



Universidade Federal do Amapá
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical
Mestrado e Doutorado
UNIFAP / EMBRAPA-AP / IEPA / CI-Brasil



EDIELZA ALINE DOS SANTOS RIBEIRO

SISTEMAS PRODUTIVOS, DISPONIBILIDADE DE BIOMASSA E
ATRIBUTOS ENERGÉTICOS DE CAROÇO DE AÇAÍ E RESÍDUOS
DE SERRARIAS FAMILIARES, EM VÁRZEA ESTUARINA DO RIO
AMAZONAS

MACAPÁ, AP

2017

EDIELZA ALINE DOS SANTOS RIBEIRO

SISTEMAS PRODUTIVOS, DISPONIBILIDADE DE BIOMASSA E
ATRIBUTOS ENERGÉTICOS DE CAROÇO DE AÇAÍ E RESÍDUOS
DE SERRARIAS FAMILIARES, EM VÁRZEA ESTUARINA DO RIO
AMAZONAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Biodiversidade Tropical
(PPGBIO) da Universidade Federal do Amapá,
como requisito parcial à obtenção do título de
Mestre em Biodiversidade Tropical.

Orientador: Dr. Marcelino Carneiro Guedes

MACAPÁ, AP

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá

333.7

R484s Ribeiro, Edielza Aline dos Santos.

Sistemas produtivos, disponibilidade de biomassa e atributos energéticos de caroço de açaí e resíduos de serrarias familiares, em várzea / Edielza Aline dos Santos Ribeiro; orientador, Marcelino Carneiro Guedes. – Macapá, 2017.

93 f.

Dissertação (mestrado) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical.

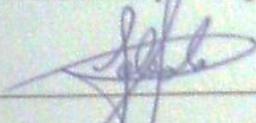
1. Bioenergia. 2. Serragem. 3. Ilha das cinzas. I. Guedes, Marcelino Carneiro, orientador. II. Fundação Universidade Federal do Amapá. III. Título.

EDIELZA ALINE DOS SANTOS RIBEIRO

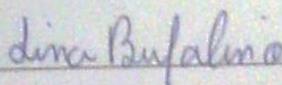
SISTEMAS PRODUTIVOS, DISPONIBILIDADE DE BIOMASSA E ATRIBUTOS
ENERGÉTICOS DE CAROÇO DE AÇAÍ E RESÍDUOS DE SERRARIAS
FAMILIARES, EM VÁRZEA ESTUARINA DO RIO AMAZONAS



Orientador: Dr. Marcelino Carneiro Guedes
Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA-AP)



Examinador: Dr. José Julio de Toledo
Universidade Federal do Amapá (UNIFAP)



Examinadora: Dra. Lina Bufalino
Universidade do Estado do Amapá (UEAP)

Aprovada em 28 de Abril de 2017, Macapá, AP, Brasil

Em memória de minha tia Elma Farias dos Santos, que foi a melhor tia, amiga e companheira que tive para todas as horas. Enquanto esteve nesse mundo deixou vários ensinamentos e, após sua partida, saudades.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que mesmo sem merecer sua graça e misericórdia nunca me deixou durante a minha jornada. Quando parecia que tudo estava perdido Deus mostrava a solução. Ele me deu coragem, aumentou a minha fé para prosseguir, quando por muitas vezes pensava em desistir. Enviou pessoas para a minha vida durante esses dois anos de mestrado que me ajudaram a ser uma pessoa melhor.

Ao meu orientador, Dr. Marcelino Carneiro Guedes, pela sua disposição a me orientar mesmo com pouco tempo para executar o projeto. Durante o tempo que estive sob sua orientação aprendi a ser mais paciente e tolerante. Sei que tudo que fazia era para meu aprendizado na área, crescimento pessoal e profissional. Obrigada professor pela oportunidade, você e Dr. Ana Cláudia são exemplos de vida para mim.

À Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical (PPGBIO), por contribuírem com meu sucesso acadêmico e profissional.

À Embrapa Amapá (Projeto Manejo Comunitário Integrado de Recursos Ambientais do Estuário Amazônico), PNUD/GEF (Projeto Bem Diverso), pelo apoio logístico e infraestrutura na execução dessa pesquisa.

Ao Guia Florestam-Embrapa, em especial a Janaina Costa, Dayane Pastana, Kezia Pereira, Bruna Rocha, Mateus Santana e Bruno Costa, que estavam comigo em todas as coletas e ajudaram-me a executar as análises laboratoriais. E aos parceiros da Embrapa: Carlos Barreto e Adjalma Souza.

À ATAIC / FINEP, que aportaram recurso financeiro, campo de estudo e apoio para execução das atividades propostas.

À CAPES, pela bolsa de mestrado durante os dois anos, que me ajudaram a me manter no programa.

Agradeço também ao Núcleo de Catálise (NUCAT) e ao Laboratório de Sistemas Avançados de Gestão da Produção (SAGE), da COPPE/UFRJ. Além das análises termogravimétricas, nos ofereceram espíritos abertos às parcerias em prol do desenvolvimento e conservação da Amazônia.

Aos meus pais, Edilson do Nascimento Ribeiro e Euzelita dos Santos Ribeiro, pelo amor, paciência, dedicação e pelas palavras de incentivo. Agradeço-lhes muito pelo apoio e dedicação que têm com nossa família. A minha querida avó, Nazaré Farias dos

Santos. As minhas irmãs, Edilza Laressa e Edmara Caroline. Pessoas que acreditam no meu potencial e me deram forças para chegar até aqui.

Ao meu namorado, minha vida, Hugo Leonardo Pires e Pires, pelo amor, amizade, companheirismo, paciência, incentivo e dedicação. Agradeço pela ajuda que me deste na construção desse trabalho, passando noites em claro para me ajudar a concluir.

Aos meus amigos de mestrado do PPGGIO 2015, pela amizade, incentivo e companheirismo ao longo do curso. O aprendizado que obtive com vocês foi enriquecedor.

Agradeço a todos que contribuíram direta e indiretamente para a concretização deste sonho!

“Eu aprendi que todos querem viver no topo da montanha, mas toda felicidade e crescimento ocorre quando você está escalando-a.”

William Shakespeare

RESUMO

Ribeiro, Edielza Aline dos Santos. Sistemas produtivos, disponibilidade de biomassa e atributos energéticos de caroço de açaí e resíduos de serrarias familiares, em várzea estuarina do rio Amazonas. Macapá, 2017. Dissertação (Mestre em Biodiversidade Tropical) – Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação – Universidade Federal do Amapá.

Existe uma preocupação da sociedade em estabelecer outros mecanismos de obtenção de energia sustentável, como o proveniente de biomassa florestal. A quantificação, qualificação e disponibilidade de resíduos florestais é essencial para viabilizar a energia de biomassa, para comunidades de baixo poder aquisitivo do estuário amazônico. O objetivo geral do trabalho foi avaliar atributos energéticos, sistemas produtivos e a disponibilidade de biomassa de caroço de açaí e resíduos de microserrarias familiares, na Ilha das Cinzas (Gurupá-PA). Para monitoramento do sistema de produção de açaí pelos agroextrativistas, para venda e consumo, foram utilizados 50 calendários estilizados preenchidos por famílias da Ilha das Cinzas. Também foi realizado o mapeamento dos açais da Ilha. A produção por família e o processamento do fruto foram analisados durante um ano. Foram avaliados o rendimento e a produção de diferentes tipos de resíduos em 4 microserrarias familiares da várzea localizadas na Ilha, com auxílio de questionários e acompanhamento do processo. A cada trimestre foram realizadas expedições para aferição e validação do sistema de monitoramento e para coleta de amostras. De cada resíduo (serragem, aparado e costaneira) avaliados foram coletadas amostras para determinação da massa específica aparente e teor de umidade. A massa seca foi determinada em estufa de ventilação forçada a 105 °C. Observou-se que ocorre uma maior produção dos frutos de açaí de maio a setembro, definido como período de safra. A técnica de monitoramento se mostrou eficaz, identificando bem o período de safra, podendo assim ser utilizada para estimar o potencial de biomassa de caroço e sua variação ao longo do ano. Ocorre variação significativa da produção de açaí em função da sazonalidade e da produtividade em função da capacidade suporte de áreas com diferentes intensidades de manejo. O teor de polpa médio foi de 21% e rendimento médio de caroço 79%, com umidade de 30%. A massa específica média, base seca, de 0,4 g.cm⁻³ e a variação da entalpia do caroço, o habilitam ao uso energético, cuja otimização depende de equipamento que consiga manter temperaturas acima de 300°C durante o processo. As espécies mais processadas nas microserrarias de pequeno porte foram pau-mulato (n=42), andiroba (n=21) e fava (n=2), totalizando 27,3 m³ de madeira roliça nas 65 toras. Os produtos mais serrados nas quatro serrarias avaliadas foram as tábuas (n=691), pernamanca (n=269) e ripa (n=58). Os produtos gerados totalizaram um volume 10 m³, com rendimento médio de madeira serrada de 37%. O percentual dos resíduos variou para serragem (54,18%), aparado (16,45%) e costaneira (29,37%), de maneira independente da espécie. A massa específica aparente média de serragem foi de 0,3 g.cm⁻³ para pau-mulato e 0,2 g.cm⁻³ para andiroba. A massa específica aparente a 0% foi de 0,7 g.cm⁻³ para aparado e costaneira de pau mulato e andiroba. A umidade média na base úmida foi de 36% e na base seca de 63%. Através dos resultados obtidos com o estudo, o mesmo pode ser usado como base para pesquisas futuras relacionadas à tecnologia proveniente do uso de biomassa.

Palavras-chave: bioenergia; serragem; pau-mulato; *Euterpe oleracea*; Ilha das Cinzas.

ABSTRACT

Ribeiro, Edielza Aline dos Santos. Production systems, biomass availability and energy attributes of caroço açaí and residues of family sawmills, in estuarine floodplain of Amazon river. Macapá, 2017. Dissertation (Master in Tropical Biodiversity) - Postgraduate Program in Tropical Biodiversity - Pro-Rectorate of Research and Post-Graduation - Federal University of Amapá.

There is a concern of the society in establishing other mechanisms of obtaining of sustainable energy, like the one coming from forest biomass. The quantification, qualification and availability of forest residues may enable its use to promote energy for low-income communities in the Amazon estuary. The main objective was to evaluate the production systems, perform the energy characterization and verify the availability of açaí stone and residues from family microstria, in the Ilha das Cinzas (Gurupá-PA). The system of production of açaí by the agroextrativistas (for sale and consumption) was tested with monitoring of 50 stylized calendars filled by families of the Ilha das Cinzas. Mapping of açaízais of the Ilha was carried out. Fruit yield and processing were analyzed for one year. The yield and the production of different types of residues were evaluated in familiar smallholdings of the floodplain. The amount of waste from sawmills was determined by means of monitoring with the families in the Ilha das Cinzas for a year, with the aid of questionnaires and follow up of the process. Each expedition was carried out to verify and validate the monitoring system and to collect samples. From each residue (serragem, para and costaneira) evaluated, samples were collected to determine the apparent specific mass and moisture content. The dry mass was determined in a forced ventilation oven at 105 °C. It was observed that a higher production of açaí fruits occurs from May to September, defined as the harvest period. It was observed that a higher production of açaí fruits occurs from May to September, defined as the harvest period. The monitoring technique was effective, identifying well the harvesting period, and could be used to estimate the potential of the biomass of the stone and its variation throughout the year. It can be inferred that significant variation of productivity occurs due to the differentiation of management capacity and seasonality. The average pulp content was 21% and mean stone yield 79% and humidity 30%. The average specific dry mass ($0,4 \text{ g.cm}^{-3}$) and the variation of the enthalpy of the core enable it to be used for energy, whose optimization depends on equipment that maintains temperatures above 300°C during the process. The most processed species in small micro-farms were pau-mulatto (n = 42), andiroba (n = 21)

and fava (n = 2), totaling 27,3 m³ of processed wood from the 65 toras. The most sawed products in the four sawmills evaluated were tábuas (n = 691), pernamanca (n = 269) and ripa (n = 58). The products generated totaled a volume of 10 m³. The average yield of sawn wood was 37%. The percentage of residues varied for sawdust (54,18%), apara (16,45%) and costaneira (29,37%), independently of the species. The mean apparent mass specific of sawdust was 0,3 g.cm⁻³ for pau-mulato and 0,2 g.cm⁻³ for andiroba. The apparent specific mass at 0% was 0,7 g.cm⁻³ for apara and costaneira of pau-mulato and andiroba wood. The average moisture in the wet base was 36% and in the dry base 63%. Through the results obtained with the study the same can be used as a basis for future research related to the technology coming from the use of biomass.

Keywords: bioenergy; serragem; pau mulato; *Euterpe oleracea*; Ilha das Cinzas.

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE FIGURAS - CAPÍTULO 1

- Figura 1. Imagem da área de estudo - Ilha das Cinzas, Gurupá/PA. Áreas em verde são os açazais manejados empiricamente pelas 50 famílias moradoras da Ilha..... 42
- Figura 2. Classificação das áreas de açazais, na Ilha das Cinzas – Gurupá-PA, em função das variações do tamanho e distribuição dos açazais mapeados nas respectivas classes..... 48
- Figura 3. Produtividade média (n=23) e IC95% de cada mês, de 07/2015 a 06/2016, de açazais localizados na Ilha das Cinzas, Gurupá-PA..... 51
- Figura 4. Produtividade média (n=23) e IC95% de cada mês, de 07/2015 a 06/2016, em função da capacidade de manejo de açazais na Ilha das Cinzas, Gurupá-PA..... 52
- Figura 5. Curvas de termogravimétrica (TG), termogravimétrica derivada (DTG), calorimetria exploratória diferencial (DSC), do caroço de açai com taxa de aquecimento de 10°C min⁻¹..... 56

LISTA DE FIGURAS - CAPÍTULO 2

- Figura 1. Imagem da área de estudo Ilha das Cinzas, Gurupá – PA, Imagem da área de estudo Ilha das Cinzas, Gurupá – PA, com a localização das serrarias e das residências..... 67
- Figura 2. Análises de regressão entre o volume de toras que entra na serraria e os volumes de resíduos estimados pela diferença com a madeira serrada (est.) e medidos após o processamento (m³), para os dois tipos principais de resíduos gerados: serragem e costaneira..... 81

LISTA DE TABELAS

LISTA DE TABELAS - CAPITULO 1

- Tabela 1. Produção mensal, em rasas, média, máxima e mínima de frutos in natura de açaí, das famílias ribeirinhas da Ilha das Cinzas, Gurupá – PA..... 49
- Tabela 2. Análise dos caroços das amostras de açaí na Ilha das Cinzas, Gurupá-PA, em dois períodos distintos de amostragem. 53

LISTA DE TABELAS - CAPITULO 2

- Tabela 1. Volume total, volume médio por tora, diâmetro mínimo, médio e máximo das toras, volume de madeira serrada e rendimento para cada espécie processada nas 4 micro serrarias localizadas na Ilha das Cinzas, Gurupá-PA..... 74
- Tabela 2. Resíduos provenientes do desdobro da madeira em 4 micro serrarias na Ilha das Cinzas, Gurupá-PA..... 76
- Tabela 3. Produtos gerados e dimensões das peças provenientes do desdobro da madeira nas quatro serrarias na Ilha das Cinzas, Gurupá-PA..... 77
- Tabela 4. Análise dos resíduos das amostras das serrarias na Ilha das Cinzas, Gurupá-PA..... 79

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO GERAL.....	14
1.1. BIOMASSA COMO FONTE DE ENERGIA ALTERNATIVA.....	16
1.2. ESTUDO DE CASO DA UTILIZAÇÃO DE BIOMASSA FLORESTAL NO ESTUÁRIO AMAZÔNICO PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA.....	17
1.3. PROPRIEDADES FÍSICAS IMPORTANTES DA BIOMASSA PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA.....	18
1.4. A FLORESTA DE VÁRZEA DO ESTUÁRIO DO RIO AMAZONAS.....	20
1.5. A PRODUÇÃO DE AÇAÍ E GERAÇÃO DE RESÍDUO NO ESTUÁRIO DO RIO AMAZONAS.....	22
1.6. A PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS.....	24
2. HIPÓTESES.....	28
3. OBJETIVOS.....	29
3.1. OBJETIVO GERAL.....	29
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
4. REFERÊNCIAS	30
CAPÍTULO 1 - PRODUÇÃO DE AÇAÍ E POTENCIAL ENERGÉTICO DO CAROÇO EM FLORESTA DE VÁRZEA NO ESTUÁRIO AMAZÔNICO.....	36
RESUMO.....	37
ABSTRACT.....	38
1. INTRODUÇÃO.....	39
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	42
2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	42
2.2. AMOSTRAGEM DO AÇAÍ.....	43
2.3. CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE AÇAIZAIS.....	44
2.4. DETERMINAÇÃO DA BIOMASSA DO CAROÇO DO AÇAÍ.....	44
2.5. QUANTIFICAÇÃO DA DEMANDA ENERGÉTICA.....	45
2.6. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E ENERGÉTICA DO CAROÇO DE AÇAÍ.....	45
2.6.1. Massa específica aparente a granel.....	45
2.6.2. Umidade.....	46
2.6.3. Análise termogravimétrica.....	46
2.7. ANÁLISES DOS DADOS.....	47
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
3.1. CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE AÇAIZAIS.....	48
3.2. MONITORAMENTO DA PRODUÇÃO DOS AÇAIZAIS DE CADA FAMÍLIA.....	49
3.3. SAZONALIDADE DA PRODUTIVIDADE DE AÇAÍ E RELAÇÕES COM A TOPOGRAFIA E CAPACIDADE PRODUTIVA DAS ÁREAS.....	50
3.4. BIOMASSA DE CAROÇO DE AÇAÍ	53
3.5. ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA DAS AMOSTRAS DO CAROÇO DE AÇAÍ.....	55
4. CONCLUSÃO.....	58
5. REFERÊNCIAS.....	59

CAPÍTULO 2 - RENDIMENTO E PRODUÇÃO DE RESÍDUOS DE SERRARIAS FAMILIARES EM FLORESTA DE VÁRZEA NO ESTUÁRIO DO RIO AMAZONAS.....	62
RESUMO.....	63
ABSTRACT.....	64
1. INTRODUÇÃO.....	65
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	67
2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	67
2.2. AMOSTRAGEM DOS RESÍDUOS DAS SERRARIAS.....	68
2.3. QUANTIFICAÇÃO DA MADEIRA SERRADA E DA BIOMASSA DOS RESÍDUOS NAS SERRARIAS.....	69
2.4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RESÍDUOS PROVENIENTES DAS SERRARIAS.....	69
2.4.1. Propriedades físicas da serragem.....	70
2.4.1.1. Massa específica aparente a granel.....	70
2.4.1.2. Umidade.....	70
2.4.2. Propriedades físicas das costaneiras e aparas.....	71
2.4.2.1 Massa específica aparente.....	71
2.4.2.2. Umidade.....	72
2.5. ANÁLISES DOS DADOS.....	72
3. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	74
3.1. BENEFICIAMENTO DA MADEIRA NAS MICROSSERRARIAS FAMILIARES.....	74
3.2. PRODUTOS GERADOS APÓS O DESDOBRAMENTO DA MADEIRA.....	77
3.3. ANÁLISES FÍSICA DOS RESÍDUOS GERADOS NAS MICROSSERRARIAS.....	79
4. CONCLUSÃO.....	83
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
6. REFERÊNCIAS.....	85
ANEXO	88

1. INTRODUÇÃO GERAL

Cerca de 1,3 bilhão de pessoas no mundo não têm nenhum acesso a fontes de energias modernas e a maioria delas está vivendo em áreas rurais, o que dificulta o desenvolvimento econômico e social (ONU, 2012). No caso do estuário amazônico, a situação do isolamento e a baixa densidade populacional de algumas comunidades na região Amazônica tornam a distribuição da energia para essas áreas, inviável no âmbito econômico e ambiental. Essas comunidades isoladas da área rural dependem essencialmente de motores estacionários movidos a diesel para gerar energia.

Em contrapartida, o avanço tecnológico provocou o uso demasiado de energia proveniente dos combustíveis não renováveis, como o carvão mineral, gás natural e petróleo (PINTO et al., 2012). Os combustíveis fósseis, segundo pesquisas realizadas por vários especialistas, se esgotarão nos próximos cem anos (SOARES et al., 2006). Além da limitação da oferta de combustíveis fósseis, seu uso também causa vários problemas como poluição e efeito estufa (BROOK; BRADSHAW, 2015). Portanto, a busca por energias alternativas tornou-se uma opção importante para pesquisadores de todo o planeta.

Neste contexto, destaca-se a biomassa florestal, considerada renovável, porque tem a capacidade de reabastecimento natural. Na região do estuário do rio Amazonas, essa capacidade é possivelmente ainda maior, pois o mesmo se encontra próximo da linha do equador, onde é maior a disponibilidade de luz para o processo de fotossíntese. Nessa região, a energia de biomassa pode ser ainda mais estratégica, pois a dependência de insumos locais é elevada, devido às dificuldades para se chegar ao local (QUEIROZ, 2007).

O único acesso às ilhas da região do estuário amazônico é através dos rios que estão sujeitos a dois ciclos diários de enchente e vazante das marés, gerando dificuldades, inclusive, para o transporte de combustíveis vindos de outros locais. A instabilidade dos solos dessa região, provocada pela dinâmica do regime das marés e a grande dimensão dos rios são fatores que dificultam a instalação de uma rede de distribuição de energia, capaz de atender as necessidades dessas comunidades (FARIAS, 2012).

Muitas comunidades ribeirinhas na Amazônia não têm acesso à rede de distribuição de energia elétrica, em função do modelo de fornecimento de eletricidade do Brasil, que é a utilização de grandes blocos de energia conectados à rede de

distribuição (RENDEIRO; NOGUEIRA, 2008). Devido a essa falta de alternativas viáveis de energia elétrica, essas populações são levadas a utilizar geradores estacionários, movidos a diesel, para fornecimento de energia (SANTIAGO, 2015). Contudo, o uso dos motores a diesel, muitas vezes torna-se inviável, devido ao alto custo do combustível e o baixo orçamento das famílias nessas regiões isoladas.

O Estado do Amapá, apenas a partir do ano de 2015, passou a fazer parte do Sistema Interligado Nacional, dependente, principalmente, de energia hidrelétrica. Em algumas regiões do Amapá, a energia de cidades inteiras, como Oiapoque, com mais de 20 mil habitantes, ainda é totalmente dependente de geradores a óleo diesel (SANTIAGO, 2015). No estuário amazônico, em municípios como Melgaço/PA, que está entre os de menor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do País, muitas dessas pessoas vivem sem energia elétrica. Na Ilha das Cinzas, município de Gurupá/PA, onde moram em torno de 50 famílias, quase todas tem o motor gerador, limitado a 3 horas de energia a cada noite. Isso dificulta o armazenamento e a conservação dos produtos, pois a comunidade está isolada pelo estuário amazônico.

O uso da biomassa de resíduos para geração de energia renovável, além das vantagens já apresentadas, traz consigo outro fator interessante que é a dependência dos sistemas produtivos. A geração dos resíduos e da biomassa está atrelada à produção. Portanto, quando se incentiva o uso de resíduos agroindustriais para geração de energia, diferente da energia solar, também se está incentivando sistemas produtivos que trazem riquezas e melhorias para as comunidades rurais.

No caso, por exemplo, do açaí, a produção do insumo energético que são os caroços gerados após o despulpamento, é totalmente dependente do sistema produtivo da polpa, conhecida regionalmente como vinho. Quanto mais se incentiva a produção e consumo do fruto e do vinho, maior será a geração do caroço. Por isso, também é essencial a quantificação dos produtos, do rendimento dos processos, visando maior conhecimento dos sistemas produtivos, para embasar as políticas e ações de fomento à produção sustentável.

A elevação da geração de resíduos com o aumento na produção dos sistemas da produtividade de açaí e desdobro de madeira proveniente das microserrarias é altamente desejada quando se analisa a possibilidade de sua utilização para geração de energia. Assim, o monitoramento da produção e do potencial energético presente na biomassa oriunda do caroço do açaí e resíduos das serrarias de pequeno porte das comunidades isoladas no estuário amazônico se torna relevante, pois visa subsidiar

medidas que promovam o desenvolvimento local por meio do uso e conservação da biodiversidade.

Portanto, o objetivo geral dessa dissertação é estudar sistemas produtivos da várzea estuarina e o potencial energético da biomassa de seus resíduos. Para isso, a dissertação foi dividida em dois capítulos: o primeiro enfatiza a produção e caracterização energética do caroço do açaí e o segundo se refere à produção e potencial de biomassa de resíduos das serrarias familiares instaladas em áreas de várzea. A seguir, a revisão de literatura traz o embasamento teórico necessário ao desenvolvimento dos dois capítulos, que serão apresentados na sequência.

1.1. BIOMASSA COMO FONTE DE ENERGIA ALTERNATIVA

A utilização de biomassa, para fins energéticos, é tão antiga quanto a própria civilização humana. Até o século XVIII, a principal fonte de energia da humanidade era a lenha. No período da Revolução industrial, a lenha era o produto energético mais consumido para o funcionamento das máquinas a vapor que impulsionaram o progresso tecnológico e econômico (SOARES et al., 2006). Com o passar dos anos, foi substituída pelo carvão mineral em países desenvolvidos, sendo ainda fonte primária de energia de alguns países em desenvolvimento, como a China. Apenas nos séculos XIX e XX, com a progressiva inserção dos combustíveis fósseis, a biomassa foi vista em um plano secundário na matriz energética global, como fonte de geração alternativa (PEREIRA, 2008; MARINHO, 2010).

A biomassa é uma fonte alternativa de energia, seja pela queima da madeira como carvão, aproveitamento de resíduos sólidos ou da exploração de óleos essenciais, como alcatrão e ácido pirolenhoso (SOARES et al., 2006). A biomassa é definida como o material orgânico produzido por unidade de área, podendo ser expressa em massa de matéria seca, massa de matéria úmida ou massa de carbono. Sua quantificação é necessária para avaliação de ecossistemas, em virtude da aplicação na análise de produtividade, conservação de energia, ciclagem de nutrientes, absorção e armazenamento de energia solar, entre outros (SANTIAGO, 2013).

A estimativa para o fim do século XXI é que, aproximadamente, 20% do total de energia consumida mundialmente seja oriunda da bioenergia (GOLDEMBERG, 2009). Algumas fontes de energia renováveis a base de biomassa são a lenha, carvão vegetal, babaçu, óleos vegetais, resíduos vegetais, sisal, biogás, casca de arroz, cana de açúcar

(bagaço da cana de açúcar, palha e álcool) (GOLDEMBERG, 2009; CERQUEIRA et al., 2012).

A obtenção de estimativas precisas de produtividade de biomassa de formações vegetais tropicais é um pré-requisito importante no estabelecimento de ações de manejo (REZENDE et al., 2006). As energias oriundas de fontes renováveis estão gradualmente conquistando o espaço que antes era ocupado totalmente pelas fontes fósseis, o que tem sido propiciado pelo desenvolvimento tecnológico e a demanda energética mundial (VIEIRA et al., 2008), que permite o aproveitamento dessas fontes renováveis como combustíveis alternativos.

Na Amazônia, já há vários casos de utilização de biomassa de resíduos agroindustriais para geração de energia em comunidades isoladas. No entanto, todos são dependentes do apoio de projetos e têm atingido diferentes graus de desenvolvimento, dependendo da capacidade desenvolvida nas comunidades para manutenção dos sistemas.

1.2. ESTUDO DE CASO DA UTILIZAÇÃO DE BIOMASSA FLORESTAL NO ESTUÁRIO AMAZÔNICO PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA

De acordo com Almeida (2014), pesquisadores da Universidade Federal do Amazonas, em Manaus, desenvolveram um modelo de dimensionamento de energia elétrica em comunidades isoladas da Amazônia, utilizando gás combustível a partir da gaseificação do caroço de açaí. Esse projeto foi desenvolvido na comunidade de São Francisco do Paroá-AM, nas margens do Rio Solimões, para produzir energia elétrica para a comunidade. Para tanto, foi utilizado um gaseificador com dois geradores de 40KVA cada. Isso permitiu não somente a gaseificação a partir do caroço de açaí na região, como também a implantação de uma pequena agroindústria de polpa de açaí, proporcionando o aumento da renda dos moradores. O autor enfatiza também que o gaseificador se mostrou promissor na geração de energia elétrica, porém apresentou alguns problemas de segurança.

Em outra pesquisa intitulada como “projeto Marajó”, localizado na ilha Siriri, visou-se desenvolver um mecanismo integrado e sustentável com a cadeia produtiva local, incluindo uma usina de geração de energia elétrica a partir de resíduos de biomassa gerados na própria comunidade, uma fábrica de gelo, uma câmara frigorífica e uma fábrica de extração de óleo vegetal. Com a instalação do projeto a comunidade

conseguiu reduzir o consumo de óleo diesel, a madeira processada triplicou passando de 5m³ para 15m³ por turno de 8h, e passou a ser comercializada na cidade de Breves (RENDEIRO; NOGUEIRA, 2008).

Durante vigência do projeto Genipaúba, foi construído um gaseificador para atender as demandas elétricas de comunidades ribeirinhas, utilizando o caroço de açaí como insumo. Esse projeto conseguiu levar energia para aproximadamente 60 famílias. O trabalho foi paralisado devido a questões políticas (transições de governos) e econômicas da região que dificultaram o seu prosseguimento (MONTEIRO, 2008).

O projeto GASEIBRAS foi instalado na comunidade de Timbó, Manacapuru-AM, que cultivava e beneficiava artesanalmente o cupuaçu. Dessa maneira, foi utilizada como fonte de biomassa a casca do fruto do cupuaçu. O gaseificador utilizado foi construído com tecnologia totalmente nacional, de fácil operação e manutenção. No âmbito do projeto, observou-se uma redução de, aproximadamente, 80% do consumo de óleo diesel e a construção de uma agroindústria para beneficiamento da polpa do fruto na comunidade local (ABREU et al., 2010).

Em uma planta piloto de gaseificação em leito fixo concorrente de duplo estágio, foi realizado o abastecimento com lenha de eucalipto na parte superior, e em seguida, a zona de secagem, pirólise, oxidação e redução, foi utilizada para geração do gás combustível para alimentar um motor da marca MWM convertido para ciclo Otto de 50 KVA. A quantidade média de substrato consumido foi de 49,6 kg.h⁻¹ com teor de umidade médio de 16,42%. O gaseificador produziu a quantidade de gás de síntese suficiente para suprir a demanda do grupo gerador em potência máxima de 26,4 kW, sem distorções na qualidade de energia gerada (FIGUEIREDO et al., 2012).

Esse mecanismo de geração de energia ainda é muito recente, mas se mostra eficiente e promissor, e ainda está em processo de adequação para as diversas demandas. A possibilidade da utilização de combustível renovável em locais que sofrem com a falta de energia elétrica é um fator importante tanto para o desenvolvimento do local, como para a substituição de combustível não renovável.

1.3. PROPRIEDADES FÍSICAS IMPORTANTES DA BIOMASSA PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA

A umidade expressa em porcentagem (%), é a quantidade de água presente no material em relação a seu peso total (FURTADO et al., 2012). Portanto, é um dos

fatores mais importantes do processo de gaseificação, pois se a umidade da biomassa for elevada será necessária muita energia para iniciar o processo de combustão, reduzindo a energia gerada. O teor de umidade da biomassa influi significativamente na qualidade da matéria seca e, conseqüentemente, na produção de calor (CALEGARI et al., 2005). A umidade da biomassa está diretamente relacionada com o poder calorífico, pois quanto maior é a umidade menor será o poder calorífico gerado, implicando em um maior consumo de biomassa para geração de uma mesma quantidade de energia (SIMIONI et al., 2010).

O teor de umidade pode ser expresso em base úmida ou em base seca (RENDEIRO; NOGUEIRA, 2008). Os mesmos autores relatam que toras deixadas ao ar livre possuem teor de umidade entre 40-50%bu (base úmida), enquanto madeira seca por processos térmicos apresenta umidade de aproximadamente 8-12%bu (base úmida) e biomassa oriunda da produção agrícola apresenta teor de umidade entre 15-30%bu (base úmida). Silveira et al. (2013), em sua pesquisa com nove espécies nativas da Amazônia, observou um teor de umidade na base seca que variou de 65-68%bs.

A densidade ou massa específica aparente é definida como a massa total de biomassa armazenada em um volume, dividido pelo valor desse volume (RENDEIRO; NOGUEIRA, 2008). É um dos melhores indicadores para a determinação da qualidade, pois se correlaciona diretamente com as propriedades mecânicas da madeira. Durante a idade de desenvolvimento da árvore, fatores ambientais e intrínsecos à própria espécie determinam o grau de variação da massa específica no sentido radial e longitudinal, podendo servir como parâmetro de qualidade (VALE et al., 2009).

A determinação da massa específica aparente da madeira é um dos parâmetros mais utilizados para a avaliação da qualidade da madeira, e uma das propriedades físicas mais importantes, pois dela depende a maior parte das demais propriedades (MATTOS et al., 2011). Dentre as várias maneiras de expressar a densidade aparente da madeira, uma das mais úteis é a densidade básica, que é a relação entre a massa absolutamente seca de madeira e o seu volume verde ou completamente saturado de água. Os métodos usados, para obtenção de amostras para determinação da densidade da madeira se dividem em métodos destrutivos e não destrutivos. No método destrutivo é necessário o abate da árvore, no método não destrutivo ou semidestruutivo acontecem apenas pequenas inserções (OLIVEIRA, 2014).

A análise termogravimétrica é a técnica que analisa a variação térmica da massa da amostra, que pode consumir ou liberar energia durante o aquecimento. É determinada

em função da temperatura no decorrer de um tempo estabelecido, enquanto a amostra é submetida a uma taxa controlada do aumento da temperatura. Isso possibilita o conhecimento da alteração que o aquecimento provoca na massa das substâncias, permitindo inferir a faixa de temperatura em que a matéria começa a se decompor. A partir dessa informação pode se obter as reações como a desidratação, oxidação, combustão, gasificação e cinzas (MARTINS et al., 2009).

Segundo o mesmo autor, em seu experimento com fibras de açaí, foi encontrado que a estabilização térmica do caroço é menor que a das fibras, com redução de 50% da massa inicial entre 300°C a 350°C. Essa análise detalha o processo de combustão completa da unidade de massa do combustível de liberação de calor, sendo possível calcular a variação na massa (TG), a derivada da variação de massa (DTG) e o fluxo de calor (DSC), todos em função do aumento gradual e constante da temperatura da amostra (LASFARGUES, 2014).

1.4. A FLORESTA DE VÁRZEA DO ESTUÁRIO DO RIO AMAZONAS

A floresta de várzea corresponde a segunda maior formação vegetal da região amazônica, ocupando aproximadamente 75.880,8 km², e 16% do seu bioma. São áreas inundáveis formadas por solos aluviais resultantes de contínua sedimentação de partículas suspensas nas águas dos rios (SANTOS et al., 2004; MAUÉS et al., 2011). A paisagem das áreas alagáveis resulta da dinâmica hidrogeomorfológica dos sistemas dos rios (WITTMANN et al., 2010). A influência do fluxo das marés na vegetação faz com que as espécies desenvolvam mecanismos de adaptação morfológica, fisiológicas, favorecendo em vários casos a predominância de uma determinada espécie vegetal ao ambiente (MAUÉS et al., 2011).

Entre as espécies que apresentam potencial de uso nas florestas de várzea do estuário amazônico estão a andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), pau-mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) K. Shum.), o açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), tapereba (*Spondias mombin* L.), seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Muell. Arg.), anani (*Symphonia globulifera* L.), pitaíca (*Swartzia racemosa* Benth.) e ucuúba (*Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb.). Essas espécies estão sendo pressionadas pela exploração desordenada e pela ausência de manejo (ALMEIDA; JARDIM, 2011; MAUÉS et al., 2011; RENÓ et al., 2011).

A composição e estrutura florística de florestas de várzeas tem demonstrado que a riqueza em espécies é relativamente baixa quando comparada à floresta de terra firme. Todavia, apresentam elevada área basal e biomassa, resultantes do alto teor de nutrientes dos solos e elevado poder de regeneração (CARIM et al., 2008). A diferença da composição e estrutura ocorre pela fertilidade do solo, frequente umidade e elevadas temperaturas, proporcionando a recuperação da cobertura vegetal com maior rapidez na várzea (QUEIROZ, 2004). As inundações das áreas de várzeas são periódicas podendo ser diárias ou sazonais (SANTOS et al., 2004). Os solos de várzea se originaram a partir de sedimentos pelíticos e areias finas contidas nas águas do rio Amazonas, que precipitaram ao longo da época holocênica, constituindo os solos formados no período quaternário na região da sua foz (QUEIROZ, 2004).

No início dos anos dois mil, a atividade econômica mais importante na várzea era a exploração da madeira, que era responsável por cerca de 10% da produção da Amazônia legal, seguido do extrativismo não madeireiro de palmito do açaí, frutos e óleos essenciais e medicinais, assim como da agricultura de subsistência e ecoturismo (SANTOS, 2005). Menos de uma década depois, o uso da floresta de várzea passou a ser mais não madeireiro com o crescimento do mercado do açaí. Com a extração de frutos e palmito do açazeiro, de sementes de espécies oleaginosas, e da pesca, restringindo o uso da madeira para pequenas construções (ALMEIDA; JARDIM, 2011).

A floresta de várzea foi intensamente explorada para retirada de madeira nas décadas de setenta a noventa. Nesse período ocorreu uma grande exploração do estuário amazônico por duas grandes empresas que retiraram elevadas quantidades de toras, principalmente, de virola e andiroba, para abastecer as indústrias para a confecção de compensados e o mercado de construção civil. As toras eram retiradas por famílias de baixa renda e vendidas para as empresas e revendedores, para complementar a renda familiar (GOMES, 2010; RENÓ et al., 2011). Nesse caso, a madeira não era processada nas comunidades, mas levadas na forma de toras, em grandes jangadas que eram conduzidas pelos rios.

Este cenário de dependência de terceiros e de saída de madeira bruta não mudou muito, pois a mão de obra familiar ribeirinha, na maioria dos casos, ainda não possui capacitação, recursos, incentivos financeiros e equipamentos mais adequados para o beneficiamento da matéria prima. Estes fatores contribuem para que o comércio de madeira serrada ainda seja realizado de forma desigual, com elevado esforço, baixa remuneração dos ribeirinhos, falta de opção de venda de madeira e dificuldades em ter

acesso ao mercado consumidor. A maior parte do lucro da cadeia produtiva da madeira da várzea, acaba ficando com os atravessadores e com os comerciantes nas cidades, que subdividem as peças e plainam a madeira (CASTILHO, 2013).

Atualmente, na comunidade da Ilha das Cinzas foi observado que a cadeia produtiva da madeira das várzeas atende principalmente a população de baixa renda que vive nas periferias das cidades e populações que moram nas margens dos rios para construção de suas casas e palafitas. Com a valorização do açaí, esse tem se tornado o principal sistema produtivo da várzea, enquanto que a produção de madeira serrada vem diminuindo.

1.5. A PRODUÇÃO DE AÇAÍ E GERAÇÃO DE RESÍDUO NO ESTUÁRIO DO RIO AMAZONAS

A palmeira *Euterpe oleracea* Mart., conhecida popularmente como açaí ou açazeiro, pertence à família Arecaceae. É nativa da Amazônia, e pode ser encontrada em grande parte do estuário amazônico. Normalmente, os açazeiros ocorrem de forma agregada, formando maciços naturais conhecidos como açazais, com predominância em áreas de várzeas (CRUZ JUNIOR, 2016). Pode atingir altura de até 25 m, possui caule com até 25 cm de diâmetro, sendo que as folhas são usadas para a cobertura de casas e na confecção de chapéus (PIVETTA et al., 2013). Apresenta, geralmente, touceiras com vários estipes. Em cada estipe podem ser produzidos de 5 a 8 cachos de fruto por ano, mas esta produção pode variar devido a fatores bióticos e abióticos (RECH, 2014).

A produção do fruto de açaí é dividida em dois períodos durante o ano. Na região de Belém, a entressafra acontece no período de alta pluviosidade (primeiro semestre), quando a produção é baixa, enquanto que a safra ocorre no período de baixa precipitação (segundo semestre), chamado de alta estação. Nessa época, a produção do fruto é alta e a polpa apresenta excelente qualidade (SIQUEIRA; FISCH, 2013). Por outro lado, na região de Macapá e das ilhas próximas ao canal norte do rio Amazonas, a situação se inverte. O pico da safra, com maior produção do açaí, ocorre no primeiro semestre (QUEIROZ, 2004).

Os frutos do açaí são do tipo baga, de 1 a 1,5 cm de diâmetro e cor violácea, quase preto. Quando macerados com água, produzem uma suspensão da polpa (vinho de açaí), que constitui um alimento muito apreciado na região Amazônica, em expansão no

mercado nacional e internacional. A valorização do fruto começou a acontecer a partir da década de 90, proporcionando a conservação dos açazais e a diminuição da derrubada dos estipes para o beneficiamento de palmito. Estima-se que mais de 80 mil hectares manejados foram transformados em açazais homogêneos, sendo que essa expansão trouxe lucro para mais de 15 mil produtores do Estado do Pará (HOMMA, 2014).

Cada fruto pesa cerca de um grama, sendo que somente 17% deste é comestível (polpa com casca). O restante representa o caroço, que contém uma semente oleaginosa. São necessários cerca de 2,5 kg de frutos para produzir um litro de suco de açai. Nos locais onde se prepara esse alimento, encontram-se os caroços secos amontoados, representando um resíduo de pouca utilidade para a população local, eventualmente utilizado apenas como adubo de pouca aplicação (EMBRAPA, 2001).

Por outro lado, estudos têm demonstrado que o caroço de açai apresenta várias utilidades como a confecção de artesanato, fertilizante orgânico e potencial para biossorvente de íons metálicos de soluções aquosas (RECH, 2014). O caroço também é utilizado nas indústrias de cerâmica, como insumo energético para gerar calor nos fornos que utilizam combustão de biomassa florestal para produzir telhas e tijolos (CARNEIRO et al., 2013). Além dessas utilidades mencionadas, o caroço de açai está se destacando devido seu potencial energético, ou seja, como uma fonte de biomassa para gerar energia alternativa na Amazônia. Esse uso para suprir a demanda energética de comunidades isoladas presentes no estuário amazônico ainda necessita de mais estudos, voltados principalmente para aprimoração das tecnologias utilizadas no processo de geração de energia a partir do caroço de açai. Essas tecnologias precisam ser mais acessíveis às comunidades, pois esse é um dos principais fatores que inviabilizam sua utilização.

Atualmente, no Pará, o açai juntamente com o cacau e a serragem tem sido testados para a fabricação de briquetes energéticos. O briquete pode ser composto por 50% de caroço de açai, 30% de serragem e 20% de casca de cacau, que juntos apresentam um poder calorífico superior de $3.71 \text{ kcal.kg}^{-1}$. Se a composição for de 45% de caroço de açai, 50% de serragem e 5% de casca de cacau, o poder calorífico superior é de $3.801 \text{ kcal.kg}^{-1}$ (ABREU et al., 2010).

O açai é um dos produtos mais importantes na economia, vida alimentar e cultural da população regional da Amazônia, constituindo a base alimentar cotidiana.

Seu consumo gera elevada disponibilidade de resíduos, sendo que este ainda não tem uma destinação econômica adequada (SILVA et al., 2004).

O Estado do Pará é o maior produtor nacional de açaí com 112.676 t.ano⁻¹ do fruto. Deste total 93.521 t.ano⁻¹ é de resíduo (caroço), ou seja, aproximadamente 83% (IBGE, 2014). Em 2015, a produção de açaí foi de 216.071 t.ano⁻¹, representando um acréscimo de 9% em relação a 2014. O Estado do Pará produziu 58,3% do total de açaí produzido, seguido do Amazonas com 30,4%, Maranhão, Acre, Amapá, Rondônia e Roraima, que representaram juntos 11,3% da produção (IBGE, 2015).

Alguns sistemas de manejo têm sido propostos para aumentar a produção de açaí (QUEIROZ; MOCHIUTTI, 2012). O reflexo da valorização do fruto estimulou a implantação de cultivos de açaí em áreas de terra firme que é uma alternativa para aumentar a produção e vem se expandindo nos estados da Amazônia (JARDIM et al., 2007). Atualmente, os cultivos representam 20% da produção de açaí, mas quando comparados com o manejo na várzea, necessitam de fertilização e de um sistema de irrigação eficaz, caracterizando-se como um sistema dependente de altos investimentos. No entanto, estima-se que a atividade típica da agricultura familiar nas áreas de várzea destaca-se com 80% da produção no estuário amazônico devido à área de várzea apresentar condições favoráveis como solo fértil e teor de umidade adequado para o desenvolvimento das estipes (RODRIGUES et al., 2015).

1.6. A PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS

No bioma amazônico, existem cerca de 230 espécies aproveitadas pela indústria madeireira, em uma área de aproximadamente 3,6 milhões de km², que equivale a 42% da área total do Brasil. No entanto, apenas 50 espécies são responsáveis por 80% da produção (BARBOSA et al., 2001). A Região Amazônica se destaca no cenário florestal nacional como grande geradora de resíduos provenientes do processamento da madeira (MELO et al., 2012).

Resíduos industriais florestais são definidos como os subprodutos decorrentes dos desdobros primários e secundários, necessários para utilização da madeira. Dessa forma são resíduos, a casca, a costaneira, as pontas, as aparas, as lascas, os nós, o pó de serra e as maravalhas (NUMAZAWA et al., 2003). Os resíduos das serrarias podem ser provenientes de diferentes espécies, fato esse que deve ser levado em consideração.

Os resíduos são gerados após processamento das toras para produção de madeira beneficiada (tábua, pranchas, caibro, ripa e barrotes), madeira laminada (lâminas com várias espessuras e bitolas), compensados de madeira (madeirite, aglomerado, placas), artefatos (esquadrias, lambris, assoalhos, portas, janelas, pernamancas, molduras para quadros, decks de piscina, brinquedos e utilidades de cozinha), móveis e produtos finais (SANTANA, 2003). A qualidade do produto, assim como sua diferenciação, depende do destino final do mesmo. A eficiência do processamento e a consequente geração de resíduos dependem do tipo de empresa e das espécies que estão sendo beneficiadas.

Durante o processamento, os rendimentos obtidos pelas serrarias no desdobro da madeira variam de uma região para outra e de uma indústria para outra, sendo o diagnóstico fundamental para estabelecer as possibilidades de aproveitamento. O rendimento na produção de madeira serrada é de, aproximadamente, 36%, enquanto para laminados e compensados está em torno de 40% (PINHEIRO et al., 2004). Esse baixo aproveitamento decorre de falta de otimização na exploração madeireira na Amazônia, que desperdiça, desnecessariamente, um grande volume de madeira tanto na floresta quanto nas indústrias (BRAZ et al., 2014). Em geral, a abundância de matéria-prima em determinadas regiões contribui para o baixo aproveitamento dos resíduos.

Na Amazônia, durante o ano de 2009 foram extraídos mais de 8 milhões de metros cúbicos de resíduos, originados do processamento de 14,2 milhões de metros cúbicos de tora, com uma produção de 5,8 milhões de metros cúbicos de madeira serrada, laminados, compensados e produtos beneficiados (BRAZ et al., 2014). Isso gerou receita bruta de R\$ 4,94 bilhões e mais de 200 mil empregos (HUMMEL et al., 2010). Estima-se que 6,3 milhões de metros cúbicos desses resíduos foram aproveitados na produção de carvão, geração de energia e outros, sendo que os 2,1 milhões restantes foram queimados ou abandonados como entulho (BRAZ et al., 2014). O setor representa 1,2% do PIB nacional e gera 2,1 milhões de empregos. As projeções para 2020 indicam uma produção de 77 milhões de metros cúbicos na Amazônia, sendo que a estimativa da taxa de crescimento das exportações de produtos primários de madeira sólida (madeira serrada, compensado e laminado) até o ano de 2025 é de 127,8% (HEINRICH, 2010).

Na Amazônia, o Estado do Pará é o principal produtor de madeira, tendo suas principais atividades econômicas desenvolvidas no processo a extração, o desdobro e o beneficiamento. No ano de 1998 no Estado, foram consumidos aproximadamente 11 milhões de metros cúbicos de madeira em tora (PINHEIRO et al., 2004).

No Pará, assim como no Amapá, a madeira é proveniente tanto da floresta de terra firme, quanto da floresta de várzea. A madeira da várzea é mais barata e atende, principalmente, populações de baixa renda para construção de suas casas. Nas estâncias que vendem, basicamente madeira serrada da várzea, nas cidades de Macapá e Santana, foram comercializados, aproximadamente, 40.000 m³ de madeira, movimentando em torno de 16 milhões de reais, no ano de 2012 (CASTILHO, 2013).

No caso da madeira da várzea, os donos das estâncias e atravessadores, que levam os produtos processados pelas microserriarias ribeirinhas para as estâncias, ficam com quase totalidade do lucro da atividade. Pouco resta para remunerar a mão de obra familiar ribeirinha, que na maioria dos casos não possui capacitação, recurso, incentivos financeiros e equipamentos mais adequados para o beneficiamento da matéria-prima. Estes fatores contribuem para que o comércio de madeira serrada ainda seja realizado de forma desigual, com elevado esforço, baixa remuneração dos ribeirinhos, falta de opção de venda de madeira e dificuldades de acesso ao mercado consumidor (CASTILHO, 2013).

Em 2009, no estuário amazônico (Pará e Amapá), foram extraídos 1,9 milhão de metros cúbicos de tora, 700.000 m³ de madeira processada, gerando 25.000 empregos diretos e indiretos. Em 2010, a produção de madeira no Amapá em tora foi de 310.506 m³ e em 2011, esta produção foi de 427.809 m³ (IBGE, 2012). O volume de madeira em tora que aparece nas estatísticas oficiais, muitas vezes é proveniente da medição da madeira empilhada, o chamado volume estéreo. Isso pode gerar imprecisão nas estimativas de produção de resíduos e no verdadeiro volume de madeira consumida no setor madeireiro (GATTO et al., 2003).

Para avaliar a produção de resíduos, o rendimento e a qualidade do processamento para geração de madeira serrada, deve-se levar em consideração o fator de conversão de estéreo para m³ sólido. O fator médio de conversão é de 0,61 e 0,56 m³ para eucaliptos e nativas, respectivamente. Sendo que o teor de umidade médio na base seca para combustão da madeira é de 32% para o planejamento do aproveitamento dos resíduos para geração de energia (GATTO et al., 2003; PEDROSA et al., 2013).

A umidade da biomassa é um dos fatores que vai influenciar na determinação do poder calorífico e na capacidade de geração de energia. O poder calorífico é tido como à característica mais importante, pois representa a quantidade de calor liberada pela combustão completa da unidade de massa do combustível (ELOY, 2013). Sendo que o poder calorífico superior (PCS) é obtido através da bomba calorimétrica a partir do

combustível seco, a combustão ocorre a volume constante a água formada é condensada e o calor resultante, é recuperado. O poder calorífico inferior (PCI) é a energia efetivamente disponível por unidade de massa de combustível após perda da umidade e leva em consideração o PCS (CINTRA, 2009).

Para densidade a granel de serragem, podem ser adotados os valores na faixa de 150 kg.m^{-3} (madeira leve) a 250 kg.m^{-3} (madeira pesada) e a densidade energética na faixa de 450.000 a 600.000 kcal.m^{-3} , considerando tratar-se do PCI com densidade a granel (PINHEIRO et al., 2005). As propriedades físicas mais importantes dos resíduos para a utilização energética são a umidade e a densidade energética, que é a energia por unidade de volume de um combustível (PINHEIRO et al., 2004).

A avaliação da disponibilidade de biomassa em floresta de várzea, para comunidades isoladas no estuário amazônico, é importante, pois visa subsidiar medidas que promovam o desenvolvimento local por meio do uso e conservação da biodiversidade. Com o monitorando da produção e do potencial energético presente na biomassa oriunda do caroço de açaí e resíduos das serrarias de pequeno porte, pode-se planejar de maneira mais adequada a instalação de sistemas para geração de energia de biomassa e atendimento das comunidades ribeirinhas.

Após o embasamento teórico pesquisado para elaboração do projeto aqui apresentado, foram elaboradas as hipóteses do trabalho, a partir das perguntas orientadoras e problemas detectados, como a disposição inadequada dos resíduos, que direcionaram o planejamento da dissertação. Assim, a dissertação foi dividida em dois capítulos, em função das duas fontes de biomassa estudadas, que são as principais existentes na região na forma de resíduos: o primeiro enfatiza a produção e potencial energético do caroço do açaí e o segundo se refere à produção e resíduos das serrarias familiares, em áreas de várzea do estuário do rio Amazonas.

2. HIPÓTESES

As perguntas orientadoras do trabalho foram:

- A sazonalidade e a capacidade produtiva das áreas podem afetar a produção de açaí *in natura* e a quantidade de caroço gerado? Como monitorar o sistema produtivo de açaí, para gerar dados de consumo no local? Quais as características energéticas do caroço de açaí e qual a demanda elétrica de uma típica família ribeirinha?
- Qual o rendimento de madeira serrada e potencial de geração de resíduos em microsserarias familiares da área de várzea? O rendimento é diferenciado em função das espécies serradas e dos tipos de resíduos?

As hipóteses levantadas para responder às perguntas foram as seguintes:

- A sazonalidade influencia a proporção polpa/caroço constituintes do fruto de açaí e a produção, que aumenta no período de safra, durante o período mais chuvoso. Calendários adaptados para preenchimento pelas famílias podem ser usados para monitoramento do sistema produtivo do açaí. A biomassa do caroço de açaí apresenta maior entalpia em temperaturas elevadas e pode ser utilizada para atender a baixa demanda energética das famílias da Ilha das Cinzas.
- As microsserarias familiares das áreas de várzea apresentam baixo rendimento de madeira serrada, com maior quantidade de resíduos gerados do que produto final. A quantidade de biomassa gerada de resíduos é diferenciada em função da espécie arbórea e do tipo de resíduo.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar atributos energéticos, sistemas produtivos e a disponibilidade de biomassa de resíduos em comunidade isolada no estuário do rio Amazonas, visando subsidiar medidas que promovam a geração de energia de biomassa e o desenvolvimento local por meio do uso e conservação da biodiversidade.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fazer o levantamento da quantidade de biomassa disponível de caroço de açaí, e em resíduos das serrarias familiares de pequeno porte.
- Analisar características energéticas do caroço e determinar a demanda por energia de uma típica residência de família ribeirinha.
- Avaliar se o uso do calendário estilizado é eficiente para monitorar o sistema de produção de açaí, e as relações da produtividade com a sazonalidade.
- Quantificar os resíduos e analisar o rendimento das serrarias, verificando as relações com o tipo de espécie serrada na Ilha e com os tipos de resíduos.

4. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. de M. **Aproveitamento energético da biomassa eucalyptus a partir da gaseificação para utilização na geração de energia**. 2014. 52f. Monografia (Bacharel em Química Tecnológica) Universidade de Brasília.

ABREU, Y. V. de.; SILVA, C. M. da.; NASCIMENTO, H. R.; GUERRA, S. M. G. Aproveitamento da biomassa florestal: produção de energia verde no Brasil. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural, 2010, Campo Grande – MS. **Anais**. Grande – MS: SOBER, Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural, 2010, p.1-16.

ALMEIDA, A. F.; JARDIM, M. A. G. Florística e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta de várzea na Ilha de Sororoca, Ananindeua, Pará, Brasil. **Revista Scientia Forestalis**, v.39, p.191-198, 2011.

BARBOSA, A. P.; VIANEZ, B. F.; VAREJÃO, M. J.; ABREU, R. L. S. Considerações sobre o perfil tecnológico do setor madeireiro na Amazônia Central. **Parcerias estratégicas**, v.6, p.42-61, 2001.

BRAZ, R. L., NUTTO, L.; BRUNSMEIER, M., BECKER, G.; SILVA, D. A. da. Residues from forest harvesting and wood processing in the Amazon - an analysis of the production chain. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.5, p.168-181, 2014.

BROOK, B. W.; BRADSHAW, C. J. A. Key role for nuclear energy in global biodiversity Conservation. **Conservation Biology**, v.29, p.702–712, 2015.

CALEGARI, L.; FOELKEL, C. E. B.; HASELEIN, C. R.; ANDRADE, J. L. S. de; SILVEIRA, P.; SANTINI, E. J. Características de algumas biomassa usadas na geração de energia no sul do Brasil. **Biomassa & Energia**, v.2, p.37-46, 2005.

CASTILHO, N. T. F. **Manejo da regeneração natural e produção de madeira pau mulato em floresta de várzea do estuário Amazônico**. 2013. 95f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amapá.

CARIM, M. de J. V.; JARDIM, M. A. G.; MEDEIROS, T. D. S. Composição Florística e Estrutura de Floresta de Várzea no Município de Mazagão, Estado do Amapá, Brasil. **Scientia Forestalis**, v.36, p.191-201, 2008.

CRUZ JUNIOR, F. de O. **Caracterização morfológica e da produção de frutos de populações de açaizeiros estabelecidas em Mazagão**. 2016. 80f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amapá.

CARNEIRO, J. da S.; CAVALCANTE, B. da S.; SILVA, M. D. de B.; SILVA, R. de S. Estudo de viabilidade do aproveitamento energético da queima de caroços de açaí produzidos no município de Castanhal-PA. **Amazônia em Foco**, v.2, p.47-63, 2013.

CERQUEIRA, P. H. A. de C.; VIEIRA, G. C.; BARBERENA, I. M.; MELO, L. C.; FREITAS, L. C. de. Análise dos Resíduos Madeireiros Gerados Pelas Serrarias do Município de Eunápolis-BA. **Floresta e Ambiente**, v.19, p.506-510, 2012.

CINTRA, T. C. **Avaliações energéticas de espécies florestais nativas plantadas na região do Médio Paranapanema, SP.** 2009. 85f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

EMBRAPA. **Características químico-bromatológica do caroço de açaí.** CT/193, EMBRAPA-CPAF, Rondônia. 2001.

ELOY, E. **Quantificação e caracterização da biomassa florestal em plantios de curta rotação.** 2013. 89f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria.

FARIAS, J. E. dos S. **Manejo de açazais, riqueza florística e uso tradicional de espécies de várzeas do estuário amazônico.** 2012. 112f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Amapá.

FURTADO, T. S.; FERREIRA, J. C.; BRAND, M. A.; NEVES, M. D. Correlação entre teor de umidade e eficiência energética de resíduos de pinus Taeda em diferentes idades. **Revista Árvore**, v.36, p.577-582, 2012.

FIGUEIREDO, F. L.; FERNANDES, F.; PETRUCCI, A. L.; F. FILHO, R.; MARSURA, M. Produção de energia elétrica através da biomassa em sistema de gaseificação concorrente e grupo gerador com capacidade de 50 KVA. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, v.33, p.165-174, 2012.

GATTO, D. A.; SANTINI, E. J.; DURLO, M. A. Características da lenha produzida na região da quarta colônia de imigração italiana do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v.13, p.7-16, 2003.

GOMES, H. S. R. **Estrutura populacional e produção de andiroba em terra firme e várzea no sul do Amapá.** 2010. 71f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amapá.

GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia. **Química Nova**, v.32, p.582-587, 2009.

HOMMA, A. K. O. **Extrativismo vegetal na Amazônia : história, ecologia, economia e domesticação.** Brasília, DF : Embrapa, 2014. 468p.

HEINRICH, D. **Simulação da produção de madeira serrada.** 2010. 157f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

HUMMEL, A. C.; ALVES, M. V. DA. S.; PEREIRA, D. S.; VERÍSSIMO, A.; SANTOS, D. A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados. **Imazon e Serviço Florestal Brasileiro - SFB**, Belém/Brasília A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados. 2010.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** Rio de Janeiro-RJ: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2012, 271p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. Rio de Janeiro-RJ: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2014, 54p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. Rio de Janeiro-RJ: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2015, 46p.

JARDIM, M. A. G.; SANTOS, G. C. dos.; Medeiros, T. D. S.; . Francez, D. da C. Diversidade e estrutura de palmeiras em floresta de várzea do estuário amazônico. **Amazônia: Ci. & Desenvolvimento**, v.2, p.67-84, 2007.

LASFARGUES, M. **Nitrate based High Temperature Nano-Heat-Transfer-Fluids: Formulation & Characterisation**. 2014. 184f. Thesis (Doutor) - The University of Leeds Institute of Particle Science & Engineering (IPSE).

MAUÉS, B. A. R.; JARDIM, M. A. G.; BATISTA, F. de J.; MEDEIROS, T. D. S. QUARESMA, A. da C. Composição florística e estrutura do estrato inferior da floresta de várzea na área de proteção ambiental Ilha do Combu, município de Belém, estado do Pará. **Revista Árvore**, v.35, p.669-677, 2011.

MARINHO, H. A. de M. P. Estados Unidos: o contexto dos anos 1970 e as crises do petróleo. **Revista História em Reflexão**, v.4, p.1-10, 2010.

MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C.; PESSOA J. D. C. Comportamento térmico e caracterização morfológica das fibras d mesocarpo e caroço do açaí (*Euterpe oleracea* mart.). **Revista Brasileira Fruticultura**, v.31, p.1150-1157, 2009.

MATTOS, B.D. et al. Variação axial da densidade básica da madeira de três espécies de gimnospermas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, p.121-126, 2011.

MELO, L. E. de L.; SILVA, C. de J.; LOPES, K. V.; BRITO, P. G. M. de.; SANTOS, I. S. Resíduos de Serraria no Estado do Pará: Caracterização, Quantificação e Utilização Adequada. **Floresta e Ambiente**, v.19, p.113-116, 2012.

MONTEIRO, J. H. A. **Planejamento energético para pequenas comunidades da Amazônia: um estudo de caso da comunidade quilombola de Genipaúba-Abaetetuba-Pará**. 2008. 99f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Pará.

NUMAZAWA, S.; CARVALHO, M. S. P.; BRANDÃO, A.T.O.; ALVES. R. L.; RODRIGUES, A.F. **Determinação do índice de conversão da tora em madeira serrada de oito espécies florestais processadas na empresa Comércio Madeira Dunorte Ltda**. Congresso Internacional de Compensado e madeira Tropical. Belém, 2003.22p.

OLIVEIRA, G. M. V. **Densidade da madeira em Minas Gerais: amostragem, espacialização e relação com variáveis ambientais**. 2014. 126f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ONU. **Energia Sustentável para Todos: Rio+20 o futuro que queremos, Rio de Janeiro, 2012.** Disponível em: <http://www.onu.org.br/rio20/temas-energia/>. Acesso em: 26 de jan. de 2016.

PEREIRA, E. M. O Ouro Negro: Petróleo e suas crises políticas, econômicas, sociais e ambientais na 2ª metade do século XX. **Outros Tempos**, v.5, p.54-72, 2008.

PEDROSA, T. D.; Mascarenhas, A. R. P.; Melo, R. R.; Stangerlin, D. M. Estimativa da biomassa em um plantio de *Eucalyptus grandis* na região Centro-Oeste. **Revista Scientia Plena**, v.9, p.1-7, 2013.

PINHEIRO, G. F.; RENDEIRO, G.; PINHO, J. T. Resíduos do setor madeireiro: aproveitamento energético, **Biomassa & Energia**, v.1, p.199-208, 2004.

PINHEIRO, G. F.; RENDEIRO, G.; PINHO, J. T. Densidade Energética de Resíduos Vegetais. **Biomassa & Energia**, v.2, p.113-123, 2005.

PINTO, A. C.; ZUCCO, C.; GALEMBECK, F.; ANDRADE, J. B. de.; VIEIRA, P. C. QUÍMICA SEM FRONTEIRAS. **Química Nova**, v.35, p.2092-2097, 2012.

PIVETTA, K. F. L.; LUZ, P. B. da. Efeito da temperatura e escarificação na germinação de Sementes de *Euterpe oleracea* (mart.) (Arecaceae). **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.13, p.83-88, 2013.

QUEIROZ, J. A. L. de. **Fitossociologia e distribuição diamétrica em floresta de várzea do estuário do rio Amazonas no Estado do Amapá.** 2004. 113f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Amapá.

QUEIROZ, J. A., MOCHIUTTI, S. **Guia prático de manejo de açazais para produção de frutos.** Macapá: Embrapa Amapá, 2012, 36p.

QUEIROZ, A. L. de. **Guia prático de manejo florestal para produção de frutos de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e de outros produtos de valor econômico no estado do Amapá.** Macapá: IEPA, 2007, 38p.

WITTMANN, F.; SCHONGART, J.; BRITO, J. M. de; WITTMANN, A. de O.; PIEDADE, M. T. F.; PAROLIN, P.; JUNC, W. J.; GUILLAUMENT, J. L. **Manual de áreas de várzea da Amazônia Central.** Editora INPA, 2010, 286p.

RENÓ, V. F.; Novo, E. M. L. M.; Almeida-Filho, R.; Suemitsu, C. Mapeamento da Antiga Cobertura Vegetal de Várzea do Baixo Amazonas a Partir de Imagens Históricas (1975-1981) do Sensor MSS-Landsat. **Acta Amazônica**, v.4, p.47- 56, 2011.

RECH, A. L. **Biossorção de íons metálicos utilizando caroço de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) como adsorvente alternativo.** 2014. 129f. Tese (Doutorado) Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

RENDEIRO, G.; NOGUEIRA, M. F. M. **Combustão e gaseificação de biomassa sólida.** Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008, 192p.

REZENDE, A. V.; VALE, A. T. do.; SANQUETTA, C. R.; FIGUEREDO FILHO, A.; FELFILI, J. M. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado *sensu stricto* em Brasília, DF. **Scientia Forestalis**, v.71, p.65-76, 2006.

RODRIGUES, E. C. N.; RIBEIRO, S. da C. A.; SILVA, F. L. da. Influência da cadeia produtiva do açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.) na geração de renda e fortalecimento de unidades familiares de produção, TOMÉ AÇU-PA. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v.210, p.1-23, 2015.

SANTANA, A. C. de. Análise da competitividade sistêmica da indústria de madeira no estado do Pará. **Revista de economia e agronegócio**, v.1, p.1–26, 2003.

SANTIAGO, F. L. S. **Aproveitamento de resíduos florestais de Eucalyptus spp na indústria de fabricação de celulose para geração de energia térmica e elétrica**. 2013. 109f. Tese (Doutorado) Faculdade de Ciência Agrônômicas da Unesp.

SANTOS, M. T. dos. **Aprendizados do projeto de manejo dos recursos naturais da várzea- ProVárzea**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005, p.1-53.

Santos, S. R. M. dos.; Miranda, I. de S.; Tourinho, M. M. Análise florística e estrutural de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. **Acta Amazônica**, v.34, p.251–263, 2004.

SANTIAGO, A. **Energia em Oiapoque será gerada por hidrelétrica de pequeno porte em 2019**. Disponível em: <http://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/2015/12/energia-em-oiapoque-sera-gerada-por-hidreletrica-de-pequeno-porte-em-2019.html>. Acesso em: 12 de dez. de 2015.

SILVEIRA, L. H. C.; REZENDE, A. V.; VALE, A. T. Teor de umidade e densidade básica da madeira de nove espécies comerciais amazônicas. **Acta Amazônica**, v.43, p.179-184, 2013.

SIMIONI, F. J.; HOEFLICH, V. A. Cadeia produtiva de energia de biomassa na região do planalto sul de santa catarina: uma abordagem prospectiva. **Revista Árvore**, v.34, p.1091-1099, 2010.

SIQUEIRA, R. R.; FISCH, S. T. V. Adequação do currículo escolar à peculiaridade da população ribeirinha: influência da colheita do açaí na ilha do Combu, Belém, PA. **Revista Ambiente & Água**, v.8, p.8-23, 2013.

SILVA, I. T.; ALMEIDA, A. C.; MONTEIRO, H. A.; SILVA, I. M. O.; ROCHA, R. P. R.. 2004. **Uso do Caroço de Açaí como Possibilidade de Desenvolvimento Sustentável do Meio Rural, da Agricultura Familiar e de Eletrificação Rural no Estado do Pará**.in E. E. Meio, editor.

SOARES, T. S.; CARNEIRO, A. de C. O.; GONÇALVES, E. de O.; LELLES, J. G. de. Uso da biomassa florestal na geração de energia, revista científica eletrônica de engenharia florestal. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v.4, p.1-9, 2006.

VALE, A. T. do.; ROCHA, L. R.; Menezzi, C. H. S. D. Massa específica básica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* cultivado em cerrado. **Revista Scientia Forestalis**, v.37, p.387-394, 2009.

VIEIRA, S. A.; ALVES, L. F.; AIDAR, M.; ARAÚJO, L. S.I.; BAKER, T.; BATISTA, J. L. F.; CAMPOS, M. C.; CAMARGO, P. B.; CHAVE, J.; DELITTI, W. B. C.; HIGUCHI, N.; HONORIO, E.; JOLY, C. A.; KELLER, M.; MARTINELLI, L. A.; MATTOS, E. A. DE.; METZKER, T.; PHILLIPS, O.; SANTOS, F. A. M. DOS.; SHIMABUKURO, M. T.; SILVEIRA, M.; TRUMBORE, S. E. Estimation of biomass and carbon stocks: the case of the Atlantic Forest. **Biota Neotropica**, v.8, p.21-29, 2008.

**CAPÍTULO 1 - PRODUÇÃO DE AÇAÍ E POTENCIAL ENERGÉTICO DO
CAROÇO EM FLORESTA DE VÁRZEA NO ESTUÁRIO AMAZÔNICO**

RESUMO

Existe uma preocupação atual da sociedade em reduzir o consumo de combustíveis fósseis e utilizar fontes de energia renovável, principalmente para atender a demanda de famílias que vivem distantes do sistema nacional de fornecimento elétrico. O trabalho teve por objetivo avaliar as variações sazonais e ambientais da produtividade de açaí, da biomassa do caroço, assim como sua caracterização energética. As atividades foram realizadas no município de Gurupá-PA, na Ilha das Cinzas. O sistema de produção de açaí pelos agroextrativistas, para venda e consumo, foi testado com monitoramento de 50 calendários estilizados preenchidos por famílias da Ilha, no 2º semestre de 2015 e 1º semestre de 2016. Foi realizado mapeamento dos açazais da Ilha, avaliada a produtividade e o processamento do fruto. Foram selecionadas, aleatoriamente, 10 famílias na Ilha para avaliar o processamento do fruto e geração do caroço. Foi quantificada a massa específica aparente a granel a 30% (após despolpamento) e 0% (massa após estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$). Foi calculada a umidade do caroço na base seca e úmida, na safra e entressafra, e realizada a análise termogravimétrica. Com o uso de questionários estimou-se a demanda energética das dez famílias ribeirinhas pré-selecionadas. A técnica de monitoramento se mostrou eficaz, identificando bem o período de safra, que ocorre de maio a setembro, podendo assim ser utilizada para estimar o potencial de biomassa de caroço na Ilha e sua variação ao longo do ano. Observou-se também que ocorre variação significativa da produtividade em função da diferença na intensidade do manejo e da sazonalidade. A sazonalidade também influencia o teor de polpa e rendimento de caroço. O teor médio de polpa foi de 21% e de caroço 79%. A massa específica aparente a granel média a 30% foi de $0,7 \text{ g.cm}^{-3}$ e a massa a granel a 0% foi de $0,5 \text{ g.cm}^{-3}$, tanto na safra como na entressafra. A umidade na base úmida na safra e entressafra foi de 30% e a umidade na base seca na safra foi de 43% e entressafra 42%. Observou-se que o consumo médio de óleo diesel é de, aproximadamente, $134,3 \text{ L.mês}^{-1}$ e a demanda energética média é de $252,76 \text{ Kwh.mês}^{-1}$, por família. A massa específica e liberação de calor do caroço o habilitam ao uso energético, cuja otimização depende de equipamento que consiga manter temperaturas acima de 300°C durante o processo.

Palavras-Chave: bioenergia; biomassa; *Euterpe oleracea*; Ilha das Cinzas.

ABSTRACT

There is a current concern of society to reduce the consumption of fossil fuels and to use sources of renewable energy, mainly to meet the demand of families that live far from the system of electric supply due to the low purchasing power. The objective of this work was to evaluate the seasonal and environmental variations of açai productivity, of the biomass of the lump, as well as its energetic characterization. The work was carried out in the municipality of Gurupá-PA, in the Ilha das Cinzas. The system of açai production for agroextractivists, for sale and consumption, was tested with monitoring of 50 stylized calendars filled by families of the Ilha das Cinzas (Gurupá-PA), half of 2015 and start of 2016. Açais mapping of the Island was carried out, evaluating the productivity and the fruit processing. Ten families were randomly selected on the Island to quantify density apparent granel at 30% (after pulping) and 0% (mass after oven at $105 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$). Humidity in the dry and humid base at harvest and out of season. Through questionnaires the energy demand of the ten pre-selected riverine families was estimated. The thermogravimetric analysis was performed through the residue. The monitoring technique was effective, identifying well the harvest period, which occurs from May to September, and can be used to estimate the potential of the biomass from lump on the Island and its variation throughout the year. It was also observed that significant variation of productivity occurs due to the differentiation of the management capacity and the seasonality. Seasonality also influences pulp content and yield from lump. The pulp content was 21% on average and the lump content was 79%. The apparent density at granel 30% was 0.7 g.cm^{-3} and the density granel 0% was 0.5 g.cm^{-3} both in the harvest and in the off season. Humidity in the harvest and off season was 30% and the average moisture content in the harvest was 43% and 42% in the off season. Through the applied questionnaires it was observed that the average consumption of diesel oil is approximately $134.30 \text{ L.month}^{-1}$ and the average energy demand is $252.76 \text{ Kwh.month}^{-1}$ per family. The specific mass and release of calories from the lump enable it to use energy, whose optimization depends on equipment that can keep temperatures above 300°C during the process.

Keywords: bioenergy; biomass; *Euterpe oleracea*; Ilha das Cinzas.

1. INTRODUÇÃO

A palmeira *Euterpe oleracea* Mart. é conhecida popularmente como açaí ou açazeiro. É uma palmeira nativa da Amazônia, que pode ser encontrada em grande parte do estuário amazônico. Frequentemente, formam maciços naturais conhecidos como açazais, com predominância nas florestas de várzeas (CRUZ JUNIOR, 2016). O açazeiro pode atingir até 25 m de altura, já o diâmetro do caule varia de 15 a 25 cm e geralmente forma touceiras com vários estipes (PIVETTA; LUZ, 2013).

Nas várzeas do estuário amazônico, os solos são férteis devido à influência da dinâmica das marés e sedimentos trazidos pelo rio Amazonas (PINTO, 2014). A fertilidade e a irrigação trazidas naturalmente para os açazeiros, quando as marés inundam a floresta, favorecem os sistemas de manejo que visam aumentar sua produtividade primária.

A produção do fruto de açaí é marcada pela sazonalidade, dividida em dois períodos durante o ano: a entressafra, de baixa produção e preço elevado, e a safra, de alta produção, quando, normalmente, os preços caem. O período de safra é diferenciado nos lados opostos do estuário do rio Amazonas (QUEIROZ; MOCHIUTTI, 2001). Nas regiões mais próximas a Belém-PA, a safra ocorre no período menos chuvoso (verão amazônico), de agosto a dezembro, com pico de produção no mês de novembro. Nas várzeas do canal norte do rio Amazonas, mais próximas a Macapá-AP, a safra ocorre no período mais chuvoso, com maior produção no mês de julho (CRUZ JUNIOR, 2016). A baixa produção no período de entressafra tem dificultado o atendimento constante da crescente demanda por açaí, que atingiu mercados fora da região Norte e do Brasil.

A comercialização do açaí vem crescendo a taxas elevadas nos últimos anos, principalmente em estados do sudeste do Brasil. O comércio também se expandiu para outros países como Estados Unidos, Japão, China e alguns europeus (CRUZ JUNIOR, 2016). O valor da produção em 2015 foi de, aproximadamente, R\$ 480,6 milhões, representando um aumento de 9 % na produção em relação ao ano anterior. Na região norte o açaí representa 93,1% do extrativismo não madeireiro (IBGE, 2015). O fruto representa, aproximadamente, 70% da renda dos extrativistas ribeirinhos (ARAÚJO; NAVEGANTES-ALVES, 2015). O caroço, que é o resíduo do processamento do fruto, vem sendo testado para vários usos, dentre eles, como fonte de energia em caldeiras, devido ao seu alto teor energético (TOWNSEND et al., 1999). Outros trabalhos também têm apontado o potencial energético do caroço de açaí para atender às demandas

energéticas dos moradores do estuário amazônico, evitando assim seu descarte em locais inadequados, o que pode trazer problemas ambientais (RENDEIRO; NOGUEIRA, 2008).

O aumento na demanda e abertura de novos mercados para a polpa de açaí, com consequentes melhorias nos preços, induziram os agroextrativistas a buscarem aumentos na produção do fruto. Nas florestas de várzea do estuário do rio Amazonas isso se deu pela ampliação das áreas manejadas empiricamente pelos agroextrativistas (ARAÚJO; NAVAGANTES-ALVES, 2015). O manejo empírico dos ribeirinhos não segue recomendações técnicas, como a necessidade de realização de inventários para o planejamento do manejo (FREITAS et al., 2015). É realizado com diferentes níveis de intervenção na floresta, por práticas como desbaste de outras espécies que competem por luz e nutrientes e enriquecimento com mudas de açaí, e pode ser classificado como manejo leve, manejo moderado e manejo intenso (ARAÚJO; NAVAGANTES-ALVES, 2015).

Dessa forma, o manejo de açaizais nativos tornou-se um dos principais sistemas produtivos da Amazônia. Além do aumento da produção de frutos usados para alimentação e comercialização pelas famílias, gera também elevada quantidade de biomassa, na forma de caroço, gerada após retirada da polpa e também pode ser utilizada. Apesar dos reconhecidos benefícios do manejo empírico dos açaizais é preciso estar atento a possíveis problemas. A expansão do manejo está provocando redução da biodiversidade da floresta manejada com tendência a formação de monocultivos (FREITAS et al., 2015).

No estuário do rio Amazonas, várias comunidades que vivem nas margens dos rios, ainda dependem de Sistemas Isolados para geração de energia. Esses sistemas se caracterizam pela geração predominantemente térmica, a base de óleo diesel. Nesses locais, não existe fornecimento de combustível e as famílias dependem do transporte do mesmo em recipientes de plástico dentro das embarcações, o que é proibido segundo o item 5.3 da norma ABNT NBR15594-1:2008 (CHAMBRIARD, 2017). Essas operações de transporte de inflamáveis líquidos ou gasosos, em quaisquer vasilhames, são consideradas de alta periculosidade. Além da ilegalidade, esses combustíveis chegam às comunidades isoladas com um preço bem mais elevado.

Apesar da valorização progressiva do açaí e sua semente, ainda não se tem um sistema efetivo de monitoramento da produção e da geração de caroço nas comunidades que trabalham com esse sistema produtivo. Várias políticas públicas que têm sido

destinadas ao fomento desse sistema produtivo, são embasadas em dados secundários, ou apenas em dados de comercialização, sem considerar o elevado consumo de açaí que existe nas próprias comunidades. No caso da utilização do caroço, para geração energética em comunidades isoladas, é fundamental determinar o consumo das famílias, do qual depende a disponibilidade do caroço na comunidade.

Diante dessa problemática, o trabalho teve por objetivo geral realizar o monitoramento do sistema produtivo de açaí e estudar o potencial energético do caroço, visando subsidiar medidas que promovam o desenvolvimento local por meio do uso e conservação da biodiversidade. Os objetivos específicos foram: 1) avaliar se o uso do calendário estilizado é eficiente para monitorar a produção de açaí; 2) avaliar as relações da intensidade do manejo e da sazonalidade (safra e entressafra) com a produtividade de açaí; 3) determinar a demanda por energia de uma típica residência de família ribeirinha e analisar as características energéticas do caroço.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Ilha das Cinzas está localizada em Gurupá (Figura 1), município paraense que se estende por 8.540 km² e possui uma população total de 29.062 habitantes (IBGE, 2017). Apesar de situada no Pará, as relações econômicas e socioculturais dos habitantes da Ilha são direcionadas para o Amapá, principalmente os municípios de Mazagão, Santana e Macapá. Essas cidades estão mais próximas da Ilha, do que cidades do Pará, como Belém e Gurupá. A região das ilhas do estuário do rio Amazonas integra o Arquipélago do Marajó, área que abrange 49.606 km² e cuja descarga contribui para a formação de uma imensa área estuarina (BRASIL, 2007), onde diversas comunidades ribeirinhas vivem em relativo grau de isolamento.

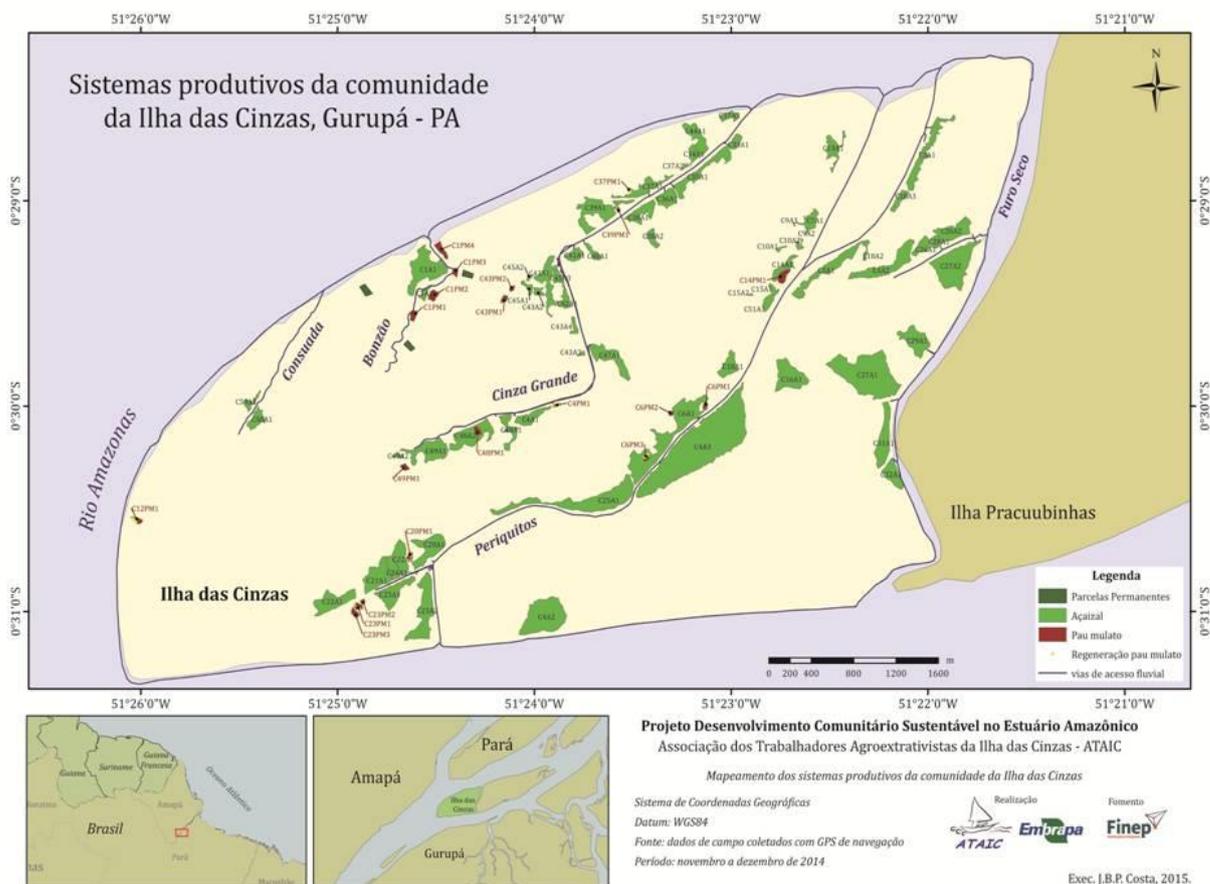


Figura 1 - Imagem da área de estudo - Ilha das Cinzas, Gurupá/PA. Áreas em verde são os açaiuais manejados empiricamente pelas 50 famílias moradoras da Ilha.

Fonte: Janaina B. P. Costa.

A vegetação que cobre a área é classificada como Floresta Ombrófila Densa Aluvial (IBGE, 2012) e apresenta uma elevada abundância de palmeiras. Devido o favorecimento das condições ambientais ideais, o açazeiro destaca-se como uma das principais espécies da região.

A ação hidromórfica geralmente caracteriza esses solos como Gleissolos, que, mesmo sendo rasos, de formação recente e sob condições de alagamento, são solos que sustentam uma flora bastante diversa e de uso múltiplo (PINTO, 2014).

Na estação meteorológica do Campo Experimental da Embrapa Amapá, em Mazagão, foi registrada precipitação anual de 2.585 mm e temperatura média anual de 26,7°C (LOPES FILHO, 2016). Essa estação fica distante menos de 100 km da Ilha das Cinzas. Os dados também confirmam o padrão sazonal de maior precipitação no primeiro semestre do ano (inverno amazônico) e menor precipitação no segundo (verão amazônico), principalmente nos meses de setembro a novembro.

A economia local é baseada na extração de frutos e palmito do açazeiro, de sementes de espécies oleaginosas tais como *Carapa guianensis* (andiroba) e *Virola surinamensis* (Ucuúba), bem como na pesca (principalmente de camarão) e madeira para pequenas construções que abastecem a própria comunidade e regiões próximas a Ilha (ALMEIDA; JARDIM, 2011).

2.2. AMOSTRAGEM DO AÇAÍ

Foi desenvolvido um sistema de monitoramento com um calendário estilizado, no qual os representantes das famílias anotavam o consumo e venda de frutos de açaí, diariamente. Os calendários (n=50) foram distribuídos no mês de junho de 2015, para cada família monitorar a produção no segundo semestre do referido ano. No final de dezembro esses foram recolhidos e entregues novos calendários referentes ao monitoramento do primeiro semestre de 2016.

Os calendários foram ilustrados com figuras referentes ao tema e no espaço destinado a cada dia foi inserido um espaço para cada família anotar a produção (Anexo A). O registro foi realizado em rasas, medida usada localmente pelas famílias, sendo que quatro rasas correspondem a uma saca de, aproximadamente, 54 kg. O valor mínimo anotado foi de ¼ de rasa, no caso do autoconsumo, principalmente, de famílias pequenas. Foram realizadas visitas mensais de acompanhamento, por técnicos e jovens monitores da própria Ilha, treinados para realização desse monitoramento.

2.3. CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE AÇAIZAIS

Nas bordas das áreas de açaiçal foram capturados pontos a cada 10 m para delimitar e georreferenciar as mesmas, durante caminhamento para definir o perímetro de cada área. As coordenadas da cada ponto e o marcação do caminhamento foram realizados com GPS garmin 60CSx de alta sensibilidade.

A capacidade produtiva dos açaiçais no período de entressafra foi utilizada para estimar a intensidade de manejo (fraco, médio, alto) praticado pelas famílias, assumindo a premissa de que açaiçais mais manejados prolongam o período de safra e aumentam a produtividade na entressafra (Araújo & Navegantes-Alves, 2015). Em alguns casos, quando mais de uma família retirava açaí da mesma área e quando uma única família retirava de várias áreas, foi totalizada a quantidade de áreas e a produção agrupada, para cálculo da produtividade.

Os açaiçais individuais (n=67) também foram classificados quanto ao tamanho, de maneira a abranger todas as áreas existentes na Ilha: <1 ha = micro, 1 a 5 ha = pequena, 5 a 10 ha = média, > 10 ha= grande.

2.4. DETERMINAÇÃO DA BIOMASSA DO CAROÇO DO AÇAÍ

Para acompanhamento do processo de despulpamento, amostragem da biomassa e análise laboratorial dos frutos, foram selecionadas aleatoriamente 10 famílias moradoras na Ilha das Cinzas. De cada família selecionada foram pesadas duas amostras na safra e entressafra, totalizando 40 amostras durante um ano.

Como unidade amostral, foi considerada a quantidade de açaí processado por dia para o consumo da família. O peso total do açaí a ser consumido no dia foi obtido antes do processamento do fruto em um balde de 20 L, com balança de 25 kg e precisão de 50 g. Uma amostra de 1 L de frutos *in natura* foi retirada com auxílio de um béquer e pesada com balança de 2,5 kg e precisão de 5 g. Após as pesagens, os frutos foram colocados de molho em água quente, por aproximadamente meia hora, conforme procedimento tradicional para o amolecimento da polpa e facilitação do despulpamento. Após o processamento dos frutos nas batedeiras, todos os caroços foram pesados na balança com maior capacidade e balde de 20 L. Uma amostra foi retirada com auxílio do béquer de 1 L e pesada na balança menor. A amostra foi devidamente embalada e identificada para encaminhamento ao laboratório da Embrapa Amapá (Anexo B).

2.5. QUANTIFICAÇÃO DA DEMANDA ENERGÉTICA

Essa avaliação foi realizada com as dez famílias que participaram do processo de determinação da biomassa do caroço. Foi entregue um formulário (ANEXO C) para as famílias registrarem o quantitativo de óleo diesel utilizado diariamente, assim como o período de uso do motor gerador de energia. Também foi monitorado e confirmado durante o acompanhamento da biomassa do açaí, quais equipamentos estavam sendo utilizados, requerendo carga energética transferida pelo motor.

2.6. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E ENERGÉTICA DO CAROÇO DE AÇAÍ

As amostras de 1 kg de caroço de açaí foram colocadas em uma estufa de ventilação forçada a $65 \pm 2^\circ\text{C}$ e pesada a cada 24 horas. Após estabilização, a temperatura foi elevada para $105 \pm 2^\circ\text{C}$ durante mais 24 horas (Anexo D). O material coletado foi submetido às seguintes análises: massa específica aparente a granel e umidade, nos laboratórios da Embrapa Amapá (EMBRAPA, 2005), e a análise termogravimétrica no laboratório de Sistemas Avançados de Gestão da Produção (SAGE), da COPPE/UFRJ.

2.6.1. Massa específica aparente a granel

A massa específica aparente considera os espaços vazios dentro do material. Quando determinada em um recipiente de volume conhecido é chamada a granel, sendo contabilizados os espaços vazios entre unidades. A determinação da massa específica aparente a granel a 30% (condição do resíduo após processamento) foi conduzida segundo a norma NBR 6922 (ABNT, 1981) com adaptação do volume conhecido para 1 L. Essa propriedade foi calculada segundo a equação abaixo:

$$\text{MAG}_{\text{R30\%}} = \frac{\text{M30\%}}{\text{V}}$$

Em que: $\text{MAG}_{\text{R30\%}}$ = massa específica aparente a granel do resíduo a 30% após despulpamento ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$); M30\% = é a massa úmida do montante do caroço de biomassa colocada aleatoriamente até encher o volume (g); V = é o volume que essa biomassa ocupa em um recipiente conhecido (cm^3).

Em seguida, o resíduo foi seco em estufa a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ até massa constante. A massa específica a granel a 0% foi determinada segundo a mesma metodologia descrita acima e calculada segundo a equação:

$$\text{MAG}_{\text{R0\%}} = \frac{\text{M0\%}}{\text{V0\%}}$$

Em que: $\text{MAG}_{\text{R0\%}}$ = massa específica aparente a granel do resíduo após estufa de $105 \pm 2^\circ\text{C}$ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$); M0\% = é a massa úmida do montante do fruto de biomassa colocada aleatoriamente até encher o volume (g); V = é o volume que essa biomassa ocupa (cm^3).

2.6.2. Umidade

A umidade na base úmida e seca foram determinadas conforme a NBR 8112 (ABNT, 1986). As amostras foram inseridas em uma estufa a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ até a massa da amostra permanecer constante. As umidades foram calculadas pelas seguintes equações:

$$U_{\text{bu}}(\%) = \frac{m1 - m2}{m1} * 100$$

Em que: U_{bu} = umidade na base úmida (%); $M1$ = massa inicial da amostra (g); $M2$ = massa final da amostra seca a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ (g).

$$U_{\text{bs}}(\%) = \frac{m1 - m2}{m2} * 100$$

Em que: U_{bs} = umidade na base seca (%); $M1$ = massa inicial da amostra (g); $M2$ = massa final da amostra, seca a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ (g).

2.6.3. Análise termogravimétrica

A termogravimétrica e calorimetria diferencial de varredura foram realizadas no equipamento de TG-DSC PerkinElmer, modelo DSC-7, sob atmosfera oxidativa com ar sintético e fluxo de 100 mL/min de 20% O_2 e 80% N_2 , com taxa de aquecimento de $10^\circ\text{C}/\text{min}$, desde a temperatura 25°C até 800°C (LASFARGUES, 2014). Para a análise

foi utilizada amostra de 10 mg, de 3 caroços de açaí previamente secos em estufa, macerados com ajuda de N₂ líquido, graal e pistilo.

2.7. ANÁLISES DOS DADOS

As áreas mapeadas de açaizais (n=67) foram classificadas conforme seus respectivos tamanhos, em 4 grupos. Foi realizada análise de distribuição da abundância das mesmas em cada categoria. A formação dos grupos foi confirmada por meio de análise de agrupamento, usando a ligação simples da distância euclidiana.

Os registros diários realizados por cada família no calendário foram somados para calcular a produção mensal consumida, vendida e total. A eficiência do uso do calendário foi analisada em função do grau de preenchimento dos mesmos em cada semestre e análise de consistência em relação à reconhecida variação sazonal na produção do açaí e capacidade produtiva das famílias. Todos os calendários com mais da metade dos meses sem nenhum preenchimento foram descartados. Em seguida, foram calculados os valores de produção anual máxima, média e mínima por família.

Para calcular a produtividade mensal, semestral e anual das áreas, os açaizais de uma mesma família foram agrupados, assim como a produção de mais de uma família que coletavam em uma mesma área. Após agrupamento e descarte dos calendários incompletos (n=23), foi realizada análise de variância com médias repetidas no tempo, para identificação da variação sazonal da produtividade mensal e de sua interação com a capacidade produtiva das áreas. As diferenças entre as produtividades de cada mês, para separação dos períodos de safra e entressafra, foram analisadas comparando os intervalos de confiança construídos com 95% de certeza.

O total e a proporção de açaí consumido na Ilha das Cinzas foram calculados em relação à produção total anual de todas as famílias, para estimativa do potencial de geração de caroço. A variação na proporção de caroço no fruto de açaí na safra e entressafra foi analisada por meio do teste T de Student.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE AÇAIZAIS

A classificação do tamanho evidenciou que a maior parte (50%) dos açazais é considerada de tamanho pequeno, de 1 a 5 ha (Figura 2). A significância das diferenças entre os grupos formados foi confirmada ($F=437,03$; $p<0,001$).

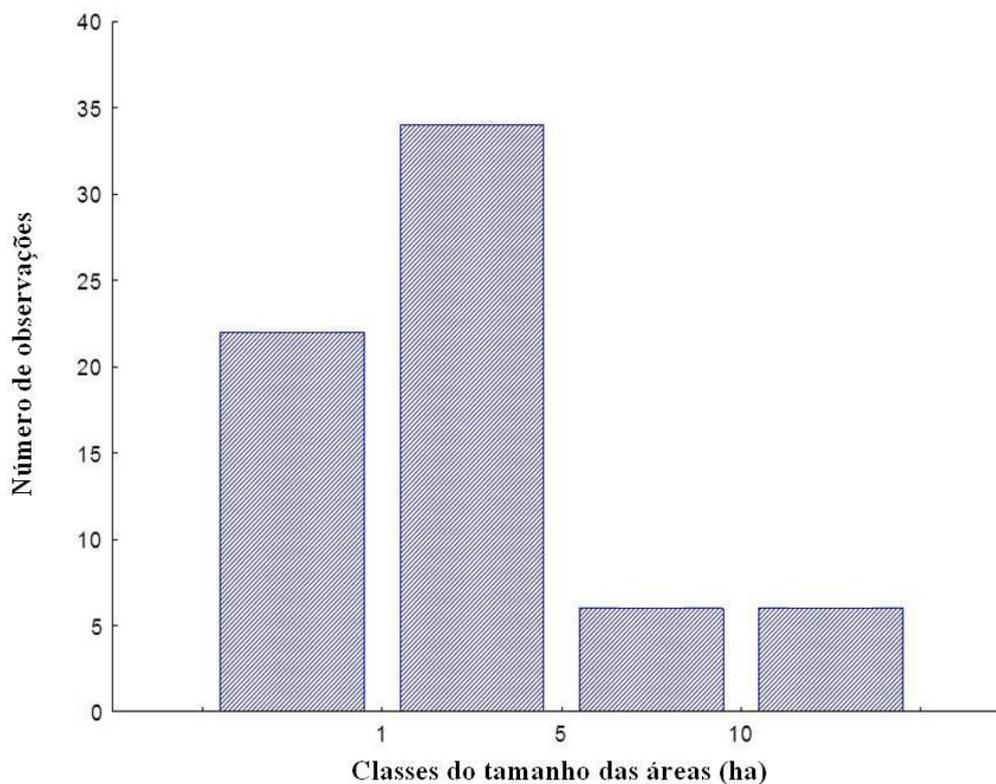


Figura 2 - Classificação das áreas de açazais, na Ilha das Cinzas – Gurupá-PA, em função das variações do tamanho e distribuição dos açazais mapeados nas respectivas classes.

Na Ilha das Cinzas, poucos são os açazais com áreas médias e grandes. A maior parte das famílias trabalha no manejo de açazal apenas com mão de obra familiar e não tem condições de manter grandes áreas. Geralmente, nas áreas de tamanho micro e pequeno são aplicados poucos tratamentos silviculturais e sem contratação de mão de obra externa. Nessas áreas de manejo menos intensivo, o custo de produção de açáí é baixo (ARAÚJO; NAVIGANTES-ALVES, 2015). Além disso, as famílias executam também diversas atividades como pesca, caça e extração de outros produtos extrativistas, como a madeira.

3.2. MONITORAMENTO DA PRODUÇÃO DOS AÇAIZAIS DE CADA FAMÍLIA

A avaliação do sistema de produção dos açaizais foi realizada com os dados provenientes dos 50 calendários estilizados, durante o segundo semestre de 2015 e primeiro semestre de 2016, após análise de consistência. Em 2015, foram aproveitados 76% (n=38) dos calendários. Dos 12 descartados, 5 não foram preenchidos corretamente, 5 foram de moradores que não devolveram o calendário e 2 foram de moradores que se mudaram da Ilha. No primeiro semestre de 2016, o aproveitamento foi de 70% (n=35). Dos 15 descartados, 7 não foram preenchidos corretamente, 4 foram calendários perdidos e 4 foram de moradores que se mudaram. Os resultados da produção mensal total (consumo mais venda) das famílias com calendários confiáveis, podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Produção mensal, em rasas, média, máxima e mínima, de frutos in natura de açaí, das famílias ribeirinhas da Ilha das Cinzas, Gurupá – PA.

Ano	Mês	Valor Máximo (rasas)	Valor Médio (rasas)	Valor Mínimo (rasas)
2015	Julho	784	103	15
	Agosto	733	127	3
	Setembro	368	92	2
	Outubro	165	32	1
	Novembro	414	31	3
	Dezembro	90	27	3
2016	Janeiro	80	18	4
	Fevereiro	53	12	1
	Março	71	13	1
	Abril	74	15	1
	Maiο	97	33	6
	Junho	262	78	10

Legenda: rasa, é a medida usada pelas comunidades ribeirinhas para a comercialização dos frutos. 4 rasas equivalem a 1 saca com, aproximadamente, 54 kg.

O período de outubro a março apresentou menor produção, mostrando padrão similar com a realidade local e conhecimento das famílias sobre o período de safra e entressafra. Esse período de menor produção foi corroborado pela literatura (SIQUEIRA; FISCH, 2013). Em outubro, foi constatado que muitas famílias, principalmente aquelas com açazal menos manejado, estavam com dificuldades para obter até o açaí do próprio consumo. Além disso, foi verificado que no período de janeiro a março também houve escassez do fruto para o próprio consumo das famílias ribeirinhas da localidade. Em maio, a produção média e máxima já se eleva consideravelmente, demonstrando o início do período da safra. O baixo valor mínimo da produção no período da safra pode ser reflexo da falta de anotações por algumas famílias.

Os menores valores de produção máxima e média de abril a junho de 2016, quando comparados com julho e agosto de 2015, são reflexos da ausência do calendário da família que é a maior produtora da Ilha (ILC C27). Esse calendário foi descartado da análise do segundo período, pois nesse período não houve anotação suficiente para atender aos critérios de inclusão da análise.

A técnica do uso do calendário para monitoramento da produção de açaí pode ser eficiente, pois as informações das famílias que preenchem completamente os calendários fornece boas estimativas sobre a quantidade produzida e período de safra. No entanto, deve ser realizada análise de coerência dos dados, monitoramento da anotação com maior frequência e acompanhamento da produção por um período maior. Essa técnica proporciona informações mais precisas sobre a produção de açaí para subsidiar o manejo dos açazais e políticas para fomento à atividade.

3.3. SAZONALIDADE DA PRODUTIVIDADE DE AÇAÍ E RELAÇÕES COM A TOPOGRAFIA E CAPACIDADE PRODUTIVA DAS ÁREAS

Para calcular a produtividade por área, os açazais de uma mesma família foram agrupados, assim como a produção de mais de uma família que coletava em uma mesma área. Após agrupamento e descarte dos calendários incompletos ($n=23$), a análise mostrou que as diferenças entre os meses foram significativas ($F=13,94$; $p<0,001$), conforme pode ser visualizado na Figura 3.

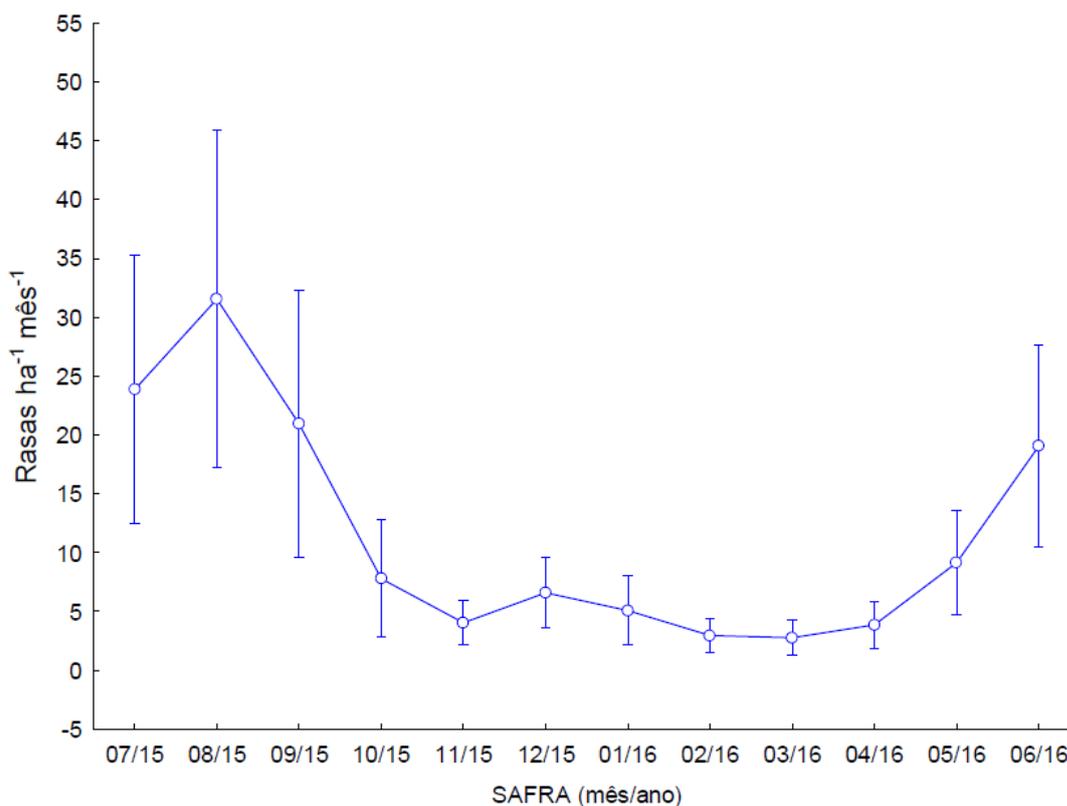


Figura 3 - Produtividade média (n=23) e IC95% de cada mês, de 07/2015 a 06/2016, de açaiçais localizados na Ilha das Cinzas, Gurupá-PA.

Pode-se verificar na Figura 3 que há uma redução significativa na produtividade a partir do mês de outubro, em relação aos meses anteriores. A produtividade só tem nova diferença significativa em relação ao mês anterior, em maio. Assim, pode-se definir esse período de menor produtividade, de outubro a abril, como a entressafra do açaí na Ilha das Cinzas. A safra pode ser definida então, no período de maio a setembro. Os resultados expostos são semelhantes aos encontrados na literatura (CRUZ JUNIOR, 2016), em trabalhos realizados nas proximidades do canal norte do rio Amazonas.

A produção do fruto de açaí é sazonal em todas as regiões produtivas, mas com variações no período da safra. Em Tomé Açu-PA, assim como na maior parte do Estado do Pará, a safra ocorre, geralmente, até o mês de dezembro. Essa variação sazonal na produção interfere diretamente no preço do produto no mercado (RODRIGUES et al., 2015). Assim, para um mesmo período, o preço e a oferta do produto oscilam de acordo com a região. Na Ilha do Combú-PA, também é no período de agosto a dezembro que os frutos atingem o amadurecimento necessário para consumo e venda (SIQUEIRA; FISCH, 2013).

Na região amapaense, assim como na maior parte das ilhas do estuário, próximas ao canal norte do rio Amazonas, em municípios como Chaves e Gurupá, o período de maior produção ocorre no primeiro semestre, período chuvoso que define a chamada safra de inverno (QUEIROZ, 2004).

A produtividade média anual dos açazais da Ilha das Cinzas foi de 28 sacas por hectare, divididas entre 21 sacas no período da safra e 7 sacas no período da entressafra. Nos 5 meses da safra é produzido 3 vezes mais açáí do que nos 7 meses do período de baixa produção.

As diferenças na produtividade mensal entre áreas com produção fraca, média e alta podem ser observadas na Figura 4.

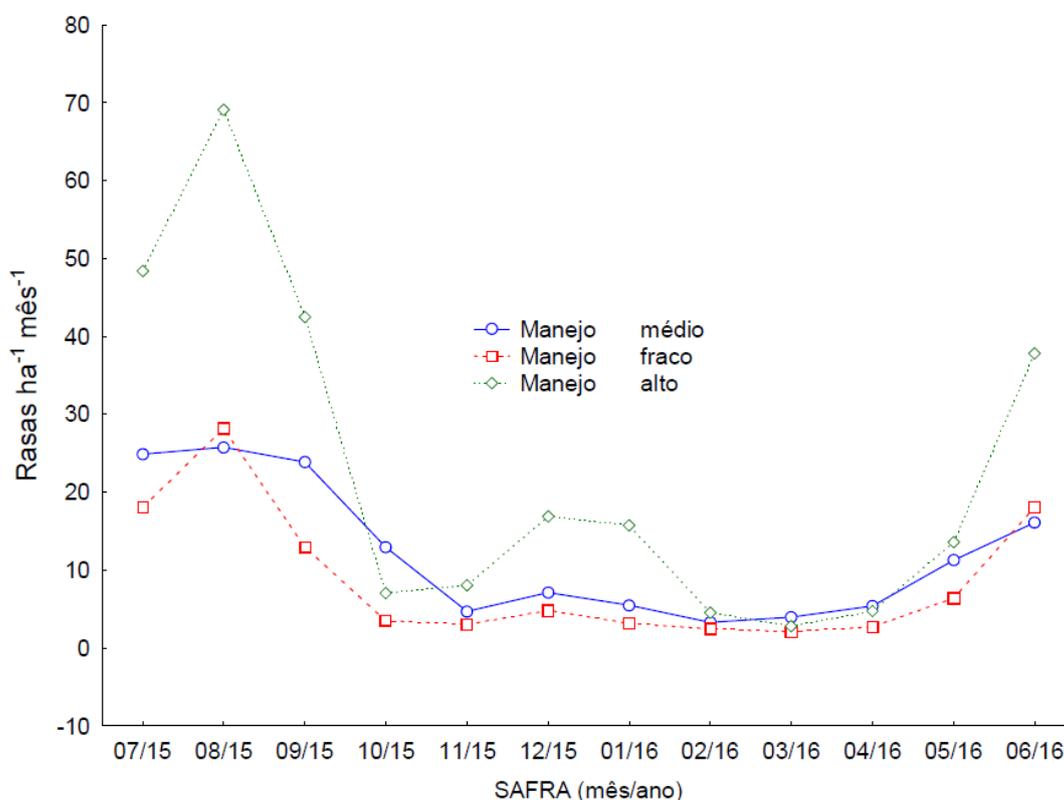


Figura 4 - Produtividade média (n=23) e IC95% de cada mês, de 07/2015 a 06/2016, em função da capacidade de manejo de açazais na Ilha das Cinzas, Gurupá-PA.

A análise das diferenças na produtividade em função da capacidade produtiva das áreas evidenciou diferenças significativas ($F=2,06$; $p=0,011$), assim como interação significativa dessa variável com a sazonalidade ($F=5,96$; $p=0,003$). As diferenças entre as medidas repetidas nos meses também continuaram significativas ($F=20,25$; $p<0,001$). Como, nesse caso a interação foi significativa, são apresentadas as variações sazonais da

produtividade das áreas em função dos meses do ano e as interações com a capacidade produtiva. Observou-se que o manejo alto, que propicia maior produtividade das áreas, influencia significativamente a produção do açaí no período da safra, e também na entressafra, em meses como dezembro e janeiro.

No Projeto de Assentamento Agroextrativista Ilha Mamangais, o manejo foi classificado em três tipos (intenso, moderado e leve). O tipo moderado, em qual são aplicadas técnicas de raleamento e enriquecimento, representou 87% das famílias, sendo o mais predominante. Esse tipo de manjo apresentou características marcantes da agricultura familiar, com produção média de frutos de açaí de 250 kg ha⁻¹ safra⁻¹ (ARAÚJO; NAVEGANTES-ALVES, 2015).

3.4. BIOMASSA DE CAROÇO DE AÇAÍ

Durante o monitoramento da produção do fruto observou-se que o teor médio de polpa foi de 21% e de caroço 79%. A massa aparente a granel do caroço após estufa, em média foi de 0,5 g.cm⁻³, e a massa do resíduo obtida em campo foi de 0,7 g.cm⁻³. A umidade do caroço de açaí na base úmida, tanto na safra quanto na entressafra, foi de 30%. A umidade na base seca do caroço de açaí na safra foi de 43%, enquanto que na entressafra foi de 42% (Tabela 2).

O teor de polpa e caroço de açaí variaram de maneira significativa em função da sazonalidade. Em módulo, o $t_{\text{calculado}}$ (-8,33) foi maior do que o $t_{\text{crítico}}$ (-6,31), permitindo a rejeição da hipótese nula e confirmando a significância ao nível de 0,5%.

Tabela 2 - Análise dos caroços das amostras de açaí na Ilha das Cinzas, Gurupá-PA, em dois períodos distintos de amostragem.

Sazonalidade	TP (%)	TC (%)	MAG _{R30%} (g.cm ⁻³)	MAG _{R0%} (g.cm ⁻³)	U _{bu} (%)	U _{bs} (%)
Safra	27	73	0,7	0,5	30	43
Entressafra	15	86	0,7	0,5	30	42

Legenda: TP: teor de polpa do fruto; TC: teor de caroço do fruto; MAG_{R30%}: massa específica aparente a granel do resíduo após despulpamento; MAG_{R0%}: massa específica aparente anidra a granel; U_{bu}: umidade base úmida e U_{bs}: umidade base seca.

Normalmente, o fruto do açaí é composto por, aproximadamente, 27% de polpa e 73% de caroço, que é composto também por partículas finas, chamada de borra, que fica após o despulpamento do fruto (LIMA et al., 2015). Verifica-se que esses valores encontrados no trabalho citado foram exatamente os mesmos desse trabalho, no período de safra. Outras pesquisas encontraram uma porcentagem menor de polpa, de 17% (CARNEIRO et al., 2013) e de 15% do volume do fruto (Rodrigues et al., 2015), que se aproximam dos valores encontrados nesse trabalho no período de entressafra. A grande quantidade gerada de resíduo após o despulpamento, pode ser empregada para a geração de energia (RODRIGUES et al., 2015). Esses resultados demonstram que ocorre uma variação na porção de caroço e polpa, que pode ser devida aos fatores ambientais e estruturais dos indivíduos e, principalmente, devido ao período da amostragem, conforme pode ser observado na Tabela 2.

A massa específica do caroço de açaí, tanto em base seca quanto úmida, ficou acima dos valores considerados necessários para utilização energética. Quanto mais elevada a massa específica a granel maior será o valor energético por volume, sendo de fácil transporte e armazenamento. Os combustíveis de baixa massa a granel provocam uma ligeira vazão de gás, reduzindo o poder calorífico e redução no processo de gaseificação (RENDEIRO; NOGUEIRA, 2008).

Segundo os mesmos autores, quanto menor o teor de umidade, maior será o potencial energético do resíduo para a geração de energia. A biomassa proveniente de produção agrícola possui teor de umidade na base úmida entre 15 a 30 %. O teor de umidade é um parâmetro essencial na análise do potencial energético de resíduo, afetando diretamente no balanço energético da densificação. Assim, quanto menor for o teor, maior será a produção de calor por unidade de massa. É recomendado um teor de umidade de no máximo 20% para a queima, visto que os valores superiores reduzem o valor de calor de combustão, a temperatura da câmara de queima e a temperatura dos gases de escape (ABREU et al., 2010). Dessa forma, para utilização energética otimizada do caroço de açaí, será necessário que o mesmo passe por um processo de pré-secagem.

O volume de biomassa média anual de caroço de açaí gerado por uma família na Ilha das Cinzas foi de 13,58 m³, originada do consumo de 170 rasas durante o ano. Isso equivale a 9,50 t.m⁻³, em base úmida, e 6,79 t.m⁻³ em base seca. A família que apresentou maior consumo (ILC C01) gerou 16,72 t.m⁻³ de caroço seco durante o ano. Considerando as 38 famílias que preencheram adequadamente o calendário no segundo

semestre de 2015 e as 35 famílias do primeiro semestre de 2016, a produção total de caroço na Ilha foi de 410,3 m³, que equivale a 205,2 t.m⁻³ em base seca. A relação média entre a venda e o consumo de açaí pelas famílias da Ilha foi de 76,7% de venda e 23,3% de consumo.

O histórico consumo do açaí para alimentação das famílias agroextrativistas que moram nas margens dos rios é diretamente proporcional ao tamanho da família. O mesmo foi observado por Mendes (2006), na região de Cacau localizada no município de Colares-PA, onde famílias agroextrativistas consomem o fruto de açaí que são manejados em seus quintais. O fruto produzido é utilizado principalmente para o consumo doméstico levando em consideração a demanda da família e apenas o excedente é destinado à venda.

3.5. ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA DAS AMOSTRAS DO CAROÇO DE AÇAÍ

A análise da perda de massa do caroço de açaí previamente seco em estufa de ventilação forçada, com o aumento da temperatura, mostrou que no início do aquecimento até, aproximadamente, 50°C, há uma rápida perda de massa, seguindo uma taxa de 1% min⁻¹. Posteriormente, ocorre estabilização até aproximadamente 200°C, quando aumenta rapidamente, atingindo taxa máxima de perda de quase 5 % min⁻¹, próximo de 300°C. Em temperatura de 500°C, toda a massa orgânica foi degradada, passando por processo de combustão e gaseificação, restando apenas pequena porção mineral, na forma de cinzas. A calorimetria exploratória diferencial (DSC mW) apresenta o fluxo de calor da amostra, ou seja, a entalpia. No início do aquecimento, até temperatura próxima de 100°C, ocorre consumo de energia. A partir daí começa a ocorrer o processo de liberação, de maneira crescente com o aumento da temperatura, com pequeno pico próximo de 320°C e entalpia máxima próxima de 500°C (Figura 5).

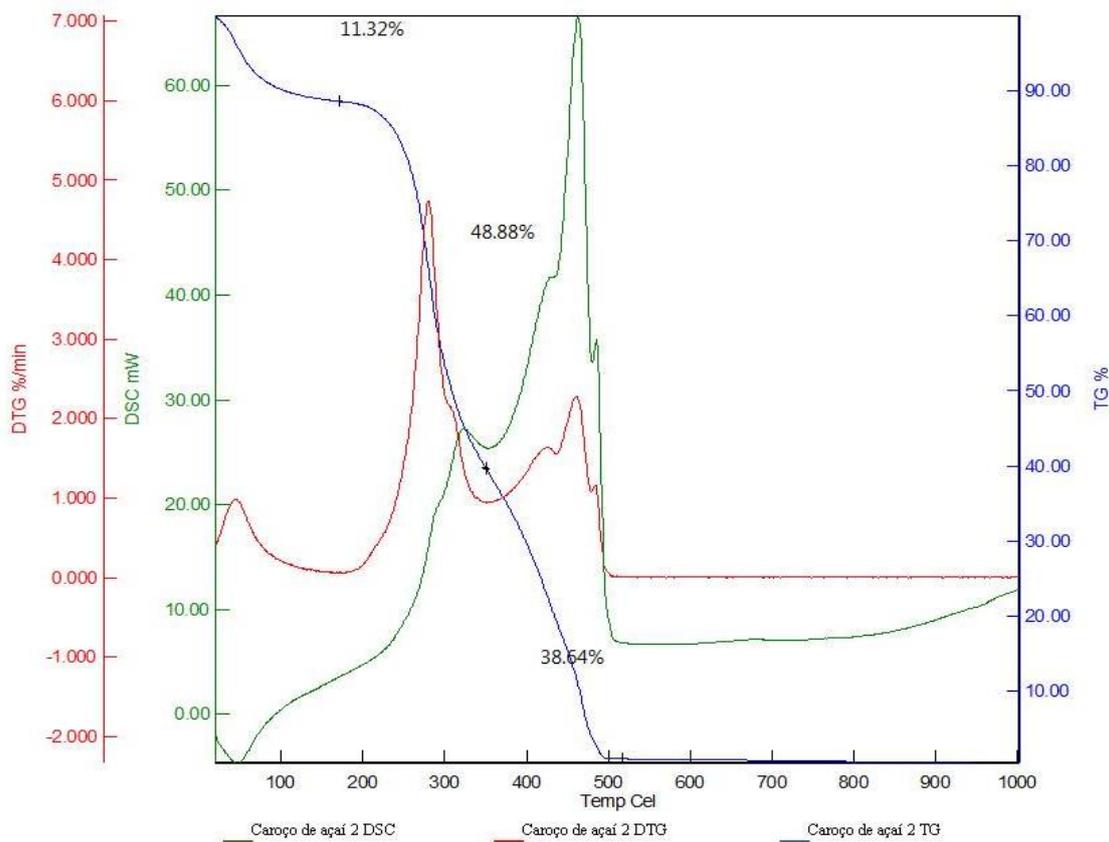


Figura 5 - Curvas de termogravimétrica (TG), termogravimétrica derivada (DTG), calorimetria exploratória diferencial (DSC), do caroço de açaí com taxa de aquecimento de 10°C/min.

A sobreposição da curva de diferencial termogravimétrica derivada (DTG %/min) é utilizada para especificar se a TG teve perda de massa abrupta ou suave. Verificam-se três picos de perda de massa, mostrando que o processo não é constante e suave, em função dos diferentes materiais constituintes do caroço. O primeiro pico no início do aquecimento, sem liberação de calor, deve ser em função da perda de água constituinte e de voláteis de baixo peso molecular. O segundo e maior pico, próximo de 300°C, pode ser devido à degradação de constituintes da amêndoa do caroço. O último pico, próximo de 500°C, é menor que o anterior mas tem maior entalpia, provavelmente, devido à combustão dos materiais mais lignificados e ricos em fibra, constituintes do mesocarpo do caroço.

As fibras do caroço de açaí têm boa estabilidade térmica até 230°C, com processo de degradação em três etapas. A estabilidade térmica do caroço é menor que a da fibra, que teve redução de 50% da massa inicial entre 300°C a 350°C (MARTINS et

al., 2009). O caroço de açaí libera a maior parte de sua energia em temperatura acima de 200°C, sendo que para o aproveitamento de sua biomassa para geração de energia deve-se ter um bom controle da temperatura, que não deve ser inferior a 300°C.

Nas dez residências selecionadas para o estudo, foi observado um consumo médio de óleo diesel de, aproximadamente, 134 L.mês⁻¹. Diariamente, a média fica em torno de 4,5 L por cada família. Normalmente, o motor gerador nas residências é ligado diariamente apenas por três horas, durante o período noturno (19h às 22h). As análises realizadas apontaram a necessidade da demanda energética média de 252,76 Kwh.mês⁻¹. Foi verificado que nas residências os aparelhos eletrônicos que são mais utilizados são as bateadeiras de açaí, freezer e televisão. Esse tipo de análise para verificar a demanda energética de famílias ribeirinhas, foi realizada em outros trabalhos como de Rendeiro e Nogueira (2008), que encontrou valores para uma típica residência de 14,66 Kwh.dia⁻¹. Segundo o mesmo autor, foi calculado um consumo de, aproximadamente, 77 milhões de litros de óleo diesel por ano, em comunidades isoladas do Estado do Pará.

4. CONCLUSÃO

Houve aceitação do calendário estilizado pela maior parte da comunidade ribeirinha e o mesmo pode ser utilizado para monitoramento da produção de açaí. O método é eficaz, pois proporciona dados coerentes com a realidade da produção local e condizentes com a reconhecida sazonalidade da safra.

A produtividade dos açazais manejados empiricamente pelos ribeirinhos e localizados em várzea próxima ao canal norte do rio Amazonas, sobre forte variação sazonal ao longo do ano, com concentração da safra no período entre maio e setembro. A capacidade produtiva das áreas manejadas tem relações com a sazonalidade, sendo que áreas com maior produtividade também conseguem ser mais produtivas no período de entressafra, indicando que o manejo pode ampliar o período da safra.

A sazonalidade influencia consideravelmente o rendimento de caroço de açaí, sendo que na entressafra diminui a proporção de polpa e aumenta a proporção de caroço. A massa específica e liberação de calorías do caroço o habilitam ao uso energético, cuja otimização depende de equipamento que consiga manter temperaturas acima de 300°C durante o processo.

5. REFERÊNCIAS

ABREU, Y. V. de.; SILVA, C. M. da.; NASCIMENTO, H. R.; GUERRA, S. M. G. Aproveitamento da biomassa florestal: produção de energia verde no Brasil. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural, 2010, Campo Grande – MS. **Anais**. Grande – MS: SOBER, Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural, 2010, p.1-16.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 6922: carvão vegetal – Ensaio físico determinação da massa específica (densidade a granel). 1981. 2p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 8112: carvão vegetal – Análise imediata. 1982. 3p.

ALMEIDA, A. F.; JARDIM, M. A. G. Florística e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta de várzea na Ilha de Sororoca, Ananindeua, Pará, Brasil. **Revista Scientia Forestalis**, v.39, p.191-198, 2011.

ARAÚJO, C. T. D. de.; NAVEGANTES-ALVES, L. de F. Do extrativismo ao cultivo do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) no estuário amazônico: sistemas de manejo e suas implicações sobre a diversidade de espécies arbóreas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.10, p.12-23, 2015.

BRASIL. Governo Federal. Grupo Executivo Interministerial. **Plano de desenvolvimento territorial sustentável do arquipélago do Marajó: resumo executivo da versão preliminar para discussão nas consultas públicas**. Grupo Executivo Interministerial. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2007, 24p.

CARNEIRO, J. da S.; CAVALCANTE, B. da S.; SILVA, M. D. de B.; SILVA, R. de S. Estudo de viabilidade do aproveitamento energético da queima de caroços de açaí produzidos no município de Castanhal-PA. **Amazônia em Foco**, v.2, p.47-63, 2013.

CHAMBRIARD, M. M. de R. **Resolução ANP Nº 41 DE 05/11/2013**. Disponível em: <https://www legisweb.com.br/legislacao/?id=261502>>. Acesso em: 04 de abr. de 2017.

CRUZ JUNIOR, F. de O. **Caracterização morfológica e da produção de frutos de populações de açaizeiros estabelecidas em Mazagão – Amapá**. 2016. 80f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amapá, Macapá.

EMBRAPA. **Manual de laboratório: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Paulo: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005, 313p.

FREITAS, M. A. B.; VIEIRA, I. C. G.; ALBERNAZ, A. L. K. M.; MAGALHÃES, J. L. L.; LEES, A. C. Floristic impoverishment of Amazonian floodplain forests managed for açaí fruit production. **Forest Ecology and Management**, v.351, p.20–27, 2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Cidades: município de Gurupá**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=150310>>. Acesso em: 04 de Abr. 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro-RJ: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2012, 271p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. Rio de Janeiro-RJ: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2015, 46p.

LASFARGUES, M. **Nitrate based High Temperature Nano-Heat-Transfer-Fluids: Formulation & Characterisation**. 2014. 184f. Thesis (Doutor) - The University of Leeds Institute of Particle Science & Engineering (IPSE).

LIMA, T. M.; OLIVEIRA, J. C.; SILVA, H. R.; FERNANDES, B. M.; SOARES, T. A. M. Perspectivas para utilização do resíduo de açaí em Axixá-MA: a solução está nos resíduos. **Cadernos de Agroecologia**, v.10, 2015. Disponível em: <<http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/view/19212>>. Acessado em: 04 de abr. de 2017.

LOPES FILHO, R. P. **Boletim Agrometeorológico 2014**. Macapá: Embrapa Amapá, 2016, p.1-32.

MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C.; PESSOA, J. D. C. Comportamento térmico e caracterização morfológica das fibras do mesocarpo e caroço do açaí (*Euterpe oleracea* mart.). **Revista Brasileira Fruticultura**, v.31, p.150-1157,2009.

MENDES, P. M. **Segurança alimentar em comunidades quilombolas: estudo comparativo de Santo Antônio (Concórdia Do Pará) e Cacau (Colares), Pará**. 2006. 173f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Amapá.

PINTO, E. R. **Solos, hidrologia e estrutura populacional de pracuubeiras em florestas de várzea do estuário amazônico**. 2014. 69f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amapá, Macapá.

PIVETTA, K. F. L.; LUZ, P. B. da. Efeito da temperatura e escarificação na germinação de Sementes de *Euterpe oleracea* (mart.) (Arecaceae). **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.13, p.83-88, 2013.

Queiroz, J. A., Mochiutti, S. **Cultivo de açaizeiro e manejo de açaizais para produção de frutos**. Documento Embrapa Amapá, 2001, p.1-34.

QUEIROZ, J. A. L. de. **Fitossociologia e distribuição diamétrica em floresta de várzea do estuário do rio Amazonas no Estado do Amapá**. 2004. 113f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amapá, Macapá.

RENDEIRO, G.; NOGUEIRA, M. **Combustão e Gaseificação de Biomassa Sólida: soluções energéticas para a Amazônia**. Brasília-DF: Ministério de Minas e Energia, 2008, 192p.

RODRIGUES, E. C. N.; RIBEIRO, S. da C. A.; SILVA, F. L. da. Influência da cadeia produtiva do açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.) na geração de renda e fortalecimento de unidades familiares de produção, TOMÉ AÇU-PA. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, n.210, p.1-23, 2015.

SIQUEIRA, R. R.; FISCH, S. T. V. Adequação do currículo escolar à peculiaridade da população ribeirinha: influência da colheita do açaí na ilha do Combu, Belém, PA. **Revista Ambiente e Água**, v.8, p.1-16, 2013.

TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. de L.; PEREIRA, R. G. de A.; SENGER, C. C. D. **Características químico-bromatológica do caroço de açaí**. Rondônia: Embrapa Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia, 1999, 6p. (Embrapa-CPAR. Comunicado técnico, 193).

**CAPÍTULO 2 – RENDIMENTO E PRODUÇÃO DE RESÍDUOS DE
SERRARIAS FAMILIARES EM FLORESTA DE VÁRZEA NO
ESTUÁRIO DO RIO AMAZONAS**

RESUMO

O beneficiamento das espécies madeireiras ocorre nas áreas de várzea do estuário amazônico, para abastecer, principalmente a construção de casas de madeira nas cidades próximas as áreas de várzea. Com isso, origina-se um quantitativo de resíduos que são descartados e que poderiam ser utilizados para geração de energia. O objetivo do trabalho foi avaliar o rendimento e a produção de diferentes tipos de resíduos em microserrarias familiares da várzea. O trabalho foi realizado no município de Gurupá-PA, na Ilha das Cinzas. A quantidade de resíduos foi determinada em quatro serrarias, por meio do monitoramento com as famílias na Ilha das Cinzas durante um ano, com auxílio de questionários e acompanhamento do processo. A cada trimestre foram realizadas expedições para aferição e validação do sistema de monitoramento e para coleta de amostras. Foram coletadas amostras de serragem para determinação da massa específica aparente a granel. Foi determinada a massa específica aparente das aparas e costaneiras. A massa dos resíduos foi determinada em estufa de ventilação forçada a $105 \pm 2^\circ\text{C}$. Das amostras foi obtida a umidade na base seca e úmida. Nas quatro serrarias de pequeno porte foram avaliadas toras de três espécies: pau-mulato ($n=42$), andiroba ($n=21$) e fava ($n=2$), totalizando $27,3 \text{ m}^3$ nas 65 toras. O rendimento médio de madeira serrada foi de 37%. A distribuição do percentual geral dos resíduos por tipo foi: serragem (54%), apara (17%) e costaneira (29%). Os produtos mais serrados foram: tábuas ($n=691$), pernamanca ($n=269$) e ripa ($n=58$), totalizando um volume de 10 m^3 . A massa específica aparente apresentou variação conforme o tipo de resíduo. A umidade média na base úmida foi de 36% e na base seca de 63%. Foi verificado que a serragem e costaneiras tiveram um melhor ajuste do que a apara em relação ao fator para estimar o resíduo gerado a partir do volume sólido das toras. O rendimento de madeira serrada, assim como a quantidade de resíduo gerado, não depende das espécies avaliadas, que sempre apresentam elevada variação nas dimensões dos produtos serrados e maior volume de serragem. Nas serrarias familiares da várzea, é possível estimar com confiança a biomassa e o volume de resíduos gerados na forma de serragem e costaneira, a partir do volume de toras que entra na serraria. Com esses resultados, será facilitado o levantamento do potencial de geração de biomassa de resíduos nas serrarias, informações essas essenciais para o cálculo do seu potencial energético.

Palavras-Chave: bioenergia; serragem; pau-mulato; florestas inundáveis.

ABSTRACT

The beneficiation of timber species occurs in the flooded areas of the Amazon estuary, to supply, mainly the construction of wooden houses in the cities near the floodplain areas. With this, a quantitative of waste is generated that is discarded and could be used for energy generation. The objective of this work was to evaluate the yield and the production of different types of residues in micro-sawmills of the floodplain. The work was carried out in the municipality of Gurupá-PA, in the Ilha das Cinzas. The amount of residues was determined in four sawmills, through monitoring with the families in the Ilha das Cinzas for a year, with the aid of questionnaires and follow up of the process. Each expedition was carried out to verify and validate the monitoring system and to collect samples. Samples of sawdust were collected to determine the specific mass in bulk. The apparent specific mass of the *apara* and *costaneiras* was determined. The mass of the residues was determined in a forced ventilation oven at $105 \pm 2^\circ\text{C}$. From the samples, moisture was obtained on the dry and wet basis. In the four small sawmills, logs of three species were evaluated: *pau-mulatto* ($n = 42$), *andiroba* ($n = 21$) and *fava* ($n = 2$), totaling 27.3 m^3 of the 65 toras. The average yield of sawn wood was 37%. The distribution of the general percentage of residues by type was: *serragem* (54%), *apara* (17%) and *costaneira* (29%). The most sawed products were: *tábuas* ($n = 691$), *pernamanca* ($n = 269$) and *ripa* ($n = 58$), the pieces generated in the processing totaled a volume of 10m^3 . The apparent specific mass varied according to the type of residue. The average moisture in the wet base was 36% and in the dry base 63%. Through the linear regression it was verified that the sawdust and *costaneira* had a better adjustment than the *apara* in relation to the factor to transform the volume in meter stereo in cubic meters. The yield of sawn wood, as well as the amount of waste generated, does not depend on the evaluated species, which always present a high variation in the size of sawed products and a higher volume of sawdusting. In the family sawmills of the várzea, it is possible to estimate with confidence the biomass and the volume of residues generated in the form of sawdust and *costaneira*, from the volume of logs that enters the sawmill. With these results, it will be facilitated the survey of the potential of biomass generation of residues in sawmills, essential information for the calculation of its energy potential.

Keywords: bioenergy; sawdust; *pau-mulato*; Flooded forests.

1. INTRODUÇÃO

Na Amazônia é muito comum a construção de casas de madeira. Em Macapá e Santana, principais cidades do Amapá, a madeira de menor custo, proveniente da floresta de várzea, é comercializada nas estâncias, que ficam próximas a cursos de água por onde chegam os barcos com os produtos das microserrarias familiares. Em 2012, haviam cem estâncias ativas nessas duas cidades, que comercializaram 38.904 m³ de madeira serrada por um valor de aproximadamente, 16 milhões de reais anualmente (CASTILHO, 2013).

As serrarias familiares que são responsáveis pelo beneficiamento da madeira apresentam baixo rendimento e geram elevado quantitativo de resíduos no processo produtivo. As serrarias classificadas na categoria de serraria familiares de pequeno porte apresentam produção diária menor que 40,24 m³. Ressalta-se que apesar da serraria de madeira nativa apresentar baixo rendimento e eficiência por produção, estas características são compensadas pelos melhores preços obtidos na comercialização de seus produtos em relação às serrarias de madeira de florestas plantadas (BATISTA et al., 2013).

A maioria das serrarias no Brasil ainda possuem equipamentos antigos e não tem manutenção adequada, ocasionando baixa produtividade e maior perda da matéria-prima. Apenas uma pequena parte desses resíduos é utilizada na geração de energia, fabricação de painéis aglomerados, MDF (chapas de fibras de média densidade) e PMVA (produtos de maior valor agregado) (HEINRICH, 2010; BARBOSA et al., 2014).

A grande parte dos resíduos produzidos no desdobramento da madeira são empilhados, permanecendo por um período prolongado na parte externa das serrarias ou são queimados a céu aberto. Geralmente não possuem uma destinação imediata, por estarem distante dos centros urbanos e empresas que as utilizam para produção de energia, ou por não existir programas e mecanismos que permitam às comunidades ribeirinhas agregar valor aos mesmos (GARCIA et al., 2012).

No setor elétrico, a Lei 10.438/2002 e o decreto 4.541/2002, que a regulamentou, criaram mecanismos de incentivo ao uso de fontes alternativas e à universalização dos serviços de energia, os quais podem contribuir para disseminar a fornecimento elétrico proveniente de resíduos de madeira na Amazônia (INEE, 2001).

Esses dados mostram a importância do poder madeireiro na economia da região amazônica e o potencial de geração de resíduos nas serrarias. No entanto, ainda são necessários mais estudos sobre o beneficiamento dos resíduos gerados após a extração da madeira para transformá-los em uma fonte de energia viável, principalmente, relacionados à quantificação dos rendimentos de madeira serrada e da produção de diferentes tipos de resíduos, que podem variar de acordo com a região, tipo de serraria, espécies serradas e outros fatores. Com isso, o trabalho teve como objetivos: 1) avaliar e quantificar a biomassa e os resíduos provenientes das serrarias familiares; 2) monitorar a produção de madeira serrada e eficiência das serrarias da várzea estuarina; 3) verificar se os rendimentos são dependentes da espécie serrada e do tipo de resíduo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Ilha das Cinzas está localizada em Gurupá (Figura 1), município paraense que se estende por 8.540 km² e possui uma população total de 29.062 habitantes (IBGE, 2017). Apesar de situada no Pará, as relações econômicas e socioculturais dos habitantes da Ilha são direcionadas para o Amapá, principalmente os municípios de Mazagão, Santana e Macapá. Essas cidades estão mais próximas da Ilha, do que cidades do Pará, como Belém e Gurupá. A região das ilhas do estuário do rio Amazonas integra o Arquipélago do Marajó, área que abrange 49.606 km² e cuja descarga contribui para a formação de uma imensa área estuarina (BRASIL, 2007), onde diversas comunidades ribeirinhas vivem em relativo grau de isolamento.

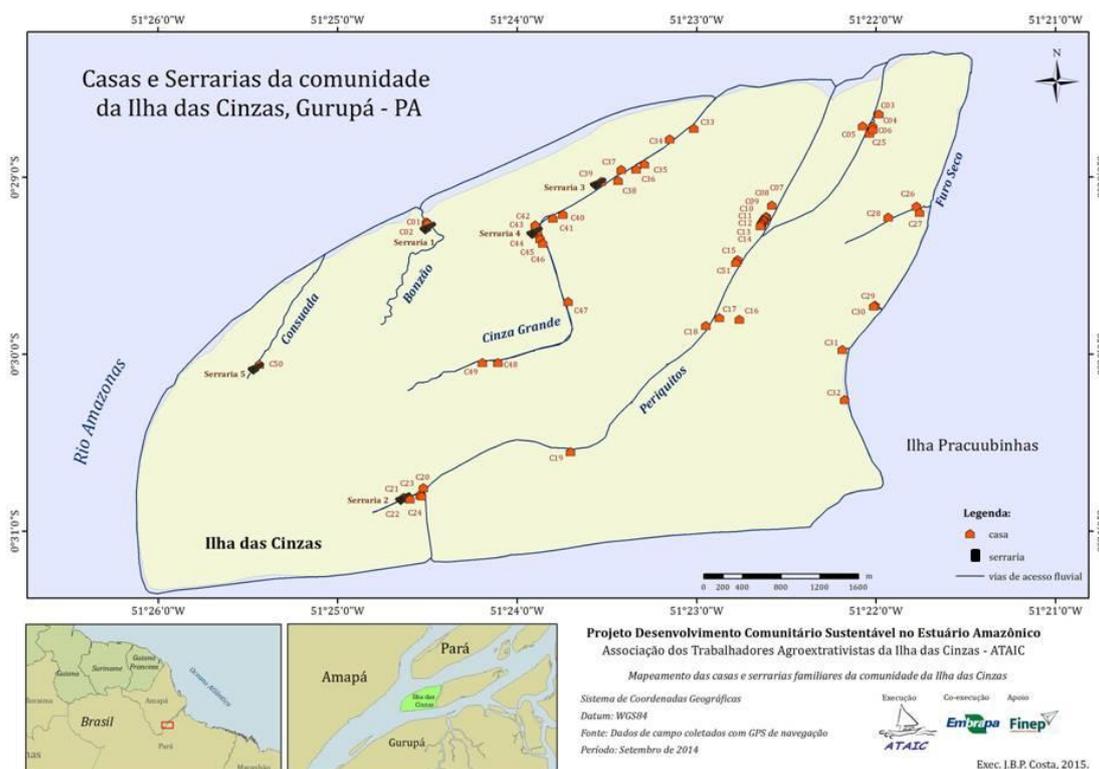


Figura 1 - Imagem da área de estudo Ilha das Cinzas, Gurupá – PA, com a localização das serrarias e das residências.

Fonte: Janaina Costa.

A vegetação que cobre a área é classificada como Floresta Ombrófila Densa Aluvial (IBGE, 2012). Apresenta uma elevada abundância de palmeiras, devido ao

favorecimento das condições ambientais ideais, o açazeiro destaca-se como uma das principais espécies da região.

A ação hidromórfica geralmente caracteriza esses solos como Gleissolos, que mesmo sendo rasos, de formação recente e sob condições de alagamento, sustentam uma flora bastante diversa e de uso múltiplo (PINTO, 2014).

Na estação meteorológica do Campo Experimental da Embrapa Amapá, em Mazagão, foi registrada precipitação anual de 2.585 mm e temperatura média anual de 26,7 (LOPES FILHO, 2016). Essa estação fica distante menos de 100 km da Ilha das Cinzas. Os dados também confirmam o padrão sazonal de maior precipitação no primeiro semestre do ano (inverno amazônico) e menor precipitação no segundo (verão amazônico), principalmente nos meses de setembro a novembro.

A economia local é baseada na extração de frutos e palmito do açazeiro, de sementes de espécies oleaginosas tais como *Carapa guianensis* (andiroba) e *Virola surinamensis* (Ucuúba), bem como da pesca (principalmente de camarão) e madeira para pequenas construções que abastecem a própria comunidade e regiões próximas a Ilha (ALMEIDA; JARDIM, 2011).

As serrarias familiares são de pequeno porte, constituídas, basicamente, por uma serra circular, onde são retiradas as peças principais, e uma galgadeira, também circular, onde é realizado o desdobro das peças. Três delas são cobertas por palha, e apenas uma, teve sua cobertura, recentemente trocada por telhas de metal. Todas as quatro serrarias estão próximas da margem do rio, isso facilita o depósito da madeira na estiva (local que a toras ficam antes de passar na serra principal) ou para o escoamento da produção, que em alguns casos é feita em jangadas. A mão de obra utilizada no processamento da madeira é familiar, sendo uma atividade tradicional que os pais repassam para os seus filhos.

2.2. AMOSTRAGEM DOS RESÍDUOS DAS SERRARIAS

A quantificação de resíduos gerados nas microserrarias familiares foi realizada por meio do monitoramento de 4 serrarias durante 1 ano. Foi construído com os donos das microserrarias, um sistema de monitoramento, para que eles mesmos anotassem a entrada de toras por espécie e a produção de madeira serrada, durante todo o ano, com auxílio de um formulário padronizado.

Periodicamente, a cada trimestre, foram realizadas expedições para essas serrarias, para medição no local e quantificação da madeira serrada e dos resíduos de serragem, costaneiras e aparas durante funcionamento das mesmas. Nessas oportunidades também era realizado o acompanhamento do monitoramento pelas famílias, recolhendo os formulários preenchidos e deixando novos, para estimativa do quantitativo de resíduos gerados durante o ano.

2.3. QUANTIFICAÇÃO DA MADEIRA SERRADA E DA BIOMASSA DOS RESÍDUOS NAS SERRARIAS

Antes do beneficiamento da madeira foram mensurados o comprimento e os diâmetros dos extremos das toras. Durante o processamento das toras, para quantificação de serragem, foi inserido na parte inferior de cada serra uma lona de 5 m para quantificar a serragem gerada, com auxílio de baldes graduados de 10 L e balança de 25 kg, com precisão de 50 g. Após processamento das toras, as costaneiras (casqueiro), assim como as aparas foram organizadas em quatro pilhas (pilha de costaneiras de pau-mulato; pilha de aparas de pau-mulato; pilha de costaneiras de andiroba; e pilha de aparas de andiroba), no pátio de estocagem para execução da cubagem em metro estéreo. Posteriormente, foi obtido o comprimento, largura e espessura das pilhas de costaneiras e aparas. Cada produto serrado (tábua, pernamanca, régua, quadrado, ripa e ripão), após o processamento, teve suas dimensões (comprimento, largura e espessura) tomadas individualmente, para calcular o volume de madeira serrada pela somatória das peças.

Além disso, foram retiradas amostras de, aproximadamente, 1 kg, para cada tipo de resíduo por espécie, as quais foram devidamente identificadas e acondicionadas em sacos plásticos (ANEXO E), de modo a evitar a perda excessiva de água até o deslocamento ao laboratório da Embrapa. Dessas amostras de costaneiras e aparas, foram utilizados 3 pedaços de cada amostra para a determinação da massa específica e o restante foi destinado aos testes de umidade.

2.4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RESÍDUOS PROVENIENTES DAS SERRARIAS

As amostras de 1 kg de costaneira, serragem e apara, foram colocadas em uma estufa de ventilação forçada a $65 \pm 2^\circ\text{C}$ e pesada a cada 24 horas. Após estabilização, a

temperatura foi elevada para $105 \pm 2^\circ\text{C}$ durante mais 24 horas. O material coletado foi submetido às seguintes análises: massa específica aparente a granel, massa específica aparente e umidade, nos laboratórios da Embrapa Amapá (EMBRAPA, 2005).

2.4.1. Propriedades físicas da serragem

2.4.1.1. Massa específica aparente a granel

Foi conduzida segundo a norma NBR 6922 (ABNT, 1981). Devido à natureza polidispersa da serragem, foram determinadas as densidades aparentes a granel. Logo após processamento, ou seja, na condição úmida, foram coletadas amostras de 1 kg de cada serragem, devidamente vedadas e levadas ao laboratório. Um recipiente graduado de volume de 7 L teve sua massa previamente pesada em balança semianalítica de precisão para posteriormente ser descontada. Com o recipiente posicionado sobre a balança, as amostras de serragem foram pesadas. A massa específica aparente a granel, na umidade após processamento, foi determinada pela seguinte equação:

$$ME_{AGX\%} = \frac{mX\%}{V}$$

Em que: $ME_{AGX\%}$ é a massa específica aparente a granel a umidade desconhecida X da madeira após processamento ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$); $mX\%$ é a massa da amostra a umidade desconhecida da madeira após processamento (g); V é o volume conhecido do recipiente (cm^3).

A serragem foi seca em estufa a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ até massa constante. A massa específica aparente a granel foi determinada segundo a mesma metodologia acima, conforme a equação abaixo:

$$ME_{AG0\%} = \frac{m0\%}{V}$$

Em que: $ME_{AG0\%}$ é a massa específica aparente a granel a 0% ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$); $m0\%$ é a massa da amostra a 0% (g); V é o volume conhecido do recipiente (cm^3).

2.4.1.2. Umidade

As umidades na base seca e úmida foi determinada conforme a NBR 8112 (ABNT, 1986). De cada amostra foi obtida uma alíquota de 1 kg devidamente lacrada e levada ao laboratório. A massa foi determinada na condição úmida e amostra foi seca a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ até se tornar constante, controlada por meio de pesagens sucessivas até variação não significativa.

$$U_{bu} = \frac{mu - ms}{mu} * 100$$

Em que: U_{bu} é a umidade base úmida (%); mu é a massa úmida (g); ms é a massa absolutamente seca (g).

$$U_{bs} = \frac{mu - ms}{ms} * 100$$

Em que: U_{bs} é a umidade base seca (%); mu é a massa úmida (g); ms é a massa absolutamente seca (g).

2.4.2. Propriedade física das costaneiras e aparas

2.4.2.1. Massa específica aparente

Foi conduzida segundo a norma NBR 9156 (ABNT, 1985). No laboratório, as amostras foram pesadas para obter a massa na umidade após processamento no campo. Em seguida, foram imersas em água destilada para saturação por aproximadamente 10 dias. O processo foi acelerado com aplicação de vácuo. O volume de cada costaneira e apara foi determinado pelo método hidrostático de imersão em água. Para tanto, um béquer contendo água destilada foi posicionado sobre uma balança de precisão 0,001 g. Uma haste foi inserida nas amostras para imersão em água sem encostar no recipiente. O volume foi determinado pela massa de água deslocada, considerando a densidade da água a 1 g cm^{-3} . As amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ até massa constante. Os volumes das amostras absolutamente secas foram determinados de acordo com a mesma metodologia utilizada para as amostras saturadas. As massas específicas aparente básica e anidra (0%) foram determinadas de acordo com as seguintes equações:

$$ME_b = \frac{m0\%}{Vs}$$

Em que: ME_b% é a massa específica básica das costaneiras e aparas (g.cm⁻³); m0% é a massa da amostra absolutamente seca (g); Vs é o volume saturado da amostra (cm³).

$$M_{0\%} = \frac{m0\%}{V0\%}$$

Em que: M0% é a massa específica aparente básica das costaneiras e aparas a 0% (g.cm⁻³); m0% é a massa da amostra absolutamente seca (g); V0% é o volume da amostra absolutamente seca (cm³).

2.4.2.2. Umidade

A umidade na base úmida e seca foram determinadas conforme a NBR 8112 (ABNT, 1986). As amostras foram inseridas em uma estufa a 105 ± 2°C até a massa da amostra permanecer constante. As umidades foram calculadas pelas seguintes equações:

$$U_{bu}(\%) = \frac{m1 - m2}{m1} * 100$$

Em que: U_{bu} = umidade na base úmida (%); M1 = massa inicial da amostra (g); M2 = massa final da amostra seca a 105 ± 2°C (g).

$$U_{bs}(\%) = \frac{m1 - m2}{m2} * 100$$

Em que: U_{bs} = umidade na base seca (%); M1 = massa inicial da amostra (g); M2 = massa final da amostra, seca a 105 ± 2°C (g).

2.5. ANÁLISES DOS DADOS

A análise estatística foi realizada no software Statistica trial, versão 10.0. O potencial de resíduo de serraria foi calculado pela diferença entre o volume de toras que entraram na serraria e o volume de madeira serrada. O volume de cada tora foi

calculado a partir das medições das circunferências nas extremidades da tora e de seu comprimento. Quando a tora já estava partida, media-se diretamente na frente da tora, o diâmetro ou raio, quando a parte tinha menos da metade da tora.

O volume total de resíduos, estimado pela diferença entre o volume de toras e o volume da madeira serrada, foi comparado com o volume real de resíduos medido, para estimar um fator para cálculo do resíduo gerado a partir do monitoramento da entrada de toras e da saída de madeira serrada.

A comparação das quantidades de resíduo gerado, das médias de umidade e massa específica da biomassa, entre os diferentes tipos de resíduos e espécies, foi realizada por meio de análise de variância.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1. BENEFICIAMENTO DA MADEIRA NAS MICROSSERRARIAS FAMILIARES

Foram avaliadas toras de três espécies (pau-mulato, n=42; andiroba, n=21 e fava n=2) nas quatro serrarias de pequeno porte na Ilha das Cinzas-PA, totalizando 27,3 m³ antes do processamento das 65 toras. O rendimento geral de madeira serrada foi estimado em 37% do volume de madeira em tora que entrou nas serrarias. Não houve diferenças significativas para o rendimento ($T=0,5373$; $p=0,603$), entre as duas principais espécies serradas na Ilha das Cinzas, que são o pau-mulato e a andiroba (Tabela 1).

Tabela 1 - Volume total, volume médio por tora, diâmetro mínimo, médio e máximo das toras, volume de madeira serrada e rendimento para cada espécie processada nas 4 microsserrarias localizadas na Ilha das Cinzas, Gurupá-PA.

Espécies	Volume por tora (m ³)			Diâmetro das toras (cm)			Rendimento (%)
	Total	Médio	Madeira serrada	Mínimo	Médio	Máximo	
Pau- mulato	18,14	0,43	6,58	0,23	0,45	0,70	35,13
Andiroba	7,81	0,37	2,84	0,24	0,35	0,49	35,32
Fava	1,33	0,67	0,57	0,43	0,46	0,49	42,90
3 spp.	27,3	0,49	10	0,23	0,42	0,70	37

A andiroba apresentou um volume de produtos de 2,84 m³, correspondendo a 28% do total de peças geradas que são comercializadas nas microsserrarias, sendo a segunda espécie com maior volume de peças geradas após o desdobro das toras.

No Amapá a espécie prauúba apresenta maior volume anual de madeira serrada da floresta de várzea, aproximadamente 9.277 m³, e em segundo lugar o pau-mulato com 6.663 m³ (CASTILHO, 2013). Na Ilha das Cinzas, foi observado que praticamente não há prauúba, uma espécie de grande porte e copa, que domina as várzeas do lado do Amapá.

Em trabalho realizado em 48 microsserrarias em áreas de várzea e terra firme no Estado do Amapá, foi obtido um volume anual de 94.000 m³ de tora e produção de 41.000 m³ de madeira processada (PEREIRA et al., 2010). Esses valores podem ser explicados pelo fato de as serrarias na terra firme são maiores e possuem melhores condições de trabalho do que nas de várzea, o que justifica os valores elevados.

As cinco espécies que apresentam maior potencial de utilização madeireira na várzea estuarina amazônica, no município de Mazagão, estado do Amapá são: andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), pracuúba (*Mora paraensis* Ducke), pau-mulato (*Callycophyllum spruceanum* Benth.), macacaúba (*Platymiscium filipes* Benth.), virola (*Virola surinamensis* (Rol. Ex Rottb) Wab) e anani (*Symphonia globulifera* L.) (QUEIROZ; MACHADO, 2007). Essas espécies são mais utilizadas pelos proprietários de pequenas serrarias no estuário amazônico por possuir uma excelente trabalhabilidade e resistência aos intempéries ambientais e por apresentar ainda um retorno econômico maior devido a qualidade da madeira (densidade e qualidade do fuste) (ARAÚJO et al., 2016).

Além disso, observa-se que o rendimento encontrado nesse trabalho é próximo de trabalhos também realizados na região amazônica. Foi encontrado um percentual médio de rendimento de madeira serrada proveniente do desdobramento de espécies florestais da região amazônica de 36%, os demais 64% representavam os resíduos após desdobramento das espécies (BRAZ et al., 2014).

Nos municípios do Santana e Macapá, em 56 microserrarias obteve-se um rendimento de 39% (CASTILHO, 2013). Pinheiro et al. (2004), em sua pesquisa realizada no Estado do Pará, obtiveram um rendimento de aproximadamente 40% do total de madeira extraída. A portaria 441 do IBAMA, de 09 de agosto de 1989 estabelece que o rendimento de madeira serrada seja de, aproximadamente, 54,28%. A legislação determina que, para cada metro cúbico de madeira retirado, é necessário repor seis árvores.

Segundo Oliveira et al. (2003) em sua pesquisa sobre a viabilidade econômica do desdobro de toras de florestas nativas, em sete serrarias no município de Jaru, Estado de Rondônia, obteve um rendimento de 49,28% para 56.217 m³ de desdobramento de toras. Os autores ainda evidenciam que o volume de madeira produzido procede de microserrarias com baixo padrão tecnológico, ocasionando desperdícios elevados acima dos níveis aceitáveis.

Em uma serraria no município de Mojú, Estado do Pará, foi observado um rendimento médio de 36,50% com amplitude de 32,30% a 41,20% em toras de três espécies nativas (DUTRA e NASCIMENTO, 2005). Observou-se que de acordo com a variação do tamanho, ocorre também a variação do rendimento da tora, concluindo que as toras de menores diâmetros apresentam rendimentos inferiores.

Um fator preponderante para influenciar a variação do rendimento é a qualidade da tora e os produtos obtidos após o beneficiamento da mesma. Pode-se inferir que toras com diâmetros menores não são adequadas para tábuas de determinada dimensão, uma vez que, em toras de maior diâmetro, o volume de madeira perdida como costaneira e apara é percentualmente menor em relação ao volume da tora (BARBOSA et al., 2014).

O total de resíduo estimado medido foi de 24,86 m³, representando 63% do volume das toras processadas. Esse volume total é a soma das seguintes percentagens para cada tipo de resíduo: serragem (54,18%), apara (16,45%) e costaneira (29,37%). A espécie que gerou mais resíduo foi o pau-mulato, devido à quantidade de toras processadas e a dimensão das mesmas, em seguida a andiroba e por último a fava (Tabela 2).

Tabela 2 - Resíduos provenientes do desdobro da madeira em 4 microserriarias na Ilha das Cinzas, Gurupá-PA.

Espécies	Nº de toras	Resíduos do desdobro		
		Costaneira (%)	Apara (%)	Serragem (%)
Andiroba (<i>Carapa guianensis</i> Aubl.)	21	7,55	5,52	14,53
Pau-mulato (<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) K. Schum.)	42	20,63	10,63	36,56
Fava (<i>Dimorphandra Mollis</i> Benth.)	2	1,19	0,30	3,10
Total	65	29,37	16,45	54,18

O maior percentual de volume de resíduo gerado foi de serragem. Esse resultado, também foi encontrado em outros trabalhos (CERQUEIRA et al., 2012). Esses autores também encontraram que o principal resíduo gerado nas serrarias é a serragem, que representou 36,17% do total. Nesse trabalho também se verificou que 55% das microserriarias realizam a venda dos resíduos para a geração de energia em cerâmicas, 17% realizam a venda dos resíduos para baias de animal, 16% doam a interessados, 8% descartam nos lixões e 2% para confecção de artefatos de madeira

Os resíduos gerados após desdobramento e beneficiamento da madeira em serrarias da região amazônica, que processam espécies florestais, possuem um percentual de aproximadamente 47% para aparas e pontas, 31% para costaneiras e casca, e 22% serragem e maravalha (Braz et al., 2014). Nesse caso, verifica-se que a

maior parte da tora se transforma em resíduo devido ao tipo de espécie processada e a qualidade das tecnologias empregadas no desdobro.

A indústria de transformação primária (microserrarias) produz grande quantitativo de resíduos após desdobramento da madeira. O aumento progressivo de apara, costaneira e serragem produzidas sem uma destinação final, ocasiona o despejo da mesma a céu aberto. A utilização dos resíduos pelas indústrias do segmento florestal minimizaria possíveis impactos ambientais negativos, em especial no caso da serragem da madeira, por ser o resíduo mais produzido (BARBOSA et al. 2014).

Segundo o mesmo autor, na maioria dos casos nas indústrias de transformação primária (serrarias), os resíduos são despejados a céu aberto após o desdobro e são utilizados na queima direta para geração de energia, e mais recentemente no processo de fabricação de painéis, aglomerados, MDF (chapas de fibras de média densidade) e biocombustíveis. A descentralização, custo com transporte e o grande quantitativo de resíduos gerados nas serrarias torna difícil sua utilização integral.

3.2. PRODUTOS GERADOS APÓS O DESDOBRAMENTO DA MADEIRA

Nas microserrarias realizou-se o beneficiamento da matéria prima para produzir diversos tipos de perfis de madeira como: tábuas, pernamanca, régua, ripa e ripão. Os produtos gerados totalizaram um volume 9,99 m³ proveniente das espécies florestais (pau-mulato, andiroba e fava). O pau-mulato é o que é mais extraído da floresta, pois apresenta maior quantidade de produto gerado quando comparado com a andiroba e fava. Os produtos que geram maior demanda nas quatro serrarias avaliadas foram as tábuas (n=691), pernamanca (n=269) e régua (n=58) que abastecem a própria comunidade e regiões próximas a Ilha das Cinzas-PA (Tabela 3).

Tabela 3 - Produtos gerados e dimensões das peças. Provenientes do desdobro da madeira nas quatro serrarias na Ilha das Cinzas, Gurupá-PA.

Peças	n°	Média			Volume Total (m ³)
		Comprimento (m)	Largura (cm)	Espessura (cm)	
Tábua	691	4	14	2	6,93
Régua	58	3	10	2	0,38
Ripa	40	3	4	3	0,18
Pernamanca	269	4	7	4	2,42
Ripão	8	3	4	3	0,03
Quadrado	11	4	3	3	0,05

Peças	n°	Desvio Padrão			Volume Total (m³)
		Comprimento (m)	Largura (cm)	Espessura (cm)	
Tábua	691	0,48	3,25	1,39	6,93
Régua	58	0,39	2,21	0,39	0,38
Ripa	40	0,27	1,73	0,43	0,18
Pernamanca	269	0,38	0,64	0,52	2,42
Ripão	8	0,12	0,29	0,58	0,03
Quadrado	11	0,24	0,20	0,22	0,05

Peças	n°	Coeficiente de Variação (%)			Volume Total (m³)
		Comprimento (m)	Largura (cm)	Espessura (cm)	
Tábua	691	13	24	61	6,93
Régua	58	11	23	20	0,38
Ripa	40	9	52	14	0,18
Pernamanca	269	11	9	15	2,42
Ripão	8	4	8	20	0,03
Quadrado	11	7	6	6	0,05

Os produtos gerados no desdobramento da madeira nas microserrarias apresentam variações em relação às dimensões das peças produzidas, principalmente na largura e espessura. Os comprimentos encontrados no trabalho foram em média de 3 a 4 metros. A falta de padronização do tamanho das peças dificulta a quantificação real do volume de madeira processado, sendo uma característica importante e exigida pelo mercado consumidor (CASTILHO, 2013).

Os resultados com grandes variações apresentam baixos rendimentos porque requerem maiores cuidados na hora de serem processadas, especialmente quanto a espessura para tábuas (CV de 61%) e largura para ripas (CV de 52%). Quanto à espessura, os resultados conferem com os de Juizo (2014), o qual também relatou que a variação mais crítica foi na espessura.

As espécies utilizadas e as características dos produtos beneficiados resultam em diferenças no que tange ao rendimento do desdobro de toras em produtos acabados. Em geral, são as pequenas indústrias madeireiras, de baixo padrão tecnológico que são responsáveis por 80% do volume de madeira produzida na Amazônia. Isso leva a um desperdício acima dos níveis aceitáveis porque as mesmas não possuem tecnologia adequada para um maior aproveitamento da madeira processada (MARCHESAN et al., 2014).

Os principais produtos de madeira beneficiada nas serrarias de pequeno porte são tábuas serradas, barrotes de madeira em várias bitolas, pranchas, blocos de madeira serrada, sobras para ripado e caibro de casca e lenha secas ao sol (SANTANA, 2003).

Os produtos gerados são empregados na construção civil, naval, confecção de moveis e artefatos artesanais.

Por meio de monitoramento foi constatado que a produção das serrarias é influenciada pela sazonalidade. Vale ressaltar que a exploração e traçamento das toras são realizadas principalmente no verão nos meses de outubro, novembro e dezembro. O transporte até a estiva (local de armazenamento da tora antes de ser processada) é por meio fluvial no período em que ocorre alta pluviosidade, pois os rios e igarapés ficam transbordando de água, facilitando a condução das toras. Segundo Castilho (2013), no período chuvoso que ocorre no primeiro semestre do ano (janeiro a junho), é observada uma baixa procura dos produtos gerados no processamento, portanto o preço oferecido pelas peças é baixo. No segundo semestre, com índice pluviométrico inferior de semestre anterior, os produtos passam a ser mais valorizados e produzidos em maior quantidade devido à demanda do comércio. Em contrapartida, nesse período o fluxo dos rios dificulta o transporte dessa matéria prima até as microserriarias.

3.3. ANÁLISES FÍSICA DOS RESÍDUOS GERADOS NAS MICROSERRIARIAS

Em campo, não foram coletadas amostras de fava, devido à baixa representatividade da espécie, apenas amostras de andiroba e pau-mulato foram coletadas para análise laboratorial. A massa específica aparente média de serragem foi de $0,3 \text{ g.cm}^{-3}$ para pau-mulato e $0,2 \text{ g.cm}^{-3}$ para andiroba. A massa específica aparente a 0% foi de $0,7 \text{ g.cm}^{-3}$ para apara e costaneira de pau mulato e andiroba. A umidade média na base úmida foi de 36% e na base seca de 63% (Tabela 4).

Tabela 4 - Análise dos resíduos após desdobro das toras nas 4 serrarias na Ilha das Cinzas, Gurupá-PA.

Nº de toras	Espécies	Resíduos	Volume (m ³)	MEA _{x%} (g.cm ⁻³)	MEA _b (g.cm ⁻³)	MEA _{0%} (g.cm ⁻³)	U _{bu} (%)	U _{bs} (%)
42	Pau-mulato	Serragem*	9,09	0,3	-	-	33	50
		Apara	2,64	-	0,7	0,8	30	43
		Costaneira	5,13	-	0,7	0,8	28	42
21	Andiroba	Serragem*	1,72	0,2	-	-	39	64
		Apara	1,29	-	0,5	0,6	43	79
		Costaneira	1,47	-	0,6	0,6	46	87

Legenda: MEA, massa específica aparente; * a serragem foi a única amostra que foi obtida a massa específica aparente a granel; MEA_{x%}: massa específica aparente a

umidade desconhecida a $x\%$; MEA_b : massa específica aparente básica; $MEA_{0\%}$: massa específica aparente a 0% ; U_{bu} : umidade base úmida e U_{bs} : umidade base seca.

A densidade básica encontrada no trabalho para pau-mulato foi verificada em outros trabalhos que encontraram densidade de $0,65 \text{ g.cm}^{-3}$ para valores das amostras da base e do topo do fuste da espécie. Através disso, pode se inferir que a espécie apresenta potencial de uso para fins tecnológicos e industriais devido apresentar elevada densidade em floresta secundária no estuário amazônico (ARAÚJO et al., 2016).

A andiroba apresentou valor médio de $0,5 \text{ g.cm}^{-3}$, existem trabalhos que especificam que a densidade da espécie varia entre $0,43 \text{ g.cm}^{-3}$ a $0,59 \text{ g.cm}^{-3}$, essa diferença ocorre devido a variação geográfica e às diferentes necessidades estruturais da espécie para suportar os intempéries ambientais (FEAMSIDE, 1997). Em um trabalho para se estabelecer as propriedades físicas e mecânicas de 163 espécies de madeiras tropicais brasileira, foi verificado que a andiroba obteve densidade básica de $0,59 \text{ g.cm}^{-3}$ (ARAÚJO, 2007).

As umidades máximas na base seca encontradas para madeira de espécies florestais de terra firme variaram de 65% a 68% (SILVEIRA et al., 2013). Nesse trabalho, para os resíduos lenhosos amostrados, foram encontrados valores abaixo para o pau-mulato e acima para a andiroba. Os resíduos de andiroba apresentaram maior umidade do que os de pau-mulato, provavelmente, devido à própria água constituinte, já que ambas as espécies são transportadas pelo rio e ficam expostas as inundações das marés, estando, portanto, em condições saturadas. Vale ressaltar que o ponto de saturação médio das fibras é de aproximadamente 30% (GLASS; ZELINKA, 2010).

A umidade afeta as propriedades da madeira e a mesma deveria ficar próxima do ponto de saturação das fibras, ao redor de 30% . No entanto, esse índice de teor de umidade não é levado em consideração nas microsserrarias, pois os produtos e os resíduos são depositados a céu aberto (FERREIRA, 2003).

A medição do volume real dos resíduos em campo, permitiu ver a relação com os volumes de resíduos estimados pela diferença entre o volume de toras e de madeira serrada (Figura 2). Com isso, foi possível calcular os fatores para estimar o volume real dos dois principais tipos de resíduos (serragem e costaneira) a partir do volume de madeira roliça que entra na serraria.

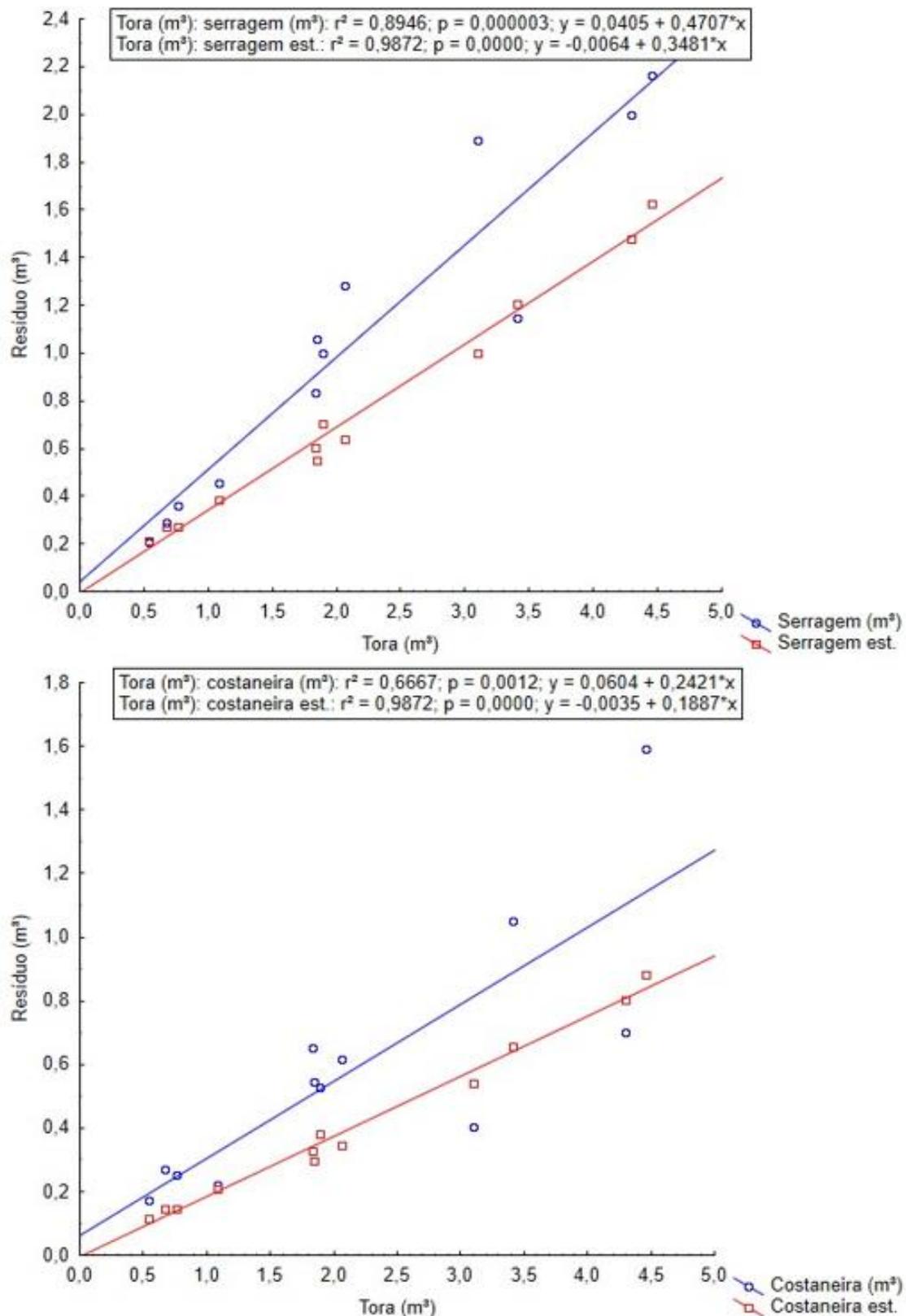


Figura 2 - Análises de regressão entre o volume de toras que entra na serraria e os volumes de resíduos estimados pela diferença com a madeira serrada (est.) e medidos após o processamento (m³), para os dois tipos principais de resíduos gerados: serragem e costaneira.

Verifica-se que todas as regressões foram altamente significativas para serragem e costaneira, e apresentam boas associações, permitindo gerar equações e fatores para estimar o volume gerado de resíduos a partir do volume de madeira roliça que entra na serraria. No caso das aparas, apesar de significativo ($p=0,031$), o ajuste não foi bom ($R^2=0,38$), não sendo recomendado o uso dos fatores para gerar as estimativas, pois poderia incorrer em erros de mais de 50% nos valores. As aparas são sobras da madeira serrada que não podem ser utilizadas devido a problemas como podridão, ocos e rachaduras das toras. Com isso, é gerado um material muito heterogêneo, com pedaços de vários tamanhos e formas, dificultando o ajuste dos dados. Também foi o resíduo com menor volume gerado, com baixa representatividade no total.

Observa-se que os volumes de resíduos reais gerados nas serrarias são sempre maiores do que os volumes calculados pela diferença. Isso se deve ao fato de que após o processamento, o volume, antes compactado em uma tora, vai passar a ocupar um volume maior após a desestruturação da madeira, devendo nesse caso ser considerado o volume estéreo, que é o volume real dos resíduos gerados após o processamento.

Isso é particularmente importante para a serragem, para a qual só é possível calcular a massa específica a granel. Para estimativa da biomassa de serragem disponível, será necessário multiplicar o volume de toras que serão serradas por 0,63 (% de resíduo total em relação ao volume de toras) e, na sequência, por 0,54 (% de serragem em relação ao volume de resíduo total). Com isso, será calculado o volume de serragem relacionado ao volume sólido das toras, que deve ser multiplicado pelo fator de 1,35 (coeficiente da equação do volume real dividido pelo coeficiente da equação do volume estimado), para estimar o volume real desestruturado. Esse volume multiplicado pela massa específica a granel, irá gerar a biomassa. Assim, considerando uma tora com volume médio de $0,5 \text{ m}^3$ (Tabela 1) e o processamento de 10 toras (5 m^3), será gerada a seguinte quantidade de serragem: $5 \text{ m}^3 \times 0,63 \times 0,54 \times 1,35 = 2,30 \text{ m}^3$. A multiplicação desse volume pela massa específica da serragem ($0,3 \text{ t m}^{-3}$ para o pau mulato), irá gerar a biomassa. Dessa forma, com 5 m^3 de tora de pau-mulato é possível gerar 690 kg de serragem.

4. CONCLUSÃO

Os resíduos provenientes das serrarias familiares da várzea são gerados em elevada quantidade, pois essas micro-serrarias são de baixo padrão tecnológico e utilizam árvores finas que diminuem o aproveitamento. É sempre gerado mais resíduo, com predomínio de serragem, do que madeira serrada, com excessiva perda da matéria prima.

O rendimento de madeira serrada, assim como a quantidade de resíduo gerado, não depende das espécies avaliadas, que sempre apresentam elevada variação nas dimensões dos produtos serrados e maior volume de serragem. Nas serrarias familiares da várzea, é possível estimar com confiança a biomassa e o volume de resíduos gerados na forma de serragem e costaneira, a partir do volume de toras que entra na serraria. No entanto, o mesmo não se aplica para as aparas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas áreas de açazais foi verificado um manejo intensivo do fruto, tanto para comercialização quanto para o consumo próprio. Apesar da maioria das áreas de produção serem consideradas pequenas, são bastante produtivas. Os moradores da comunidade retiram elevada quantidade do fruto para própria subsistência de suas famílias. Isso faz com que uma grande quantidade de caroços seja despejada próximo de suas residências. Não tendo um direcionamento adequado no término do processo de despulpamento. As técnicas de manejo dos resíduos devem ser mais discutidas com as comunidades para o conhecimento de seu potencial energético. Nas serrarias próximas ao canal norte do rio Amazonas, era comum a troca com atravessadores dos resíduos mais grosseiros, com as aparas e as costaneiras, por óleo diesel. Esses resíduos eram levados para olarias, que os utilizavam para queimar telhas e tijolos. No entanto, foi verificado que essa prática não está mais acontecendo, o que aumenta ainda mais o problema da destinação final desses resíduos.

Conforme o exposto no trabalho vale ressaltar o isolamento das comunidades quanto ao sistema de fornecimento elétrico devido à dificuldade de acesso, por isso a descoberta de novas tecnologias que se adequem as condições ambientais e ao que mais elas usufruem. Os dados obtidos vêm contribuir para auxiliar no planejamento da produção de madeira serrada, assim como a produção de resíduos provenientes do desdobro da madeira para a geração de energia. Assim, propõe-se a utilização dos mesmos como insumo para a geração de energia renovável para comunidades de várzea e prevenção de impactos ambientais.

6. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 6922: carvão vegetal – Ensaio físicos determinação da massa específica (densidade a granel). 1981. 2p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 9156: carvão vegetal – Determinação da densidade relativa aparente, relativa verdadeira e porosidade – Método de ensaio. 1985. 8p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 8112: carvão vegetal – Análise imediata. 1982. 3p.

ALMEIDA, A. F.; JARDIM, M. A. G. Florística e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta de várzea na Ilha de Sororoca, Ananindeua, Pará, Brasil. **Revista Scientia Forestalis**, v. 39, p.191-198, 2011.

ARAÚJO, B. H. P. de; SOUSA, M. A. R. de; NASCIMENTO, H. E. M.; ZANUNCIO, A. J. V.; RODRIGUES, D. M. de S.; GUEDES, M. C. Propriedades físicas da madeira de *Calycophyllum spruceanum* Benth. em função do diâmetro e da posição (base e topo) no fuste. **Scientia Forestalis**, v. 44, p.759-768, 2016.

ARAÚJO, H. J. B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. **Revista Floresta**, v. 37, p.399-416, 2007.

BARBOSA, L. C.; PEDRAZZI, C.; FERREIRA, E. da S.; SCHNEID, G. N.; WILLE, V. K. D. Avaliação dos resíduos de uma serraria para a produção de celulose *kraft*. **Ciência Florestal**, v.24, p.491-500, 2014.

BRAZ, R. L., NUTTO, L.; BRUNSMIEIER, M., BECKER, G.; SILVA, D. A. da. Residues from forest harvesting and wood processing in the Amazon - an analysis of the production chain. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.5, p.168-181, 2014.

BRASIL. Governo Federal. Grupo Executivo Interministerial. **Plano de desenvolvimento territorial sustentável do arquipélago do Marajó: resumo executivo da versão preliminar para discussão nas consultas públicas**. Grupo Executivo Interministerial. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2007, 24p.

BATISTA, D. C.; SILVA, J. G. M. da; CORTELETTI, R. B. Desempenho de uma Serraria com Base na Eficiência e na Amostragem do Trabalho. **Floresta e Ambiente**, v.20, p.387-394, 2013

CASTILHO, N. T. F. **Manejo da regeneração natural e produção de madeira pau mulato em floresta de várzea do estuário Amazônico** – Macapá. 2013. 95f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amapá.

CERQUEIRA, P. H. A. de C.; VIEIRA, G. C.; BARBERENA, I. M.; MELO, L. C.; FREITAS, L. C. de. Análise dos Resíduos Madeiros Gerados Pelas Serrarias do Município de Eunápolis-BA. **Floresta e Ambiente**, v.19, p.506-510, 2012.

DUTRA, R. I. J. P.; NASCIMENTO, S. M. do. Resíduos de indústria madeireira: caracterização, consequências sobre o meio ambiente e opções de uso. **Revista científica eletrônica de engenharia florestal**, n.5, issn 1678-3867, 2005.

EMBRAPA. **Manual de laboratório**: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos. São Paulo: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005, 313p.

FERREIRA, O. P. Madeira: **uso sustentável na construção civil**. São Paulo: Instituto de pesquisas Tecnológicas: SVMA: SindusCon-SP, 2003, 60p.

FEAMSIDE, P. M. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 90, p.59-87, 1997.

GARCIA, F. M.; MANFIO, D. R.; SANSÍGLO, C. A.; MAGALHÃES, P. A. D. Rendimento no desdobro de toras de itaúba (*Mezilaurus itaúba*) e tauari (*Couratari guianensis*) segundo a classificação da qualidade da tora. **Floresta e Ambiente**, v.19, p.448-474, 2012.

GLASS, S.V.; ZELINKA, A.L. 2010. **Moisture relations and physical properties of wood**. General Technical Report FPL- GTR. 190: 20p.

HEINRICH, D. **Simulação da produção de madeira serrada**. 2010. 157f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Instituto Nacional de Eficiência Energética - INEE. A eficiência energética e o novo modelo do setor energético. Instituto Nacional de Eficiência Energética , 2001, 74p .

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Cidades: município de Gurupá**. Disponível em:< <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=150310>>. Acesso em: 04 de Abr. de 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro-RJ: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2012, 271p.

JUIZO, C. G. F.; ROCHA, M. P. da; BILA, N. F. Avaliação do Rendimento em Madeira Serrada de Eucalipto para Dois Modelos de Desdobro numa Serraria Portatil. **Floresta e Ambiente**, v.21, p.543-550, 2014.

LOPES FILHO, R. P. **Boletim Agrometeorológico 2014**. Macapá: Embrapa Amapá, 2016, p.1-32.

MARCHESAN, R.; ROCHA, M. P. da; SILVA, J. B. da; KLITZKE, R. J. Eficiência técnica no desdobro principal de toras de três espécies tropicais, **Revista Floresta**, v.44, p.629–636, 2014.

OLIVEIRA, A. D. de; MARTINS, E. P.; SCOLFORO, J. R. S.; REZENDE, J. L. P.; SOUZA, A. N. de. Viabilidade econômica de serrarias que processam madeira de florestas nativas – o caso do município de Jarú, estado de Rondônia. **Revista Cerne**, v.9, p.001-015, 2003.

PEREIRA, D.; SANTOS, D.; VEDOVETO, M.; GUIMARÃES, J.; VERÍSSIMO, A. **Fatos florestais da Amazônia**. IMAZON, 2010, 124p.

PINHEIRO, G. F.; RENDEIRO, G.; PINHO, J. T. Resíduos do setor madeireiro: aproveitamento energético, **Biomassa & Energia**, v.1, p.199-208, 2004.

PINTO, E. R. **Solos, hidrologia e estrutura populacional de pracuubeiras em florestas de várzea do estuário amazônico**. 2014. 69f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amapá.

QUEIROZ, J. A. L. de; MACHADO S. do A. Potencial de utilização madeireira de espécies florestais de várzea no município de Mazagão no estado do Amapá. **FLORESTA**, v.37, p.1–10, 2007.

SANTANA, A. C. de. Análise da competitividade sistêmica da indústria de madeira no estado do Pará. **Revista de economia e agronegócio**, v.1, p. 1–26, 2003.

SILVEIRA, L. H. C.; REZENDE, A. V.; VALE, A. T. Teor de umidade e densidade básica da madeira de nove espécies comerciais amazônicas. **Acta Amazônica**, v.43, p.179-184, 2013.

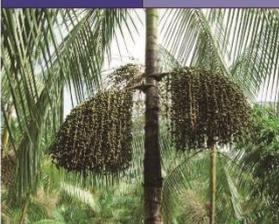
ANEXO

ANEXO A – Calendário estilizado utilizado para a anotação do consumo e venda do fruto de açaí, no 2º semestre de 2015 e 1º semestre de 2016.



2015

DEZEMBRO

DOMINGO	SEGUNDA-FEIRA	TERÇA-FEIRA	QUARTA-FEIRA	QUINTA-FEIRA	SEXTA-FEIRA	SÁBADO
		1	2	3	4	5
		CONSUMO <small>RASAS</small> VENDA <small>RASAS VALOR / RASA</small>				
6	7	8	9	10	11	12
CONSUMO <small>RASAS</small> VENDA <small>RASAS VALOR / RASA</small>						
13	14	15	16	17	18	19
CONSUMO <small>RASAS</small> VENDA <small>RASAS VALOR / RASA</small>						
20	21	22	23	24	25	26
CONSUMO <small>RASAS</small> VENDA <small>RASAS VALOR / RASA</small>						
27	28	29	30	31		
CONSUMO <small>RASAS</small> VENDA <small>RASAS VALOR / RASA</small>						

Apoio



Realização





Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



PÁTRIA EDUCADORA

ANEXO B – Procedimentos de amostragem em campo do caroço de açaí.



Figura 1 - Material utilizado: A) baldes de 20 L, B) béquer de 1000 ml, C) balança de 2,5 kg e precisão de 5 g, D) balança de 25 kg e precisão de 50 g, E) sacolas plásticas de 1 kg.



Figura 2 - Antes do despulpamento: A) nos baldes de 20 L são inseridos os frutos, B) os frutos são pesados com balança de 25 kg e precisão de 50 g, C) é retirado uma alíquota em um béquer de 1000 ml, D) a alíquota é pesada em balança de 2,5 kg e precisão de 5 g, E) os frutos são despejados em um recipiente em alumínio que receberá água aquecida para facilitar o processo de despulpamento durante uma hora.



Figura 3 - Após despulpamento do fruto: A) nos baldes de 20 L são inseridos os caroços, B) os caroços são pesados com balança de 25 kg e precisão de 50 g, C) é retirado uma alíquota em um béquer de 1000 ml, e pesada em balança de 2,5 kg e precisão de 5 g, D) amostra de 1 kg que será levada para o laboratório.

ANEXO D – Procedimentos em laboratório do caroço de açaí.



Figura 1 - Análise laboratorial: A) estufa de ventilação forçada, B) as amostras de 1 kg de caroço de açaí foram colocadas em uma estufa de ventilação forçada a $65 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e pesada a cada 24 horas, após estabilização, a temperatura foi elevada para $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante mais 24 horas, C) amostra de açaí, D) pesagem da amostra de 1 kg, E) armazenamento após pesagem.

ANEXO E – Procedimento de amostragem em campo dos resíduos das serrarias.



Figura 1 - Desdobramento da madeira: A) mensuração da dimensão das toras na estiva, B) foi inserida uma lona de 5 m na parte inferior da serra para quantificar a serragem, C) desdobramento da madeira, D) foi inserida uma lona de 5 m na parte inferior da galgadeira (serra de menor dimensão), E) quantificação da serragem com baldes de 10 L e balança de 25 kg e precisão de 50 g para as sobras, F) medição dos produtos gerados com trenas de 25 m, G) medição da dimensão das costaneiras e aparas por espécie florestal.