



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS – UFT
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
MESTRADO EM AGROENERGIA

ROBERTO PERES DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DO CAROÇO DO AÇAÍ NA PRODUÇÃO DE TIJOLOS NAS
OLARIAS DA CIDADE DE IMPERATRIZ-MA**

PALMAS-TO
2018

ROBERTO PERES DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DO CAROÇO DO AÇAÍ NA PRODUÇÃO DE TIJOLOS NAS
OLARIAS DA CIDADE DE IMPERATRIZ - MA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Agroenergia, Área de concentração: Aspectos Socioeconomicos de Sistemas de Agroenergia.

Orientador: Prof. Dr. Joel Carlos Zukowski Junior

PALMAS-TO
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

PROVISÓRIO

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Biblioteca da Universidade Federal do Tocantins Campus Universitário de Palmas

F814e Silva, Roberto Peres da

UTILIZAÇÃO DO CAROÇO DO AÇAÍ NA PRODUÇÃO DE TIJOLOS NAS OLARIAS DA
CIDADE DE IMPERATRIZ – MA. / Roberto Peres da Silva; Orientador– Palmas, TO, 2018.

74 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins
– Campus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em
Agroenergia, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Joel Carlos Zukowski Junior

Linha de pesquisa: Processo de obtenção de Biocombustíveis e Avaliação e
Aproveitamento de Resíduos.

1. Energia; 2. Ecoeficiência; 3. Tijolos; 4. Açai

I. Título. II. Universidade Federal do Tocantins. Coordenação de Pós-Graduação em
Agroenergia.

Bibliotecário:

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada à fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

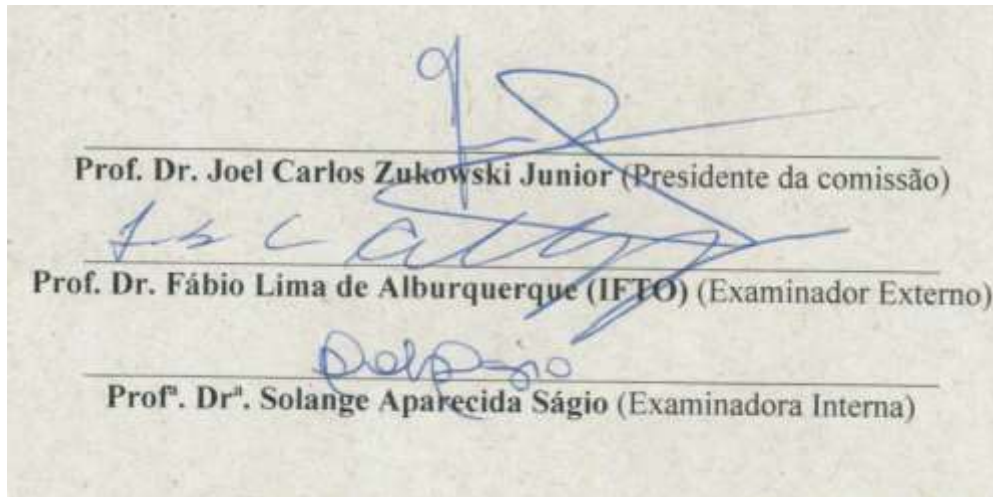
FOLHA DE APROVAÇÃO

ROBERTO PERES DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DO CAROÇO DO AÇAÍ NA PRODUÇÃO DE TIJOLOS NAS
OLARIAS DA CIDADE DE IMPERATRIZ - MA**

Data de Aprovação 15/03/2018

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Joel Carlos Zukowski Junior (Presidente da comissão)

Prof. Dr. Fábio Lima de Albuquerque (IFTO) (Examinador Externo)

Prof.ª Dr.ª Solange Aparecida Ságio (Examinadora Interna)

Aos meus pais Silvino Guedes e Maria Aparecida,
pelo apoio e todos os ensinamentos da vida.

Aos meus irmãos: José Nilto, José Carlos,
Rivanildo e Wenes, pela confiança
e carinho.

À minha filha Mariana Peres e Esposa
Antonia Lucas, pelo amor e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela vida, proteção, força, conquistas alcançadas e oportunidades em meu caminho.

Ao prof. Dr. Joel Carlos Zukowski Junior, pela orientação, confiança, paciência e compreensão em momentos difíceis.

A minha amiga Prof.^a. Dr.^a. Yolanda Vieira de Abreu pela oportunidade, pela orientação, conselhos, ensinamentos e suas excepcionais contribuições.

Aos professores participantes da Banca de Defesa, Prof.^a Dra. Solange Aparecida Ságio e Prof. Dr. Fábio Lima de Albuquerque pela disponibilidade e valiosas contribuições.

Aos meus pais – minha mãe Maria Aparecida, por estar sempre ao meu lado, pelo amor e paciência; e meu pai Silvino Guedes, pelo apoio, força e exemplo de vida.

Aos meus irmãos José Nilton, José Carlos, Rivanilde e Wenes pela força, amor e incentivo.

À minha esposa Antonia Lucas, pelo amor e carinho, amizade e companheirismo, força e também pelo incentivo, confiança, pela felicidade que me proporciona todos os dias e por estar sempre ao meu lado em momentos importantes da minha vida.

À minha filha Mariana Peres pela alegria e o amor eterno de ser seu pai.

Aos João Fernandes e Marcelo Leite, pelo companheirismo, apoio e principalmente pela amizade.

Aos amigos da república casa da Poeira, Tercio, Anderson, Paulo Victor e Rafael por me acolher, pelo companheirismo, apoio, paciência e principalmente pela amizade.

A todos os colegas do mestrado pelo companheirismo.

À Universidade Federal do Tocantins e ao Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, pela oportunidade e por proporcionar todo o necessário para a realização do presente estudo.

Aos professores do colegiado do Mestrado em Agroenergia, que contribuíram para o meu aprendizado.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA Campus Açailândia, pelo apoio e incentivo a esta formação.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para minha formação e para a realização deste trabalho, sem citar nomes, para não correr o risco de esquecer alguém, pois tantos foram aqueles que colaboraram para esta realização.

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

(Artigo 225, da Constituição Federal)

RESUMO

Apresenta-se neste trabalho o estudo para testar as formas possíveis de utilização do caroço de açaí, como fonte de energia térmica no setor de cerâmicas estrutural de olarias, destinadas à fabricação de tijolos, na cidade de Imperatriz/MA. As análises e caracterização química realizadas em laboratórios com base nas amostras de massa seca dos caroços encontrados como resíduo sólido do processo de despolpamento da extração do suco nas feiras livres da cidade, mostraram que seu poder calorífico quando comparado com a lenha é alto, 27,696MJ/kg, e que possui 12,19% de carbono fixo, 71,39% de voláteis e 1,18% de cinzas. Estas informações qualificam o caroço do açaí como uma fonte de biomassa boa para ser usado em combustão em substituição da lenha que possui poder calorífico aproximado de 18.42MJ/kg. O uso dos caroços de açaí nos fornos de olaria possibilitam amenizar o problema ambiental de seu descarte, que até então não tinha destinação útil, somente neste estudo foram utilizados nos fornos cerca de 2,250kg de caroços equivalente a 1,44 m³, para esse processo deixou-se de ser queimados aproximadamente cerca de 3m³ de lenha. A reutilização dos resíduos no processo de queima dos tijolos como as cinzas misturados ao barro, gerou uma eficiência energética com ganho de tempo, uma fabricação mais ecológica, menos agressivo ao meio ambiente, diminuindo a quantidade a ser descartada em céu aberto ou próximo aos mananciais dando um destino viável a estes caroços e promovendo eficiência ambiental deste setor.

Palavra-chave: Energia. Ecoeficiência. Tijolos. Açaí.

ABSTRACT

A study was carried out to test the possible ways of using açai stone as a source of thermal energy in the structural ceramics industry of pottery, for the manufacture of bricks, in the city of Imperatriz / MA. The analyzes and chemical characterization carried out in laboratories based on the samples of dry mass of the cores found as solid residue of the process of pulping of the juice extraction in the free fairs of the city, showed that its calorific value when compared to the wood is high 27.696MJ / kg, and which has 12.19% of fixed carbon, 71.39% of volatiles and 1.18% of ash. This information qualifies the acai berry as a good source of biomass to be used in combustion to replace wood that has a calorific value of approximately 18.42MJ / kg. The use of açai kernels in pottery kilns makes it possible to soften the environmental problem of their disposal, which until then had no useful destination, only in this study were used in the furnaces about 2,250 kg of kernels equivalent to 1.44 m³, for this process about 3m³ of wood was left to be burnt. The reuse of the residues in the burning process of the bricks as the ashes mixed to the clay, generated a energy efficiency with time gain, a more ecological, manufacture less aggressive to the environment reducing the amount to be discarded in open sky or near the springs giving a destination to these lumps and promoting the environmental efficiency of this sector.

Keyword: Energy. Ecoefficiency.Bricks.Acai.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Fluxograma do Processo produtivo da indústria de cerâmica vermelha	23
Figura 2:	Fluxograma do registro de licença e concessão de lavra	24
Figura 3:	Ciclo de vida dos Produtos Cerâmicos	27
Figura 4:	Queima da lenha usada na olaria.....	31
Figura 5:	Fotos micro gráficas obtidas por microscopia óptica do fruto do açaí.....	37
Figura 6:	Resíduos do açaí encontrado em feira livre em Imperatriz /MA	40
Figura 7:	Produção percentual de açaí nos principais estados produtores	41
Figura 8:	Cidade de Imperatriz e seus municípios vizinhos	45
Figura 9:	Forno de caieira olaria em Imperatriz/MA	46
Figura 10:	Amostra os tipos de tijolos fabricados.....	47
Figura 11:	Equipamentos.....	51
Figura 12:	Prensa com monitoramento digital, para compressão de resistência mínima	53

LISTAS TABELAS

Tabela 1:	Ações ecoeficiente no setor cerâmico e suas respectivas vantagens para o ambiente de trabalho.....	28
Tabela 2:	Ações coeficiente no setor cerâmico e suas respectivas vantagens com a melhoria no controle do processo.....	29
Tabela 3:	Poder calorífico médio dos combustíveis	32
Tabela 4:	Participação relativa do endocarpo e da parte comestível (epicarpo + mesocarpo) na composição do fruto de dez plantas-matrizes da coleção de germoplasma de açaizeiro da Embrapa Amazônia Oriental	38
Tabela 5:	Componentes químicos encontrados em um litro de polpa de açaí com 12,5% de matéria seca	42
Tabela 6:	Uso do Caroco de Açaí em comparação a lenha nos fornos da olaria	57
Tabela 7:	Análises da determinação de absorção de água nas amostras de tijolos	59
Tabela 8:	Resistencia a compressão	60
Tabela 9:	Análise estatística da qualidade dos tijolos fabricados.....	61
Tabela 10:	Resistência a compressão	62
Tabela 11:	Análise imediata.....	63
Tabela 12:	Determinação do Poder Calorífico Superior (PCS) das amostras de caroços de açaí	64
Tabela 13:	Caracterização Analise Elementar do caroco de açaí.....	64
Tabela 14:	Análise Química caroco do açaí.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT -	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANICER -	Associação Nacional da Indústria Cerâmica
CNI -	Confederação Nacional das Indústrias
CONAB -	Companhia Nacional de Abastecimento
CONAMA -	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DNPM -	Departamento Nacional de Pesquisa Mineral.
EMBRAPA -	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FEAM -	Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais
FIEMG -	Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais
GLP-	Gás Liquefeito do Petróleo
IBGE -	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMAZON -	Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia
LI -	Licenciamento de Instalação
LO -	Licenciamento de Operação
LP -	Licenciamento Prévio
MDL -	Mecanismos de Desenvolvimento Limpo
MDL -	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MJ-	Mega Joule
Mpa -	Megapascal
NOS -	Operador Nacional do Sistema
ONU -	Organização das nações unidos
PCI -	Poder calorífico inferior.
PCS -	Poder calorífico superior
PNUMA-	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RIMA -	Relatório de Impacto Ambiental
SEAGRO -	Secretaria de Estado da Agricultura e Pecuária
SEBRAE -	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SEPLUMA -	Secretaria Municipal de Planejamento Urbano e Meio Ambiente
SGM -	Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral
UNIDO -	United National Industrial Development Organization
WBCSD -	Word Business Council for Sustainable Development

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3	CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DE CERÂMICA ESTRUTURAL E DO FRUTO DA PLAMEIRA AÇAÍ	18
3.1	Ecoeficiência e mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL).....	18
3.2	“Reduzir, Reutilizar, Reciclar, Recusar, Repensar”, os 5R’s do meio ambiente para uma gestão sustentável.....	20
3.3	Produção de cerâmica.....	21
3.3.1	Legislação Ambiental no setor cerâmico no Brasil	23
3.3.2	Práticas de ecoeficiência na indústria de cerâmica estrutural em geral	25
3.4	A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)	27
3.4.1	Resultados que podem ser obtidos com a implantação da Ecoeficiência no setor de cerâmica estrutural.....	28
3.5	Os resíduos sólidos agroindustriais	35
3.6	Características e propriedades e produção do Açaí	36
3.6.1	Ciclo Produtivo e a Composição e Valor Nutricional do Fruto	36
3.6.2	Resíduos de Açaí	39
3.6.3	Mercado e Comercialização do Açaí	41
4	METODOLOGIA.....	44
4.1	Reutilização dos resíduos do caroço e das cinzas na fabricação dos tijolos..	47
4.2	Análise imediata.....	49
4.3	Poder calorífico (PCS)	49
4.4	Análise elementar	49
4.5	Equipamentos	50
4.6	Características Físicas e Mecânicas dos blocos de tijolos.....	51
4.6.1	Determinação da Absorção de Água	51
4.6.2	Determinação do teste de compressão de resistência mínima.....	53
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	55

5.1	Uso dos caroços como fonte de energética na fabricação de tijolos	55
5.2	Comparativo uso do caroço de açaí em equivalência a lenha	56
5.3	Estatísticas dos resultados dos testes de Absorção de Água.....	58
5.4	Estatísticas dos resultados dos testes de Resistência mínima a compressão	59
5.5	Determinações da Resistência à Compressão Mínima	60
5.6	Tempos de queima dos tijolos.....	62
5.7	Análise imediata.....	63
5.7.1	Calorífico Superior (PCS)	63
5.7.2	Análise elementar	64
5.7.3	Estatística dos resultados da caracterização química do caroço de Açaí.....	65
5.8	Considerações gerais sobre o uso do caroço de açaí na indústria de cerâmica	66
6	CONCLUSÃO.....	68
	REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

A produção de energia baseada no aproveitamento da biomassa, principalmente a partir de resíduos agroindustriais, é uma alternativa importante para a produção de biocombustíveis e geração de energia renovável por meio de sua combustão. Dentre esses resíduos orgânicos, destaca-se o Açaí (*Euterpe oleracea*), uma espécie de palmeira encontrada no Amazonas, Pará, Maranhão, Acre e Amapá. Tal espécie é um produto típico alimentar do Norte do Brasil, que gera uma quantidade significativa de resíduos, como os caroços, provenientes da cadeia produtiva do açaí, em grande parte desperdiçados.

Imperatriz, localizada na região sul do estado do Maranhão é a segunda maior cidade deste estado, com uma população estimada em 253.873 habitantes (IBGE, 2016). Imperatriz possui um importante polo de produção de cerâmica estrutural, voltado à produção de telhas e tijolos com aproximadamente (trinta) unidades entre indústrias e olarias de cerâmicas vermelhas que produzem exclusivamente tijolos (SEPLUMA, 2017). Consequentemente, esse setor produtivo torna-se um grande consumidor de lenha, fonte de energia térmica mais utilizada nas cerâmicas e olarias, para aquecer os fornos onde é realizado o processo de cozimento das peças.

Em nível nacional, muitas dessas olarias já vem substituindo a fonte de energia térmica tradicional, a lenha por outras biomassas mais acessíveis e com preço mais atraente, como resíduos de produção de arroz, capim-elefante e outros.

Este estudo tem por meta testar o uso do resíduo da produção de açaí, como fonte de energia térmica nos fornos de cozimento de tijolos nas olarias de Imperatriz/MA. O caroço do açaí é um resíduo disponível em grandes quantidades na região e até o momento não se tem uma destinação econômica útil para o mesmo.

Este estudo se justifica porque o uso desta biomassa para produção de energia térmica ou outra, gera diminuição de rejeitos, diminuição do uso de matéria prima e evita que estes resíduos orgânicos tenham destinação ambientalmente incorreta, uma vez que a cidade de Imperatriz/MA conta com três mercados municipais e dezenas de feiras livres nos seus 112 bairros adjacentes, além de um comércio informal de alimentos significativo, onde o caroço de açaí é encontrado em abundância. A partir das entrevistas realizadas com os comerciantes do ramo, o processamento do açaí produz uma média de 15 sacos de 60kg de rejeitos de caroços por dia que são desperdiçados e normalmente têm como destino o lixo.

O Plantio de açaí destaca-se como uma grande produção na microrregião de Imperatriz, sendo encontrado nos municípios próximos, principalmente no povoado conhecido como 1700 que fica a 40km de Imperatriz, onde estão várias comunidades de assentados e cooperativas que processa, comercializa o fruto.

A utilização deste resíduo por parte das olarias, como fonte primária de energia para produção de tijolos propicia ao setor oleiro, adaptar-se a política nacional de resíduos sólidos (Lei nº 12.305/10) e ainda reduzir os custos. Cada fruto do açaí pesa cerca de 1g, somente 17% deste é comestível (polpa com casca), sendo necessários cerca de 2,5 kg de frutos para produzir um litro de suco de açaí, o restante cerca de 83% representa o caroço, contendo a semente oleaginosa (EMBRAPA, 2015). Além disso, a venda destes resíduos irá gerar uma renda a mais para o comerciante do açaí e evitar o custo para descartá-lo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Testar as formas possíveis de utilização do caroço de açaí, como fonte de energia térmica no setor de cerâmicas estrutural, olarias, destinadas à fabricação de tijolos, na cidade de Imperatriz/MA.

2.2 Objetivos Específicos

- Descrever as características físico-químicas e seus produtos e subprodutos da palmeira do açaí;
- Descrever as etapas de produção de cerâmica estrutural e contextualizá-la na região da cidade de Imperatriz/MA;
- Testar a substituição da lenha pelo caroço de açaí como fonte térmica para o cozimento do tijolo;
- Testar a eficiência energética da mistura das cinzas provenientes da queima do caroço do açaí e do resíduo processado na massa da cerâmica estrutural;
- Determinar a quantidade equivalente em metros cúbicos para a utilização em uma fornada de tijolos em substituição à lenha.

3. CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DE CERÂMICA ESTRUTURAL E DO FRUTO DA PLAMEIRA AÇAÍ

3.1 Ecoeficiência e mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL)

A adequada gestão das decorrências ambientais da atividade industrial pode ser fator de construção de vantagem competitiva. Na busca de um equilíbrio entre a proteção ambiental e o crescimento econômico, métodos para prevenção da poluição têm sido usados para eliminar ou ao menos reduzir a geração de resíduos. Nesse contexto, podem-se incluir a reciclagem e substituição de materiais e o uso eficiente de recursos naturais e energéticos (SELLITTO; BORCHARDT; PEREIRA, 2010).

A ecoeficiência atinge-se através da oferta de bens e serviços a preços competitivos, que, por um lado, satisfaçam as necessidades humanas e contribuam para a qualidade de vida e, por outro, reduzam progressivamente o impacto ecológico e a intensidade de utilização de recursos ao longo do ciclo de vida, até atingirem um nível, que, pelo menos, respeite a capacidade de sustentação estimada para o planeta Terra (WBCSD, 2001, p. 11).

Portanto a ecoeficiência é alcançada mediante o fornecimento de bens e serviços a preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e que tragam qualidade de vida, ao mesmo tempo em que ocorre a busca da redução progressiva do impacto ambiental e do consumo de recursos ao longo do ciclo de vida até um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada da Terra.

AWBCSD (2000) definiu Sete dimensões da ecoeficiência:

- A. Redução da intensidade material;
- B. Redução da intensidade energética;
- C. Redução da dispersão de substâncias tóxicas;
- D. Intensificar a reciclagem de materiais;
- E. Otimização do uso de materiais renováveis;
- F. Prolongar o ciclo de vida do produtoe
- G. Agregar valor aos bens e serviços.

A análise de ecoeficiência está diretamente associada a três estudos de desempenho que reflete os aspectos: ambientais, econômicos e sociais, que por sua vez traduzem o modelo de sustentabilidade objetivada pela ecoeficiência.

Os conceitos “Responsabilidade Social Corporativa” e “Sustentabilidade Empresarial” convergem para o mesmo objetivo: integrar os aspectos econômicos, sociais e, ecológicos dos negócios. De acordo com Schmidheiny (1996) e Helminen (2000), ecoeficiência significa um processo que direciona os investimentos e o desenvolvimento de tecnologias para gerar valor ao acionista, minimizar o consumo de recursos e eliminar o desperdício e a poluição.

A estratégia de gestão socioambiental de uma organização consiste na inserção da variável socioambiental ao longo de todo o processo gerencial de:

- Planejar;
- Organizar;
- Dirigir;e
- Controlar.

Utilizando-se das interações que ocorrem no ecossistema do mercado, visando a atingir seus objetivos e metas de forma mais sustentável possível (HART; MILSTEIN, 2004).

Buscando uma mudança de foco para a implementação e o desenvolvimento de um novo modelo de produção, foi proposto o conceito e modelo de Produção + *Limpa*, em 1989 pelo Programa das nações unidas para o meio ambiente (PNUMA). Seu principal objetivo é integrar interesses ambientais e econômicos e aumentar a eficiência a partir da redução do volume e toxicidade dos resíduos (PNUMA, 2006). A *Produção+Limpa* é um método que integra uma estratégia econômica, tecnológica e ambiental aos processos e produtos, com a finalidade de aumentar a eficiência no uso de matéria-prima e insumos, pela redução dos desperdícios, não-geração, minimização ou reciclagem dos resíduos gerados, proporcionando benefícios econômicos e ambientais. Trata-se da aplicação de ações que permitem qualificar a empresa quanto ao emprego eficiente de matéria-prima no processo produtivo (CNTL, 2006).

A *United National Industrial Development Organization* (UNIDO) defende o modelo de *Produção + Limpa* como sendo uma estratégia preventiva e integrada que pode ser utilizada em todas as fases do processo produtivo para aumentar a produtividade pelo uso mais eficiente dos materiais, energia e água, promover a melhora do desempenho ambiental pela redução de resíduos e emissões de gases e outros elementos e reduzir o impacto

ambiental dos produtos em todo seu ciclo de vida a partir de um projeto ecológico e economicamente eficiente (KAZMIERCZYK, 2002; CNTL, 2006).

Ecoeficiência que engloba, também, o conceito de *Produção + Limpa*, inclui, eficiência, eficácia e sustentabilidade e que atinge a produção, a administração, a logística e todas as áreas da empresa. A ecoeficiência pode ser empregada pelos governantes como estratégia para o desenvolvimento sustentável, fomentando e dando condições para a inovação, estabelecimento de parcerias e difusão de conhecimento para diversos segmentos da sociedade, visando ao progresso, ao crescimento da economia e à melhoria da qualidade de vida (WBCSD, 2000).

As vantagens de ações ecoeficientes não são apenas para o consumidor final ou para o meio ambiente, mas para toda empresa que se propõem adotar esta estratégia de trabalho. E, ainda, ao se pensar na ecoeficiência de uma forma governamental observa-se que esta pode apoiar os governos a conceber uma estratégia nacional para o desenvolvimento sustentável (SALGADO, 2004).

3.2 “Reduzir, Reutilizar, Reciclar, Recusar, Repensar”, os 5R’s do meio ambiente para uma gestão sustentável

Dentre os impactos ambientais causados pelas atividades econômicas desenvolvidas numa sociedade, a geração de resíduos sólidos está presente, em maior ou menor escala, na maioria das situações. Na atividade industrial em especial, a geração de resíduos sólidos é uma medida de ineficiência ou de desperdício no processo produtivo, pois um resíduo é gerado quando uma matéria-prima ou um insumo utilizado na produção não se converteu em produto final na atividade produtiva de uma organização ou quando sua geração é inerente a este processo (STEPHANOU, 2013).

Um dos grandes problemas ambientais na atualidade está voltado para o consumo desenfreado da população e a consequente geração de resíduos. Estima-se em cerca de trinta bilhões de toneladas o total de resíduos sólidos anuais gerados pelos seres humanos (COSTA, 2007).

Assim, conceitos de sustentabilidade são aplicados rotineiramente nas indústrias como forma de minimizar os impactos ambientais causados pela geração de resíduos sólidos por suas atividades buscando reduzir seus custos de produção e tornar suas atividades

ambientalmente mais sustentáveis. Geralmente estes impactos são adversos e implicam em danos ao meio ambiente quando não são gerenciados adequadamente. Um conceito de sustentabilidade muito aplicado visando o gerenciamento dos resíduos sólidos é o conceito dos 5R's que tange tanto a área ambiental quanto a econômica e a social. O significado dos 5R's é "Reduzir, Reutilizar, Reciclar, Recusar, Repensar". É possível aplicar esses conceitos e gerar excelentes benefícios para as atividades, sejam econômicos, ambientais ou sociais, exemplificando assim os conceitos de sustentabilidade tão em evidência no meio empresarial (STEPHANOU, 2013).

O gerenciamento eficaz de resíduos sólidos proporciona benefícios econômicos, uma vez que permite que os materiais recicláveis que possuam valor comercial sejam vendidos nos mercados específicos para cada tipo material. Assim, o resultado financeiro da operação, medido pela diferença entre a receita gerada na venda dos materiais e a despesa com movimentação e destinação dos mesmos, representa uma fonte de geração de receita muitas vezes bastante significativa para as empresas (STEPHANOU, 2013).

3.3 Produção de cerâmica

Cerâmica, palavra originada do grego "keramos", quer dizer coisa queimada, o que vem a indicar que as desejáveis propriedades desses materiais mais comumente são encontradas mediante processo de tratamento térmico e em altas temperaturas, o que veio a ser denominado queima (NASCIMENTO, 2007).

A indústria cerâmica, a pode ser conceituada como uma atividade de produção de artefatos a partir da argila, estatorna-se muito plástica e fácil de moldar quando umedecida. Após moldada, a peça é submetida a uma secagem para retirar a maior parte da água e em seguida é condicionada em altas temperaturas que lhe atribuem rigidez e resistência, mediante a fusão de certos componentes da massa. Pesquisas confirmam a cerâmica como a mais antiga das indústrias, sendo o material artificial mais antigo produzido pelo homem, com sua origem a partir do momento em que ele passou a utilizar-se do barro endurecido pelo fogo, antes mesmo da Idade da Pedra Polida ou período Neolítico, algo em torno de 26.000 a.C. até 5.000 a.C., não existindo, entretanto, um consenso sobre como isto ocorreu (ANFACER, 2012).

No Brasil, a cerâmica tem sua origem na cultura indígena. Estudos arqueológicos indicam a presença de uma cerâmica mais simples, que ocorreu na Ilha de Marajó por volta de

5.000 anos atrás. O índio conseguiu criar uma cerâmica de valor, que dá a impressão de superação dos estágios primitivos da Idade da Pedra e do Bronze. Sendo assim, o conhecimento acerca da produção de cerâmica não chegou ao Brasil com os portugueses, nem mesmo veio com os escravos. Os índios aborígenes já tinham firmado a cultura do trabalho em barro antes da chegada de Cabral. Por isso, os colonizadores portugueses, instalando as primeiras olarias nada de novo trouxeram, porém, estruturaram e concentraram a mão-de-obra (ANFACER, 2011).

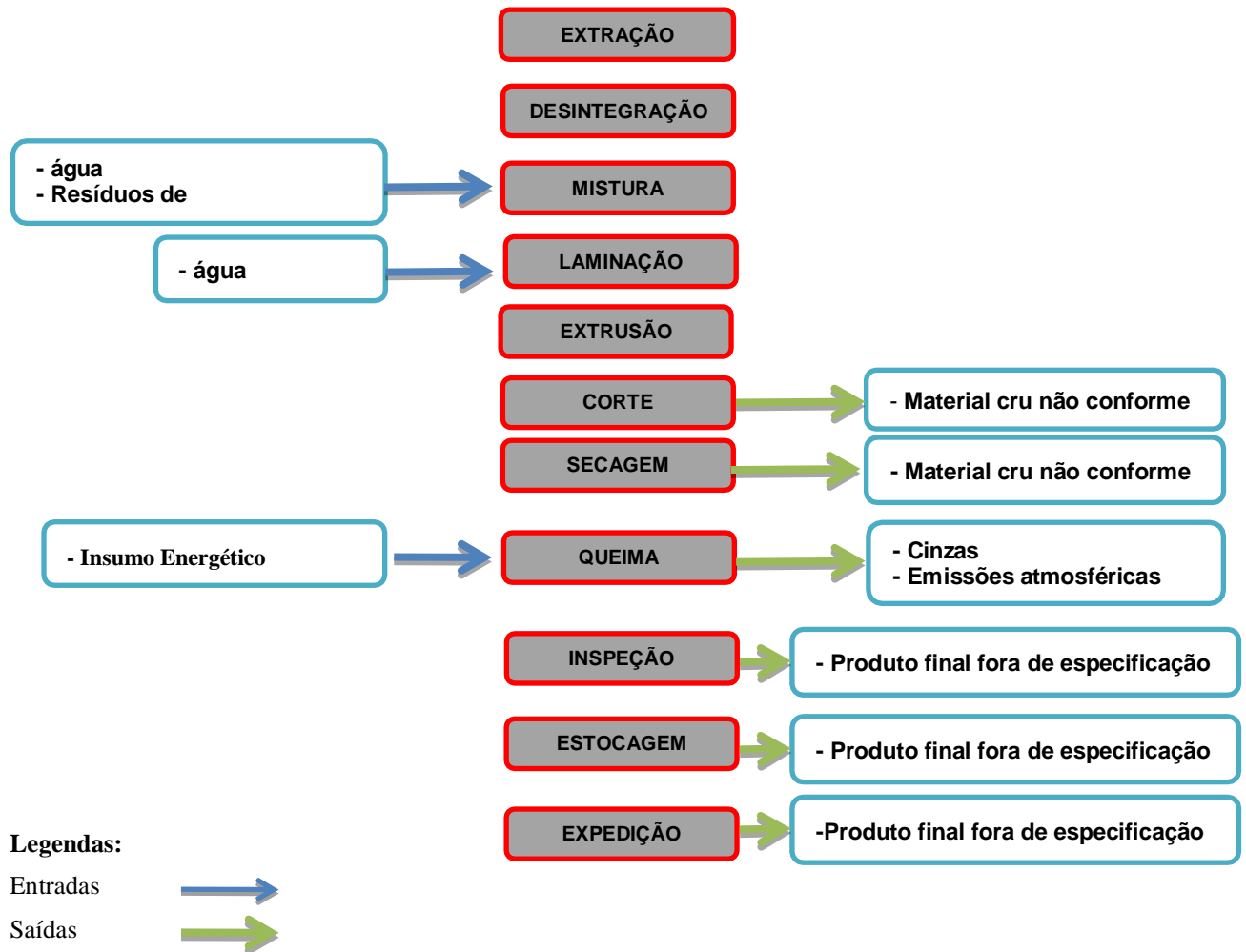
A indústria de cerâmica vermelha brasileira é a principal fornecedora de materiais para alvenarias, coberturas e saneamento. Sendo bastante pulverizada e composta principalmente de micro e pequenas empresas, ela está presente em todos os 27 estados da nação e representa 4,8% da indústria da Construção Civil, gerando cerca de 16 dos 300 mil postos de trabalho diretos e 1,25 milhões indiretos (ANICER, 2014).

Na figura 1, pode-se constatar que em todas as etapas do processo produtivo da indústria cerâmica verifica-se que todos os resíduos sólidos (saídas) podem ser reintroduzidos no processo interno ou externo, gerando um processo contínuo, além de reaproveitamento dos resíduos oriundos do processo.

Segundo a ANICER (Associação Nacional da Indústria Cerâmica), em 2009, considerando-se o consumo igual à produção (76 bilhões de peças), foi registrado um consumo médio per capita de 384 peças/habitante, geograficamente distribuído em: Região Norte 247 pç/hab; Nordeste 312; Centro-Oeste 381; Sudeste 395 e Sul 657 pç/hab.

De acordo com o IBGE (2010), o setor é constituído por 7.430 empresas, as quais são responsáveis por um faturamento superior a R\$ 6 bilhões ao ano e por mais de 90% das alvenarias e coberturas utilizadas no país. Nessas empresas são produzidos por mês mais de quatro bilhões de blocos de vedação e estruturais, e 1,3 bilhões de telhas.

Figura 1: Fluxograma do Processo produtivo da indústria de cerâmica vermelha.



Fonte: Adaptado da associação brasileira de Cerâmica (2015)

3.3.1 Legislação Ambiental no setor cerâmico no Brasil

A indústria de cerâmicas, assim como outros setores industriais, gera impactos negativos ao meio ambiente, já que nela ocorre emissão na atmosfera de pós e gases, descarga de águas residuais, geração de rejeitos e resíduos sólidos, além da exploração da argila. No Brasil, o primeiro dispositivo legal com o objetivo de reduzir os impactos ambientais negativos causados pela mineração, categoria na qual se enquadra a exploração da argila, foi a Lei n.º 6.938, através do Brasil. Decreto n.º 88.351 de 31 de agosto de 1981, instituiu o Licenciamento Prévio (LP), Licenciamento de Instalação (LI) e Licenciamento de Operação (LO). A partir de 1986, com a resolução do CONAMA n.º 01, estabeleceram-se as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para o uso e implementação da

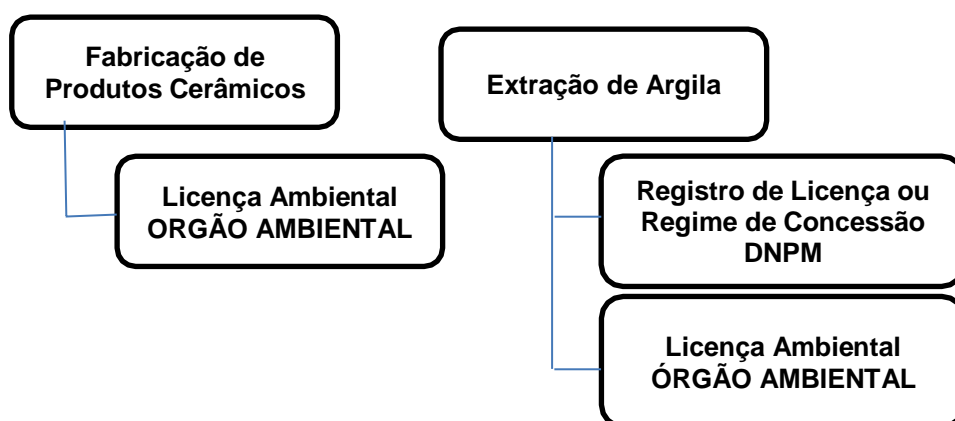
Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (SILVA; VIDAL; PEREIRA, 2001).

Já o governo editou o Decreto n.º 97.632, de 10 de abril de 1989, no qual resolveu em seu artigo 1º que os empreendimentos que se destinam a exploração dos recursos minerais deverão submeter seus projetos à aprovação dos órgãos federais, estaduais e municipais competentes. E que para elaboração de tais projetos, deverão também executar o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), bem como o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD). Além disso, definiu ainda que os empreendimentos já existentes deveriam regularizar sua situação por meio de um PRAD.

O fabricante de blocos, telhas, tubos e demais produtos de cerâmica vermelha, na maioria das vezes, também realiza atividade de extração de argila, principal matéria-prima do processo. A análise dos requisitos exigidos ao licenciamento ambiental é necessária para ambas as atividades realizadas pelo ceramista (produção e extração). A Resolução do CONAMA 237/97 listou algumas atividades para as quais o licenciamento é obrigatório, e entre elas estão:

- **Extração e tratamento de minerais** - lavra a céu aberto, inclusive de aluvião, com ou sem beneficiamento.
- **Indústria de produtos minerais não metálicos** - fabricação e elaboração de produtos minerais não metálicos, tais como produção de material cerâmico, cimento, gesso, amianto e vidro, entre outros. Como demonstrado na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma do registro de licença e concessão de lavra



De acordo com Figura 2, quando exercer as duas atividades mencionadas, o ceramista deve licenciar ambas as frentes. Ocorre que, no caso da atividade minerária, além do procedimento junto ao órgão ambiental, deve-se requerer o Registro de Licença ou a Concessão de Lavra expedida pelo DNPM - Departamento Nacional de Pesquisa Mineral.

3.3.2 Práticas de ecoeficiência na indústria de cerâmica estrutural em geral

Apesar de já fabricar produtos tidos como naturalmente eficientes, a indústria de cerâmica vermelha está caminhando em direção às exigências de sustentabilidade que se impõem neste século XXI. O processo de fabricação utiliza matéria-prima 100% natural – a argila – e nenhum componente agressivo ao meio ambiente. Os produtos cerâmicos são fabricados a partir dos quatro elementos da natureza: terra, água, ar e fogo. Esse material tão tradicional é o favorito dos brasileiros devido às suas propriedades únicas, como seu alto isolamento termoacústico, essencial para a salubridade e conforto de uma residência. O isolamento superior dos blocos cerâmicos ainda possibilita grandes economias em energia elétrica, destinada à refrigeração de ar, ao longo de toda a vida útil de um imóvel. Um dos principais objetivos do segmento de cerâmica vermelha brasileira, portanto, é oferecer produtos ambientalmente corretos e ser socialmente responsável, atendendo à legislação vigente no país e causando um menor impacto ao meio ambiente (ANICER, 2014).

São essas características, intrínsecas à atividade, e uma gestão sustentável e responsável que têm permitido à indústria de cerâmica vermelha dar a sua contribuição para o meio ambiente e para a sociedade. As principais práticas e resultados associados à sustentabilidade já consolidados na indústria cerâmica são:

- **Aproveitamento de resíduos:** Atualmente, têm sido adotados de modo massivo as biomassas renováveis descartadas pela agroindústria, além de resíduos da indústria moveleira, podas de árvores e lenha de áreas de reflorestamento ou manejo como combustível nos fornos das indústrias cerâmicas. Além de não desmatarem as florestas nativas e utilizarem combustíveis que emitem menos gases do efeito estufa, as cerâmicas ainda absorvem e eliminam resíduos de outros segmentos. A incorporação desses resíduos permite que a indústria de cerâmica vermelha reduza os custos, a quantidade de matéria-prima utilizada e o consumo de combustível, além de evitar que esses resíduos tenham destinação ecologicamente incorreta ou

mais agressiva ambientalmente. No caso da incorporação de resíduos não inertes, essa ação evita que o material seja despejado em aterros sanitários emitindo gases poluentes na atmosfera ou liberando substâncias tóxicas ao solo e à água durante o seu processo de decomposição. A reutilização de materiais inertes, como os cascalhos do produto final, evita o desperdício de matéria-prima já extraída. (ANICER, 2014)

- **Recuperação de áreas de extração:** A recuperação das áreas de extração também é prioridade no setor, em cumprimento às obrigações estipuladas pela Lei nº 8974 (BRASIL, 1995 artigo 225, inciso 2º). Apesar de ser a segunda maior atividade mineradora do Brasil, ela é muito difusa e de baixo impacto. Os projetos de recuperação geralmente dedicam essas áreas às atividades de piscicultura, fruticultura, ecoturismo, pastagens ou florestas plantadas com vegetação nativa ou exótica. (ANICER, 2014)
- **Eficiência Energética:** Em termos de eficiência energética, da fabricação ao manuseio no canteiro de obras, os produtos cerâmicos apresentam melhor desempenho. É que seu peso é metade do peso de seu equivalente feito de concreto, com a mesma resistência mecânica, o que permite a redução do consumo de combustível empregado no transporte, um menor dispêndio de energia no transporte vertical etc. O transporte horizontal é outro quesito que confere ao setor excelência em eficiência energética. O fato de ser uma indústria espalhada por todo o território nacional, com jazidas de matéria-prima muito próximas às fábricas e contar com uma rede de distribuição capilarizada, permite atender aos grandes centros consumidores com uma distância máxima de 250 km, incluindo a Região Norte. Em conjunto, esses fatores provocam uma redução em efeito cascata das emissões de poluentes no ciclo de transporte dos produtos (ANICER, 2014).
- **Empregabilidade e distribuição de renda:** É importante destacar o caráter social intrínseco ao setor de cerâmica vermelha. Devido ao número extenso de micro e pequenas empresas pulverizadas por todo o país, o setor emprega e distribui renda nas regiões metropolitanas, mas, principalmente, no interior e em pequenos municípios. Muitas vezes, são as únicas oportunidades de emprego e geração de renda do local. Dessa forma, a indústria ajuda a fixar a população no meio rural e contribui – através dos tributos municipais e ações sociais privadas – para o desenvolvimento da cidade em que está localizada (ANICER, 2014).

Logo, quando exercer as duas atividades mencionadas, o ceramista deve licenciar ambas as frentes. Ocorre que, no caso da atividade minerária, além do procedimento junto ao órgão ambiental, ele deve- requerer o Registro de Licença ou a Concessão de Lavra expedida pelo DNPM - Departamento Nacional de Pesquisa Mineral.

3.4A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

A ACV é uma ferramenta utilizada pela ecoeficiência, tem como objetivo analisar todo o processo de produção de um produto, identificando todos os impactos positivos e negativos desta produção para o meio ambiente e a sociedade. A análise do ciclo de vida, desde a extração de matérias-primas, passando pelas etapas de transporte, produção, distribuição e utilização até seu descarte final. (ANICER, 2014).

Na figura 3, pode se observar as etapas que são analisadas no ciclo de vida dos produtos cerâmicos.

Figura 3– Ciclo de vida dos Produtos Cerâmicos



Fonte: (ANICER, 2014).

A figura 3 apresenta os setores dentro das olarias ou indústrias de cerâmicas estruturais que deverão ser analisados com a finalidade de conhecer os seus processos, resíduos, impactos ambientais e sociais. Tal análise possibilita rever esses processos produtivos, de descarte tornando os mais limpos e ambientalmente e socialmente mais adequados.

3.4.1 Resultados que podem ser obtidos com a implantação da ecoeficiência no setor de cerâmica estrutural

Com a implantação da ecoeficiência em olarias e indústrias de cerâmicas estruturais pode-se obter os seguintes benefícios: a) Melhoria no ambiente de trabalho; b) Melhor controle do processo; b) Tipos de combustível usados nas cerâmicas; c) Resíduos sólidos usados nas cerâmicas (inclusive cinzas); d) Mapeamento do sistema produtivo. Destes itens citados, a seguir serão detalhados os quatro primeiros somente.

a) Melhoria no ambiente de trabalho

Segundo a FIEMG (2013) as práticas ambientais de práticas de ecoeficiência na indústria de cerâmica estrutural em geral podem trazer diversas vantagens como as que se pode observar na tabela 01:

Tabela 01 – Ações ecoeficientes no setor cerâmico e suas respectivas vantagens para o ambiente de trabalho.

Ações	Prática	Vantagem
Melhoria no ambiente de trabalho	Recebimento e manuseio adequado de materiais	Evita perdas no processo
	Otimização do <i>layout</i>	
	Treinamento / conscientização	
	Armazenamento adequado dos resíduos em depósitos fixos ou temporários, impermeabilizados e cobertos	Proteção dos trabalhadores
		Evita que este se transforme em um problema ambiental
	Armazenamento do produto e de peças cruas em local delimitado, organizado, com piso	Evita perdas no processo
	Uso de embalagens (paletização) nos produtos finais	Evita perdas

Fonte: FIEMG (2013 p.43)

Na tabela 01 observa-se como pequenas melhorias estruturais no processo podem trazer vantagens significativas evitando eventuais desperdícios e prejuízos na cadeia produtiva no setor cerâmico.

b) Melhor controle do processo

Conforme a tabela 02 as ações de ecoeficiência no setor cerâmico confirmam as vantagens na prática da produção sustentável que busca uma eficiência energética e um novo reordenamento industrial ao inserir inclusive a possibilidade de certificação quanto a créditos de carbonos gerando mais economia e lucro na cadeia produtiva.

Tabela 02- Ações ecoeficientes no setor cerâmico e suas respectivas vantagens coma melhoria no controle do processo.

Ações	Prática	Vantagem
Substituição de matéria-prima e insumos	Mistura de resíduos na massa cerâmica, como o pó de balão	Diminuição de rejeitos, diminuição do uso de matéria-prima e evita que estes resíduos tenham destinação ambientalmente incorreta.
	Utilização de insumos locais como sabugo de milho, palha de café, casca de arroz, etc.	Diminui a distância com transporte o que acarreta diminuição de poeiras fugitivas e a emissão do veículo. Reduz consumo de lenha
Mudança da tecnologia produtiva	Substituição dos fornos intermitentes pelos contínuos	Aumento da eficiência energética
	Recuperação de calor no caso de fornos contínuos	Economia de energia e secagem mais rápida
	Substituição de equipamentos ineficientes	Eficiência energética aumento de produtividade, evita perdas
Reciclagem Interna / Reuso interno	Reaproveitamento das cinzas para conformação da porta do forno	Economia de insumos
	Uso de água de chuva para aspersão do pátio e vias internas	Minimização do consumo de água
	Recirculação da água utilizada na bomba de vácuo	Minimização do consumo de água
Reciclagem Externa	Uso das cinzas oriundas de queima de biomassa no solo	Economia de insumos; destinação adequada
	Reaproveitamento de cacos de produtos	Economia de insumos; destinação adequada

Fonte: FIEMG (2013, p.43)

c) Tipos de combustíveis usados nas cerâmicas

O uso da lenha como fonte de energia para iluminação, aquecimento, preparo de alimentos e proteção contra animais, é prática do homem desde os tempos mais remotos. Mesmo após milhares de anos, na matriz energética brasileira, por exemplo, 10% da produção de energia primária é proveniente da lenha, podendo ser ela de origem nativa ou de reflorestamento (FIERN, 2001).

Na indústria de cerâmicas, a lenha um dos principais combustíveis, sendo utilizada na queima dos produtos, ou quando se necessita de calor para secar artificialmente as peças extrudadas, antes da queima. Outros tipos de combustíveis podem substituir a lenha na realização dessas operações; é o caso do óleo diesel, carvão, gás natural (GLP), dentre outros. Mas, como em determinadas regiões, devido a sua abundância, o custo da lenha é inferior ao dos demais, ela se torna a principal fonte de calor das indústrias cerâmicas dessas áreas (ANICER, 2013).

Durante a queima, as peças adquirem suas propriedades finais. Esse tratamento térmico é responsável por uma série de transformações físico-químicas das peças, como: perda de massa, desenvolvimento de novas fases cristalinas, formação de fase vítrea e a soldagem (sinterização) dos grãos. Os produtos são submetidos a temperaturas elevadas, que para a maioria dos produtos situa-se entre 800° C a 1.000° C, em fornos contínuos ou intermitentes que operam em três fases: (1)- aquecimento da temperatura ambiente até a temperatura desejada; (2) - patamar durante certo tempo na máxima temperatura da curva de queima; e(3)- resfriamento até temperaturas inferiores a 200° C. O ciclo de queima compreendendo as três fases, dependendo do tipo de produto e da tecnologia empregada, pode variar de algumas horas até vários dias (ANICER, 2013).

Figura 4-Queima da lenha usada na olaria



Fonte: Próprio autor (2017).

Observa-se na figura 4 um modelo de forno e seu combustível mais comum a lenha, embora a utilização da lenha ainda seja considerada um processo degradante, não só pelo corte das árvores e pela grande produção de cinzas, mas também pela queima do produto que libera gás carbônico na atmosfera, no segmento da indústria de cerâmica vermelha, o principal combustível ainda é a lenha nativa, a qual participa com 50% do material queimado, seguida de resíduos de madeira, 40%, sendo estes distribuídos entre cavaco, serragem, briquetes e 10% de outros resíduos. No Brasil, 96,4% das empresas desse setor fazem uso de lenhas e resíduos de madeiras. Estima-se que o consumo nacional de lenha nativa corresponda a 8,9 milhões de m³/ano, valor equivalente a uma área de extração em floresta plantada de 1.113 km² aproximadamente 4% da atual área reflorestada no país (CAMPOS, 2001; MARCOLIN, 2006).

A busca pela sustentabilidade energética implica em um aumento no uso de lenha de reflorestamento, o que geraria um excedente de biomassa para comercialização de madeira no setor produtivo de cerâmica vermelha (ANICER, 2014).

A partir da criação desse aparato legal, empresas que funcionam sem Licença Ambiental ou em desacordo com a legislação ambiental responderão às sanções previstas em lei, estando sujeitas a multas, embargos, paralisação temporária ou definitiva das atividades.

Tabela 3- Poder calorífico médio dos principais combustíveis usados em indústrias cerâmicas

Combustível	Poder Calorífico (kcal/kg)
Lenha de reflorestamento	3.100
<i>Pallets</i> de madeira	3.000
Palha de café	2.950
Sabugo de milho	2.900
Pó de serragem	2.500
Cavaco	2.500
Bagaço de cana	2.130

Fonte: Adaptado do plano de ação para adequação ambiental e energética das indústrias de cerâmica vermelha do Estado de Minas Gerais FEAM (2012).

Constata-se na Tabela 3a diversificação das amostras de fontes de combustíveis oriundas de biomassas disponíveis energéticas que podem ser utilizadas nas indústrias cerâmicas e seu relativo poder calorífico que podem substituir a lenha de origem nativa.

d) Resíduos sólidos usados nas cerâmicas

Os resíduos sólidos são provenientes da atividade humana, seja ela de qualquer natureza, e resultam sempre de materiais diversos. Em função da crescente industrialização, do aumento das populações e do seu poder aquisitivo, a geração de grandes volumes desses resíduos sofre significativa aceleração.

A utilização desse expediente nos processos cerâmicos implica em, pelo menos, três vantagens: a reciclagem e inertização dos resíduos frequentemente poluentes e de difícil eliminação, economia de matérias-primas e, conseqüentemente, aumento de vida útil das jazidas e redução dos custos. A incorporação de resíduos pode ainda ser benéfica com efeitos positivos nas propriedades dos produtos cerâmicos semi-acabados e acabados, mesmo sabendo-se que, em alguns casos, possam ocorrer pioras em determinados aspectos. Esses efeitos influenciam em todas as fases do processo (moldagem, secagem e sinterização) e podem ter repercussão nas propriedades dos produtos acabados, tais como: retração linear, porosidade, absorção de água e resistência mecânica (DONDI, MARSIGLI; FABRI, 1997b).

Dentre as inúmeras opções de resíduos reaproveitáveis pela indústria de cerâmicas, merecem atenção especial aqueles gerados pelas olarias, tendo em vista que essas atividades estão presentes em praticamente todos os municípios brasileiros e a sua conseqüente amplitude de ação

poluidora. No processo produtivo da cerâmica vermelha, um subproduto sólido, a cinza, é gerado através da queima da madeira que é um dos principais combustíveis comumente utilizados nesta atividade industrial (VAN HAANDEL; ALEM SOBRINHO, 2006).

As cinzas são os resíduos resultantes da combustão de um combustível sólido. E por este ser uma fonte de energia largamente usada, no Brasil, a quantidade de cinzas geradas é muito grande, e na maior parte das vezes não têm o destino adequado, causando assim, impactos negativos ao meio ambiente.

Os combustíveis utilizados para a queima do corpo cerâmico podem interferir na composição química das cinzas. As cinzas provenientes da queima de combustíveis fósseis são classificadas como resíduos não inertes, através de elementos químicos de cadeia longa de difícil degradação, que podem reagir de forma negativa no solo produzindo respostas indesejáveis às plantas. Em relação à utilização da lenha para a queima nos fornos esta possui uma representatividade de mais da metade da biomassa florestal consumida mundialmente somente para a atividade industrial cerâmica e a produção de cinzas corresponde em média a 5 kg por milheiro produzido (FEAM, 2012 apud Brito et al., 2004).

A quantidade gerada de cinzas, depende do tipo de combustível utilizado e da tecnologia do forno cerâmico. Se a queima for realizada utilizando carvão mineral ou outro combustível fóssil, as cinzas deverão ser armazenadas em caçambas e não devem ser aplicadas no solo, pois podem apresentar alto teor de enxofre e ferro. Já as cinzas provenientes da queima de biomassa (lenha, serragem, cavaco, entre outros) podem ser dispostas diretamente sob o solo e não possuem especificação de armazenagem, todavia recomenda-se que seja feita em caçambas também. Para se ter uma noção da dimensão do problema, estima-se que só no município de Campos dos Goytacazes, no Rio de Janeiro, as mais de 100 cerâmicas lá instaladas produziram, em 2005, mais de 300 toneladas de cinzas por mês (BORLINI, et al., 2005).

É importante ressaltar que as cinzas contêm metais e podem causar poluição do ar e ser responsável por graves problemas respiratórios nas pessoas atingidas (LUCENA, 2007).

Pode-se observar uma solução viável e tecnológica para essa e outras questões relacionadas aos impactos ambientais causados pela liberação indiscriminada desses resíduos nas indústrias cerâmicas em especial as olarias, seria a sua incorporação em produtos cerâmicos argilosos.

Dentre todos os resíduos oriundos da produção de cerâmica estrutural, destacam-se aqueles resultantes das quebras do produto final e as cinzas do processo de combustão, sendo

ambos classificados como resíduo inerte. Como as quebras são decorrentes das perdas do produto acabado, após a queima, só podem ser reaproveitadas como matéria-prima após sofrer um processo de moagem. Já as cinzas obtidas da combustão de lenha são especialmente ricas em cálcio, sendo compostas por carbonato de cálcio, apresentando aglomerados de partículas esféricas e porosas e com tamanho médio de 0,15 mm (BORLINI, 2005).

A queima da lenha gera uma grande quantidade de cinzas, podendo conter sílica, potássio e fósforo. A sílica, na forma de quartzo, pode contribuir para ajustar a plasticidade/trabalhabilidade da massa cerâmica, facilitando a secagem e ainda regulando as reações de queima. O potássio e o fósforo podem atuar como fundentes na etapa de queima contribuindo para melhorar as propriedades físicas e mecânicas da cerâmica através da redução da porosidade pela formação de fase líquida (BORLINI, 2005).

Estudos realizados em todo o mundo indicam diferentes métodos e graus de porcentagem de cinza que pode ser adicionado à massa cerâmica, variando nas proporções entre 5% a 20% (LUCENA, 2007; PARANHOS, 2010; PEREIRA FILHO; ITOFFOLI, 2010).

Borlini (2006) estudou a influência da temperatura nas propriedades físicas, mecânicas e microestruturais da cerâmica vermelha com incorporação da cinza de bagaço de cana de açúcar. Os resultados obtidos indicaram que a incorporação de até 10% de cinza na massa cerâmica não mudou a resistência mecânica após sinterização a 1200°C, quando comparada à massa cerâmica sem o resíduo queimada na mesma temperatura.

Borlini (2006) analisou a cinza da lenha de eucalipto para aplicação em cerâmica vermelha, mostrando que a cinza pode agir como fundente potencial e pode contribuir para melhorar as propriedades de queima através da redução da porosidade pela formação da fase líquida em reação com alguns óxidos.

Paranhos (2010) estudando o aproveitamento de cinza da cana de açúcar em massas cerâmicas. Evidenciou que a utilização dessa cinza como fundente em substituição ao feldspato na formulação de massa cerâmica, é viável. Constatou, ainda, que tal aplicação pode minimizar impactos ambientais e reduzir custos de produção, sendo possível desenvolver formulações cerâmicas com adição de 20% de cinza do bagaço de cana de açúcar para a produção de blocos com valores de retração linear, absorção de água e resistência a flexão dentro dos valores especificados pelas normas ABNT/NBR 6220 e 13818 de 1997.

Dentro dessa perspectiva, a reutilização das cinzas surge como uma ferramenta indispensável para viabilizar a disposição destes resíduos, transformando-os em matéria-prima. Nesse sentido, a indústria de cerâmicas apresenta um grande potencial absorvedor dos resíduos sólidos, tendo em vista que eles podem ser incorporados à massa cerâmica de forma a não prejudicar as suas propriedades.

3.5 Os resíduos sólidos agroindustriais

De acordo com a política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012) os resíduos devem ter uma destinação, ambientalmente, adequada. Sendo pelo processo de reciclagem, compostagem, recuperação, aproveitamento energético ou outras destinações, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. A agroindústria e a indústria florestal, dentre elas a sucroalcooleira, papel, celulose e madeira, são exemplos de setores que produzem resíduos com importante potencial de aproveitamento energético no Brasil. (PINHEIRO; RENDEIRO; PINHO, 2005). Todavia, Uczai (2012) verificou que os resíduos orgânicos, urbanos, industriais e rurais, são, em geral, as principais fontes para a produção de eletricidade e cogeração. Isso porque os produtos primários das culturas energéticas, normalmente, possuem custo mais elevado, sendo utilizados para a produção de biocombustíveis, como etanol e biodiesel, ou como redutores e fontes de calor na indústria siderúrgica, como o carvão vegetal proveniente de plantações de eucalipto. Já para Junior (2009) o desperdício da energia contida nos resíduos das indústrias ligadas ao agronegócio ainda é muito evidente, visto que quase todas as formas do trabalho na cadeia produtiva são realizadas usando energia elétrica (ou térmica). No entanto, joga-se fora, desperdiçam-se os resíduos em condições ambientalmente incorretas e, com isso, perdesse, também, a energia que pode ser gerada a partir deles. Nesse contexto, destaca-se, a agroindústria de alimentos, que produz uma série de resíduos com alto valor de reutilização. Inúmeros estudos utilizando resíduos industriais do processamento de alimentos têm sido realizados com objetivo de aproveitamento destes. Com isso, minimiza-se o impacto ambiental destes tipos de indústrias na região onde estão situadas e ainda agrega-se valor aos produtos do mercado (PELIZER, 2007).

3.6. Características e propriedades e produção do Açaí

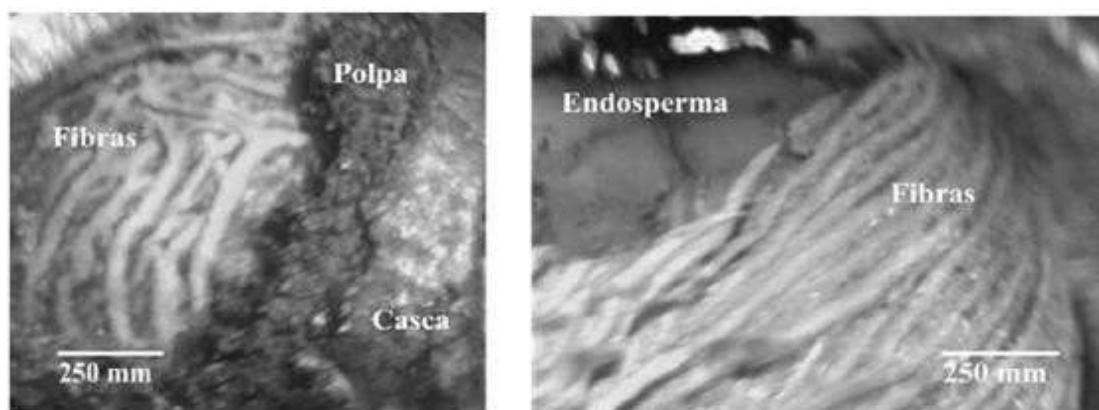
O açaizeiro (*Euterpe oleracea Mart.*), também conhecido por açaí, açaí-do-pará, açaí-dobaixo-amazonas, açaí-de-touceira, açaí-de-planta, açaí-da-várzea, juçara, juçara-detouceira e açaí-verdadeiro, pode ser considerado como a espécie mais importante do gênero *Euterpe*, dentre as dez registradas no Brasil e as sete que ocorrem na Amazônia. Botanicamente, classifica-se como pertencente à divisão Magnoliophyta (Angiospermae), classe Liliopsida Principes, família *Arecaeae (Palmae)* estando inserido no gênero *Euterpe*. (EMBRAPA, Circular técnica 26. Belém-PA, 2002).

Sua inflorescência é infrafoliar, sendo envolvida por duas brácteas conhecidas por espadas que, ao abrirem, expõem o cacho constituído por um ráquis e um número variável de ráquulas, onde estão inseridas milhares de flores masculinas e femininas. Seus frutos são drupas globosas ou levemente depressas, que apresentam resíduos florais aderidos de coloração violácea ou verde, quando maduros. (EMBRAPA, 2002).

3.6.1 Ciclo Produtivo e a Composição e Valor Nutricional do Fruto

O açaizeiro é uma espécie perene que, na Região Amazônica, inicia a floração a partir do quarto ano de plantio. Se bem manejado, pode iniciar a floração por volta de 2,5 anos do plantio, podendo o primeiro cacho ser colhido entre 3,1 e 3,5 anos. Depois que inicia seu ciclo reprodutivo, flora e frutifica por quase o ano todo, mas, os períodos de maior floração e frutificação concentram-se na época mais chuvosa (janeiro a maio) e menos chuvosa (setembro a dezembro), respectivamente (EMBRAPA, 2002).

Figura 5- Fotos micro gráficas obtidas por microscopia óptica do fruto do açaí



Fonte: Rev. Bras. Frutic. vol.31 no.4 Jaboticabal Dec. 2009

Na figura 5 destaca-se uma análise de micrografia da estrutura do fruto do açaizeiro que é uma drupa globosa ou levemente depressa, com diâmetro variando entre 1 e 2 cm e pesando, em média, 1,5 g e, quando maduro, pode ser roxo ou verde, dependendo do tipo. O mesocarpo polposo apresenta cerca de 1 mm de espessura, envolvendo um endocarpo volumoso e duro que acompanha, aproximadamente, a forma do fruto e contém, em seu interior, uma semente com embrião diminuto e endosperma abundante e ruminado. No entanto, podem ser encontrados frutos com mais de um embrião. A parte comestível do açaí, constituída pelo epicarpo e mesocarpo, representam, em média, 26,54% do peso do fruto. No entanto, há variações acentuadas, principalmente em função da planta matriz. A maior parte do fruto é composta pelo caroço ou endocarpo como podemos representar seu percentual de acordo com a Tabela 4, o qual contém em seu interior, com frequência, uma semente com eixo embrionário diminuto e tecido de reserva rico em lipídios (CARVALHO; NASCIMENTO; MÜLLER, 1998). Com relação à composição química da porção comestível e da polpa industrializada, os resultados disponíveis são discrepantes. Tal fato é explicado, em parte, pela alta variabilidade genética da espécie. Outro aspecto que deve ser considerado é que alguns autores incluem parte das fibras alimentares dentro dos açúcares totais. Como, durante o processamento da polpa, parte das fibras fica retida na peneira, permitindo a passagem dos lipídios, é comum encontrar dados em que o teor de lipídios na polpa industrializada é maior que na parte comestível do fruto. O contrário ocorre com os açúcares totais.

A parte comestível do fruto apresenta valor calórico de 262 kcal/100g, enquanto, na polpa industrializada, dependendo principalmente da quantidade de água adicionada durante o processamento, o valor energético é menor, com 80 kcal/100g. O valor energético da bebida

“açai” é determinado, em grande parte, pelos lipídios, haja vista que as quantidades de proteínas e, principalmente, de açúcares totais são baixas (Tabela 5). Além do valor energético, a polpa de açai é um alimento relativamente rico em minerais, especialmente em potássio, cálcio, fósforo, magnésio e ferro (Tabela 4) e em vitaminas E e B1.

Os frutos violeta, quase negros do açai, quando macerados com água, produzem uma suspensão da polpa (“vinho-de-açai”), que de várias formas, constitui um alimento delicioso, muito apreciado na região Amazônica, da polpa também são feitos sorvete e picolé. Cada fruto pesa cerca de uma grama, somente 17% deste é comestível (polpa com casca), sendo necessários cerca de 2,5 kg de frutos para produzir um litro de suco de açai, o restante representa o caroço, contendo a semente oleaginosa. Nos locais onde se prepara esse alimento, encontram-se os caroços secos amontoados, representando um resíduo de pouca utilidade, usado apenas como adubo de pouca aplicação (AGUIAR, 1987).

Tabela 4 - Componentes químicos encontrados em um litro de polpa de açai com 12,5% de matéria seca (EMBRAPA, 2002).

Componente	Procedência ¹	
	Pará	Maranhão
Lipídios totais (g)	62,4	40,7
Proteínas (g)	14,5	19,8
Açúcares totais (g)	3,8	4,8
Fibras totais (g)	32,1	43,8
Cálcio (mg)	417,5	596,3
Fósforo (mg)	210,0	322,5
Magnésio (mg)	161,3	157,5
Sódio (mg)	123,6	235,0
Potássio (mg)	915,0	1000,0
Cobre(mg)	1,8	2,8
Ferro (mg)	3,7	6,4
Zinco (mg)	1,9	3,7
Manganês (mg)	10,8	10,2

Fonte: Carolina (1999) citado por Rogez (2000)

Apesar da importância econômica da polpa do açai, esta representa apenas 10% da massa total do fruto, sendo o restante descartado pela indústria no processo de produção de polpa e usado como resíduo industrial atualmente. No entanto, devido ao seu elevado teor de fibras e possíveis propriedades antioxidantes, este ingrediente é passível de uso pela indústria petfood. A semente única, que representa 87% do fruto possui composição

bromatológicacompatível com uma fonte de fibra: celulose (53,20%), hemicelulose (12,26%) e lignina (2,30%) (RODRIGUES et al., 2006).

3.6.2 Resíduos de Açaí

Se, anteriormente, os caroços de açaí não possuíam valor econômico, eram jogados na maioria dos casos no lixo, hoje esses caroços podem ser usados, servindo como matéria - prima para o artesanato, bijuteria, fonte de energia, adubo orgânico, e reaproveitamento como fonte de energia.

Tendo em vista a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012) devem-se desenvolver sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético. No caso da agroindústria do açaí, a venda do caroço, para ser utilizado como combustível em cerâmicas para cura de tijolos e telhas pode ser uma alternativa promissora, haja vista que essas indústrias utilizam combustão de biomassa florestal e contribuem para a prática do desmatamento florestal.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (NBR 10004:1987) a semente de açaí, está classificada como lixo comercial, o qual é produzido em estabelecimentos comerciais e suas características dependem das atividades ali desenvolvidas.

A estrutura utilizada para a propagação sexuada do açaizeiro, tecnologicamente denominada semente, corresponde ao fruto que, desprovido de epicarpo e de mesocarpo, contém uma semente botânica com eixo embrionário diminuto e abundante tecido endospermático, de formato esférico e representando 73% da massa do fruto completo (VILLACHICA *et al.*, 1996; CARVALHO *et al.*, 1998).

De acordo com Carvalho *et al.* (1998), as sementes de açaizeiro são admitidas como recalitrantes; dessa maneira, a secagem a graus de umidade próximos a 14% é suficiente para eliminar a capacidade de germinar (OLIVEIRA *et al.*, 2003).

As fibras da semente do açaizeiro encontram-se fixadas ao redor da semente do fruto do açaí após o beneficiamento do suco, pois elas se localizam no mesocarpo do fruto, justamente onde se localiza a polpa. São, portanto, um subproduto da extração do suco ou polpa do açaí. Depois de desidratadas naturalmente podem ser facilmente removidas com as

mãos. Possuem um comprimento médio da ordem de 12 mm (LIMA JUNIOR, 2007). Os resíduos do açaí são facilmente encontrados nas feiras livres e no comércio do açaí, sendo que, em grande parte, o descarte ocorre de forma irregular gerando problemas ao meio ambiente, como ocorre na maioria das feiras e comércio do produto, conforme Figura 6.

Figura 6 - Resíduos do açaí encontrado em feira livre em Imperatriz /MA



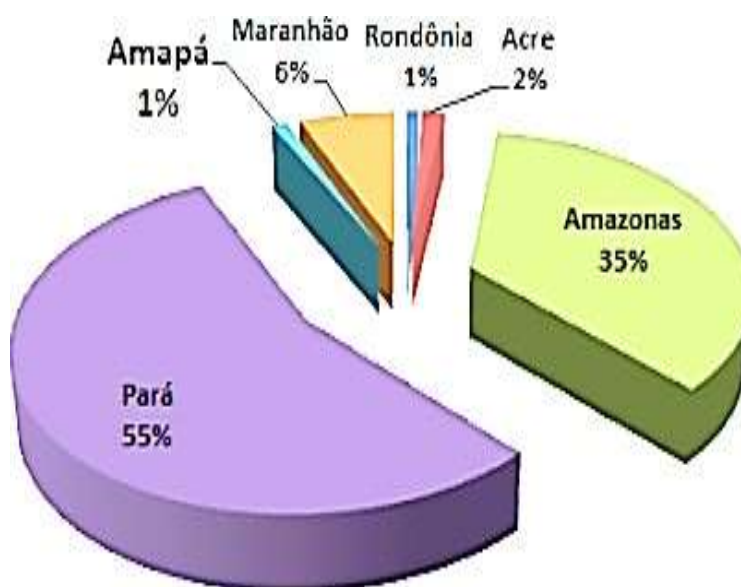
Fonte: Próprio Autor (2017)

Constatar o uso do caroço como matéria prima para fins energéticos é um grande avanço na questão ambiental, pois geralmente este passivo de resíduo ambiental de biomassa é destinado ao lixo, adubo orgânico e preenchimento de vasos de jardinagem. A utilização do caroço de açaí, subproduto obtido na elaboração da polpa, na alimentação animal, tem despertado o interesse de vários produtores. Em certos casos vem ocorrendo de forma empírica (EMBRAPA-CPAF Rondônia, 2001, p.3-5).

3.6.3 Mercado e Comercialização do Açaí

O principal mercado do açaí ainda é a Região Norte, especialmente o Estado do Pará, onde o consumo ultrapassa a barreira de 180.000t por ano, mas se acredita que os dados estatísticos são contraditórios. O Pará se constitui no maior produtor e maior consumidor, respondendo por cerca de 93% da produção nacional. Na cidade de Belém, PA, estima-se em 360.000 litros o consumo diário dessa bebida. Nesse principal mercado, o maior volume da bebida “açaí” é comercializado imediatamente após o seu processamento, sem resfriamento ou congelamento. A partir de meados da década de 1990, a polpa congelada de açaí começou a ser comercializada em outras regiões do Brasil, mas não há estimativas da quantidade consumida. Há relatos de consumo de 200t/mês somente na cidade do Rio de Janeiro, RJ. Convém ressaltar sua comercialização em outras grandes cidades, principalmente nas grandes capitais das regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil. A Figura 7 representa a produção percentual no país dos principais estados produtores e sua variação

Figura7 – Produção percentual de açaí nos principais estados produtores



Fonte: IBGE. Elaboração CONAB (2015)

Conforme a figura 8, em 2015, no Brasil os principais Estados produtores foram o Pará, o Maranhão e o Acre, sendo que o Pará foi responsável por 55% da quantidade produzida no País.

A comercialização cresce aceleradamente, o preço no mercado de açaí aumentou muito. Isto ocorre mais na entressafra onde o preço fica muito alto e os extrativistas recebem mais. O valor do açaí pode variar muito durante a safra porque o preço depende da quantidade de produção e da negociação com os compradores.

O açaí é uma das frutas com maior crescimento de demanda no mercado nacional e internacional, considerado um importante produto de desenvolvimento da economia Amazônica. O mercado tende a se ampliar, na medida em que o processamento do açaí incorpore cada vez mais procedimentos que atendam exigências do mercado em termos de higiene, apresentação e qualidade do produto. Isto começa a acontecer com a atuação de algumas agroindústrias regionais que utilizam métodos e equipamentos mais modernos e oferecem produtos que satisfazem as necessidades do mercado consumidor (SEAGRO/CONAB, 2016).

Tabela 5 - Açaí (fruto) pago ao extrativista em (R\$ /Kg) no período de 01 a 30/04 de 2016

Estados (Média Nacional)	Unidade	Período			Preço Mínimo (Julho/15 a Junho/16)
		Abr/15	Março/16	Abril/16	
Acre (AC)	Kg	1,33	1,76	1,72	1,18
Amapá (AP)	Kg	2,72	3,61	3,33	1,18
Amazonas (AM)	Kg	1,26	1,39	1,26	1,18
Maranhão (MA)	Kg	2,09	2,88	3,30	1,18
Pará (PA)	Kg	1,89	2,94	4,00	1,18
Rondônia (RO)	Kg	1,5	-	-	1,18

Fonte: (SIAGRO/CONAB, 2016)

A tabela 5 mostra que no estado do Pará o preço recebido pelo produtor de açaí (fruto) em abril deste ano ficou mais caro 36,05% em relação a março deste ano, isso se deve a época

da entressafra. A tendência é que o preço do açaí comece a cair a partir do próximo mês, quando a produção começa a intensificar (SIAGRO/CONAB, 2016).

No estado do Amazonas o preço recebido pelo produtor em abril (2016) caiu 10,31% em relação ao mês anterior. No estado do Amazonas o período é de safra por isso os preços tendem a cair ainda mais (SEAGRO/CONAB, 2016).

Nesse contexto, com base nos dados econômicos do IGBE, CONAB e IMAZON pode-se verificar a importância econômica que a produção do açaí vem despertando e se tornando uma estratégica fonte de renda e emprego, levando à conquista de novos mercados, sendo de fundamental relevância para a economia da região norte do país.

4 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os processos metodológicos adotados nesta pesquisa. Para o desenvolvimento deste trabalho são utilizados os métodos descritivo, exploratório, explicativo, bibliográfico e experimental.

O método descritivo foi utilizado para apresentar o contexto social, econômico e ambiental do objeto de pesquisa, bem como os principais conceitos, a teoria e as características do setor estudo e da matéria prima que se quer utilizar como fonte de energia. O exploratório por proporcionar maior conhecimento sobre o objeto a ser estudo e o funcionamento das olarias. E, explicativa por buscar mostrar fatores impactantes da utilização do caroço de açaí, como fonte de energia térmica na produção de tijolos em olarias.

Quanto aos procedimentos de coleta de dados, foi realizado mediante levantamento bibliográfico em teses, artigos, dissertação, documentos e sites oficiais, a fim de ressaltar a importância das questões relacionada à indústria cerâmica estrutural. Além das fontes secundárias bibliográficas, foram utilizadas, também, fontes primárias coletadas diretamente nos experimentos realizados nas olarias ou em testes químicos e outros de Laboratórios. O estudo de caso foi realizado na cidade de Imperatriz (MA) e o objeto de estudo é o caroço de açaí para produção de energia térmica e alternativa nas olarias da cidade.

Inicialmente o interesse por este tema era somente ambiental pelo pólo cerâmico de Imperatriz (MA) estar inserido na maior região florestal do país, conhecida como Amazônia Legal, sendo um local de grande concentração de resíduos agroflorestais, causadores de problemas ambientais. Porém, percebeu-se que o uso dos resíduos de açaí (caroço) para produção de energia térmica em olarias, também poderia ser visto como um multiplicador de renda e emprego para a região, uma vez que a cidade de Imperatriz se encontra localizada ao sul do Maranhão com divisa dos estados do Pará e Tocantins, sendo um importante pólo comercial para toda região, a figura 8 mostra a localização geográfica da cidade de Imperatriz e as olarias estudadas, tendo seus pontos de instalação numerados 1,2,3,4 e 5.

Figura 8- Cidade de Imperatriz e seus municípios vizinhos



Fonte: GoogleMaps (2018)

Os caroços do açaí, para a realização dos experimentos, foram coletados nas barracas de vendas e nos mercados municipais existentes na cidade de Imperatriz (MA). A coleta foi realizada logo após o beneficiamento dos frutos (despolpamento para obtenção de suco), garantindo matéria prima de alta qualidade, este procedimento evita a fermentação dos resíduos da polpa remanescente do beneficiamento dos frutos e ainda o aproveitamento de material com qualidades devidas. Após a coleta, os caroços foram submetidos ao processo de secagem ao natural por 2 a 4 dias, até atingir peso constante e ser encaminhados para uso na queima nos fornos das olarias locais.

Os fornos utilizados nas olarias constituem uma parte importante desta pesquisa, são chamados de fornos caieira, caracterizados por serem construídos de forma artesanais, ou

sejasem emprego de tecnologia ou máquinas de beneficiamento do processo, neles se aproveitam praticamente todo material preparado para produção dos tijolos que são conhecidos como tijolos adobe, uma vez que os tijolos fabricados e queimados para serem vendidos são os mesmos usados na estrutura para construção dos fornos. Os tijolos adubes são blocos de barro comuns maciços, moldados manualmente a partir do barro, água e fibras, com dimensões padrões produzidos pelas olarias locais de 4 x 9 x 20cm, com peso aproximadamente de 1,3kg, são obtidos após a queima a uma temperatura de aproximadamente 1000°C. A queima nos fornos se dá em um período de 4 a 7 dias consecutivos, variando em função das quantidades de milheiros que se deseja produzir, todo o processo de fabricação dos tijolos nos fornos envolvem as seguintes etapas: abrasão, cozimento, queima e resfriamento dos tijolos. Para a realização dos testes práticos da fabricação dos tijolos, os caroços de açaí foram encaminhados inteiros e já devidamente secos aos fornos para a geração de energia alternativa em substituição da lenha, foram construídos três fornos de tijolos adube tradicionais todos tendo com o uso da queima dos caroços de açaí em sua fabricação, os fornos tiveram suas medidas baseadas numa produção convencional de um milheiro de tijolos, sendo que cada forno obedeceu as dimensões de 1m² de área e 1,5m de altura. (Ver figura 9)

Figura 9- Forno caieira de Olaria em Imperatriz/MA



Próprio: Autor(2017)

4.1 Reutilização dos resíduos do caroço e das cinzas na fabricação dos tijolos

Além, da utilização do estudo do caroço do açai como fonte de energia térmica emopção ao uso da madeira, decidiu-se construir outros dois fornos caieira, sendo um para o teste da queima dos tijolos fabricados com a mistura das cinzas provenientes dos caroços queimados junto a massa do barro dos tijolos e outro a partir da mistura da massa do barro com o farelo dos caroços processado em forrageira, ambos os fornos foram utilizados com fonte de queima na fabricação dos tijolos os caroços de açai. Portanto as construções dos fornos não foram somente para os testes de troca de fonte de energia, mas também para testar o aumento da eficiência energética e o reaproveitamento dos resíduos no processo de fabricação dos tijolos ao misturar na massa do barro com as cinzas e com o farelo do açai. Na Figura 10 pode-se verificar as etapas que foram realizadas.

Figura 10 - Amostra os tipos de tijolos fabricados

(1)

(2)(3)(4)



Fonte: Próprio Autor (2017)

¹-Tijolo açai A(tradicional assado com caroço de açai) ;²Tijolo açai B(cinza+ massa);³ Tijolo açai C(barro+ farelo); ⁴Tijolo açai D (Padrão

- Etapa do 1º Forno utilizado para queimar os tijolos comuns e determinar a equivalência em unidade calórica do caroço do açai e da madeira e a quantidade equivalente para a utilização em uma fornada (madeira *versus* caroço de açai) isto a

partir dos valores de poder calorífico das amostras e a comparação das necessidades em metros cúbicos para ambas as amostras de combustíveis na queima de 1000 tijolos, em seguida testa-los quanto a sua qualidade e aspectos físicos dos tijolos a partir de testes de resistência a compressão e determinação da absorção de água, realizados no laboratório do curso de edificações no IFMA Campus Imperatriz.

- Etapa do 2º Forno utilizado para a mistura das cinzas nas proporções de 20% na massa do tijolo resultante da queima do forno com uso do caroço do açaí, para promover o reaproveitamento das cinzas e testa-los em sua similaridade em relação a qualidade e aspectos físicos do tijolo adobe comercial a partir de testes de resistência a compressão e determinação da absorção de água, realizados no laboratório do curso de edificações no IFMA Campus Imperatriz.
- 3º Forno utilizado para a mistura dos resíduos do processamento dos caroços de açaí em forrageiras nas proporções de 20% na massa do tijolo e em seguida testa-lo em sua similaridade em relação a qualidade e aspectos físicos do tijolo normal a partir de testes de resistência a compressão e determinação da absorção de água, realizados no laboratório do curso de edificações no IFMA Campus Imperatriz.

Para os cálculos das quantidades de energia liberada pelos combustíveis utilizada na olaria, foram utilizadas equações já consolidadas na literatura especializada em processos energéticos, ou seja:

$$\rho = m/VP_{cal} = Q/m$$

(1)

(2)

Onde: (ρ) é a massa específica do combustível; (m) a massa do combustível; (V) o volume do combustível.

Realizou-se uma caracterização físico-química das amostras dos caroços de açaí coletados nas feiras da cidade, a fim de obter dados técnicos científicos que comprovem sua eficiência energética, através das análises de poder calorífico, teor de umidade, teor voláteis, teor de cinzas, carbono fixo e composição elementar. As análises físico químicas foram realizadas nos laboratórios de química analítica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA) Campus Açailândia, Universidade Federal do Maranhão

(UFMA) e o Laboratório de Ensaio e Desenvolvimento em Biomassa e Biocombustíveis (Ledbio) na (UFT) Campus Palmas

4.2. Análise imediata

A análise imediata visando a caracterização físico química das amostras dos caroços foram determinadas a partir dos seguintes testes:

- Teores de humidade: foram determinados em conformidade com a (ASTM D-317) a 105 ° C;
- Matéria volátil: foi determinada como a perda de massa da amostra seca no cadinho coberto mantido a 900 ° C durante 10 min;
- Teor de cinzas: foi determinado como a massa residual deixada após a exposição a 750 ° C (cadinho descoberto) durante 6 h (ASTM D1762); e
- Carbono fixo (FC): foi calculado a partir do balanço de massa ($FC = 100 - (T_v + T_{cz} + T_u)$).

4.3 Poder calorífico (PCS)

Segundo definição da ABNT (2004): “O Poder Calorífico de combustíveis é definido como o calor liberado pela queima de uma unidade de massa do combustível em uma bomba calorimétrica de volume constante com condensação de toda água”. Sendo que quanto mais alto for o poder calorífico, maior será a energia contida.

4.4 Análise elementar

A análise elementar foi realizada no analisador elementar Flash 2000 que determina com excelente exatidão teores de carbono, hidrogênio, nitrogênio e oxigênio com análises simultâneas de CHNS em paralelo de oxigênio em amostras sólidas ou líquidas. As microanálises de carbono, hidrogênio e nitrogênio são realizadas simultaneamente com amostras entre 4 a 6 mg, cujo desvio padrão é de 3% em massa. O enxofre e o oxigênio são

analisados em separado. As amostras foram pulverizadas e peneiradas, em peneira de 200 mesh, em seguida guardadas no dessecador antes da análise.

4.5 Equipamentos

Os equipamentos utilizados para realização da análise imediata, caracterização química das amostras dos caroços beneficiados e testes dos tijolos fabricados como se observa nas imagens da figura 11,

- (1) para calor liberado pela queima de uma unidade de massa do combustível foi utilizado uma bomba calorimétrica;
- (2) o tritramento das amostras foi utilizado um moinho de facas SOLAB SI31,
- (2), Para determinação dos testes de compressão e resistência mínima dos tijolos foi utilizado uma prensa com monitoramento digital, própria para compressão;
- (3). A como posição elementar foi realizado no analisador elementar Flash 2000;
- (4). Para secagem foi utilizado uma estufa Spencerscientific 420-1d;
- (5) Para pesagem foi utilizado uma balança analítica de precisão Mark S3102 3100g (0.01 g), da Bell Engineering;
- (6). Para o resfriamento das amostras sem a reabsorção de umidade foi utilizado dois dessecadores;
- (7). Para pesagem dos tijolos e testes de umidade uma balança digital;
- (8). Um triturador forrageiro TRF-90-trapp;
- (9) para o processamento dos caroços para ser misturados a massa dos tijolos; e,
- (10) Para a realização dos experimentos de material volátil e teor de cinzas, foi utilizada um forno mufla Novus N1100.

Figura 11 – Equipamentos



(1) (2)(3)(4)(5)



(6) (7) (8) (9) (10)

Fonte: Próprio Autor (2017)

4.6 Características Físicas e Mecânicas dos blocos de tijolos fabricados

Características Físicas e Mecânicas da apresentação dos resultados obtidos nos ensaios realizados em amostras de Blocos de tijolos adobe é parte integrante dos trabalhos do Programa de Análise de Produtos desenvolvido pelo Inmetro e que tem por objetivos a análise da conformidade realizada nas amostras de Bloco Cerâmico, indo ao encontro do Procedimento Geral do Programa de Análise de Produtos do Inmetro quanto à seleção dos produtos, priorizando aqueles de consumo intensivo e extensivo pela sociedade e que estejam

relacionados a questões que envolvam a segurança e a saúde dos consumidores e o meio ambiente. (NBR 7.171/1992)

4.6.1 Determinação da Absorção de Água

Está diretamente relacionada à impermeabilidade dos produtos, ao acréscimo imprevisto de peso à parede saturada e à durabilidade, esta absorção é influenciada pela porosidade dos blocos sendo mais alta para blocos mais porosos.

a) Materiais usados

- ✓ As amostras realizadas em triplicata dos blocos de tijolos adobe – onde: h(altura) = 4 cm, largura = 9 cm, comprimento = 19,20cm; de massa aproximadamente de 1,3kg
- ✓ Uma balança, uma estufa.

b) Procedimento experimental

- Determina-se a massa dos blocos cerâmicos, após ter sido colocada em estufa para secagem;
- Colocar mergulha-se as amostras em água, deixando-a submersa por um determinado período de tempo. Desta vez, mede-se a massa do bloco úmido;
- Através da diferença entre os dois valores encontrados, obtém-se o percentual de água absorvido pela amostra;
- Comparar os resultados obtidos com o requerido pela ABNT NBR 8947/1992

A execução do ensaio de absorção de água em tijolos do tipo adobe foram realizados no laboratório do curso de edificações do IFMA Campus de Imperatriz, segundo a NBR (8947/1992), agiu da seguinte maneira:

Foram usados 03 tijolos adobe de cada tipo de amostra, A, B, C e D os quais foram levados à estufa para secagem durante 1h. E logo em seguida foram obtidas as suas massas. Em sequências tijolos foram mergulhadas em um tanque de água à temperatura ambiente durante 24h. Logo após os tijolos foram tirados do tanque e em seguida foi retirado, por meio de um pano úmido, o excesso de água da superfície dos tijolos tipo adobe e depois foram medidas suas respectivas massas com aproximação de 1g.

4.6.2 Determinação do teste de compressão de resistência mínima.

Esse ensaio verifica a capacidade de carga que os blocos cerâmicos suportam quando submetidos a forças exercidas perpendicularmente sobre suas faces opostas e determina se as amostras oferecem resistência mecânica adequada, simulando a pressão exercida pelo peso da construção sobre os tijolos (Figura 12) seguindo a norma NBR 6461/1983. O não atendimento aos parâmetros normativos mínimos indica que a parede poderá apresentar problemas estruturais como rachaduras e, conseqüentemente, oferecerá riscos de desabamento à construção.

Figura 12 -Prensa com monitoramento digital, própria para compressão de resistência mínima.



Fonte: Próprio autor (2017)

A) Materiais usados

- ✓ As amostras realizadas em triplicata dos bloco cerâmico – sem furo, onde: h (altura) = 4 cm, largura = 9 cm, comprimento = 19,20cm, massa aproximadamente 1,3kg
- ✓ Uma prensa com monitoramento digital, própria para compressão.
- ✓ Materiais de construção civil;

B) Procedimento experimental

- ✓ Colocar os corpos de prova numa prensa com uma chapa de aço por cima;
- ✓ Verificar e anotar a resistência alcançada por cada bloco;
- ✓ Comparar os resultados obtidos com o requerido pela ABNT- NBR 6461/1983

A execução do ensaio de determinação do teste de compressão de resistência mínima em tijolos do tipo adube foram realizados no laboratório do curso de edificações do IFMA Campus de Imperatriz, segundo a NBR (6461/1983), agiu da seguinte maneira:

Foram usados 03 tijolos adube de cada tipo de amostra, A, B, C e D os quais foram levados a uma prensa com monitoramento digital, própria para compressão de resistência mínima. Em seguidas foram registrados seus respectivos resultados obtidos para serem comparados em relação a norma NBR (6461/1983).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa sessão, serão apresentados os resultados das análises desta pesquisa realizada com o propósito de testar a utilização do caroço de açaí como fonte de energia térmica nas fabricas de tijolos do setor oleiro, na cidade de Imperatriz/MA. Inicialmente realizou-se uma caracterização física química dos caroços de açaí, encontrados como resíduos dos rejeitos da extração da polpa nas feiras livres da cidade. Tal caracterização foi realizada por meio de análises de teores de cinzas, voláteis, umidade, carbono fixo. Em seguida foram realizadas análises imediatas da determinação do CNHS (analisador elementar de carbono, nitrogênio, hidrogênio e enxofre nas amostras) das amostras de caroços coletados e verificação do poder calorífico superior (PCS) da biomassa no laboratório de biomassa e biocombustíveis LEDBIO/ UFT, Campus Palmas para cumprir com os objetivos propostos. Realizou-se, também, análises da qualidade dos tijolos obtidos resultantes da queima dos caroços nos fornos caieira. Foram realizados testes de qualidade do tipo resistência a compressão e Absorção de Água, no laboratório do curso de edificações do IFMA Campus de Imperatriz. Foram feitas análises qualitativa e térmica para a fabricação de tijolos a partir da mistura da massa do preparo do tijolo junto ao farelo do caroço do açaí processado em forrageira e tijolos fabricados a partir do uso do reaproveitamento das cinzas resultantes da queima nos fornos misturados a massa dos tijolos com verificação do tempo de cozimento e eficiência energética bem como a qualidade dos tijolos quando comparados ao processo tradicional de fabricação empregado nas olarias em estudo.

5.1 Uso dos caroços como fonte de energética na fabricação de tijolos

Verificou-se *in loco* que aproximadamente 1m³ de lenha produz cerca de 1000 tijolos adobe nos fornos caieira, o fato de se destinar o caroço para aproveitamento energético viabiliza a estratégia de minimização de impacto ambiental causado pela disposição da queima da lenha em sua maioria de desmatamento de áreas nativas. Constataram-se nas visitas as olarias da cidade, que todas ainda utilizam a queima de lenha como única fonte energética para assar os tijolos nos fornos caieira, o que de acordo com o presente trabalho é considerado muito impactante para o meio ambiente.

O uso do caroço de açaí nesta pesquisa contribui para a possibilidade de um meio mais limpo e saudável, uma vez que durante a produção dos tijolos para realização do estudo, deixou-se de ser queimado aproximadamente cerca de 3m^3 de lenha, o uso dos caroços promove um processo produção de tijolos mais econômico e menos agressivos ao meio ambiente, possibilitando dessa forma, a redução, reutilização e reciclagem de diversos resíduos, diminuindo a quantidade a ser descartada em céu aberto ou próximo aos mananciais dando um destino útil a estes caroços e promovendo a eficiência ambiental deste setor.

Sendo a massa específica a granel do caroço de açaí de $723,14\text{kg/m}^3$ (PADILHA, et al, 2006) e que uma saca de 50kg de caroços produzidas por dia pelas amassadeiras em (m^3) correspondente a $0,032\text{ m}^3$. Verifica-se que foram substituído aproximadamente 1m^3 de lenha para cada forno construído destinado a queima de um milheiro de tijolos o equivalente a $0,48\text{ m}^3$ de caroços de açaí a granel associados a uma estimativa de $0,1\text{ m}^3$ de lenha necessária para iniciar o processo de queima chamado de es quente.

5.2 Comparativo uso do caroço de açaí em equivalência a lenha

Foi estabelecido um comparativo presente (Tabela 6) do uso do caroço em relação à lenha na produção dos tijolos adube tradicionais fabricados pelas olarias da cidade. Isto se deu a partir dos resultados obtidos junto as análises químicas do caroço do açaí realizadas em laboratório nesta pesquisa em relação ao seu poder calorífico, somado aos dados coletados nas visitas técnicas das olarias sobre o consumo e uso da lenha como recurso para queima dos tijolos, associados às informações das atividades do setor pela secretaria municipal de meio ambiente de Imperatriz (SEPLUMA), com a média dos valores de mercado local relativos ao preço do metros cúbicos da lenha pela secretaria estadual da fazenda do maranhão (SEFAZ 2017) e a partir do poder calorífico da lenha seca ($18,42\text{ MJ/kg}$) e seu peso específico (650kg/m^3) de acordo Waldir, 2003.

Tabela 6 -Uso do Caroço de Açaí em comparação a lenha nos fornos da olaria

Produto	Unidade m³	Preço R\$	Poder calorífico MJ/ kg	Produção 1milheiro de tijolos	Duração /fornos	Energia liberada MJ/kg
Lenha	1m ³	25,09	18,42	1 m ³	4 dias	11,973
Caroço de Açaí	1m ³	00,00	27,69	0,48m ³	4 dias	20023

Fonte: Próprio autor(2017)

É possível discutir com base nos resultados da (tabela 6) algumas vantagens sobre a utilização do caroço de açaí como energético na produção de tijolos nas olarias analisadas, em comparação ao uso da lenha no município de Imperatriz /MA.

Verificou-se que 0,48m³ de caroços produzem 1000 tijolos enquanto que, para assar o mesmo número de tijolos são necessário 1m³ de lenha nos fornos caieira da olaria, considerando o período de um mês que em média uma olaria tem uma produção de 4 fornos de 10 milheiros, o consumo de caroços de açaí ficaria em torno de 19,2 m³/mês. No entanto, é difícil estimar números em unidades de volume para este tipo de biomassa, então considerando a massa específica do açaí em 723 kg/m³, (PADILHA, et al, 2006), o consumo de caroço na olaria fica estimado em 13884 kg/mês ou 13,884 t/mês. O uso do caroço mostrou-se uma estratégia a ser considerada quando se pensa em aproveitamento energético, não só nas olarias, mas em qualquer outra área que necessite de energia térmica. O fato de se destinar o caroço para aproveitamento energético viabiliza a estratégia de minimização de impacto ambiental causado pela disposição inadequada do caroço.

Outra estratégia a ser considerada, e que surge naturalmente da utilização do caroço é a diminuição do corte de lenha da floresta nativa. Considerando a massa específica média da lenha utilizada pela empresa aproximadamente 650 kg/m³, estimasse que, para a mesma produção mensal o consumo de 40 m³/mês de lenha têm-se um valor de 26000 kg/m³,mês ou 26 t/mês que fica na floresta, diminuindo o impacto ambiental causado pela derrubada de árvores e mantendo o conceito de desenvolvimento sustentável neste segmento.

Outro aspecto importante a ser discutido é o elevado poder calorífico do caroço de açaí, que fica em torno de 27,69 MJ/Kg. Comparando com a lenha que possui um poder calorífico aproximado de 18,42MJ/Kg, as vantagens energéticas ficam evidentes, pois a explicação do aumento de rendimento de combustão com a utilização do caroço de açaí em relação a lenha é maior. Em termos de energia liberada na queima de 1000 tijolos pode se estimar que o caroço libera para o forno cerca de 20023 MJ/kg, enquanto que se fosse utilizada a lenha proporcional a mesma quantidades de tijolos, esta liberação seria de 11973 MJ/kg para a mesma produção, ou seja, a eficiência de queima do caroço é mais uma vez verificada com a análise da energia liberada.

5.3 Análises da determinação de absorção de água nas amostras de tijolos

Os ensaios realizados no laboratório do curso de edificações do IFMA Campus de Imperatriz, verificaram (Tabela 7) o teor percentual de água absorvido pelas as amostras de tijolos adobe, obtidos a partir da diferença entre a massa seca e a massa úmida da amostra. A absorção de água é definida como o ganho percentual de massa que tem a amostra, quando absorve o máximo de água. O cálculo da capacidade de absorção de água é dado pela seguinte equação:

$$AA = \frac{Mu - Ms}{Ms} \times 100$$

Ms

Onde:

Mu = massa do corpo-de-prova saturado em água, em gramas;

Ms = massa do corpo-de-prova seco em estufa, em gramas.

AA = Absorção e água (%)

Tabela 07: Análises da determinação de absorção de água nas amostras de tijolos

Amostra/Nº	Massas		Teor de umidade
Absorção de Água Tijolo Açai A			
Tijolo Açai A	Massa seca (kg)	Massa úmida (kg)	Tu (%)
1	1.210	1.490	23,14
2	1.240	1.510	21,77
3	1.225	1.470	20,00
Absorção de Água Tijolo Açai B			
Tijolo Açai B	Massa seca (kg)	Massa úmida (kg)	Tu (%)
1	1.310	1.600	22,15
2	1.340	1.630	21,6
3	1.290	1.580	22,4
Absorção de Água Tijolo Açai C			
Tijolo Açai C	Massa seca (kg)	Massa úmida (kg)	Tu (%)
1	1.270	1.570	23,62
2	1.285	1.530	19,06
3	1.290	1.592	23,25
Absorção de Água Tijolo D			
Tijolo D	Massa seca (kg)	Massa úmida (kg)	Tu (%)
1	1.262	1.550	22,82
2	1.280	1.610	25,78
3	1.290	1.570	21,70

Fonte: próprio Autor (2017)

¹-Tijolo açai A(tradicional assado com caroço de açai);²Tijolo açai B(cinza+ massa);³ Tijolo açai C(barro+ farelo);

⁴Tijolo açai D (Padrão)

5.4 Teste de Resistência mínima a compressão

Os ensaios realizados no laboratório do curso de edificações do IFMA Campus de Imperatriz (Tabela 8) verificaram a Resistencia a compressão das amostras de tijolos adobe, por meio de uma prensa com monitoramento digital, própria para compressão de materiais de construção civil.

Tabela 8-Resistência mínima a compressão

Nº/ amostra Resistencia a compressão		
Tijolo Açai A	Massa (kg)	Mpa
1	1.210	0,6
2	1.230	0,5
3	1.220	0,5
Resistencia a compressão Tijolo Açai B		
Tijolo Açai B	Massa (kg)	Mpa
1	1.310	1,5
2	1.300	1,4
3	1.315	1,5
Resistencia a compressão Tijolo Açai C		
Tijolo Açai C	Massa (kg)	Mpa
1	1.270	0,7
2	1.250	0,6
3	1.265	0,8
Resistencia a compressão Tijolo D		
Tijolo D	Massa (kg)	Mpa
1	1.280	0,6
2	1.290	0,7
3	1.285	0,7

Fonte: Próprio Autor (2017)

¹-Tijolo açai A(tradicional assado com caroço de açai) ;²Tijolo açai B(cinza+ massa);³ Tijolo açai C(barro+ farelo);

⁴ Tijolo açai D (Padrão)

A resistência do bloco depende dos materiais primas utilizados na fabricação do bloco assim como do processo de queima. Em geral, considera-se a resistência como um indicador de qualidade do bloco.

5.5 Estatísticas dos resultados da absorção de água de resistência mínima a compressão dos tijolos fabricados

Os ensaios (tabela 9) verificaram a média e o desvio padrão percentual de água absorvida pelas amostras de tijolos adobe e de sua resistência a compressão por meio de uma prensa com monitoramento digital, própria para compressão de materiais de construção civil.

Tabela 9 - Análise estatística da qualidade dos tijolos fabricados

Estatística	Absorção de Água (%)				Resistencia a compressão (MPa)			
	TA	TB	TC	TD	TA	TB	TC	TD
Amostras								
Média (%)	21,63	21,75	21,97	23,43	0,53	1,46	0,77	0,66
D. Padrão (%)	1,28	0,49	2,65	1,72	0,05	0,05	0,08	1,17

Fonte: próprio autor(2017)

¹-Tijolo açai A(tradicional assado com caroço de açai) ;²Tijolo açai B(cinza+ massa);³ Tijolo açai C(barro+ farelo); ⁴Tijolo açai D (Padrão)

Foi observado que após o procedimento de ensaio, os tijolos cerâmicos tipo adube apresentaram um percentual que está de acordo com as exigências da NBR (8947/1992), pois o percentual de absorção de água máxima que uma telha de qualidade deve apresentar é (*Parâmetro: $8\% < \text{Absorção de Água} < 25\%$*) (NBR 8947/1992), logo os tijolos ensaiados A, B, C e D apresentaram percentuais inferiores a esse limite máximo de absorção. Lembrando que a absorção dos tijolos influencia, dentre outros fatores, em sua permeabilidade e na carga que a estrutura do telhado deverá suportar. A secagem das telhas na estufa e a submersão delas no tanque de água durante 24h serviu para comparar a diferença de massa apresentada pelas telhas quando secas e úmidas, e assim foi possível calcular o percentual que cada tijolo apresentava e então verificar a média de absorção de água dos 04 tipos de tijolos, observando assim se todas estavam dentro dos padrões exigidos pela NBR, que é uma absorção de água máxima de 25% (8947/1992).

Os tijolos comuns são classificados em A, B ou C de acordo com suas propriedades mecânicas prescritas pela NBR 7170/1992 “tijolo maciço cerâmico para alvenaria”. Sua resistência a compressão deve ser testada segundo encaminhamento prescrito pela NBR 6460/1992 e atender os valores indicados pela tabela 10(Parâmetro Mínimo: Resistência à Compressão > 1,0 MPa).

Tabela 10. Resistência a compressão

Categoria	Resistencia a compressão (MPa)
A	1,5
B	2,5
C	4

Fonte: NBR 6460/1992

Conforme os resultados estatísticos na tabela 10. Foi constatado ao ser comparado com a norma brasileira que dos 04 tipos de amostras de tijolos submetidas a este ensaio de compressão, três delas não atenderam a norma brasileira que explicita que qualquer tijolo comum deve atender ao requisito mínimo de 1 MPA, ficando abaixo desse valor, as amostras são consideradas não conforme, as amostras A, C, D, foram consideradas não conformes, porque não atenderam ao requisito de resistência mínima à compressão estabelecida para essa classe. Dentre as testadas, a amostra B, constituída da mistura das cinzas com a massa, foi a que apresentou melhor desempenho nesse ensaio, pois atendeu aos parâmetros de resistência à compressão mais rigorosa.

5.6 Tempos de queima dos tijolos

Em relação ao tempo de duração de queima dos tijolos de açai em suas etapas envolvidas: abrasão, cozimento, queima e resfriamento dos tijolos, o período de tempo da produção nos fornos tipo caieira obedecem a certas particularidades em função do modelo artesanal e rústico de ser construído, nele a queima se dá em média durante um período de 4 a 7 dias dependendo da quantidade a ser queimado, o processo é ininterrupto pois a queima ocorre em arraste não uniforme. Em relação às amostras deste trabalho utilizadas para a queima, somente o tijolo açai preparado a partir da mistura das cinzas com barro se deu em um menor tempo cerca de 1/5 do período esperado o que corresponde a praticamente 1 dia de queima a menos, o que justifica uma eficiência energética em relação aos tijolos tradicionais e a possibilidade de reuso da cinza que até então não tinha utilidade e destino correto.

5.7 Análise imediata

A tabela 11, mostra análises imediatas das amostras do caroço de açaí e sua caracterização química, realizadas no laboratório de biomassa e biocombustíveis LEDBIO/ UFT, Campus Palmas. Foram obtidos dados de Teor de Umidade (%), Teor de Material Volátil (%), Teor de Cinzas (%), Teor de Carbono Fixo (%), Análise Elementar (%) e Poder Calorífico (kJ/kg).

Tabela 11: Análise imediata

Nº	Análise imediata			
Amostras	TU ¹	Tcz ²	Tv ³	Tcf ⁴
1	16,21%	1,16%	70,92%	11,70%
2	13,31%	1,21%	73,25%	12,23%
3	16,18%	1,17%	70,01%	12,64%

Fonte: Próprio Autor (2017)

¹TU -Teor de Umidade ; ²Tcz -Teor de cinzas; ³Tv -Teor de Voláteis; ⁴Tcf - Teor de carbono fixo

5.7.1 Calorífico Superior (PCS)

O poder calorífico, foi determinado realizado no laboratório de biomassa e biocombustíveis LEDBIO/ UFT, Campus Palmas, utilizando-se uma bomba calorimétrica imersa em banho com temperatura controlada. Dentro da bomba, realizou-se a queima do combustível. As análises revelaram os dados de poder calorífico superior consta na tabela 12

Tabela 12-Determinação do Poder Calorífico Superior (PCS) das amostras de caroços de açaí

Poder Calorífico Superior (PCS)		
N°	Massa	PCS(Mj/kg)
1	0,9355	17,950
2	0,9504	37,896
3	0,9282	46,695
4	0,9252	22,871
5	0,9874	21,997
6	0,9548	18,767

Fonte: Próprio Autor (2017)

5.7.2 Análise elementar

A como posição elementar foi realizada no analisador elementar Flash 2000 que determina com excelente exatidão teores de carbono, hidrogênio, nitrogênio e oxigênio com análises simultâneas de CHNS em paralelo de oxigênio em amostras sólidas ou líquidas. As microanálises de carbono, hidrogênio e nitrogênio são realizadas simultaneamente com amostras entre 4 a 6 mg, cujo desvio padrão é de 3% em massa. O enxofre e o oxigênio são analisados em separado. As amostras foram pulverizadas e peneiradas, em peneira de 200 mesh, em seguida guardadas no dessecador antes da análise. Podemos constatar os resultados destas análises elementares na tabela 13.

Tabela 13 - Caracterização Análise Elementar do caroço de açaí

Análise elementar						
Biomassa	Massa(mg)	Método	N%	C%	H%	S%
Açaí	41,2	plasticwaste	16,29	45,18	6,47	0,19
Açaí	42,2	plasticwaste	17,89	44,83	6,52	0,12
Açaí	44	plasticwaste	20,26	45,37	6,52	0,11
Açaí	40,7	plasticwaste	49,98	45,00	6,52	0,09
Açaí	42,1	plasticwaste	65,17	45,78	6,62	0,08
Açaí	43,7	plasticwaste	16,17	45,20	6,51	0,07
Açaí	39,6	plasticwaste	21,93	45,57	6,57	0,07

Fonte: Próprio Autor

A tabela 13 mostra os resultados das análises imediata da biomassa do caroço de açaí obtidos experimentalmente. Cada dado é resultado de uma média de 3 experimentos para

composição imediata e 6 experimentos para à determinação do poder calorífico e composição elementar.

5.7.3 Estatística dos resultados da caracterização química do caroço de Açaí

A tabela 14 mostra resultado das médias estatísticas e desvio padrão das análises realizadas das amostras da biomassa do caroço de açaí, obtidos experimentalmente. Cada dado é resultado de uma média de 3 experimentos para composição imediata e 6 experimentos para à determinação do poder calorífico e composição elementar.

Tabela 14 - Análise Química caroço do açaí

Estatística	Composição imediata (% em massa)				Poder Calorífico (MJ.Kg ⁻¹)	Composição elementar (% em massa)				
	TU	TCz	Tv	Tcf		PCS	N	C	H	S
Amostras										
Média (%)	15,23	1,18	71,39	12,19	27,696	19,67	45,28	6,53	0,10	
D. Padrão (%)	1,28	0,02	1,36	0,39	10,76	18,21	0,302	0,044	0,037	

Fonte: Próprio Autor

¹TU -Teor de Umidade ; ²TCz -Teor de cinzas; ³Tv -Teor de Voláteis; ⁴Tcf - Teor de carbono fixo

Os resultados obtidos (tabela 14) a partir da análise química demonstra que em relação ao teor de umidade, foram encontrados valores de 15,23% Um alto teor de umidade é prejudicial para a biomassa, pois quanto maior a quantidade de umidade mais energia vai ter que ser utilizada para retirar a mesma. O trabalho Seyeet al (2008) mostra que um teor de umidade de até 14% gera nenhuma ou muito pouca dificuldade no processo de combustão. Levando isso em conta, a biomassa analisada aproximasse desde dado limite.

Dados encontrados na literatura mostraram que outras biomassa como a casca de arroz valores de teor de voláteis de 63,3% (NOGUEIRA, 2007) e 64,24% (MORAIS et al, 2011), para o sabugo de milho foi encontrado 87,4% (DEMIRBAS, 2004), para o farelo de soja o valor encontrado foi de 69,6% (WERTHER et al, 2000). Isso mostra que o teor de material volátil obtido na análise do caroço de açaí, também, se mostrou próximo dos valores encontrados na literatura. Lewandowski (1997) *apud* Klautau (2008) mostra que o material volátil interfere diretamente na facilidade de se queimar uma biomassa, pois quanto maior o teor de voláteis maior será a reatividade e conseqüentemente a ignição.

Em relação a teor de cinza dos caroços de açaí encontramos valores de 1,18%. O teor de cinzas, quando muito alto, pode gerar problemas quanto a manutenção da queima, além de comprometer o processo de combustão, pois as cinzas representam a parte da biomassa que sobra após a queima. Vale et al (2011) determina que os valores acima de 7% comprometem o processo de combustão, e dentre as biomassas estudadas somente a casca de arroz se mostrou muito acima deste valor, isso pode se dar por conta do alto teor de silício presente na casca de arroz. Na literatura foram encontrados valores de teor de cinzas para a casca de arroz de 17,1% (DINIZ, 2005) e 20,6% (NOGUEIRA, 2007), para o sabugo 1,1% (DEMIRBAS, 2004), para o farelo de soja 5,1% (WERTHER et al, 2000) e para o bagaço de cana 4,2% (KATYAL, 2003). Mostrando que os valores obtidos experimentalmente estão dentro de uma qualidade aceitável para o processo de combustão.

O teor de carbono fixo representa a porcentagem da biomassa após a retirada da umidade, das cinzas e do material volátil. O teor de carbono fixo representa a porcentagem da biomassa após a retirada da umidade, das cinzas e do material volátil. Demirbas (2004) encontrou um valor de 16,7% para a casca de arroz, quanto ao sabugo de milho, Paula et al (2011) apresenta um valor de 18,32%. Para o farelo de soja foi encontrado 19% (WERTHER et al, 2000) e para o bagaço de cana 12,7% (KATYAL, 2003). O comportamento da biomassa do açaí com teor de carbono fixo de 12,19% se mostrou próximo em relação as outras biomassas pesquisadas.

Os dados da tabela 15 apresentam os poderes caloríficos obtidos utilizando-se uma bomba calorimétrica imersa em banho com temperatura controlada com valor encontrado de 27,66 (MJ/Kg). Dados encontrados na literatura mostraram bagaço de cana, no estudo de Rocha (2002), apresentou um poder calorífico de 16,29 (MJ/kg). Para Rocha (2002) o valor encontrado para a casca de arroz foi de 15,29 (MJ/kg). Para Paula et al (2011) o farelo de soja representou um poder calorífico de 18,86 (MJ/kg). Segundo Rocha (2002), o sabugo de milho tem um poder calorífico de 15,65 (MJ/kg). O poder calorífico representa a quantidade de energia liberada em forma de calor durante a queima de determinada quantidade da biomassa.

5.8 Considerações gerais sobre a utilização do caroço de açaí na indústria de cerâmica

Constataram-se neste estudo os seguintes resultados:

1. O uso dos caroços nos fornos de olaria é uma alternativa viável na cidade de Imperatriz, devido à grande quantidade de resíduos gerados nas dezenas de feiras livres e mercados municipais de Imperatriz espalhados nos 112 bairros da cidade, gerando uma estimativa diária de cerca de 15 sacas de 50kg por média de comércio o que representa $0,48\text{m}^3/\text{dia}$, suficientes para uma fabricação de 1000 tijolos
2. Há possibilidade de aproveitamento da biomassa do açaí, para geração de energia térmica e melhoramento no processamento do tijolo nas olarias. Demonstrou-se, também, uma maior economia nas variáveis tempo e valor monetário, pois os caroços têm elevado poder calorífico, os principais resultados que comprovam tal afirmação são:
 - ✓ Comprovou –se a equivalente em m^3 para a utilização em uma fornada tijolos em substituição a lenha pelos caroços, em relação a uma mesma produção;
 - ✓ Constatou a eficiência energética quanto ao reaproveitamento do uso das cinzas resultantes da queima do tijolo com a queima dos caroços na fabricação dos tijolos. A eficiência energética se deu tanto em função do menor tempo de queima dos tijolos, quanto a maior energia liberada quando comparados ao uso da lenha ao tijolo comum fabricados nas olarias.
 - ✓ A viabilidade da fabricação dos tijolos a partir da mistura da massa com o farelo do caroço processado em forrageira, verificados nos testes de qualidade física dos tijolos em relação aos parâmetros previamente estabelecidos.
 - ✓ O uso do açaí em fornos de cerâmica possibilita amenizar o problema ambiental do descarte do caroço de açaí, que até então não tinha destinação útil, somente neste estudo de caso foram utilizados nos fornos cerca de 2,250kg de caroços equivalente a $1,44\text{ m}^3$.

5. CONCLUSÃO

Observa-se que apesar da importância econômica, a polpa do açaí, representa apenas 10% da massa total do fruto, sendo o restante do fruto descartado pela indústria no processo de sua produção, o caroço que representa 87% do fruto possui composição bromatológica compatível com uma fonte de fibra: celulose (53,20%), hemicelulose (12,26%) e lignina (2,30%) os resíduos da biomassa do açaí são facilmente encontrados nas feiras livres e em seu comércio local, o descarte em sua maioria ocorre de forma irregular, tendo como destino o lixo, gerando desperdício e problemas ao meio ambiente.

Tendo em vista a Política Nacional de Resíduos Sólidos onde se devem desenvolver sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético o uso do caroço do açaí se mostra uma alternativa promissora para ser utilizado como combustível em olarias para assar os tijolos, haja vista que essas fábricas utilizam combustão de biomassa florestal e contribuem para a prática do desmatamento florestal.

Destacaram-se neste trabalho as vantagens técnicas e econômicas da substituição da lenha pelo caroço de açaí nos fornos de olaria de Imperatriz/MA. Tais vantagens se devem principalmente ao alto poder calorífico do caroço e pelo baixo custo de sua obtenção e coleta, uma vez que este caroço é resíduo sólido do processo de despulpamento do açaí e está disposto geralmente em frente aos estabelecimentos responsáveis pela extração de suco de açaí, não se tendo um destino útil para estes resíduos na cidade.

As análises e caracterização química realizadas nos laboratórios com base nas amostras de massa seca dos caroços, mostraram que seu poder calorífico é alto 27,696 MJ/kg, e que possui 12,19% de carbono fixo, 71,39% de voláteis e 1,18% de cinzas. Estas informações qualificam o caroço do açaí como um combustível de biomassa alternativo para ser usado em combustão quando comparados com a lenha que possui poder calorífico aproximado de 18,42 MJ/kg.

O uso dos caroços nos fornos de olaria é uma alternativa viável na cidade de Imperatriz, devido à grande quantidade de resíduos gerados nas dezenas de feiras livres e mercados municipais espalhados nos 112 bairros da cidade, gerando uma estimativa diária de cerca de 15 sacas de 50 kg por média de comércio, o que representa 0,48 m³/dia, quantidades suficientes para uma fabricação de 1000 tijolos de açaí.

Verificou-se, o aproveitamento das cinzas resultantes da queima dos caroços nos fornos no seu uso associados ao barro na confecção dos tijolos de açai com resultados satisfatórios, de acordo com os testes aplicados de resistência a compressão mínima realizados em laboratório por meio de uma prensa com monitoramento digital, própria para compressão de materiais de construção civil. Quil entre as amostras de tijolos testados, a amostra do tijolo açai com cinzas foi a que apresentou melhor desempenho nesse ensaio, cuja média de 1,46MPa próximo aos parâmetros estabelecidos na pesquisa. Em relação ao tempo queima o tijolo de açai a partir do reaproveitamento das cinzas se deu em um menor tempo, cerca de 1/5 do período esperado o que corresponde a praticamente 1 dia de queima a menos nos fornos caieira, representando uma eficiência energética importante no processo.

A estratégia de uso dos caroços de açai para queima dos tijolos, também, trouxe vantagens ambientais como: redução do acúmulo do caroço nas ruas das cidades de Imperatriz e diminuição do corte predatório da floresta nativa com consequente preservação de flora e fauna, uma vez que todas as olarias da região da cidade dependem deste tipo de lenha como única fonte de geração de energia nos fornos.

Portanto, conclui-se que o reaproveitamento do caroço de açai como fonte de geração de energia é vantajoso e traz benefícios econômicos e ambientais na fabricação dos tijolos adobe pelas olarias. A pesquisa abre uma grande possibilidade de estudos futuros em relação a utilização desta biomassa em outros setores da indústria.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, C.J.S. Contribuição para a implantação da cultura do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) no litoral paulista. In: **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM PALMITO**, 1., 1987, Curitiba. Anais... Curitiba: Embrapa- CNPF, 1988. p. 75-90 (Embrapa- CNPF. Documentos, 19).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6220**: componentes cerâmicos – blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.
- ABNT, NBR 10004. (1987) – **Resíduos Sólidos – Classificação**. ABNT. Rio de Janeiro-RJ.
- ANICER - **ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA (Brasil)**. Dados da Indústria Cerâmica no Brasil. 2014
- ANICER - **ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA (Brasil)**. Cartilha Ambiental. 2014.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO, LOUÇAS SANITÁRIAS E CONGÊNERES (ANFACER)**. A cerâmica na atualidade, 2012.
- BORLINI, M. C. et al. Cinza da lenha para aplicação em cerâmica vermelha. Parte I: características da cinza. *Cerâmica*, vol.51, n.319 [cited 2009-04-27], p. 192-196, 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ministério do Meio Ambiente. **Instrução Normativa Conjunta nº 26 de 28 de maio de 2009**. Aprova as normas técnicas para a obtenção de produtos orgânicos oriundos do extrativismo sustentável orgânico. Brasília, DF, nº101, 29 maio 2009a. Seção 1, p. 14-15., 2002.
- CAMPOS, C.I. **Painéis portantes de madeira e devivados**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) programa de Pós-Graduação em Tecnologias do Ambiente Construído da Escola de Engenharia de São Carlos / Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001, p.137.
- CARVALHO, J.E.U; NASCIMENTO, W.M.O. do; MÜLLER, C.H. **Características físicas e de germinação de sementes de espécies frutíferas nativas da Amazônia**. Belém: Embrapa-CPATU, 1998, 18p. (EMBRAPA-CPATU, Boletim de Pesquisa, 203).
- CNTL - Centro Nacional de Tecnologias Limpas do Brasil. **A Produção mais Limpa como um fator de desenvolvimento sustentável**. 2002.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Proposta de Preços Mínimos / Companhia Nacional de Abastecimento** – v.1 - (2015-). - Brasília: Conab, 2016.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 01, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23> .Acesso em: 04 mai. 2011.

COSTA, S.S. **Compensação Ambiental: Uma alternativa de recursos para a implementação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.** Brasília, Univ. Brasília. 2007, 165p. (Dissert. Mestr.).

DEMIRBAS, A., 2004, **Combustion characteristics of different biomass fuels. Progress in energy and combustion science.**

DINIZ, J., 2005, **Conversão Térmica de Casca de Arroz à baixa temperatura: Produção de Bioóleo e Resíduo Sílico Carbonoso Adsorvente.**

DONDI, M., MARSIGLI, M., FABBRI, B. (1997b). **Recycling of Industrial and Urban waster in Brink Production- A Review (Part 2):** Tile & Brink Int. Vol.13, nº 4, 302 – 308p.

EMBRAPA -**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2015.

EMBRAPA. **Manual de Análises Químicas, Plantas e Fertilizantes.** Circular Técnica. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2002. 370p.

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Serviços ambientais prestados à Grande Belém pelos ecossistemas naturais e semi-naturais presentes no campus sede da Embrapa Amazônia Oriental.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, maio 2009. 25 p. (Nota Técnica).

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos:** Guia de orientações para governos municipais de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012. 163 p

FIEMG- Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais - **Guia técnico ambiental da indústria de cerâmica vermelha**, 2013.

FIERN-SENAI. **Perfil industrial da cerâmica vermelha no Rio Grande do Norte.** Natal-RN: Senai, 2001, CD-ROM.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2010.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2016.

IBGE, 2014. **Produção Nacional da Extração Vegetal e da Silvicultura- 2014.** Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=45>. Acesso em: 03 maio.2016.

HART S. L.; MILSTEIN, M. B. **Criando valor sustentável.** Disponível em: <http://rae.fgv.br/sites/rae.fgv.br/files/artigos/3363.pdf> Acesso em: 15 abril, 2017.

HELMINEN, Riina-Ritta. **Developing tangible measures for eco-efficiency: the case of finnish and Swedish pulp and paper industry.** Business strategy and the enviromet, ABI/INFORM Global. V.9, n.3, p.196, may-jun, 2000.

KATYAL, S.; THAMBIMUTHU, K.; VALIX, M., 2003, **Carbonisation of bagasse in a fixed bed reactor: influence of process variables on char yield and characteristics.**

KAZMIERCZYK, P. **Manual on the development of cleaner production policies approaches and instruments.** Vienna: UNIDO CP Programme, 2002.

KLAUTAU, J. V. P., 2008, **Análise Experimental de uma Fornalha a lenha de Fluxo Cocorrente Para Secagem de Grãos.**

LIMA JÚNIOR, Ubirajara Marques. **Fibra da semente do açaizeiro (Euterpe Oleracea Marte): Avaliação quanto ao uso como reforço de compósito fibrocimentício.** Dissertação de mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande Do Sul. Porto Alegre, 2007

LUCENA, F.B. **Aproveitamento de finos na Pavimentação Urbana Utilizando Aditivos Betuminosos.** 26ª Reunião Anual da Pavimentação. RAPv, Aracajú, SE, 1, 2007, p.1183-1223.

MARCOLIN, C. D. **Propriedades físicas de nitossolo e latossolos argilosos sob plantio direto.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, Passo Fundo. RS. 2006.

MARZULLO, R.C.M. **Análise de Ecoeficiência dos óleos vegetais oriundos da soja e palma, visando a produção de biodiesel.** Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

NASCIMENTO, Waldécio Sávio Dos Anjos do. **Avaliação dos impactos ambientais gerados por uma indústria cerâmica típica da região do Seridó/RN.** 2007. 184 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

NOGUEIRA, M. F. M. **Biomassa Energética: Caracterização da Biomassa.** Palestra Proferida na I Escola de Combustão, Florianópolis – SC 2007.

OLIVEIRA, M. S. P. et al. **Parâmetros genéticos para caracteres germinativos em vinte progênies de açaizeiro promissores para palmito.** Boletim de Pesquisa Florestal, v. 46, p. 105-113, 2003.

PADILHA, J L & LEÃO, A. O. **Diagnóstico do Potencial energético das Empresas Madeireiras Estimativas dos Custos de Transporte de Biomassa para comunidades isoladas no Estado do Pará.** Belém-Pará, 2006.

PARANHOS, R.J.S. **Aproveitamento de Resíduos de Cinza de cana-deaçúcar em Massas Cerâmicas.** Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal - RN, 2010, 98f.

PEREIRA FILHO, L.; ITOFFOLI, S. M. **Utilização de vidro em pó em cerâmica vermelha.** Parte 3: análise microestrutural. In: Congresso Brasileiro de Cerâmica, 47, 2003, João Pessoa. Anais... São Paulo: ABC, 2003, p. 1187-1196.

PNUMA, 2006. **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** (A ser publicado em novembro/2006). São José dos Campos, 2006.

ROCHA, J. D. **Gaseificação da Biomassa: Histórico e Conceitos Básicos.** In: Tecnologia e Estado da Arte da Gaseificação de Biomassa, Universidade do Amazonas, Manaus, 8 e 9 de abril de 2002.

ROCHA, J. D.; PÉREZ, J.M. M.; CORTEZ, L.A.B. **Aspectos Teóricos e Práticos do Processo de Pirólise de Biomassa. Curso** —Energia na Indústria de Açúcar e Alcool UNIFEI, Itajubá, 12-16 de julho de 2004.

RODRIGUES, D.; ASTOLFI FILHO, S.; CLEMENT, C. R. **Molecular marker-mediated validation of morphologically defined landraces of pejibaye (*Bactrisgasipaes*) and their phylogenetic relationships.** *Genetic Resources and Crop Evolution*, Dordrecht, v. 51, p. 871-882, 2006.

ROGEZ, H. **Açaí: preparo, composição e melhoramento da conservação.** Belém: Edufpa, 2000. 313p

SALGADO, V. G. **Proposta de indicadores de ecoeficiência para o transporte de gás natural.** 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências do Planejamento Energético)- Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SELLITTO, M. A.; BORCHARDT, M.; PEREIRA, G. M. **Modelagem para avaliação de desempenho ambiental em operações de manufatura.** *Gestão & Produção*, v. 17, n. 1, p. 95-109, 2010.

SCHMIDHEINY, S., **Changing course: a global business perspective on development and the environment** Cambridge, Massachusetts Institute of Technology, 1992.

SEPLUMA- **Secretaria de Planejamento Urbano e Meio Ambiente**, 2017.

SEYE, O., 2011, **Apostila Energia da Biomassa:** curso Engenharia de Energia. SEYE O, SOUZA RCR, BACELLAR AA, RAMOS DE SOUZA CD, DE MORAIS M. R. Caracterização do Caroco de Açaí como insumo para geração de Eletricidade via Gaseificação. In: Proceedings: AGRENER GD 2008-7º Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural. Universidade de Fortaleza – Unifor: Fortaleza (CE); 23rd to 26th September 2008. Available from: <http://www.nipeunicamp.org.br/agrener/anais/2008/Artigos/31.pdf>.

SILVA, A. C. ; VIDAL, M. ; PEREIRA, M. G. **Impactos ambientais causados pela mineração e beneficiamento de caulim.** *Revista Escola de Minas*, v. 54, n. 2, p. 133-136, 2001.

STEPHANOU, João. **Sustentabilidade:** resultados das pesquisas do PPGA/EA/UFRGS, 2013.

SOUZA, Victor Ferreira de. et al. **Propostas de sistemas agroflorestais para as reservas extrativistas no Estado de Rondônia.** Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 2001.

VAN HAANDEL, A. C.; ALEM SOBRINHO, P. Produção, composição e constituição de esgoto. In: *Biossólidos – Alternativas de Uso de Resíduos de Saneamento*. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 417p.

VIDIGAL, Flávio Augusto Marinho. Formas de comercialização de MDL. In: SOUZA, Rafael Pereira de (Coord.). **Aquecimento global e créditos de carbono:** aspectos jurídicos e técnicos. São Paulo: QuartierLatin, 2008. p. 239-253.

VILLACHICA, H.; CARVALHO, J.E.U. de; MÜLLER, C.H.; DIAZ, S.C.; ALMANZA, M. **Frutales y hortalizas promissórios de la Amazônia**. Lima: Tratado de Cooperacion Amazônica. Secretaria-Pro-tempore, 1996. 367p. (TCA-SPT, 44).

WBCSD, 2000. **Eco-efficiency Learning Module**. World Business Council for Sustainable Development. Disponível em:
<http://www.wbcsd.org/plugins/DocSearch/details.asp?type=DocDet&Object d=MTgwMjc I>.
Acesso em: 28 abril 2017.

WERTHER J.; SAENGER, M.; HARTGE, E. U.; OGADA, T.; SIAGI, Z. Combustion of agricultural residues. **Progress in energy and combustion science**. Alemanha: Pergamon, v.26, p. 1-27, 2000.