**
Tipo Hofman. Capacidade – Forno 1: **1.200.000,00** peças/mês; capacidade forno 2: **600.000** peças/mês.
- 2. Tipo e consumo diário de combustível utilizado em cada forno:**
 - a. Algaroba e Fruteira.
 - b. Consumo diário
 - i. No forno 1: 7 m³ de algaroba e 7m³ de fruteira;
 - ii. No forno 2: 5 m³ de algaroba e 5m³ de fruteira.
- 3. Despesa com combustível ao mês:**
R\$ 30.000,00
- 4. 05 maiores dificuldades do setor cerâmico:**
 - a. Concorrência de mercado;
 - b. Mão de obra qualificada;
 - c. Crédito caro;
 - d. Alta tributação;
 - e. Fiscalização intensa de todos os órgãos (IMA, IBAMA, DNPM, TEM, SEFAZ, Pref. Municipal de Arapiraca).
- 5. Distância de cada cerâmica para a sede do município:**
7 Km.
- 6. Tipos de produtos produzidos e quantidade ao mês:**
Bloco 9x14x19: 1.700.000,00 peças;
Bloco 9x19x19: 1.000.000.
- 7. Principais mercados de vendas da produção:**
Arapiraca, Lagoa da Canoa, Feira Grande e Girau do Ponciano.
- 8. Número de empregos (diretos e indiretos):**
67 funcionários diretos e 100 indiretos.
- 9. Distância do local da matéria-prima (argila) para a indústria:**
12 Km.

QUESTIONÁRIO APLICADO À CERÂMICA CAPELLI

DATA: 24/05/09

10. Tipos e capacidade do forno:

- a. Forno Túnel; capacidade: 160 mil telhas esmaltadas/mês;
- b. Forno Abóbada Reversível Intermitente: 600 mil telhas/mês.

11. Tipo e consumo diário de combustível utilizado em cada forno:

- a. Forno Túnel: 10m^3 stereo de lenha/dia x 30 = 300m^3 /mês;
- b. Forno Reversível: 70m^3 stereo de lenha/forno. 20 fornos = 1400m^3 /mês.

12. Despesa com combustível ao mês:

- a. Forno Túnel: 300m^3 x R\$ 23,00 = R\$ 6.900,00;
- b. Forno Reversível: 1.400m^3 x R\$ 23,00 = R\$ 32.200,00.

13.05 maiores dificuldades do setor cerâmico:

- a. Aquisição de combustível (legal) lenha;
- b. Informações tecnológicas;
- c. Mão-de-obra qualificada;
- d. Taxa tributária;
- e. Burocracia.

14. Distância de cada cerâmica para a sede do município:

3 Km.

15. Tipos de produtos produzidos e quantidade ao mês:

Telhas naturais = 600 mil peças → 560 mil;
Telhas esmaltadas = 40 mil peças.

16. Principais mercados de vendas da produção:

Maceió/AL, Gravatá/PE, Caruaru/PE.

17. Número de empregos (diretos e indiretos):

60 empregos.

18. Distância do local da matéria-prima (argila) para a indústria:

Até 2 Km.

QUESTIONÁRIO APLICADO À CERÂMICA BANDEIRA

DATA: 22/05/09

19. TIPOS E CAPACIDADE DO FORNO:Forno *Hofman* contínuo = 1.400 mil blocos 09x14x19.**20. TIPO E CONSUMO DIÁRIO DE COMBUSTÍVEL UTILIZADO EM CADA FORNO:**

- a. Bambu = 700m³ *stereo*;
- b. Pó serra = 90 ton/mês.

21. DESPESA COM COMBUSTÍVEL AO MÊS:

- a. Bambu = 700m³ → R\$ 16,00 = R\$ 11.200;
- b. Pó Serra = R\$ 7.000/mês

22.05 MAIORES DIFICULDADES DO SETOR CERÂMICO:

- a. Aquisição de combustível (legal) lenha;
- b. Informações tecnológicas;
- c. Mão-de-obra qualificada;
- d. Taxa tributária;
- e. Burocracia.

23. DISTÂNCIA DE CADA CERÂMICA PARA A SEDE DO MUNICÍPIO:

3 Km.

24. TIPOS DE PRODUTOS PRODUZIDOS E QUANTIDADE AO MÊS:

1.400 blocos 9x14x19.

25. PRINCIPAIS MERCADOS DE VENDAS DA PRODUÇÃO:

Maceió/AL.

26. NÚMERO DE EMPREGOS (DIRETOS E INDIRETOS):

110 empregados.

27. DISTÂNCIA DO LOCAL DA MATÉRIA-PRIMA (ARGILA) PARA A INDÚSTRIA:

Até 2 Km.

QUESTIONÁRIO APLICADO À CERÂMICA E.F.V. SILVA (BARRA GRANDE)

DATA: 18/05/09

De: Cerâmica Barra Grande Ltda

Para : Sindicar

A/C: Silvana

*TIPOS E CAPACIDADE DE CADA FORNO DAS INDÚSTRIAS CERÂMICAS.

Um forno hofman

*TIPO E CONSUMO DIÁRIO DE COMBUSTIVEL UTILIZADO EM CADA FORNO.

Casca 20 mts, coque 45 kg, Eucalipto 17 mts

*DESPESA COM COMBUSTIVEL EM CADA CERÂMICA AO MÊS.

R\$ 20.000

*ELENCAR NO MÍNIMO AS 5 MAIORES DIFICULDADES DO SETOR CERÂMICO.

Combustível, secagem, quebra de maquinas, chuvas, licença ambiental.

*DISTÂNCIA DE CADA CERÂMICA PARA A SEDE DO MUNICÍPIO.

5 km

*TIPOS DE PRODUTOS PRODUZIDOS POR CADA CERÂMICAS E QUANTIDADE AO MÊS.

Blocos cerâmicos 9x19x19: 770.000**Blocos cerâmicos 9x14x19: 30.000**

*PRINCIPAIS MERCADOS DE VENDAS DA PRODUÇÃO.

Armazéns e Construtora: Maceió e Maragogi.

*NÚMERO DE EMPREGOS (DIRETOS E INDIRETOS) POR CERÂMICA.

Atualmente 50 empregados

*DISTÂNCIA DO LOCAL DA MATÉRIA-PRIMA (ARGILA) PARA A INDUSTRIA

11 km

QUESTIONÁRIO APLICADO À CERÂMICA CAMARAGIBE

DATA: 25/07/09

- 28. Tipos e capacidade do forno: Fornos tipo Abóbada de 9 metros de diâmetro, Com capacidade para 50.000 mil blocos 09X14X19**
- 29. Tipo e consumo diário de combustível utilizado em cada forno: Casca de coco 60 m³ dia, cavaco de eucalipto 35 m³ dia**
- 30. Despesa com combustível ao mês: Em média R\$ 30.000,00 (trinta mil reais) por mês.**
- 31. 05 maiores dificuldades do setor cerâmico: Combustíveis para queima dos fornos; mão de obra qualificada; constantes faltas de energia elétrica; concorrência desleal dos ceramistas dos estados vizinhos;**
- 32. Distância de cada cerâmica para a sede do município: 65 Km.**
- 33. Tipos de produtos produzidos e quantidade ao mês:**
Blocos 09x14x19 – 400.000 Mês
Blocos 09x19x19 – 100.000 Mês
Lajota H-8 - 60.000 Mês
- 34. Principais mercados de vendas da produção: Maceió**
- 35. Número de empregos (diretos e indiretos): 68 diretos e 180 indiretos.**
- 36. Distância do local da matéria-prima (argila) para a indústria: 10 km**