



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA  
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA  
DOUTORADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS



**THAIS YURI RODRIGUES NAGAISHI**

**AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DA BIOMASSA DE CAPOEIRA TRITURADA PARA OS  
AGRICULTORES FAMILIARES DO NORDESTE PARAENSE**

**BELÉM  
FEV/2020**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA  
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA  
DOUTORADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS



**THAIS YURI RODRIGUES NAGAISHI**

**AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DA BIOMASSA DE CAPOEIRA TRITURADA PARA OS  
AGRICULTORES FAMILIARES DO NORDESTE PARAENSE**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da  
Amazônia, como parte das exigências do Curso de  
Doutorado em Ciências Florestais da Amazônia, para  
obtenção do título de Doutor.

Orientador: Dr. Osvaldo Ryohei Kato

Co orientadora: Dra. Débora Veiga de Aragão

BELÉM

FEV/2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia  
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- Y94a Yuri Rodrigues Nagaishi, Thais  
Avaliação energética da biomassa de capoeira triturada para os agricultores familiares do nordeste paraense / Thais Yuri Rodrigues Nagaishi. - 2020.  
80 f. : il. color.
- Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCF), Campus  
Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2020.  
Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Ryohei Kato  
Coorientador: Profa. Dra. Debora Veiga Aragão.
1. Energia de biomassa. 2. Biocombustível. 3. Potencial Energético. 4. Tipitamba. 5. Corte sem  
queima. I. Ryohei Kato , Osvaldo , *orient.* II. Título
- 

CDD 630.275



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA  
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA  
DOUTORADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS



**THAIS YURI RODRIGUES NAGAISHI**

**AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DA BIOMASSA DE CAPOEIRA TRITURADA PARA OS  
AGRICULTORES FAMILIARES DO NORDESTE PARAENSE**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciências Florestais da Amazônia, para obtenção do título de Doutor.

Orientadora: Prof. Dr. Osvaldo Ryohei Kato

APROVADO

**BANCA EXAMINADORA**

---

Dr. Osvaldo Ryohei Kato - Orientador  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA

---

Dr. Luiz Fernandes Silva Dionísio - 1º. Examinador  
Universidade do Estado do Pará – UEPA

---

Dra. Antônia Benedita Silva Bronze – 2º Examinador  
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

---

Dra. Meirevalda do Socorro Ferreira Redig - 3º. Examinador  
Universidade Federal do Pará – UFPA

---

Dr. Sueo Numazawa – 4º Examinador  
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

BELÉM

2020

*A DEUS que me concedeu a vida e tudo que possuo, principalmente a benção de ter uma família unida e amada; aos meus pais, Goro Nagaishi (In memoriam) e Lucelinda Nagaishi que, por escolha, dedicaram e dedicam seu amor incondicional a sua família; às minhas irmãs, Tatiana e Tarcia, pelo apoio e amor; ao meu amado esposo, Marcio Nagaishi, pela dedicação, orientação, paciência e companheirismo; aos meus filhos, Mateus e Isabela, fonte de inspiração e fortaleza e a todos que contribuíram direta ou indiretamente para realização desta pesquisa. Tudo isso só foi possível graças ao amor Divino e a vocês.*

*DEDICO*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida, por tudo que sou, possuo, pelos desafios, ensinamentos, pela força interior e pela sabedoria que me guia a não esquecer que a maior ciência é a vida e o amor Divino que está em nossa volta. A Nossa Senhora, por seu amor acolhedor e que sempre me atendeu.

Ao meu pai que está no céu olhando e zelando por nós e que inspirou minha escolha profissional. À minha mãe, por sempre me acompanhar e apoiar, inclusive, nesta nova conquista, continuando a dar uma lição do que é amor de mãe.

Ao meu esposo, por dividir comigo os momentos felizes e, especialmente, os difíceis da minha vida, sempre com sabedoria, sensatez, dando-me força e amor necessário.

Às minhas irmãs, pela paciência, apoio, força e por serem excelentes mães e madrinhas dos “nossos” filhos. Ao Wagner Tolosa pelo carinho, alegria e força necessários para descontrair um pouco, além do apoio técnico no uso dos recursos de informática.

À Universidade Federal de Rural da Amazônia, pela oportunidade de realização do doutorado.

A todos os professores que contribuíram com a minha formação através de seus conhecimentos compartilhados durante toda a vida acadêmica, em especial ao prof. Dr. Suelo Numazawa acima de tudo, pelos ensinamentos, pela paciência e grandes ensinamentos sobre ética, caráter, determinação e fé.

Ao Dr. Kato que me acolheu tão bem ao me aceitar a ser sua orientada, bem como pelos valiosos ensinamentos compartilhados. À Dr.<sup>a</sup> Debora pela atenção, amizade e orientações, de forma tão dedicada e carinhosa.

A todos os amigos do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestais da UFRA, pelas conversas, ajudas intelectuais e descontraídas, em especial aos meus amigos Luiz Dionísio, Carla, Ellen e Rafael, por terem me ajudado muito durante essa caminhada.

Aos Estagiários e bolsistas do Laboratório Tecnológico de Produtos Florestais LTPF/UFRA, em especial ao Ewerton, Renato, Henrique, Leila, Mariléia, Renam e Tatiane pelo apoio e muitas vezes sacrifícios para me ajudar nas análises e coleta de campo.

À EMBRAPA, pela parceria na realização desta pesquisa, especialmente a todos do Projeto Tipitamba, Kato, Debora, Celia, Maurício, Anna, Lucilda; aos identificadores Ednaldo e João; aos motoristas Edilson (Malá) e Gonzaga, pelo imprescindível apoio, tanto na logística (visitas técnicas dos agricultores familiares), como nos momentos difíceis; e aos técnicos Cleuza e Ivanildo, meu muito obrigada.

Ao ISPA pelo apoio através da FEIGA, em especial aos funcionários Arquimedes e Kassia, pela atenção, apoio na logística, no planejamento das atividades de campo.

Ao laboratório de zootecnia ISPA e à Lívia, pelo apoio na realização de algumas análises.

A todos agricultores familiares (referência aos agricultores de novo?), em especial ao Sr. Elias, Dona Dora e Luciano, que deram o apoio necessário para realização das análises de campo, bem como, por terem acolhido a nossa equipe de trabalho como membros de sua família, o amor construído será por toda vida.

À Jaciléia e à Anne, pelo cuidado e atenção aos meus filhos, e até mesmo de a mim.

À Bisa Santana e à tia Guadá, pelo amor e dedicação, inclusive naqueles momentos em que não podia estar presente ao lado dos meus filhos. À minha cunhada Mariele pelo apoio na edição.

A todos aqueles que tenham prestado alguma forma de colaboração e que, involuntariamente, tenham tido seus nomes aqui omitidos.

Tê-los ao meu lado, durante este processo de formação, é ter a certeza do quanto sou amada e abençoada. Constatei que a união não faz somente a força, mas constrói o AMOR que é desafiado a viver se construindo, com GRATIDÃO, RESPEITO, SOLIDARIEDADE, e que devemos usar sempre os nossos dons para o BEM, a não nos limitar pelas nossas fraquezas e sim sermos corajosos em buscar FORÇA e DETERMINAÇÃO na FÉ. Aprendi que homem tenta, através da ciência, resolver alguns problemas que ele mesmo cria, mas que os bons cientistas são os que conseguem observar as soluções nos sinais das obras Divinas, mas que sempre são grandes enigmas.

# **AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DA BIOMASSA DE CAPOEIRA TRITURADA PARA OS AGRICULTORES FAMILIARES DO NORDESTE PARAENSE**

## **RESUMO**

O modelo de preparo de área com corte e trituração, do projeto Tipitamba, é considerado sustentável e, portanto, tido como alternativo ao sistema de corte e queima. No entanto, a falta de oferta de lenha é apontada como uma desvantagem a ser resolvida. O objetivo deste estudo foi avaliar o perfil socioeconômico dos agricultores familiares do nordeste paraense e a sua demanda por fontes alternativas de biocombustível, bem como avaliar a capoeira triturada em diferentes tipos de manejo como fonte alternativa ao uso da lenha. Para tanto, realizou-se pesquisa de campo para o conhecimento e avaliação da percepção dos agricultores familiares, seu sistema produtivo, renda, bem como a demanda, a obtenção e as dificuldades que os agricultores têm em relação à lenha, além de coleta de dados para avaliar o potencial da capoeira triturada como fonte energética. Utilizando-se várias ferramentas, como entrevistas, observação direta, além de análise de laboratório das características física, química e energética da biomassa. Na avaliação da biomassa, adotou-se os tratamentos referentes ao tipo de manejo de trituração da capoeira, com uma e duas triturações do Tritucap. E tratamentos referentes ao manejo de retirada da biomassa para fins energéticos, com adoção de três tipos de peneiras: 35mm, 55mm e 75mm de malha. O delineamento utilizado na área experimental da capoeira de cinco anos foi DBC fatorial de 2x3, com quatro repetições. Os resultados demonstram que os agricultores familiares do município de Igarapé-Açu já demandam por biocombustível alternativo, pois a maioria apresenta dificuldades de aquisição de lenha, coletada principalmente em área de capoeira de cinco a dez anos de idade e no preparo de área, havendo uma demanda de 0,50t ou 2,68st de lenha para cada 1t de farinha produzido. A biomassa de capoeira triturada de cinco anos apresentou índices de qualidades bioenergéticas próximos aos encontrados para biomassas tradicionalmente utilizadas como combustíveis sólidos, havendo potencial energético suficiente para a combustão direta no preparo da farinha de mandioca dos agricultores familiares, mesmo fazendo uso de apenas 25% do total da biomassa triturada, com adoção da peneira de maior abertura (75mm) e com apenas uma trituração.

**Termos para indexação:** Energia de biomassa; Biocombustível; Potencial Energético; Tipitamba; Corte sem queima

## **ENERGETIC EVALUATION OF THE GRIND CAPOEIRA BIOMASS FOR FAMILY FARMERS IN NORTHEAST PARAENSE**

### **ABSTRACT**

The Tipitamba project preparation area with cutting and grinding is considered sustainable and, therefore, considered as an alternative to the cutting and burning system. However, the lack of supply of firewood is pointed out as a disadvantage to be solved. The objective of this study was to evaluate the socioeconomic profile of family farmers in the Northeast of Pará and their demand for alternative sources of biofuel, as well as to evaluate of the grind capoeira different types of management as an alternative source to the use of firewood. To this end, field research was carried out for the knowledge and assessment of the perception of family farmers, their production system, income, as well as the demand, obtaining and difficulties that farmers have in relation to firewood, in addition to data collection to assess the potential of the grind capoeira as an energy source. They were used several tools, such as interviews, direct observation, in addition to laboratory analysis of the physical, chemical and energetic characteristics of biomass. In the evaluation of biomass, treatments were adopted regarding the type of management to grinding capoeira, with one and two grinds with the Tritucap. And treatments related to the management of biomass removal for energy purposes, with the adoption of three types of sieves: 35mm, 55mm and 75mm mesh. The design used in the five-year capoeira experimental area was a 2x3 factorial DBC, with four replications. The results show that family farmers in the municipality of Igarapé-Açu already demand alternative biofuel, since most of them have difficulties in acquiring firewood, collected mainly in a capoeira area from five to ten years of age and in preparing the area, demand of 0.50t or 2.68st of firewood for each 1t of flour produced. The five-year-old of the grind capoeira biomass showed indexes of bioenergetics qualities close to those found for biomasses traditionally used as solid fuels, with sufficient energy potential for direct combustion in the preparation of cassava flour of family farmers, even using only 25% of the total grinding biomass, with the adoption of the largest opening sieve (75mm) and with only one grinding.

**Terms for indexation:** Biomass energy; Biofuel; Energy Potential; Tipitamba; Cutting without burning.

## LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

2. PERFIL SOCIOECONOMICO E DEMANDA POR BIOCMBUSTÍVEL DOS AGRICULTORES FAMILIARES DO MUNICÍPIO DE IGARAPÉ-AÇU, PARÁ, BRASIL	
Figura 1	A- Aplicação da entrevista semiestruturada, B- Visita na área produtiva e C- Quantificação da lenha utilizada pelos agricultores familiares no município de Igarapé-Açu/PA, de 2017 a 2019. 22
Figura 2	Quantificação da lenha utilizada pelo agricultor para cada farinhaada no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. A- Pesagem da lenha (kg), B- Medição (st) da pilha de lenha do agricultor. 23
Figura 3	A- faixa etária da composição familiar; B: Tempo da família na propriedade dos agricultores familiares no município de Igarapé-Açu, nordeste do Pará 24
Figura 4	Organização social dos agricultores familiares no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. 25
Figura 5	Quantidade de pessoas componentes das famílias: moram, trabalham e preparam área para plantio, município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. 25
Figura 6	Tamanho das propriedades dos agricultores familiares no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. 26
Figura 7	Cobertura vegetal e uso do solo: Área plantada, Área disponível para plantio e Área de capoeira das propriedades dos agricultores familiares, no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. 27
Figura 8	Rendimento mensal médio dos agricultores familiares no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. 28
Figura 9	Sistema de preparo de área dos agricultores familiares no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. A- Com mecanização ou manual, B- adoção do sistema com ou sem fogo. 29
Figura 10	Gasto com preparo de um hectare de área dos agricultores familiares, município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. 30
Figura 11	Sistema de plantio dos agricultores familiares no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. A: Plantio de mandioca associado com outras espécies de um agricultor familiar visitada em abril de 2018 e B: Plantio de mandioca de um agricultor familiar visitada em maio de 2019. 30
Figura 12	Sistema de plantio dos agricultores familiares do município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. 31
Figura 13	Quantidade de ciclo de cultivo no plantio de mandioca pelos agricultores familiares, município de Igarapé-Açu, nordeste do Pará. 32
Figura 14	Tempo de pousio das áreas dos agricultores familiares, município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. 33
Figura 15	Uso de lenha: A- para cocção de alimentos e B- Produção de farinha de mandioca pelos agricultores familiares no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. 35
Figura 16	Uso da lenha pelos agricultores familiares no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. 35
Figura 17	Quantidade de farinhaada realizada por mês e produção de farinha em cada farinhaada (nº de saco de 60kg) realizada pelo agricultor familiar no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. 36
Figura 18	Pilha de lenha que o agricultor utiliza para uma farinhaada no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. A- Agricultor visitado no ano de 2018. B- Pilha de lenha retirado em área de capoeira pelo agricultor produzir uma farinhaada. 36
Figura 19	Armazenamento de lenha nas casas de farinha dos agricultores familiares no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. 37
Figura 20	Tratamento da lenha segundo os produtores de farinha do município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. 38
Figura 21	Tipo de vegetação e áreas onde os agricultores familiares coletam lenha no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. 39

- Figura 22 Área de coleta de lenha. A- No preparo de área. B- Capoeira de cinco anos onde o agricultor familiar coleta a lenha no nordeste do Pará. 40
- Figura 23 Dificuldades encontradas pelos agricultores familiares na coleta da lenha no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. 41
- Figura 24 Locais de aquisição de lenha pelos agricultores familiares do município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. 42
- Figura 25 Transporte de lenha comercializada no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. 42
- Figura 26 Biocombustível alternativos que os agricultores familiares do município de Igarapé-Açu já conhecem. A: Biomassa de capoeira triturada do projeto Tipitamba. B: Casca de coco para uso em fornos de preparo de farinha de mandioca. Identifique a letras A e B nas figuras abaixo. 44
- 3. POTENCIAL E CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DA BIOMASSA DE CAPOEIRA TRITURADA NO NORDESTE PARAENSE**
- Figura 1 Triturador de galhadas AHWI, FM 600 ou Tritucap horizontal, triturando a área experimental, capoeira de cinco anos de idade no município de Igarapé-Açu/PA. 54
- Figura 2 Seleção e quantificação da biomassa para energia na área experimental de uma capoeira triturada de cinco anos no município de Igarapé-Açu/PA: A- Peneira de 75mm, B- Peneiramento e separação da biomassa triturada e C- Pesagem da biomassa triturada. 55
- Figura 3 Área experimental da capoeira triturada no município de Igarapé-Açu/PA. A- Mapa da localização da área experimental do agricultor familiar no Google Maps. B- Croqui do experimento, Onde A1: uma trituração, A2: duas triturações. B1: Bloco. Tratamento da retirada: T0, 35mm, 55mm e 75mm. 57

### LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Distribuição da população pela situação domiciliar entre urbana e rural no município de Igarapé-Açu pelo IBGE (2019). 21
- Tabela 2 Demanda de lenha por farinha expressa em peso seco (kg) e volume (st), e seus respectivos custo pagos pelo agricultor familiar no nordeste paraens. 38
- Tabela 3 Espécies utilizadas como lenha citadas pelos agricultores familiares no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. 43
- 3. POTENCIAL E CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DA BIOMASSA DE CAPOEIRA TRITURADA NO NORDESTE PARAENSE**
- Tabela 1 Valores médios e desvio padrão da produção de biomassa destinada para energia, peso da biomassa seca,  $t \cdot ha^{-1}$  e %, da capoeira triturada de cinco anos, em diferentes tipos de manejo, uma e duas triturações do Tritucap, e coleta com uso das peneiras de 35mm, 55mm e 75mm de abertura, no município de Igarapé-Açu. 58
- Tabela 2 Valores médios e desvio padrão do peso da biomassa deixada no solo, estado seco, Ms ( $t \cdot ha^{-1}$ ) e sua porcentagem em relação ao peso total da biomassa na área, em capoeira triturada de cinco anos, em diferentes tipos de manejo, uma e duas triturações do Tritucap, e coleta com uso das peneiras de 35mm, 55mm e 75mm de abertura, no município de Igarapé-Açu. 59
- Tabela 3 Média e desvio padrão do Teor de Umidade (TU, %) da biomassa da capoeira triturada de cinco anos, em diferentes tipos de manejo, uma (1T) e duas (2T) trituração do Tritucap, e uso de peneiras de 35mm, 55mm e 75mm de abertura, no município Igarapé-Açu/PA. 60
- Tabela 4 Média e desvio padrão da densidade básica ( $g \cdot cm^{-3}$ ) da biomassa da capoeira triturada de cinco anos, em diferentes tipos de manejo, uma e duas triturações do Tritucap, e uso de peneiras de 35mm, 55mm e 75mm de abertura, no município Igarapé-Açu/PA. 63

- Tabela 5 Média e coeficiente de variação (CV, %) da Composição química da capoeira triturada de cinco anos, em diferentes tipos de manejo, uma (1T) e duas triturações (2T) do Tritucap, e uso de peneiras de 35mm, 55mm e 75mm de abertura, no município Igarapé-Açu/PA. Teor de matérias voláteis- TMV,%, Teor de cinzas, TCZ, % e Teor de carbono fixo- TCF, %. 64
- Tabela 6 Média e coeficiente de variação (CV, %) do Poder Calorífico Superior (PCS, kcal/kg-1) e Poder Calorífico Inferior (PCI, kcal/kg-1) da capoeira triturada de cinco anos, em diferentes tipos de manejo, com uma e duas triturações do Tritucap, e uso de peneiras de 35mm, 55mm e 75mm de abertura, no município Igarapé-Açu/PA 65
- Tabela 7 Média e coeficiente de variação (CV, %) da Potencialidade energética da biomassa-PE em giga calorias (Gcal.ha-1) e giga joules (GJ.ha-1) por hectare de capoeira triturada de cinco anos, em diferentes tipos de manejo de trituração e material coletado através das peneiras no município Igarapé-Açu/PA. 67

## SUMÁRIO

	<b>RESUMO</b>	vi
	<b>ABSTRACT</b>	vii
<b>1.</b>	<b>CONEXtualização</b>	12
1.1.	QUESTÕES CIÊNTÍFICAS E HIPÓTESES	14
1.2.	OBJETIVOS	14
1.3.	REFERÊNCIAS	15
	<b>PERFIL SOCIOECONOMICO E DEMANDA POR BIOCOMBUSTÍVEL DOS AGRICULTORES FAMILIARES DO MUNICIPIO DE IGARAPÉ-AÇU,</b>	<b>17</b>
<b>2.</b>	<b>PARÁ, BRASIL</b>	
	<b>RESUMO</b>	17
	<b>ABSTRACT</b>	17
2.1.	INTRODUÇÃO	18
2.2.	MATERIAL E MÉTODOS	20
2.2.1	Área de estudo	20
2.2.2	Entrevista semiestruturada	21
2.2.3	Quantificação da lenha utilizada pelos agricultores familiares	22
2.2.4	Delineamento experimental e análise dos dados	23
2.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
2.3.1	Perfil socioeconômico dos agricultores familiares	23
2.3.2	Demanda por lenha dos agricultores familiares	33
2.3.3	Aquisição da lenha pelos agricultores familiares	37
2.4.	CONCLUSÕES	42
	REFERÊNCIAS	43
	<b>POTENCIAL ENERGÉTICO DA BIOMASSA DE CAPOEIRA TRITURADA</b>	<b>47</b>
<b>3.</b>	<b>NO NORDESTE PARAENSE</b>	
	<b>RESUMO</b>	47
	<b>ABSTRACT</b>	47
3.1	INTRODUÇÃO	48
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	51
3.2.1	Área de estudo	51
3.2.2	Trituração da capoeira	52
3.2.3	Tratamento	52
3.2.4	Quantificação da biomassa	53
3.2.5	Amostragem para análises qualitativas	53
3.2.6	Caracterização física e química da biomassa	53
3.2.7	Caracterização energética da biomassa	54
3.2.8	Estimativa do Potencial energético de capoeira triturada	54
3.2.9	Delineamento experimental e Análise estatística dos dados	55
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
3.3.1	Quantificação da biomassa para fins energéticos	56
3.3.2	Teor de umidade da biomassa	59
3.3.3	Densidade aparente básica da biomassa	62
3.3.4	Caracterização química da biomassa	63
3.3.5	Características energéticas da biomassa	65
3.3.6	Potencialidade energética da biomassa de capoeira triturada	66
3.4	CONCLUSÕES	69
	REFERÊNCIAS	69
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS</b>	<b>76</b>
	<b>GLOSSÁRIO</b>	<b>77</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>78</b>

## 1. CONEXTUALIZAÇÃO

Agricultura familiar compreende um setor de suma importância para desenvolvimento socioeconômico brasileiro, sendo responsável pela produção de 70% dos alimentos que abastecem a população brasileira, além de gerar emprego e renda (LIMA et al., 2019).

Na região amazônica, o modelo de preparo da área para o plantio praticado pelos agricultores familiares é caracterizado pela agricultura de corte e queima, na qual, inicialmente, retira-se toda cobertura florestal (corte raso), planta-se culturas anuais e perenes, que, posteriormente, são substituídas por pastagens, desencadeando um processo de degradação dessas áreas (DIONSIO et al., 2017). Este sistema tem sua sustentabilidade comprometida, em virtude da baixa fertilidade do solo, associada às perdas de nutrientes durante a queima no processo de preparo de área (KATO, 1998; KATO et al., 2002; SAMPAIO et al., 2008).

A busca por alternativas a essa problemática e a necessidade de atender a demandas ambientais e produtivas para agricultura familiar na região levaram a Embrapa Amazônia Oriental a desenvolver o projeto denominado Tipitamba, que significa, na língua indígena Tiryó, roça abandonada ou capoeira. A iniciativa tem ênfase no preparo de área com o sistema de corte e trituração da capoeira (vegetação secundária) por meio do equipamento Tritucap e a implantação de sistemas agroflorestais - SAFs, em propriedades de agricultores familiares (MATOS, 2005; ANDRADE et al., 2014) entre outras ações. Esse material triturado fica sobre o solo para decomposição e liberar com o tempo os nutrientes, além de proteger também o solo da chuva e do sol intenso da Região Amazônica (NASCIMENTO; LAURANCE, 2004).

Embora o sistema de corte e trituração do projeto Tipitamba apresente diversas vantagens já comprovadas (KATO, 1998; GAMA, 2002; COELHO et al., 2003; SAMPAIO, et al. 2008; TRINDADE et al., 2011; FIGUEIREDO et al., 2013), algumas questões precisam ser trabalhadas para sanar gargalos que surgiram. Dentre estes vale ressaltar que, em um diagnóstico participativo feito com agricultores familiares de áreas de atuação do projeto, foi registrada por Kato et al. (2002) a preocupação com o fornecimento de lenha como uma das desvantagens do sistema, haja vista que, nessa forma de preparo de solo, todo material vegetativo é triturado e deixado na área para ciclagem de nutrientes.

Essa é uma questão relevante para a agricultura familiar, já que Lopes (2006) constatou que cerca de 61,3% dos agricultores localizados na Região Nordeste paraense necessitam de lenha para dois fins principais, sendo o maior volume utilizado no preparo da farinha de mandioca e o segundo, na cocção de alimentos.

Quanto à produção de farinha de mandioca na região nordeste paraense, Smith et al (2000) consideram existir uma forte relação entre a produção da farinha e a retirada lenha da capoeira, pois, segundo eles, a lenha é um insumo básico para a produção de farinha, que é a fonte dominante da renda em espécie, visto que representa de 70% a 85% da renda de cultivos anuais.

Então, considerando que há necessidade de os agricultores familiares terem acesso à lenha para atividades produtivas ou mesmo alimentares, foi sugerida, ainda na pesquisa de Kato et al. (2002), a retirada da lenha antes do preparo de área com o sistema de corte e trituração. Mas, para isso, é importante avaliar essa retirada considerando a intensidade, quantidade e qualidade do material a ser retirado, bem como a expertise dos agricultores buscando assim atender de forma equilibrada e sustentável a demanda de lenha, deixando assim biomassa no solo para a ciclagem de nutrientes, como preconiza as ações do projeto Tipitamba.

Nesse viés, é importante considerar alguns indicativos que as pesquisas já nos revelaram. No estudo de Gonçalves (1995), as estruturas da copa (folhas e galhos), a casca e a liteira apresentaram uma percentagem muito significativa do estoque de nutrientes em comparação com as estruturas mais lenhosas, que para autor são de decomposição mais lenta e menos eficiente no fornecimento de nutrientes à planta. Resultado similar a dos estudos de Poggiani et al. (1979) e Poggiani e Zen (1984), os quais encontraram maiores teores de nutrientes nas folhas, seguido pela a casca e nos ramos, sendo que no lenho do fuste, o teor dos elementos foi muito mais baixo do que nas folhas. Silva e Oliveira Junior (2013), também relataram que, em liteiras, as folhas possuem maior aporte de nutrientes, em comparação a madeira.

Todavia, Denich (1991), apesar de ter observado também maiores concentrações de nutrientes em folhas, considera importante que a biomassa no solo tenha certa quantidade de material lenhoso como estoque de material orgânico acessível à área produtiva ao longo prazo, ou seja, acumulação e fornecimento de nutrientes de forma contínua e gradual.

Em compensação, são vários os tipos de biomassa que são utilizados como biocombustíveis, a exemplo, resíduos florestais, resíduos de indústrias madeireiras, resíduos agrícolas, resíduos de arboricultura, resíduo de plantações de diferentes tamanhos (WELFLE, 2017). Dentre elas, pode-se citar a cana-de-açúcar e a sua palha, a palha de arroz, forrageiras, oleaginosas, capim elefante, galhos finos, cascas, serragem, casca de coco, entre outros. (BELLOTE, et al. 2018).

Assim, considerando como premissa o que os estudos acima indicam, de forma geral, as estruturas mais lenhosas dos vegetais dispõem de menores concentrações de nutrientes, o uso da capoeira triturada com a retirada da parte mais lenhosa para fins energéticos (combustão

direta) pode ser uma alternativa para substituir ou mesmo complementar a demanda de lenha dos agricultores familiares, em suas necessidades produtivas e familiares.

No entanto, precisa haver primeiramente o conhecimento do perfil socioeconômico e as demandas do público em estudo para que a proposta seja aplicável à realidade do agricultor familiar da região. Diante desse contexto, o presente trabalho encontra-se estruturado em dois capítulos.

No capítulo 1, intitulado “Demanda por biocombustível dos agricultores familiares do município de Igarapé-Açu, Pará”, são apresentadas e avaliadas as características socioeconômicas, o potencial agrícola, conhecimentos empíricos, principalmente aquisição e uso da lenha e conseqüentemente a demanda por biocombustível alternativo pelos agricultores familiares.

O capítulo 2, intitulado “Potencial energético de capoeira triturada no nordeste paraense”, apresenta análises quantitativas e qualitativas da biomassa triturada da capoeira de cinco anos no nordeste paraense nos diferentes tipos de manejo de trituração e de retirada, buscando avaliar a sua aptidão de ser um biocombustível alternativo para os agricultores familiares utilizarem na combustão direta nos fornos de preparo de farinha, sem deixar de atender o que preconiza o projeto Tipitamba.

## **2.1. Hipóteses**

- I. Os agricultores familiares demandam por fontes alternativas de energia pra atender suas necessidades.
- II. A biomassa de capoeira triturada apresenta características energéticas quantitativas e qualitativas favoráveis para uso na combustão direta nos fornos na produção de farinha de mandioca no nordeste paraense.

## **2.2. Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Avaliar a demanda de fonte alternativa de energia dos agricultores familiares do nordeste paraense e o potencial energético da capoeira triturada.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar o perfil socioeconômico dos agricultores familiares do município de Igarapé-Açu, nordeste paraense.
- b) Avaliar o sistema produtivo rural dos agricultores familiares do município de Igarapé-Açu, nordeste paraense.
- c) Avaliar a demanda e as formas de uso e a dificuldades de aquisição de lenha dos agricultores familiares do nordeste paraense.
- d) Avaliar a demanda por biocombustível alternativo pelos agricultores familiares da região.
- e) Quantificar e qualificar a biomassa de capoeira triturada em diferentes tipos de manejo de trituração e retirada para fins energéticos e estimar quanto de energia poderia ser aproveitada com uso de parte da biomassa de capoeira triturada em diferentes tipos de manejo de trituração e retirada.

### 1.3 REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. P. de; et al. Socialização das experiências de alternativas ao sistema de corte e queima com agricultores familiares da Comunidade de Serraria, Marapanim - Pará. *Cadernos de Agroecologia*, v. 9, n. 4, nov. **Anais** do Seminário de agroecologia da américa do sul. 2014.
- BELLOTE, A. F. J. et al. Biomassa e sua participação na matriz energética brasileira. **Embrapa Territorial-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2018.
- COELHO, R.F.R. et al. Floristic composition and structure of a forest in different successional stages, in Castanhal, Pará. *Acta Amazônica*, 33(4): 563-582. 2003.
- DENICH, M. **Estudo da Importância de uma Vegetação Secundária Nova para o Incremento da Produtividade do Sistema de Produção na Amazônia Oriental Brasileira**. 284p. Thesis (Ph.D.) – University of Georg August of Gottingen. Germany, 1991.
- FIGUEIREDO, R.O. et al. Watershed services payments to smallholders in the Brazilian Amazon: challenges and perspectives. *Ambi-Água*, v.2, n.8, p.6-7, 2013.
- GAMA, M. A. P. **Dinâmica do Fósforo em solo submetido a sistemas de preparo alternativos ao de corte e queima no nordeste paraense**. 2002. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- GONÇALVES, J. L. de M. Efeito do cultivo mínimo sobre a fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes. In: Seminário sobre cultivo mínimo do solo em florestas, 1, 1995, Curitiba. **Anais ... Curitiba –PR**, p. 43-60. 1995.

KATO, O. R. et al. **Época de preparo de área e plantio de milho no sistema de corte e trituração no município de Igarapé-Açu, Pará.** Embrapa Amazônia Oriental- comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2002.

KATO, O. R. **Fire-free land preparation as an alternative to slash-and-burn agriculture in the Bragantina region, Eastern Amazon: Crop performance and nitrogen dynamics.** 1998. 132f. Tese (Doctoral) – George-August University, Gottingen, 1998.

LIMA, A. F. et al. Agriculturas e agricultura familiar no Brasil: uma revisão de literatura. **Retratos de Assentamentos**, 22.1: 50-68, 2019.

LOPES, B. M. et al. **Uso da capoeira na extração de lenha: em três comunidades locais no Pólo Rio Capim do PROAMBIENTE-PA.** 2006.

MATOS, L. M. S. de. **Agricultura familiar e informação para o desenvolvimento rural nos municípios de Igarapé-Açu e Marapanim. Embrapa Amazônia Oriental.** Tese/dissertação (ALICE), 2005.

NASCIMENTO, H.E.M.; LAURANCE, W. F. Biomass dynamics in Amazonian forest fragments. **Ecological Applications**, 14.sp4: 127-138. 2004.

POGGIANI, F.; ZEN, S. Ciclagem e exportação de nutrientes em florestas para fins energéticos. **IPEF Piracicaba**, n.27, p.17-30, ago.1984.

POGGIANI, F. Aspectos ecológicos das minis rotações e do aproveitamento dos resíduos florestais. Circular técnica. **IPEF**, Piracicaba, n. 74, p. 1-7, 1979.

SAMPAIO, C. A. Sistema de corte e trituração da capoeira sem queima como alternativa de uso da terra, rumo a sustentabilidade florestal no nordeste paraense. **RGSA – Revista de gestão social e ambiental**. 2(1), 41-53. 2008.

SILVA, A. D. da; OLIVEIRA JUNIOR, R. C de. Produção de liteira na Floresta Nacional do tapajós, Belterra-PA: 2007. In: Embrapa Amazônia Oriental-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: reunião anual da SBPC, 65. 2013, Recife. Ciência para o novo Brasil: **Anais**. Recife: SBPC, 2013. 2013.

SMITH, J. **Cobertura florestal secundária em pequenas propriedades rurais na Amazônia: implicações para a agricultura de corte e queima.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 43p, 2000.

TRINDADE, E. F da S. et al. Disponibilidade de fósforo em solos manejados com e sem queima no nordeste paraense. **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2011.

WELFLE, A. Balancing growing global bioenergy resource demands-Brazil's biomass potential and the availability of resource for trade. **Biomass and Bioenergy**, v. 105, p. 83-95. 2017.

## **2. PERFIL SOCIOECONOMICO E DEMANDA POR BIOCOMBUSTÍVEL DOS AGRICULTORES FAMILIARES DO MUNICÍPIO DE IGARAPÉ-AÇU, PARÁ, BRASIL**

### **RESUMO**

O estudo foi realizado no município de Igarapé-Açu, nordeste paraense, e teve como objetivo avaliar os aspectos socioeconômicos e a demanda por biocombustíveis dos agricultores familiares do município de Igarapé-Açu. Foram levantados dados sociais, econômicos e ambientais relacionados às atividades do uso e aquisição de lenha pelas unidades de produção familiar. A pesquisa foi realizada no decorrer dos anos de 2017 a 2019. Desenvolve-se pesquisa de campo, com entrevistas semiestruturada, observação direta e coleta de dados. A análise dos dados evidenciou que os agricultores são dotados de conhecimentos e experiência sobre o uso da terra, já com a adoção de práticas e princípios agroecológicos nos seus sistemas produtivos, entre eles o preparo de área sem queima e implantação de sistemas agroflorestais. Entretanto, nessa localidade, os familiares dos agricultores são compostos por poucos membros, de baixa renda familiar, com pequenas áreas produtivas e têm a produção de farinha de mandioca como a principal atividade produtiva. Consequentemente a lenha tem seu papel fundamental, havendo uma demanda de 0,50t ou 2,68st de lenha para cada 1t de farinha produzida no município por esses agricultores, de modo que já há agricultores que relatam dificuldades em adquirir lenha em sua propriedade, procedente predominantemente de capoeira média e do preparo de área.

**Termos para indexação:** 1. Agricultura Familiar. 2. Lenha. 3. Tipitamba. 4. Corte sem queima

### **ABSTRACT**

The study was carried out in the municipality of Igarapé-Açu, northeastern Pará, and aimed to evaluate the socioeconomic aspects and the demand for biofuels of family farmers in the municipality of Igarapé-Açu. Social, economic and environmental data related to the use and purchase of firewood by family production units were collected. The survey was conducted during the years 2017 to 2019. Field research was developed, with semi-structured interviews, direct observation and data collection. The analysis of the data showed that farmers are endowed with knowledge and experience in land use, with the adoption of agroecological practices and principles in their production systems, including the preparation of areas without burning and implementation of agroforestry systems. However, in this location, farmers' families are composed of few members, low family income, with small productive areas, and have the production of cassava flour as their main productive activity. Consequently, the

firewood has its fundamental role, with a demand of 0.50t or 2.68st of firewood for each 1t of flour produced in the municipality by these farmers, so that there are already farmers who report difficulties in acquiring firewood on their property, coming predominantly from medium capoeira and area preparation.

**Index terms:** 1. Family Farming. 2. Firewood. 3. Tipitamba. 4. Cutting without burning.

## 2.1 Introdução

A Agricultura familiar é uma unidade de produção agrícola onde propriedade e trabalho estão intimamente ligados à família (LAMARCHE, 1993). A Lei 11.326/2006 estabelece o conceito de agricultor familiar combinando critérios, tais como: tamanho da propriedade, predominância familiar da mão de obra e gestão familiar da unidade produtiva, bem como percentual mínimo de renda familiar provindo da unidade produtiva (RAMBO, 2016).

Atualmente, com a publicação do Decreto 9.064/2017, que regulamentou a Lei 11.326/2006 (BRASIL, 2019), ocorreram mudanças na forma de classificar os estabelecimentos, principalmente em relação à renda do produtor que passou a ser predominantemente obtida no domicílio. Embora isso tenha impactado uma redução de 9,5% dos estabelecimentos cadastrados em 2017 no Censo Agropecuário, ainda assim esse seguimento continua representando o maior contingente (77%) dos estabelecimentos agrícolas do país, mas, por serem de pequeno porte, ocupam uma área menor, 80,89 milhões de hectares, o equivalente a 23% da área agrícola total (IBGE, 2019).

Historicamente, esse é um segmento dinâmico e essencial para o Brasil, exercendo papel fundamental ao desenvolvimento socioeconômico por movimentar, anualmente, bilhões de reais e por ser responsável por grande parte do abastecimento do mercado interno com uma diversificada lista de produtos que compõem a dieta básica alimentar do brasileiro (CUNHA e SILVA, 2015).

Dentre as culturas alimentares, a mandioca tem destaque no Brasil e está, historicamente, associada aos grupos camponeses tradicionais, possuindo grande importância econômica e cultural para a agricultura familiar, fazendo parte da dieta alimentar das populações rurais e urbanas, consumida, principalmente, na forma de farinha (LOBO et al, 2018). Alves et al. (2019) ressaltam que a fécula é o produto mais nobre da mandioca, porém, a farinha é o mais consumido, representando a economia e a segurança alimentar de milhões de brasileiros, principalmente nas regiões Norte e nordeste do País.

Em se tratando da produção de farinha, Álvares et al. (2011) descrevem o fluxo de sua produção que é conhecido pelos produtores como “farinhada” e dura em média de 24 a 48 horas, que vai desde o descascamento, lavagem, trituração, prensagem, torragem, secagem até o acondicionamento. A torragem da farinha, é a etapa que mais influência na qualidade final do produto (LIMA, 1982; BEZERRA, 2006).

No processo de produção de farinha de mandioca, Alves et al. (2019) ressaltam que a lenha é o insumo de fundamental importância, utilizada na queima direta para produzir energia térmica para aquecer os fornos de escaldamento da massa e torragem da farinha.

Na pesquisa realizada por Lopes (2006), constatou-se que cerca de 61,3% dos agricultores rurais localizados na região nordeste paraense necessitam de lenha para dois fins principais: o maior volume utilizado no preparo da farinha de mandioca e o segundo, na cocção de alimentos.

Alves et al. (2016), verificou que os agricultores familiares retiram a lenha, em sua grande maioria, no roçado (corte e queima) e vegetação secundária, conhecida pela maioria como capoeira. A atividade de corte e queima é considerada por alguns pesquisadores uma forma de retirada insustentável da cobertura vegetal, realizada por alguns agricultores, acelerando o desmatamento (KATO, 1998; KATO et al., 2002; SAMPAIO et al., 2008; GUALDANI, 2015; MACHADO FILHO et al., 2016).

Assim, o uso da lenha para ser sustentável, segundo Lopes e Lopes (2011), têm que possuir no mínimo embasamento nas diversas áreas do conhecimento científico e do conhecimento tradicional dos agricultores, considerando a qualidade de vida do agricultor e a preservação dos recursos naturais para as futuras gerações, valorizando a diversidade cultural e tradicional de comunidades locais, bem como a oferta de recursos naturais.

Diante desse cenário, faz-se necessário o conhecimento da experiência, cultura, práticas e habilidades produtivas dos agricultores familiares do município de Igarapé-Açu, bem como a necessidade de levantar a demanda por biocombustíveis alternativos, associando o conhecimento empírico com o científico, para orientar a construção de propostas que possam ser sustentáveis aos atores locais e ao ambiente em que vivem.

### 2.1.1 Objetivo geral

Avaliar os aspectos socioeconômicos e a demanda por biocombustíveis alternativos dos agricultores familiares do município de Igarapé-Açu.

### 2.1.2 Objetivos específicos

- a) Caracterizar os aspectos socioeconômicos dos agricultores da região.
- b) Avaliar a dinâmica dos sistemas produtivos e as práticas agrícolas dos agricultores.
- c) Estimar e avaliar a demanda de lenha para fins produtivos.
- d) Avaliar as dificuldades de aquisição de lenha pelos agricultores familiares da região.
- e) Avaliar as principais fontes de aquisição da lenha.
- f) Avaliar a demanda por biocombustível alternativo pelos agricultores familiares da região.

## 2.2 Material e métodos

### 2.2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Igarapé-Açu, pertence à mesorregião do Nordeste Paraense. O clima insere-se na categoria de megatérmico úmido, do tipo Am da classificação de Köppen; temperatura média, durante todo o ano, em torno de 25°C; precipitação anual é elevada (2.350mm) e a umidade relativa do ar chega próximo de 85%; solo dominante no município é o Latossolo Amarelo textura média e Solos Concrecionários Lateríticos nas Terras Firmes, além da presença de Solos Hidromórficos Indiscriminados e Solos Aluviais nas Várzeas; cobertura vegetal hoje é do tipo Floresta Secundária e áreas destinadas à agricultura (FAPESPA, 2019).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, o município de Igarapé-Açu registrou, no Censo Demográfico 2010, uma população de 35.887 pessoas, com densidade demográfica de 45,66 hab.km<sup>2</sup>. A estimativa de população registrada para o ano de 2019 foi de 38.807 pessoas (IBGE, 2019). O IBGE também apresenta a distribuição da população pela situação domiciliar, urbana e rural, no município de Igarapé-Açu, Tabela 1.

Tabela 1: Distribuição da população pela situação domiciliar entre urbana e rural no município de Igarapé-Açu pelo IBGE (2019).

População Residente			
Situação domiciliar	Nº de pessoas	Nº de famílias	Nº de domicílios
Urbana	21.207	729	5.391
Rural	14.680	374	3.747

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2010.

### 2.2.2 Perfil socioeconômico dos agricultores familiares

Para a obtenção de informações socioeconômicas e produtivas dos agricultores familiares, optou-se pela entrevista semiestruturada, por ser uma técnica que permite maior

flexibilidade na condução da pesquisa, combinando perguntas abertas e fechadas, onde o informante tem a possibilidade de discorrer sobre o tema proposto, e por oportunizar mais esclarecimentos ao entrevistado, conforme relatam Boni e Quaresma (2005, p.75), que orientam:

*“O pesquisador deve seguir um conjunto de questões previamente definidas, mas ele o faz em um contexto muito semelhante ao de uma conversa informal. O entrevistador deve ficar atento para dirigir, no momento que achar oportuno, a discussão para o assunto que o interessa fazendo perguntas adicionais para elucidar questões que não ficaram claras ou ajudar a recompor o contexto da entrevista, caso o informante tenha “fugido” ao tema ou tenha dificuldades com ele...”*

O público alvo dessa entrevista foram os agricultores familiares do município de Igarapé-Açu/PA. E, dessa forma, ao longo dos anos de 2017 a 2019, foram realizadas 41 entrevistas com agricultores familiares, seguindo a técnica metodológica snowball, bola de neve (VINUTO, 2014), que segundo Rodrigues et al. (2019), é uma forma de amostra não probabilística utilizada em pesquisas onde os participantes iniciais de um estudo (agricultores familiares cadastrados na EMATER-PARÁ), indicam novos participantes, que por sua vez indicam novos participantes e assim sucessivamente, até que seja alcançado o objetivo proposto.

A entrevista foi conduzida com aplicação de um questionário (anexo) que abordou, de forma geral, aspectos sobre a família (idade, composição familiar, ocupação e trabalho, renda familiar, etc.), estrutura da propriedade, cobertura vegetal e uso do solo, aspectos da produção e questões relevantes sobre a lenha.

De forma complementar, também foram realizadas visitas de campo em períodos distintos da ocorrência das entrevistas, objetivando aferir informações por meio do acompanhamento e observação das atividades relevantes ao estudo, a exemplo, práticas e procedimentos das atividades produtivas, a produção de farinha de mandioca e também uso e quantificação da lenha (Figura 1).

Figura 1: A- Aplicação da entrevista semiestruturada, B- Visita na área produtiva e C- Quantificação da lenha utilizada pelos agricultores familiares no município de Igarapé-Açu/PA, de 2017 a 2019.



Fonte: Autor, 2017 (a) e 2018 (b).

### 2.2.3 Quantificação da lenha utilizada pelos agricultores familiares

Para a quantificação da lenha utilizada nos fornos de preparo de farinha de mandioca, dos 41 entrevistados, foram visitados dez agricultores familiares aleatoriamente, com objetivo de determinar o volume estéreo- st de madeira ( $m^3$  de lenha empilhado considerando o espaço vazio) e a quantidade em quilo (kg), através da medição e pesagem da pilha de lenha que o agricultor separou para uso de sua farinhaada (Figura 2).

Figura 2: Quantificação da lenha utilizada pelo agricultor para cada farinhaada no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. A- Pesagem da lenha (kg), B- Medição (st) da pilha de lenha do agricultor.



Fonte: Autor, 2018.

### 2.2.4 Delineamento experimental e análise dos dados

A amostragem foi constituída por 41 agricultores familiares do município de Igarapé-Açu/PA, no período de 2017 a 2019. Tendo início com uma pesquisa exploratória, seguida de coleta de dados e mensurações de variáveis relacionadas à quantificação da lenha, em dez unidades familiares (repetições), para complementação das informações.

Os dados foram analisados e interpretados por estatística descritiva, expressos em percentagens, seguindo a metodologia de Lakatos e Marconi (1991). Para a análise, os dados foram sistematizados e avaliados com auxílio do programa estatístico Action Stat, conectado à ferramenta Excel (ESTATCAMP, 2014)

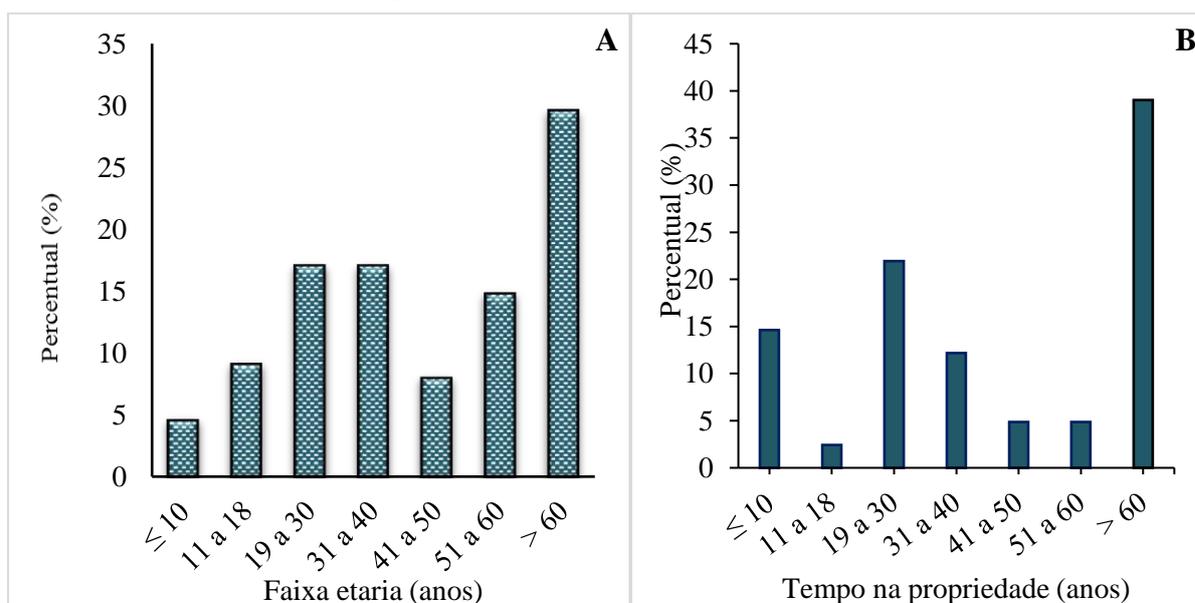
## 2.3 Resultados e discussão

### 2.3.1 Perfil socioeconômico dos agricultores familiares

As informações entre os agricultores familiares não foram homogêneas, havendo muita particularidade quanto às condições socioeconômicas (produtividade, tamanho da área, disponibilidade de recurso, entre outros). O que representa uma riqueza de diversidade dos recursos disponíveis, cultura, conhecimento, constituindo a sociodiversidade da região.

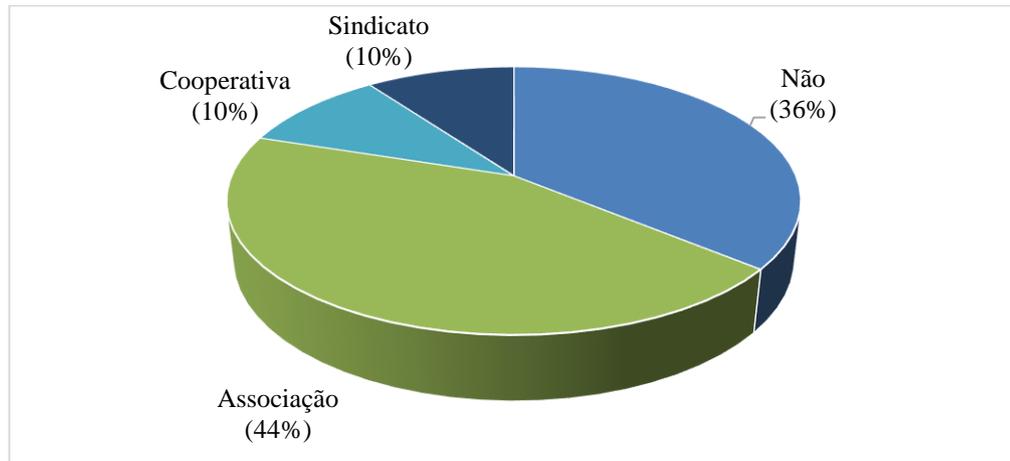
A maioria dos membros da família dos entrevistados possui idade superior a 60anos (30%), tendo uma idade média de 43anos, variando entre um mínimo de 3anos ao máximo de 87anos. Quanto ao tempo que os entrevistados possuem a propriedade, a maioria relatou que tem a mais de 60anos (39%), sendo que residem, em média, há quase quatro décadas no mesmo local, 37anos, que indica um forte vínculo com a terra e experiências adquiridas ao longo dos anos (Figura 3).

Figura 3: A- faixa etária da composição familiar; B: Tempo da família na propriedade dos agricultores familiares no município de Igarapé-Açu, nordeste do Pará.



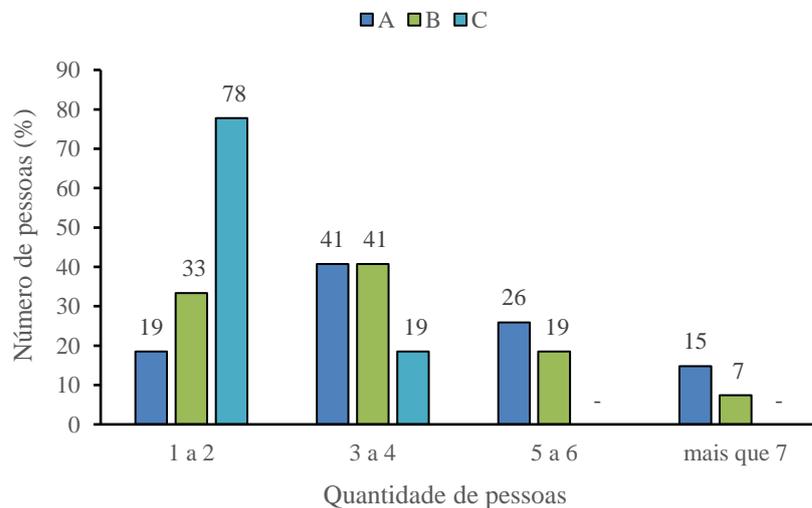
A maioria dos agricultores familiares (63%) participa de organizações sociais, como mostra a figura 4, identificadas como associações de produtores, sindicatos rurais e cooperativas. Para Grootaert et al. (2003), este cenário favorece o fortalecimento desses agricultores familiares a formarem um capital social, o que facilita ações coletivas que beneficiam, de forma mais abrangente, o acesso a políticas públicas, que visem o desenvolvimento rural e melhorias das condições socioeconômicas.

Figura 4: Organização social dos agricultores familiares no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará.



Quanto à composição familiar e suas atividades, nota-se na figura 5 que 60% das famílias dos entrevistados são constituídas por até quatro membros (1 a 2 pessoas (19%) e 3 a 4 (41%)), bem próximo dos dados apresentados pelo IBGE no Censo Demográfico 2010, que registrou 74,17% das famílias do município de Igarapé-Açu com até quatro pessoas (IBGE, 2019).

Figura 5: Quantidade de pessoas componentes das famílias: moram, trabalham e preparam área para plantio, município Igarapé-Açu, nordeste do Pará.



Onde: A: Moram na propriedade; B: trabalhos diversos; C: trabalham diretamente no preparo de área para plantio.

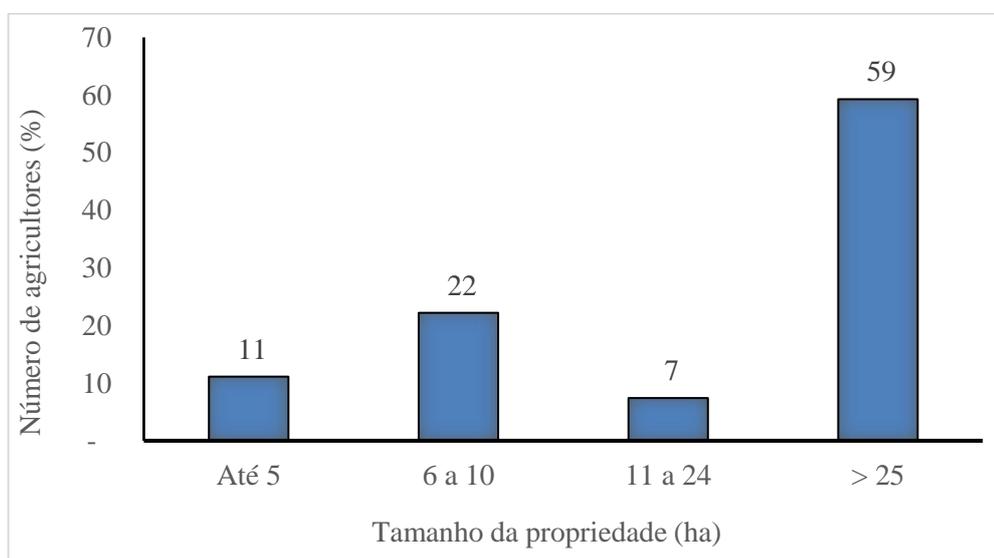
Freitas e Wander (2017) também registraram maior percentual (71,3%) das famílias pesquisadas formadas por até quatro membros ao analisarem o perfil socioeconômico de agricultores familiares em Anápolis-GO.

Na pesquisa de Rodrigues et al. (2019), realizada na mesorregião nordeste paraense e Marajó, eles constataram também que, nas duas regiões, a maioria das famílias apresentou maior destaque na faixa de composição familiar de dois a quatro membros por família. Para esses autores, a composição e a união entre a unidade doméstica (de consumo) e a unidade de produção é o que fazem com que a família funcione como um todo, principalmente no que se refere à gestão da renda.

Apesar de praticamente todos terem atividades na propriedade, o presente estudo aponta que na maioria das famílias (78%), somente de uma a duas pessoas participam das ações de preparo da área para o plantio, sendo que houve situações (7%) em que os agricultores declararam contratar diarista para preparar a área (figura 5), por não terem mais condições de realizar tal atividade em decorrência de ter idade avançada e debilidade física.

Quanto ao tamanho das propriedades, este estudo identificou que 59% dos agricultores familiares entrevistados possuem área maior que 25ha e que, em média, eles têm 35ha, variando de 2ha a 100ha (figura 6).

Figura 6: Tamanho das propriedades dos agricultores familiares no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará.

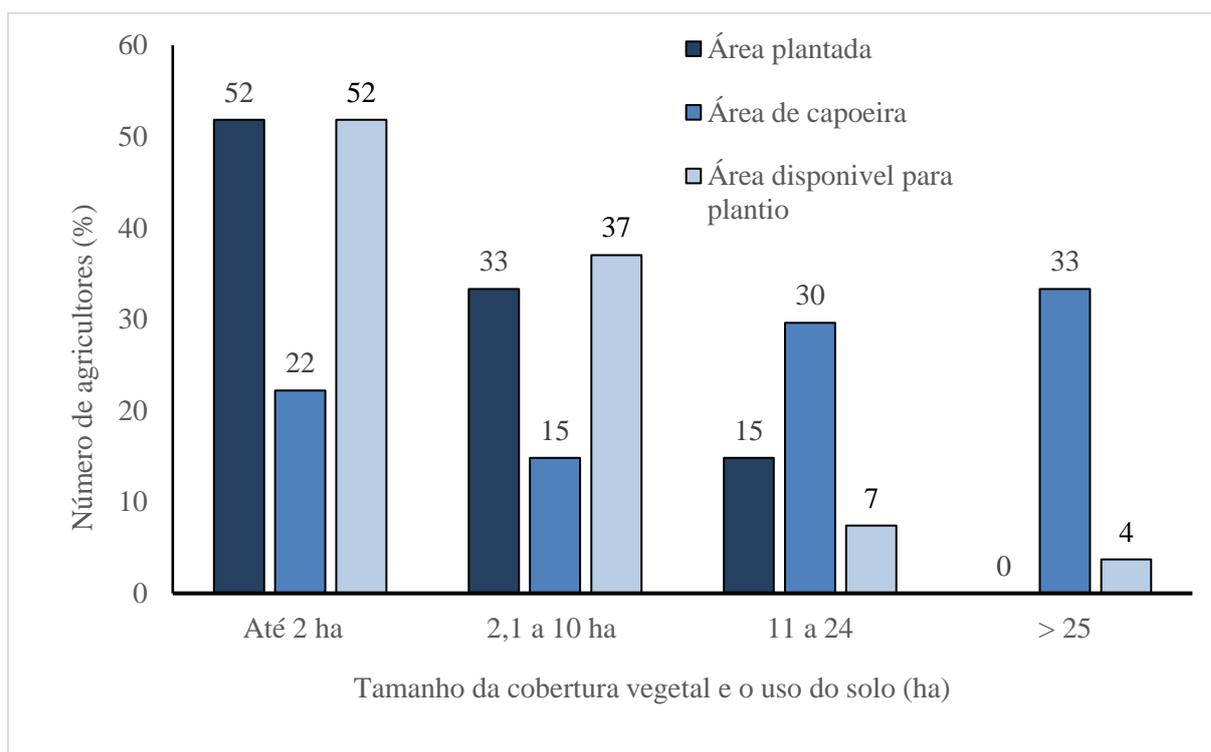


Se considerarmos que o módulo fiscal do município de Igarapé-Açu é de 55ha, conforme o que estabelece o INCRA (2019), e que de acordo com a Lei 11.326/2006, que define que agricultor familiar tem que ter até 4 módulos fiscais, assim, observa-se que mesmo as maiores propriedades identificadas neste estudo estão enquadradas no quesito tamanho da propriedade, pois não ultrapassam os 220ha (4 módulos fiscais). O Censo Agropecuário de 2017 registrou

que existem 1.712 unidades de estabelecimentos agropecuários na tipologia de agricultor familiar no município de Igarapé-Açu (IBGE, 2019).

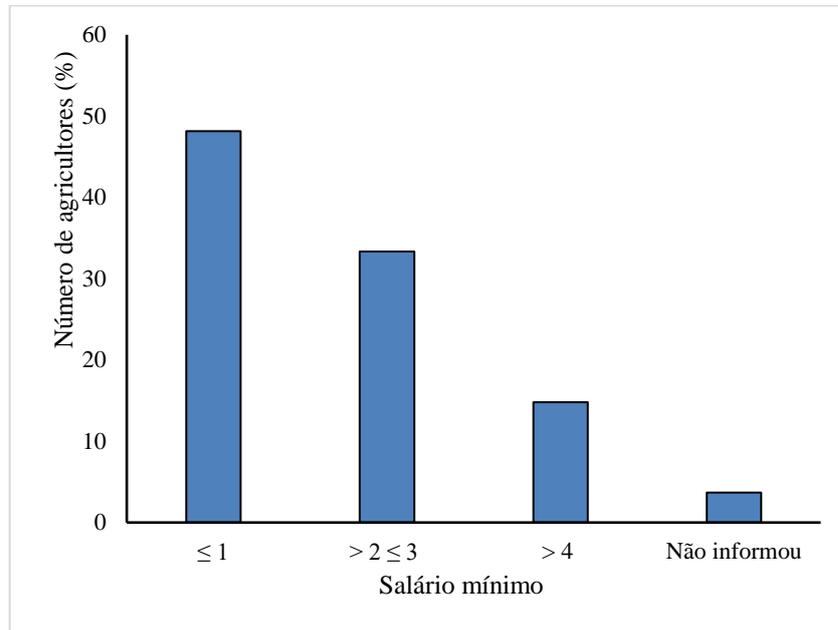
Em relação a área produtiva, a maioria dos agricultores (52%) mencionou ter até 2ha de área plantada, sendo este o mesmo tamanho de área que a maioria dos agricultores deixa disponível para o plantio (figura 7).

Figura 7: Cobertura vegetal e uso do solo: Área plantada, Área disponível para plantio e Área de capoeira das propriedades dos agricultores familiares, no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará.



Em relação aos rendimentos mensais das famílias dos entrevistados, 48% relataram ter renda familiar mensal menor que um salário mínimo, apenas 15% têm rendimentos superiores a quatro salários mínimos (figura 8). Observou-se durante as entrevistas que é comum os agricultores familiares não terem o pleno controle das receitas e despesas, e isso pode ter influenciado no registro dos rendimentos mensais, deixando baixo esse parâmetro. Outro fator é que, embora a pesquisa tenha quantificado apenas a questão monetária, identificou-se em campo, nas visitas e nas entrevistas, que há entre os agricultores relações de compartilhamento de bens, produtos e serviços que atendem, muitas vezes, às suas necessidades familiares e produtivas, sem haver a movimentação de recursos financeiros.

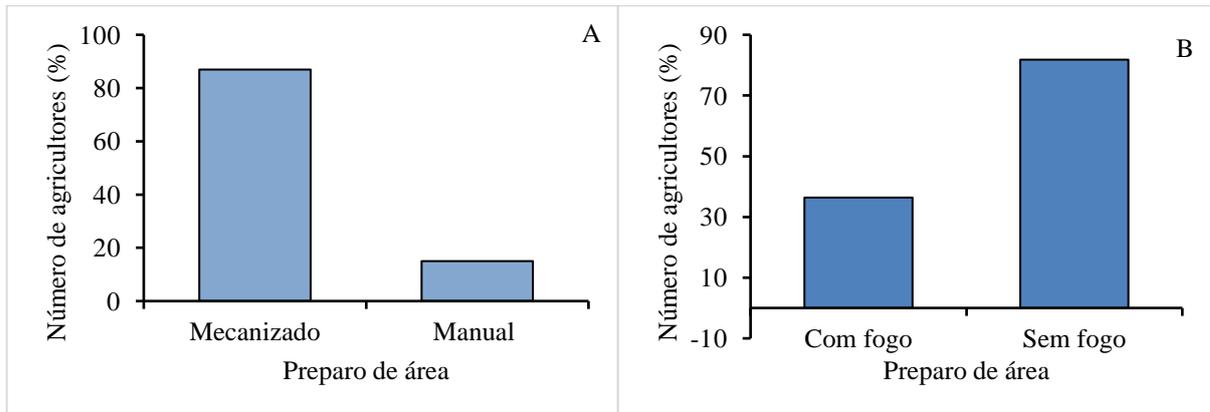
Figura 8: Rendimento mensal médio dos agricultores familiares no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará.



Se considerar a composição familiar desses agricultores em torno de três a quatro indivíduos (Figura 5), visto que apenas um a dois que preparam a área para a produção, o que é fator limitante para a expansão das atividades produtivas, que chega até 2ha (Figura 7), representando uma pequena área associada ao tamanho da propriedade, cerca de 44ha (Figura 6), este cenário pode ser um dos motivos que esteja influenciando no baixo rendimento financeiro (Figura 8).

O número reduzido de pessoas ligadas diretamente no preparo de área também pode estar refletindo no aumento de adesão ao uso de maquinário, onde 86,96% utilizam maquinário agrícola para desempenhar as atividades de limpeza e preparo de área (Figura 9). Ao se avaliar a forma de preparo de área, observa-se na figura 9, que 81,82% dos familiares já utilizam o preparo de área sem o uso do fogo.

Figura 9: Sistema de preparo de área dos agricultores familiares no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. A- Com mecanização ou manual, B- adoção do sistema com ou sem fogo.

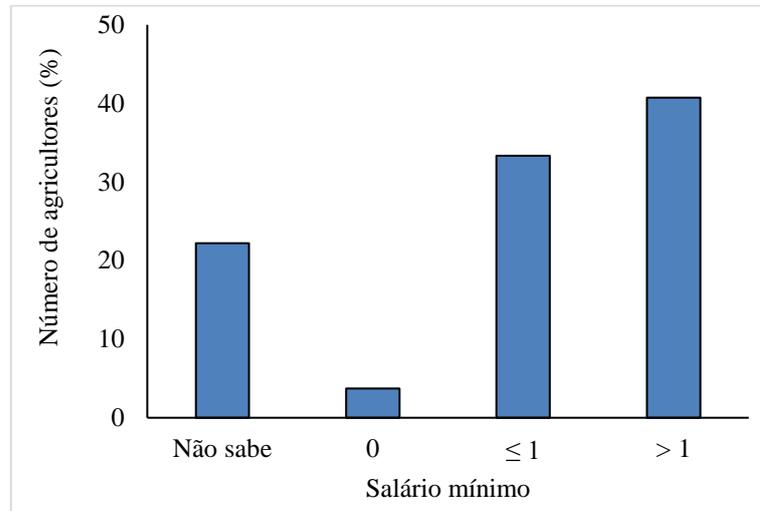


É importante observar que 36% dos entrevistados ainda adotam a prática de preparo de área com derruba e queima. Fato importante a ser considerado, já que Alves (2019) enfatiza que o Brasil tem tido destaque por ter apresentado grandes índices de queimadas na Amazônia, com aumento proeminente do número de focos de calor nos últimos anos.

Kato e Kato (2000) alegam que a prática de derruba e queima, influencia no desmatamento e empobrecimento do solo na Amazônia Brasileira, além de ser um sistema de cultivo insustentável já comprovado por algumas pesquisas, dentre elas as de Rego e Kato (2017) e Soares et al. (2019).

Em relação ao gasto dos agricultores familiares com o preparo da área, 41% mencionaram que gastam mais que um salário mínimo em cada hectare. Houve alguns agricultores (4%) que informaram não possuir gasto, pois eles mesmos realizam o preparo e, por isso, não consideram nenhum custo (Figura 10).

Figura 10: Gasto com preparo de um hectare de área dos agricultores familiares, município Igarapé-Açu, nordeste do Pará.



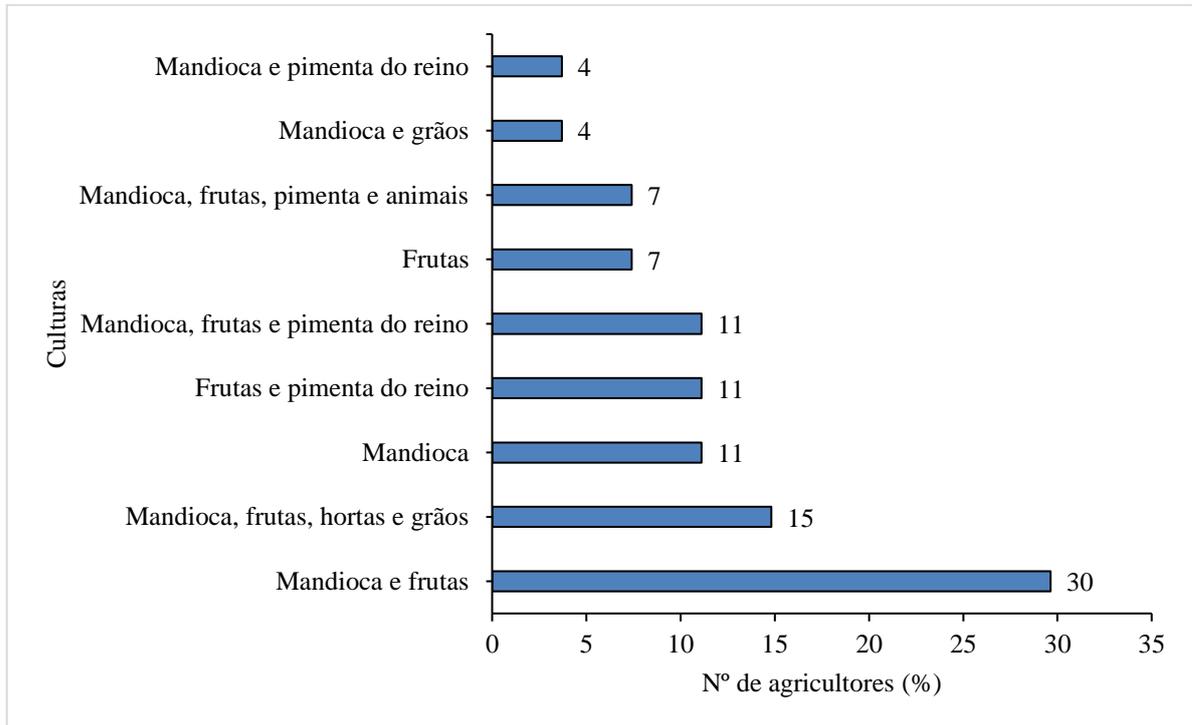
Quanto às atividades produtivas desenvolvidas pelos agricultores familiares, eles declararam que as atividades variam ao longo do ano. No entanto, há um predomínio no cultivo da mandioca (81%), associado geralmente com espécies frutíferas (30%) e outras atividades produtivas como mostram as figuras 11 e 12.

Figura 11: Sistema de plantio dos agricultores familiares no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. A: Plantio de mandioca associado com outras espécies de um agricultor familiar visitada em abril de 2018 e B: Plantio de mandioca de um agricultor familiar visitada em maio de 2019.



Fonte: Autor, 2018 (a) e 2019 (b).

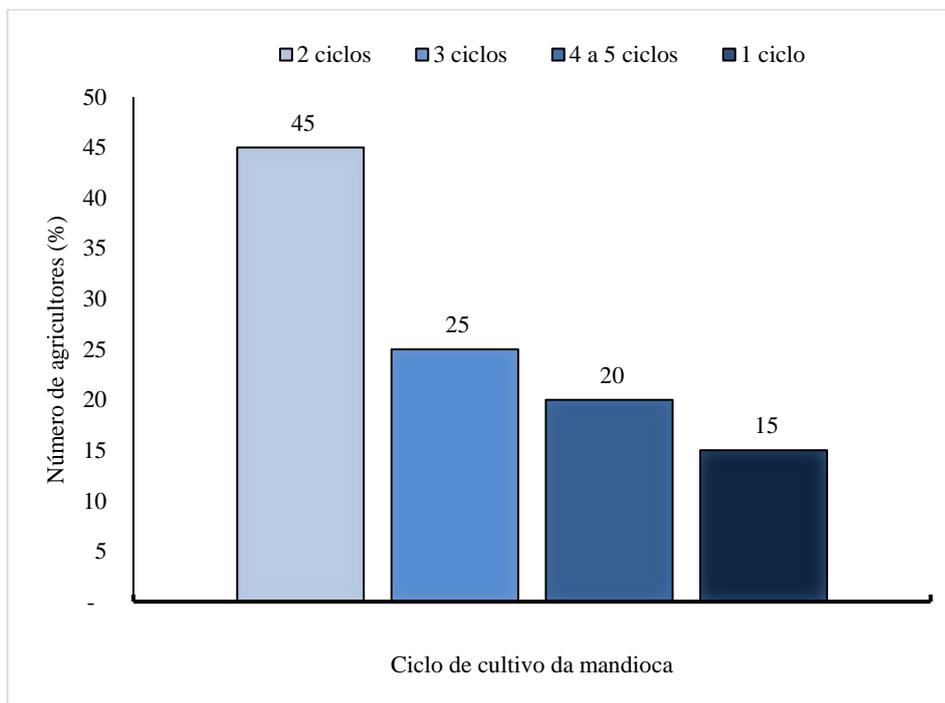
Figura 12: Sistema de plantio dos agricultores familiares do município Igarapé-Açu, nordeste do Pará.



Essa predominância do cultivo da mandioca reflete um cenário comum para a agricultura familiar, principalmente na região do nordeste paraense, por ter grande destaque e tradição com a produção dessa cultura. No entanto, observam-se mudanças nesse padrão de monocultura passando a apresentar a mandioca associada a outras culturas compondo sistemas produtivos diversificados, pois 29% dos agricultores familiares já possuem sistemas agroflorestais-SAF em suas propriedades.

Ainda em relação às atividades produtivas, 45% dos agricultores familiares realizam, em média, dois ciclos de cultivos de mandioca, como é observado na figura 13, antes de deixar a área de pousio.

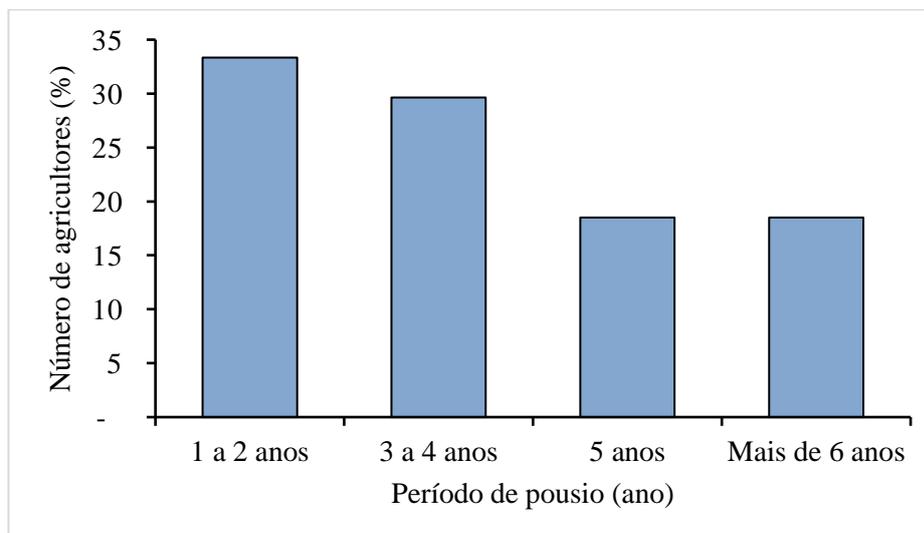
Figura 13: Quantidade de ciclo de cultivo no plantio de mandioca pelos agricultores familiares, município de Igarapé-Açu, nordeste do Pará.



Alves e Modesto Junior (2013) citam, como um dos grandes problemas da produção de mandioca no Pará e na Amazônia, é que a maioria dos agricultores ainda pratica o sistema de corte e queima da mata e capoeira no preparo da área, resultando no pousio após a colheita de um ou, no máximo, dois ciclos de produção de mandioca. Dionísio et al. (2017), destaca que na região Sul do estado de Roraima, onde predomina a agricultura familiar de subsistência, as florestas estão sendo convertidas em pastagens pelo mesmo método de corte e queima.

Nesta pesquisa, constatou-se que a maioria dos agricultores familiares (81%) costuma deixar a área em pousio. No entanto, 33% dos entrevistados estão deixando por um período de até dois anos, 30% deixam entre três a quatro anos, 19% deixam durante cinco anos e somente 19% declararam deixar por um período maior que seis anos de descanso, para se iniciar o novo ciclo (Figura 14).

Figura 14: Tempo de pousio das áreas dos agricultores familiares, município Igarapé-Açu, nordeste do Pará.



Para que essas áreas recuperem sua capacidade de produção, é necessário deixá-las em repouso por um determinado período. Em relação ao pousio, Kato et al. (2008) destacam ser a fase em que se deixa a capoeira (vegetação secundária) crescer após um período de cultivo, acumulando biomassa e nutrientes, e a capacidade produtiva do solo é restaurada para que, numa fase seguinte, se estabeleça novamente o cultivo agrícola. Para Kato (2014), a predominância da adoção de pousios cada vez mais curtos, principalmente em situações em que está associada às perdas de nutrientes durante a queima, põe em risco a estabilidade do sistema, em comparação as áreas de pousio em períodos mais longos, de 7 a 10 anos, onde a sustentabilidade do sistema, com base em capoeira, era estável.

Do mesmo modo, Rangel-Vasconcelos (2016) recomenda que o tempo de pousio seja de, aproximadamente, 10 anos para que os impactos negativos da queima sejam minimizados, permitindo o restabelecimento da vegetação secundária e dos estoques de matéria orgânica do solo, apesar de já existirem técnicas, como enriquecimento de capoeira, que podem acelerar o pousio, a exemplo do estudo de Smith et al. (2000), Brienza et al. (2012), Rangel-Vasconcelos (2016), Barros et al. (2018), Santos et al. (2018), entre outros.

Siminski e Fantini (2007) consideram que essa redução do tempo de pousio praticada pelos agricultores familiares pode ser também explicada, em parte, pelas restrições impostas pela legislação em vigor na região de seu estudo, que prevê que somente vegetação inicial de regeneração pode ser suprimida para fins agrícolas. Legislação esta, semelhante à do estado do Pará, que também tem a mesma definição e resolução, como consta a Instrução Normativa 08 de 28/10/2015:

*Art. 2º Para os fins desta Instrução Normativa entende-se por : ... III- pousio: prática de interrupção temporária de atividades ou usos agrícolas, pecuários ou silviculturais, por no máximo 5 (cinco) anos, para possibilitar a recuperação da capacidade de uso ou da estrutura física do solo; (PARÁ, 2015)*

Há, ainda, pesquisas que apontam outros fatores como determinantes para os agricultores familiares definirem o tempo de pousio, dentre essas, Smith et al. (2000) destacam o aumento do uso das culturas anuais, visando compensar a baixa produtividade, como também, a rápida regeneração natural da capoeira, ou devido às pressões do aumento demográfico, sendo que esse último fator também foi mencionado por Alves et al. (2020).

Esse contexto remete à necessidade da construção de estratégias que demonstrem as potencialidades, vantagens, bens e serviços que capoeiras com mais tempo de pousio possam oferecer, tanto na sustentabilidade ao sistema produtivo, como também ganhos socioeconômicos. A exemplo de uma avaliação de Smith et al. (2000) que demonstraram que se aumentar o tempo de pousio, haverá uma maior oferta de lenha.

### 2.3.2 Demanda por lenha dos agricultores familiares

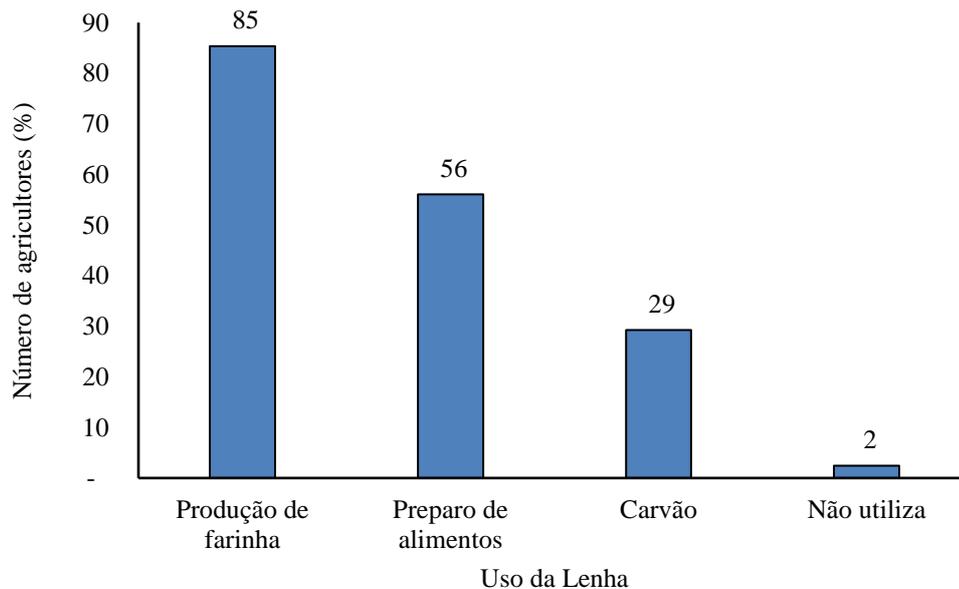
A pesquisa constatou que 98% dos agricultores familiares entrevistados, no município Igarapé-Açu, utilizam lenha, sendo, que a lenha, divide-se em três tipos principais de uso (Figura 15 e 16), seja para produção de farinha de mandioca (85%), cocção de alimentos (56%) e/ou produção de carvão (29%). É importante destacar que houve agricultores que informaram utilizar lenha para dois ou mais fins dentre os mencionados.

Figura 15: Uso de lenha: A- para cocção de alimentos e B- Produção de farinha de mandioca pelos agricultores familiares no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará.



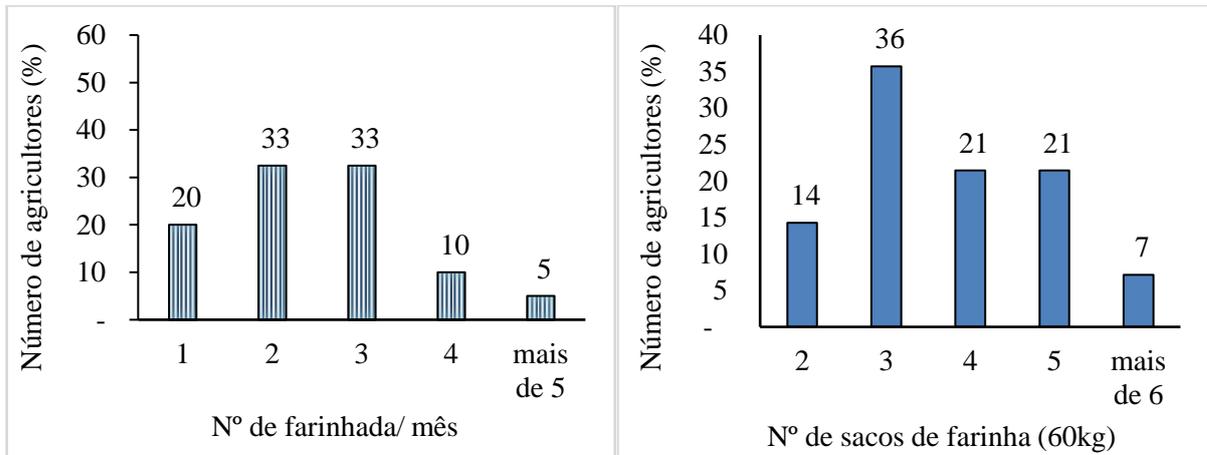
Fonte: Autor, 2019.

Figura 16: Uso da lenha pelos agricultores familiares no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará.



Assim, considerando apenas a demanda da lenha para a produção da farinha de mandioca, os que produzem, relataram produzir ao longo de todo o ano, só variando a quantidade. 66% relataram que, em um mês, realizam de dois a três farinhadas, que duram dois dias, com uma produção média de três sacos de 60kg (36%) de farinha para cada farinhada, como mostra na figura 17.

Figura 17: Quantidade de farinha realizada por mês e produção de farinha em cada farinha (nº de saco de 60kg) realizada pelo agricultor familiar no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará.



Apesar das particularidades de cada produtor, tais dados são similares aos encontrados por Lopes (2006) que estimou, em média, uma produção de 10a 15sacos/propriedade/mês quando pesquisou as práticas de manejo para obtenção de lenha dos agricultores rurais localizados no nordeste paraense.

Em relação à quantificação da lenha necessária para realização de uma farinha, foi observado que, na região, os produtores utilizam o termo feixe, que representa uma pilha de lenha estocada (Figura 18).

Figura 18: Pilha de lenha que o agricultor utiliza para uma farinha no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará. A- Agricultor visitado no ano de 2018. B- Pilha de lenha retirado em área de capoeira pelo agricultor produzir uma farinha.



Fonte: Autor, 2018.

Deste modo, ao realizar as medidas dessas pilhas, relacionando com as informações coletadas em campo e aferidas, verificou-se que, em média, cada farinha precisa de 0,48

<sup>±26</sup>estéreo de lenha. Ao realizar a pesagem da lenha para uma farinhaada, considerando as informações coletadas, a necessidade foi em média de 89,66kg de lenha, o peso variou de 65kg a 120kg para produzir, em média, três sacos de farinha (60kg).

Lopes (2006) também encontrou diferenças das informações declaradas pelos agricultores, estimando uma necessidade entre 100kg a 120kg de lenha para produzir 2 a 4sacos de farinha. Esta variação pode estar relacionada à qualidade energética, espécie, volume da lenha utilizada, a forma como é preparada a farinha, o tipo de produto feito e até a forma de armazenamento da lenha (Figura 19), todas essas variáveis influenciam no rendimento lenha/farinhada.

Figura 19: Armazenamento de lenha nas casas de farinha dos agricultores familiares no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará.

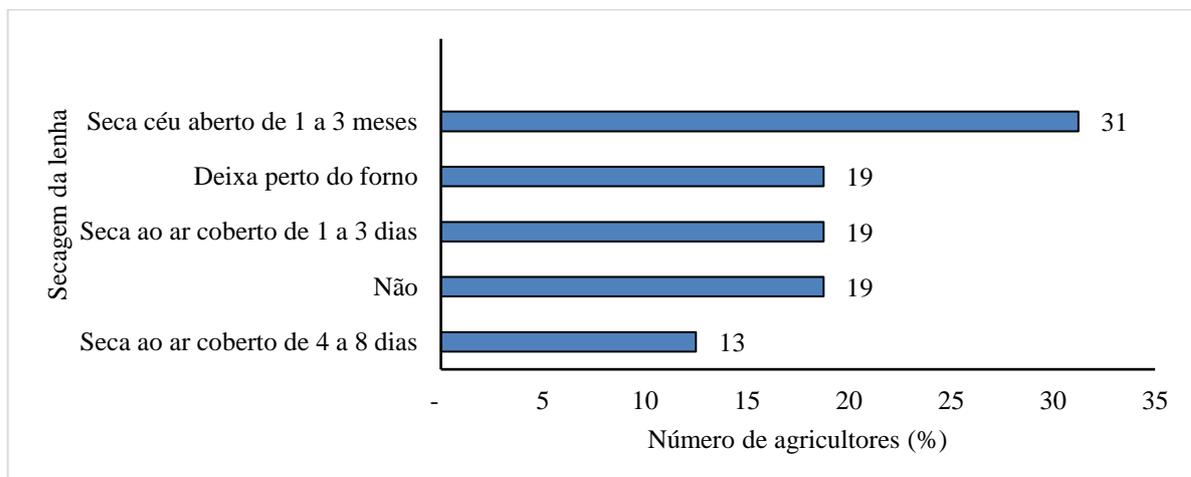


Fonte: Autor, 2019.

Considerando a madeira um material higroscópico, tendo a capacidade de ganhar ou perder água, a forma como os agricultores armazenam a lenha influencia na variação do peso e na qualidade energética da lenha e, conseqüentemente, no seu rendimento, uma vez que, de acordo com De Souza et al. (2012), a umidade é inversamente proporcional à quantidade de calor que ela pode gerar.

Foi observado em campo, como é mostrado na figura 19, algumas propriedades realizam o armazenamento de forma inadequada, expondo a lenha a céu aberto e em contato direto com o solo, ou fazem secagem sob condições desfavoráveis.

Figura 20: Tratamento da lenha segundo os produtores de farinha do município Igarapé-Açu, nordeste do Pará.



Ainda em relação à qualidade da lenha, quando os produtores foram questionados quais as características desejáveis da lenha, 60% não informaram, 18,5% especificaram que a lenha tem que possuir uma facilidade de ignição e 22,2% que a lenha possuísse uma queima de média a lenta.

Como a necessidade de lenha é constante ao longo do ano, há agricultores que compram no valor médio de R\$ 28,05<sup>±11</sup> o feixe da lenha para uma farinhada. Convertendo para um estéreo, o valor seria equivalente a R\$58,13<sup>±23</sup> st (Tabela 2).

Tabela 2 –Demanda de lenha por farinhada expressa em peso seco (kg) e volume (st), e seus respectivos custos pagos pelo agricultor familiar no nordeste paraens.

Lenha	Demanda por farinhada <sup>1</sup>		Preço unitário <sup>2</sup>		Custo farinhada (R\$)
	kg	st	R\$. kg <sup>-1</sup>	R\$.st	
Lenha (farinhada)	89,66±21	0,48±0,26	R\$ 0,31±0,13	R\$ 58,13±23	R\$ 28,05

Legenda: 1- Valor médio quantificado em campo nas dez casas de farinha. 2- Preço estimado de acordo com a entrevista e aferido com a quantidade calculada em campo.

Diante das informações relatadas no questionário e as mensurações feitas em campo com os dados de lenha, pode-se estimar que são necessários de 89,66kg, aproximadamente 0,48st, de lenha para produzir em média três sacos de farinha de 60kg, ou seja, um rendimento de 0,50t ou 2,68st de lenha para cada 1t de farinha produzida no município de Igarapé-Açu pelos agricultores familiares.

De acordo com os dados do IBGE (2019), em 2006 foram produzidas mais de 6000t de farinha no município de Igarapé-Açu. E, se considerar o rendimento lenha/farinha obtido nesta

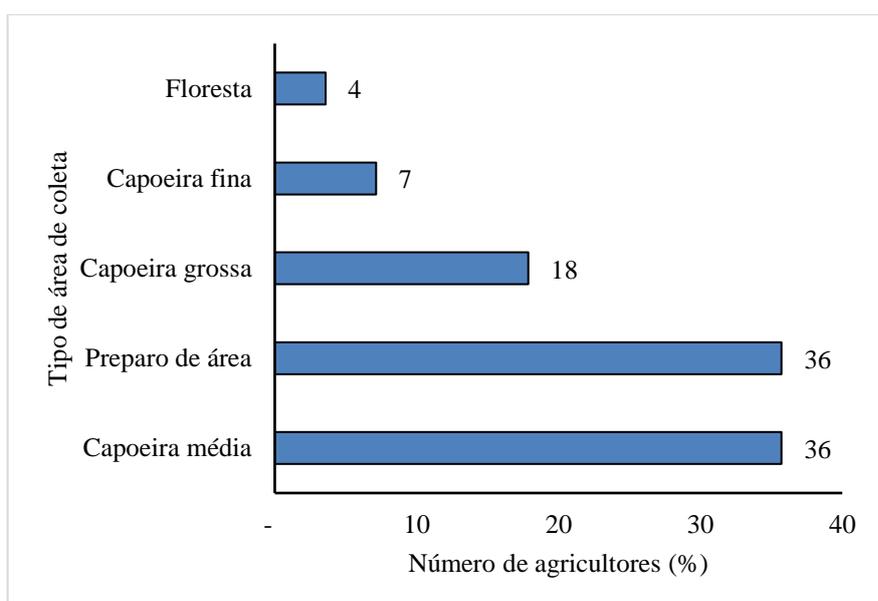
pesquisa, temos como estimativa que foram extraídos em torno de 3mil toneladas de lenha para atender à produção de farinha só no município de Igarapé-Açu em 2006. Essa demanda se torna ainda mais preocupante quando a origem vem de fontes não sustentáveis.

### 2.3.3 Aquisição da lenha pelos agricultores familiares

Segundo Alves et al. (2019), o bioma mais impactado pela produção de farinha de mandioca é o Amazônico, com uma equivalência de desmatamento anual de 171.707ha de capoeiras em regeneração, com produção de farinha de 2.146.339t e uma relação custo/benefício ambiental de 12,5, significando que, para cada hectare de capoeira impactado com a extração de lenha, se obtém 12,5t de farinha.

A maioria dos agricultores familiares entrevistados do município de Igarapé-Açu retiram lenha tanto no preparo de área (36%), como em capoeira média (36%). No entanto, houve casos (18%) em que agricultores mencionaram que também retiram em capoeiras grossa, apenas 7% dos entrevistados retiram lenha de capoeira fina, ou seja, capoeira com menos de 5anos (figuras 21 e 22). Informação esta, que evidencia a preferência do uso em área de capoeiras maiores de dois anos como fonte de lenha e principalmente a pressão em áreas de floresta para retirada de árvores.

Figura 21: Tipo de vegetação e áreas onde os agricultores familiares coletam lenha no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará.



Onde: Lopes (2006) Capoeira grossa entre 10a 30anos, Capoeira média de 5 a 10anos e Capoeira Fina menos de 5anos.

Figura 22: Área de coleta de lenha. A- No preparo de área. B- Capoeira de cinco anos onde o agricultor familiar coleta a lenha no nordeste do Pará.

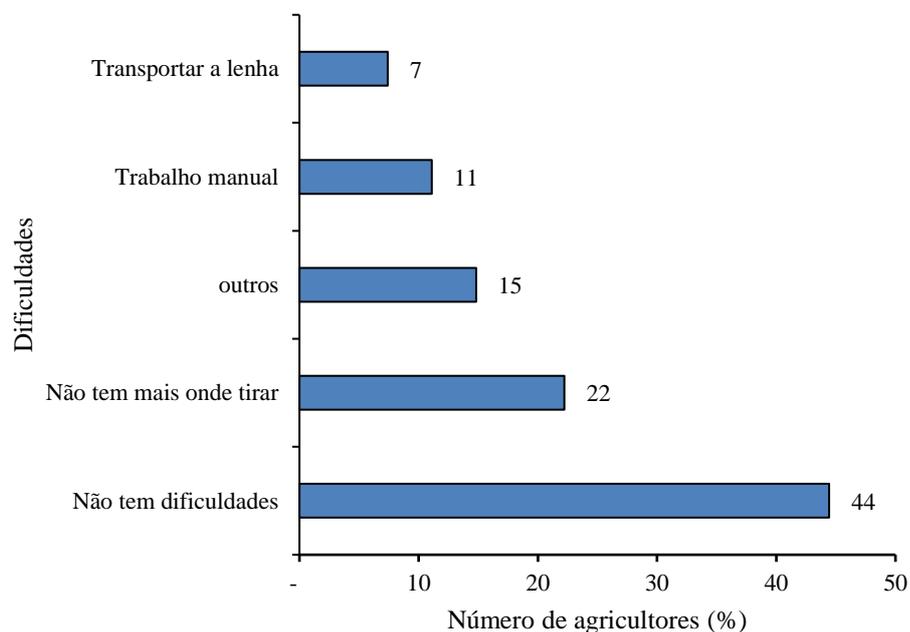


Fonte: Autor, 2017.

O mesmo panorama foi encontrado por Lopes (2006) que, ao estudar a procedência da lenha usada pelos agricultores do nordeste paraense, verificou que sua maioria é procedente do preparo de área por meio do sistema de “corte e queima”, sendo na verdade o material que sobrou da queima e não foi totalmente carbonizado, somado com o material da borda que foi sapecada.

Quando os agricultores foram questionados se há dificuldade em adquirir a lenha, 66% já mencionaram alguma dificuldade, onde 22% mencionam não possuir mais onde retirar lenha em sua propriedade, 15% relataram a dificuldade no trabalho manual em cortar a madeira, já que muitos utilizam facão, e 11% mencionaram a dificuldade de transportar a lenha do local de coleta para seu destino, dentre outras. Os 44% que relataram não possuir ainda dificuldades, alegaram possuir ainda bastante área florestal para fornecimento de lenha (Figura 23).

Figura 23: Dificuldades encontradas pelos agricultores familiares na coleta da lenha no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará.



Conto et al. (1998) também detectaram a dificuldade dos produtores de farinha na aquisição da lenha no nordeste do Pará:

*“Quanto ao suprimento de lenha para a farinha, observa-se que começa a ser um fator limitante para as diversas comunidades visitadas. Em muitas situações é necessário fazer o transporte de lenha de locais distantes, utilizando transporte animal e, às vezes, tratores. Implantar roça de mandioca em Capoeira muito nova não garante a disponibilidade de lenha para a torração da farinha fazendo com que o produtor lance mão de madeira de outras áreas próximas. Na época chuvosa, este problema toma-se mais crítico...”* (CONTO et al., 1998)

A figura 24 mostra, quando os agricultores familiares entrevistados foram questionados a respeito do local onde adquirem a lenha, mais de 55% já coletam fora de sua propriedade, sendo que 15% relataram que já coletam em florestas próximas de sua área, e 18,52% já compram lenha para atender sua demanda (Figuras 24 e 25).

Figura 24: Locais de aquisição de lenha pelos agricultores familiares do município Igarapé-Açu, nordeste do Pará.

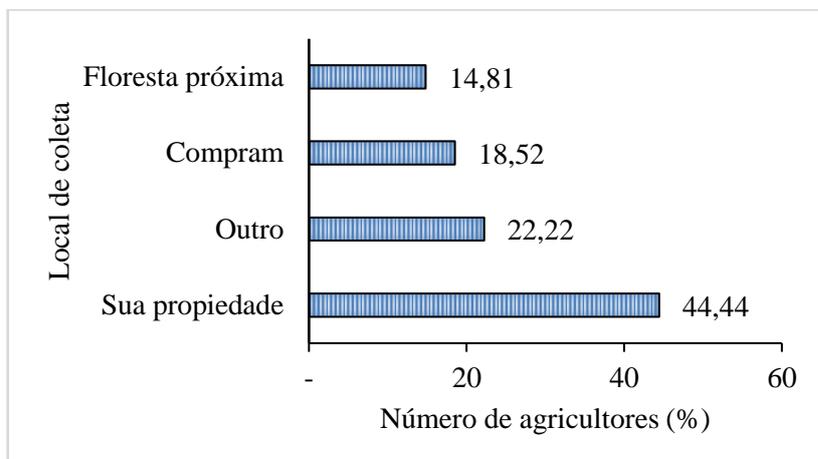


Figura 25: Transporte de lenha comercializada no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará.



Fonte: Autor, 2018.

As dificuldades na obtenção de lenha pelos agricultores familiares do nordeste paraense perduram a tempo, pois, há quase 20anos, Homma (2011) já apontava, em seu estudo, a busca pela lenha como uma das grandes limitações dos produtores de farinha dessa região, cujo tempo gasto representaria de 10 a 15% do custo de produção da farinha. O autor complementou alertando que as capoeiras do nordeste paraense, depois de dezenas de anos de queimadas e derrubadas sucessivas, já não conseguiriam produzir lenha suficiente para aquecer os fornos das casas de farinha.

Outra questão também investigada nesse estudo foi a identificação das espécies vegetais que são usadas pelos agricultores como lenha, no qual a maioria não soube identificar, somente 33% informaram algumas espécies, dentre elas as que tiveram mais citação constam na Tabela 3.

Essa é uma questão bem relevante, pois se a maioria dos agricultores familiares declara que não sabe identificar as espécies que estão utilizando com fins energéticos, isso pode ser um indicativo de que eles não estão explorando corretamente o potencial de cada espécie.

Alvino et al. (2005) identificaram uma grande potencialidade de uso diversificado em um trecho de vegetação secundária e apresentaram em categorias de uso: Madeiras utilizadas em construções rurais (33%) e de alto valor comercial (30%), seguida pelas madeiras de baixo valor comercial (9%), utilizadas como lenha (9%), frutíferas (7%), medicinais (5%), artesanais (4%) e as com potencial resinífero (1%). Embora os autores tenham estendido esse potencial para as demais áreas existentes na Amazônia Oriental, eles mencionaram que os agricultores não têm aproveitado esse potencial, provavelmente pela falta de conhecimento.

Tabela 3 - Espécies utilizadas como lenha citadas pelos agricultores familiares no município Igarapé-Açu, nordeste do Pará.

Nº de agricultores	Nome vulgar	Nome científico	Comentário dos agricultores
8	Ingá	<i>Ingá heterophilla</i> Willd. ou <i>Ingá edulis</i> Mart.	
7	Lacre	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) choisy	
7	Pau de ferro	<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz	
7	Tatapiririca	<i>Tapiririca guianensis</i> Aubl	“Não é muito boa para lenha, pois solta muita fumaça e não faz brasa”
5	Muirapixuna	<i>Cassia scleroxylon</i> Ducke	“Muito boa para lenha”
5	Muruci	<i>Byrsonima</i> sp	
5	Jarana	<i>Lecythis lúrida</i>	
4	Louro	<i>Nectandra cusoidata</i> (Mart. Ex Nees)	“Muito boa para lenha”
2	Ariquina ou Uriquina	Não identificado	
2	Andiroba	<i>Carapa guianensis</i>	
2	Curupiteiro	<i>Sapium</i> sp	“Muito boa para lenha”
2	Embauba	<i>Cecropya palmácea</i>	
2	Maria preta	<i>Cordia multispicata</i> cham.	

Diante da relação da demanda versus oferta de lenha, os agricultores familiares têm buscado biomassa alternativa a lenha com o intuito de substituir ou complementar o seu uso. E nesse estudo, identificou-se que já há agricultores que fazem uso de resíduos agrícolas como biocombustível alternativo na produção de farinha, exemplo da casca de coco (7%), Figura 26. E ainda se registrou que 27% dos entrevistados manifestaram interesse em utilizar a biomassa da capoeira triturada, do projeto Tipitamba, proveniente do preparo de área, para suprir sua demanda.

Figura 26: Biocombustível alternativos que os agricultores familiares do município de Igarapé-Açu já conhecem. A: Biomassa de capoeira triturada do projeto Tipitamba. B: Casca de coco para uso em fornos de preparo de farinha de mandioca. Identifique a letras A e B nas figuras abaixo.



Fonte: Autor, 2019.

O presente cenário expõe a necessidade de buscar alternativas que possam ampliar a oferta de produtos a serem destinados para o fim energético com o intuito de suprir as demandas dos agricultores familiares, tanto para a produção de farinha de mandioca, como para outras necessidades.

Uma forma de alcançar isso seria pelo compartilhamento de resultados de pesquisas científicas já consolidadas como também por meio do intercâmbio de casos exitosos já implementados pelos próprios agricultores. Outra seria por meio do desenvolvimento de novas pesquisas nas áreas tecnológicas, dentre elas, pesquisas relacionadas ao estudo da biomassa resultante do preparo de área com corte e trituração, propondo uma fonte alternativa de biocombustível, evitando custo com aquisição de lenha pelo agricultor familiar, bem como, promovendo ganhos ambientais ao sistema produtivo.

## 2.4 Conclusões

I. As famílias dos agricultores do município de Igarapé-Açu, nordeste paraense, são compostas por poucos membros e têm baixa renda, havendo a necessidade de otimizar a área produtiva.

II. O cultivo da mandioca com fins para a produção de farinha configura a principal atividade agrícola na região.

III. Há uma demanda de 0,50t ou 2,68st de lenha para cada 1t de farinha produzido no município Igarapé-Açu pelos agricultores familiares.

IV. Já é observado pela maioria dos agricultores familiares a falta de lenha, sendo que a sua aquisição é em sua maioria realizada em área de capoeira de cinco a dez anos de idade, bem como no preparo de área.

V. As famílias dos agricultores do município de Igarapé-Açu, nordeste paraense, já demandam por biocombustível alternativo para suprir sua demanda de lenha no preparo de farinha e cocção alimentos.

## Referências

ALVES, R.N.B. et al. Roça sem fogo: da tradição das queimadas à agricultura sustentável na Amazônia. Embrapa Amazônia **Oriental-Livro técnico** (INFOTECA-E), 2020.

ÁLVARES, V. de S. et al. Perfil da produção de farinha de mandioca artesanal no território da cidadania do Vale do Juruá, Acre. **Embrapa Acre-Documents** (INFOTECA-E), 2011.

ALVES, R.N.B. et al. Mandioca: agregação de valor e rentabilidade de negócios. **Embrapa Amazônia Oriental-Livro técnico** (INFOTECA-E), 2019.

ALVES, R.N.B.; MODESTO JÚNIOR, M. de S. Potencial de tecnologias de processos e tecnologias de insumos na cultura da mandioca na Amazônia. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, 30.1/3: 73-89. 2013

ALVES, R. J. M.; PONTES, A. N.; NUNES, A. L. Percepção ambiental e uso de recursos naturais por comunidades rurais do município de Marapanim, Pará, Brasil. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 11, p. 1-14, 2016.

ALVINO, F. de O. Potencial de uso das espécies arbóreas de uma floresta secundária, na Zona Bragantina, Pará, Brasil. **Acta Amazônica**, 35.4: 413-420, 2005.

BARROS, I. de. et al. Uso do pousio melhorado para redução da adubação nitrogenada e manutenção da matéria orgânica do solo na produção de cana-de-açúcar nos tabuleiros costeiros. **Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros**, (INFOTECA-E) 8 p. 2018.

BEZERRA, V. S. **Farinhas de mandioca seca e mista**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Macapá: Embrapa Amapá, 2006.

BONI, V.; QUARESMA, S. J. **Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em ciências sociais**. Em Tese, Florianópolis, v. 2, n. 1, p. 68-80, jan. 2005.

BRIENZA JUNIOR, S. Enriquecimento de florestas secundárias como tecnologia de produção sustentáveis para a agricultura familiar. **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2012.

BRASIL. **Lei nº 11.326**, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Brasil, 24 jul. 2006. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm). Acesso em: 19 jun. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 9.064**, de 31 de maio de 2017. Dispõe sobre a Unidade Familiar de Produção Agrária, institui o Cadastro Nacional da Agricultura Familiar e regulamenta a Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, que estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e empreendimentos familiares rurais. Brasil, 31 maio 2017. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9064.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9064.htm). Acesso em: 19 jun. 2019.

CONTO, A. J. et al. Produção da farinha de mandioca no nordeste paraense. In: Encontro da sociedade brasileira de sistemas de produção, 3, Florianópolis, se, 1998. **Anais**. Florianópolis. SBSP/EPAGRIEMBRAPA/IAPAR/UFSC. 1998.

CUNHA, W. A. da; SILVA, E. A. **Inovações institucionais na oferta de alimentos da agricultura familiar para o mercado institucional: o caso de uma cooperativa em Minas Gerais**. 2015.

DE SOUZA, M.M. Estimativa do poder calorífico e caracterização para uso energético de resíduos da colheita e do processamento de *Pinus Taeda*. **Revista Floresta**, vol. 42, n. 2, p. 325-334. 2012.

DIONISIO, L. F. S.; CONDÉ, T. M.; GOMES, J. P.; MARTINS, W. B. R.; SILVA, M. W.; SILVA, M. T. Caracterização morfométrica de árvores solitárias de *Bertholletia excelsa* H.B.K. no sudeste de Roraima. **Revista Agro@mbiente**, v. 11, n. 2, p. 163-173, 2017.

ESTATCAMP, Equipe. **Software Action**. São Carlos: Estatcamp- Consultoria em estatística e qualidade, 2014.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS DO PARÁ. **Mapa mesorregiões do Pará**. [Belém, PA: FAPESPA, 2019]. Disponível em: [http://www.fapespa.pa.gov.br/sistemas/anuario2017/mapas/territorio/ter3\\_mesorregioes\\_paraenses.png](http://www.fapespa.pa.gov.br/sistemas/anuario2017/mapas/territorio/ter3_mesorregioes_paraenses.png). Acesso em: 01 out. 2019.

FREITAS, W.; WANDER, A. O perfil socioeconômico da agricultura familiar produtora de hortaliças em Anápolis (GO, Brasil). **Revista de Economia da UEG**. 13. 192-213. 2017.

GROOTAERT, C, et al. Questionário integrado para medir capital social (QI-MCS). **Washington: Banco Mundial**, 2003.

GUALDANI, C. **Tecnologias sociais e convivência com o semiárido. A experiência de agricultores familiares do sertão alagoano**. 132 p. (UnB-Geografia, Mestre, Gestão Territorial e Ambiental, 2015.

HOMMA, A. K. O. Madeira na Amazônia: extração, manejo ou reflorestamento? **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico**. Indexado (ALICE), 2011.

INCRA. **Tabela com módulo fiscal dos municípios.** Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/pt/modulo-fiscal/2-uncategorised/235-Tabela-com-modulo-fiscal-dos-municipios.html>> Acessado em: 19 set. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário 2010.** Tabelas Completas. Notas Técnicas. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/igarape-acu/pesquisa/23/25124?detalhes=true>> Consultado em: 04/11/2019 <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/igarape-acu/panorama> >. Acesso em: 20 nov. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário 2017.** Tabelas Completas. Notas Técnicas. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6753#resultado>>. Acesso em: 4 nov. 2019.

KATO, M. do S. A.; KATO, O. R. Preparo de área sem queima, uma alternativa para a agricultura de derruba e queima da Amazônia Oriental: aspectos agroecológicos. In: seminário sobre manejo da vegetação secundária para a sustentabilidade da agricultura familiar da Embrapa Amazônia oriental, 1999, Belém, PA. **Anais.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental: CNPq. p. 35-37. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69), 2000.

KATO, O. R. Agricultura sem queima: uma proposta de recuperação de áreas degradadas com sistemas agrofloretais sequenciais. In: LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; ARAÚJO, A. S. F. (Ed.). Agricultura Conservacionista no Brasil. **Brasília: Embrapa**, p. 189-216. 2014.

KATO, O. R. Alternativas ao uso do fogo no preparo de área para o plantio, com base no manejo da capoeira na Amazônia. In: Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo em **Anais** de congresso (ALICE). In: Seminário o fogo no meio rural e a proteção dos sítios do patrimônio mundial natural do Brasil: alternativas, implicações socioeconômicas, preservação da biodiversidade e mudanças climáticas. Resumos... Brasília: Ibama; Unesco, 2008. p. 41-63., 2008.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Metodologia científica.** Vol. 6. São Paulo: Atlas, 1991.

LAMARCHE, H. **A agricultura familiar.** Campinas: Editora da UNICAMP, 1993.

LIMA, U. A. **Manual técnico de beneficiamento e industrialização da mandioca.** São Paulo: Secretaria de Ciência e Tecnologia. 56 p. (Programa Adequação), 1982.

LOBO, I. D. et al. Importância socioeconômica da mandioca (*Manihot esculenta* crantz) para a comunidade de Jaçapetuba, município de Cametá/PA. **Multítemas**, 23.55: 195-211. 2018.

LOPES, B. M. et al. **Uso da capoeira na extração de lenha: em três comunidades locais no pólo Rio Capim do PROAMBIENTE-PA.** 2006.

LOPES, P. R.; LOPES, K. C. S. A. Sistemas de produção de base ecológica—a busca por um desenvolvimento rural sustentável. **REDD—Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, 4.1, 2011.

MACHADO FILHO, H. et al. Mudança do clima e os impactos na agricultura familiar no Norte e nordeste do Brasil. **Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, Brasília, DF, n. 141, 2016.

PARÁ, **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 8, DE 28 DE OUTUBRO DE 2015**. Define procedimentos administrativos para a realização de limpeza e autorização de supressão, a serem realizadas nas áreas de vegetação secundária em estágio inicial de regeneração, localizadas fora da Reserva Legal e da Área de Preservação Permanente - APP dos imóveis rurais, no âmbito do Estado do Pará, e dá outras providências. Disponível em: < <https://www.sistemas.pa.gov.br/sisleis/legislacao/2810> >. Acesso em: 25 nov. 2017. 2015.

RAMBO, J. R.; TARSITANO, M. A. A.; LAFORGA, G. Agricultura familiar no Brasil, conceito em construção: trajetória de lutas, história pujante. R. Ciênc. **Agroamb.** v.14, n.1, p.86-96, 2016.

RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T. Acúmulo de biomassa e nutrientes de duas leguminosas arbóreas introduzidas em sistema de pousio na Amazônia. **Ciência Florestal**, 26.3: 735-746. 2016.

REGO, A. K. C.; KATO, O. R. Slash and burn agriculture and agroecological alternatives in the amazon. **NOVOS CADERNOS NAEA**, 20.3: 203-224, 2017.

RODRIGUES, E. de C. F. et al. Análise de pequenos produtores com manejo de bacurizeiros (*Platonia insignis* mart.) na Amazônia Paraense: Uma abordagem sob a ótica de estratégias de reprodução social. **Caribeña de Ciencias Sociales**, marzo, 2019.

SANTOS, R. T. N. Biomassa e estoque de nutrientes de leguminosas arbóreas em sistema de pousio melhorado na Amazônia Oriental. In: Embrapa Amazônia Oriental-Resumo em **Anais de congresso (ALICE)**. In: Congresso florestal latino-americano, 7. 2018, Vitória.[Anais].[SI]: Even3, 2018.

SOARES, S. C. et al. Atributos químicos de um argissolo vermelho-amarelo influenciado pela queimada após nove anos de pousio no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.9, n.3, p.9-17, setembro, 2019.

SMITH, J. **Cobertura florestal secundária em pequenas propriedades agrícolas na Amazônia: implicações para a agricultura de corte e queima**. Embrapa Amazônia Oriental. Documentos Nº.51. Belém, Brasil, Embrapa Amazônia Oriental. 43p. 2000.

SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C. Roça-de-toco: uso de recursos florestais e dinâmica da paisagem rural no litoral de Santa Catarina. **Ciência Rural**, 37.3: 690-696, 2007.

VINUTO, J. A amostragem de bola de neve em pesquisa qualitativa: um debate aberto. **Temáticas, Campinas**, v. 22, n. 44, p. 203-220, 2014.

### 3. POTENCIAL E CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DA BIOMASSA DE CAPOEIRA TRITURADA NO NORDESTE PARAENSE

#### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a potencialidade energética da biomassa de capoeira triturada, em diferentes tipos de manejo de trituração e de retirada, como matéria-prima para bioenergia destinada aos agricultores familiares no nordeste paraense. Nesta região, a maioria da população necessita de lenha, principalmente para o preparo da farinha de mandioca, que é um dos principais produtos de base alimentar do estado do Pará. A avaliação do manejo de trituração foi realizada com uma e duas passadas do Tritucap e os tratamentos referentes à retirada da biomassa triturada ocorreram com o auxílio de peneiras de 35mm, 55mm e 75mm de malhas. As variáveis estudadas foram: volume e peso da biomassa, teor de umidade, densidade básica, teor de materiais voláteis, teor de cinzas, teor de carbono fixo, poder calorífico superior e inferior da biomassa de capoeira triturada e o seu potencial energético. A biomassa da capoeira triturada de cinco anos apresentou índices de qualidade energética próximos aos encontrados para biomassas tradicionalmente utilizadas como combustíveis sólidos. A potencialidade chega a  $208,61 \text{GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ , mesmo utilizando somente uma trituração e aproveitando apenas 25% da capoeira triturada com a peneira de 75mm.

**Termos para indexação:** Biocombustível; Bioenergia; Tipitamba; Agricultura familiar; Economia Circular.

#### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the energetic potential of the grind capoeira biomass, in different type's management of grinding and of withdrawal, as raw material for bioenergy destined to family families in the northeast of Pará. In this region, the majority of the population needs in firewood, mainly for the preparation of manioc flour, which is one of the main food-based products in the state of Pará. An assessment of the grinding management was carried out with one and two passes of Tritucap, and with the treatments related to the for withdrawal of the crushed biomass where are that occurred with the aid of 35mm, 55mm and 75mm screens. The variables studied were: biomass quantification, density content, basic density, volatile material content, ash content, fixed carbon content, higher and lower calorific value and energy potential. A five-year biomass with grind capoeira shows energy quality indexes close to those

found for biomass traditionally used as used. The potential reaches 873,41GJ.ha<sup>-1</sup>, even using only one grinding of the capoeira and taking advantage of only 25% of the grind biomass with a 75mm sieve.

**Index terms:** Biofuel; Bioenergy; Tipitamba; Family farming; Circular economy.

### 3.1 Introdução

A prática de queima da floresta secundária em pousio, tradicionalmente praticada na Amazônia, é o que garante a produtividade das culturas anuais em sistema convencional secundárias de agricultura itinerante (RANGEL-VASCONCELOS et al., 2017). Esse modelo agrícola de alto impacto ambiental –derruba, broca, queima e plantio- praticado por muitos agricultores tem diminuído a qualidade e quantidade dos recursos naturais (RIBEIRO FILHO, 2004).

Diante desse quadro, a EMBRAPA, através do projeto Tipitamba, propôs um modelo alternativo de preparo de área com o sistema de corte e trituração da capoeira (vegetação secundária), através do equipamento Tritucap e a implantação de sistemas agroflorestais-SAFs em propriedades de agricultores familiares (MATOS, 2005; ANDRADE et al., 2014). Esse material triturado fica sobre o solo para se desintegrar e liberar os nutrientes com o tempo, além de protegê-lo dos impactos da chuva e do sol intenso (NASCIMENTO; LAURANCE, 2004).

Embora esse modelo de trituração da capoeira apresente diversas vantagens já comprovadas (KATO, 1998; GAMA, 2002; COELHO et al., 2003; SAMPAIO et al., 2008; TRINDADE et al.; 2011; FIGUEIREDO et al.; 2013), ainda tem questões a serem trabalhadas para sanar gargalos que surgiram com aplicação desse sistema. Uma questão registrada por Kato et al. (2002), em um diagnóstico participativo feito com agricultores familiares de áreas de atuação do projeto Tipitamba, foi a preocupação dos agricultores com o fornecimento de lenha, apontado como uma das desvantagens do sistema, haja vista que, nessa forma de preparo de área, todo material vegetativo é triturado e deixado na área para ciclagem de nutrientes.

É uma questão relevante, já que Lopes (2006) constatou que cerca de 61,3% dos agricultores rurais localizados na região nordeste paraense necessitam de lenha para dois fins principais: o maior volume utilizado no preparo da farinha de mandioca e, em segundo, na cocção de alimentos.

Conforme Smith et al. (2000), Alves e Modesto Junior (2017) há necessidade de grandes quantidades de lenha para a produção de farinha de mandioca, o que se reflete na intensa extração de madeira pelos agricultores. Segundo Alves et al., (2019), a estimativa chega a 30st de lenha que são retirados por hectare de capoeiras, no bioma amazônico, para sustentar a produção anual de farinha, com uma relação custo/benefício ambiental de 12,5, significando que, para cada hectare de capoeira impactado pela extração de lenha, obtém-se 12,5t de farinha.

Ainda conforme Lopes (2006), a lenha, que é um dos produtos de fundamental importância para os pequenos agricultores do nordeste paraense, procede predominantemente de preparo de área no sistema corte e queima, bem como da capoeira. Diante disso, alguns estudos, como Gualdani (2015) e Machado Filho et al. (2016), alertaram que essa demanda associada com a escassez e/ou indisponibilidade do recurso, tem levado alguns agricultores a realizar a retirada insustentável de lenha.

É importante analisar qual a melhor forma de manejar essa retirada, buscando assim um ponto de equilíbrio que atenda a demanda por lenha e que garanta o seu uso sustentável, promovendo benefícios ao agricultor familiar e, ainda, garantindo condições favoráveis para capacidade produtiva do solo, conforme preconiza o projeto Tipitamba. Bervaldo (2005), ao estudar a biomassa resultante do corte e trituração de uma capoeira de oito anos, com duas triturações, adotando as peneiras de 1, 7, 25 e 35mm, verificou que a maior liberação de nutrientes foi do material que passou pela peneira de 25mm, o que pode estar associado com os resultados de Poggiani et al. (1979). Poggiani e Zen (1984) e Gonçalves (1995), constataram que as folhas apresentaram uma percentagem muito significativa do estoque de nutrientes, em comparação com as estruturas com elevados teores de lignina (material mais lenhoso).

Além disso, alguns autores, a exemplo do Gonçalves (1995) e Teixeira et al. (2012), consideram que a quantidade excessiva de biomassa lenhosa no solo a ser destinada à ciclagem de nutrientes pode ocasionar uma decomposição mais lenta e menos eficiente, se comparada com material mais folhoso.

Todavia, Denich (1991), apesar de ter observado também maiores concentrações de nutrientes em folhas, considera importante que a biomassa no solo tenha certa quantidade de material lenhoso para acúmulo e fornecimento de nutrientes de forma contínua e gradual.

Assim, pressupõe-se que a retirada de parte da biomassa mais lenhosa da capoeira triturada, para fins energéticos em áreas onde serão implementados futuros sistemas produtivos, pode otimizar a decomposição do material deixado pelo Tritucap em cima do solo e, ainda, contribuir com o fornecimento de biocombustível alternativo para atender à necessidade dos agricultores familiares. Porém, é necessário submeter a biomassa às análises quantitativas e

qualitativas para saber se ela apresenta aptidão para uso bioenergético e ser considerada um bom combustível. De modo geral, Juvillar (1980) classifica que um bom combustível deve possuir baixa umidade, ser denso, ter alto teor de carbono fixo, baixo teor de cinzas e alto poder calorífico.

Em relação à umidade, Oliveira et al. (1982) explicam que, quanto mais alto for o teor de umidade na biomassa, maior será a quantidade de energia necessária para evaporar a água durante o processo de combustão, conseqüentemente, menos energia será fornecida. Apesar do teor de umidade depender do produto final a ser destinado (GLASS; ZELINKA, 2010), alguns autores, como Pereira et al. (2000), Garstang et al. (2002), Almeida et al. (2010), Brand et al. (2014), Zanuncio (2015), entre outros, sugerem que a biomassa, para fins energéticos, deva possuir um valor em torno de 25%.

A densidade é outra característica de grande importância. Apesar de ela não alterar o poder calorífico, ela aumenta a densidade energética e contribui com a diminuição dos custos relacionados ao transporte e logística (CORTEZ, 2011).

Já as características químicas são de grande relevância para avaliar a potencialidade energética da biomassa devido à relação desses elementos com o poder calorífico (PROTÁSIO, et al., 2011). Brito e Barrichelo (1978) relacionam a análise química imediata do combustível com o percentual de material que se queima no estado gasosos (material volátil, TMV) e no estado sólido (carbono fixo, TCF), bem como dá uma indicação do material residual (cinzas, TCZ). Os mesmos autores ressaltam a importância de considerar as proporções entre os componentes voláteis e o carbono fixo. Na mesma linha, Tavares e Santos (2013) destacam que o conteúdo de voláteis expressa a facilidade de se queimar o material e o carbono fixo o tempo de queima, logo, com esses dois índices, pode-se estimar o grau de combustão de uma biomassa e o tempo de queima da mesma.

Diante disto, pesquisadores que indicaram biomassa para fins energéticos verificaram que a maioria possuía, em suas características, matérias voláteis entre 75% a 85%, carbono fixo entre 15% a 25% ; poder calorífico superior variando entre 3500 a 5000kcal.kg<sup>-1</sup> e conteúdo de cinzas, menor que 2% (BRITO e BARRICHELLO, 1982; PEREIRA et al., 2000; NOGUEIRA e LORA, 2003; QUIRINO, et al. 2005; ALMEIDA, et al.; 2010; BRAND, 2010; LIMA et al., 2011; PROTÁSIO et al. 2011; SANTOS et al., 2011; TAVERES e SANTOS, 2013; BRAND, 2014; ZANUNCIO, 2015).

Dentre os vários tipos de biomassa que são utilizados como biocombustíveis, pode-se citar, resíduos florestais, resíduos de indústrias madeireiras, resíduos agrícolas, resíduos de arboricultura, resíduo de plantações de diferentes tamanhos (WELFLE, 2017). Dentre elas,

pode-se citar a cana-de-açúcar e a sua palha, a palha de arroz, forrageiras, oleaginosas, capim elefante, galhos finos, cascas, serragem, casca de coco, entre outros (BELLOTE et al., 2018).

Nesse contexto, o presente trabalho objetivou quantificar e qualificar a biomassa de capoeira triturada para ser utilizada na combustão direta em fornos de preparo de farinha de mandioca dos agricultores familiares do nordeste paraense. Para isso, foram realizados o corte e a trituração da área, sob diferentes tipos de manejo de trituração e de retirada com base no princípio do projeto Tipitamba.

### 3.1.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial energético da capoeira triturada de cinco anos no nordeste paraense em diferentes tipos de manejo de trituração e de retirada.

### 3.1.2 Objetivos específicos

- a) Estimar a quantidade de biomassa para fins energéticos em diferentes tipos de manejo de trituração e retirada da biomassa de capoeira triturada de cinco anos.
- b) Avaliar as propriedades físicas, químicas e energéticas da biomassa triturada em diferentes tipos de manejo.
- c) Estimar quanto de energia poderá ser aproveitada em uma capoeira triturada para fins energéticos triturada em diferentes tipos de manejo.

## 3.2 Material e métodos

### 3.2.1 Área de estudo

O município de Igarapé-Açu pertence à mesorregião do nordeste paraense. O clima insere-se na categoria de megatérmico úmido, do tipo Am da classificação de Köppen, com temperatura média em torno de 25° C durante todo o ano, a precipitação anual é elevada (2.350mm), a umidade relativa do ar chega próximo de 85%. O solo dominante no município é o latossolo amarelo de textura média e Solos Concrecionários Lateríticos nas Terras Firmes, além da presença de Solos Hidromórficos Indiscriminados e Solos Aluviais nas Várzeas. A cobertura vegetal é do tipo Floresta Secundária e áreas destinadas à agricultura (FAPESPA, 2019).

O experimento foi instalado na propriedade de um agricultor familiar que participa do projeto Tipitamba, localizada na PA-127, município de Igarapé-Açu, em um trecho da mata de capoeira de cinco anos de idade, onde, segundo o agricultor, há mais de 15 anos, não houve preparo com corte e queima na área.

### 3.2.2 Trituração da capoeira

A trituração da capoeira ocorreu no final de junho de 2017 e foi feita com o equipamento, hoje, conhecido como Tritucap horizontal, antes denominado como Triturador de galhadas AHWI, FM 600, Figura 1. Esse equipamento, de acordo com Denich et al. (2004), tritura o material lenhoso de capoeira de até 12anos de idade, de no máximo 30cm de diâmetro na superfície do solo, preservando as raízes.

Figura 1: Triturador de galhadas AHWI, FM 600 ou Tritucap horizontal, triturando a área experimental, capoeira de cinco anos de idade no município de Igarapé-Açu/PA.



Fonte: Autor, 2017

### 3.2.3 Tratamento

O tratamento referente ao manejo de trituração do Tritucap foi feito com a realização de uma e duas triturações. Sendo que, até o momento, o projeto Tipitamba adota duas triturações, com intuito de fornecer material mais fragmentado para facilitar a decomposição (DENICH et al., 2004; BERVALD, 2007).

Para o tratamento referente à retirada, foram utilizadas três peneiras: 35mm, 55mm e 75mm de malha, medindo 1m<sup>2</sup> cada peneira. Assim, cada peneira representou um tratamento

que delimitou a retirada do material triturado conforme ficava retido após a fragmentação ocorrida no processo de trituração. O material que foi destinado para energia no tratamento 35mm é referente à biomassa que ficou retida na referida peneira, replicando assim para as demais peneiras (55mm e 75mm).

### 3.2.4 Quantificação da biomassa

Para a quantificação da biomassa, o peso foi mensurado em toda a parcela e, após a pesagem, o material que passou pela peneira foi devolvido ao solo, para permanecer em decomposição natural. Do material que ficou retido na peneira, após pesagem, foram coletadas amostras para as análises em laboratório, sendo que o restante foi depositado em áreas equidistantes a do experimento, fora do efeito de bordadura. No caso da parcela testemunha (TO) toda biomassa foi pesada, sem uso de peneira, e devolvida para solo (Figura 2).

Figura 2: Seleção e quantificação da biomassa para energia na área experimental de uma capoeira triturada de cinco anos no município de Igarapé-Açu/PA: A- Peneira de 75mm, B- Peneiramento e separação da biomassa triturada e C- Pesagem da biomassa triturada.



Fonte: Autor, 2017.

### 3.2.5 Amostragem para análises qualitativas

Da biomassa triturada que ficou retida nas peneiras de malhas- 35mm, 55mm e 75mm, foram coletadas amostras representativas em sacos plásticos com capacidade de cerca de 50kg, transportadas ao Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais – LTPF da UFRA para montar a amostragem composta para cada tratamento. Em cada variável estudada, foram

realizadas 12 repetições, sendo posteriormente submetidas às análises físicas, químicas e energéticas, para a sua devida qualificação.

### 3.2.6 Caracterização física e química da biomassa

**Teor de umidade, U (%):** Todas as amostras de cada tratamento foram determinadas com base a norma NBR 8112 (ABNT, 1983).

**Teor de umidade de equilíbrio, TUE (%):** Utilizou-se como base a norma NBR 8112 (ABNT, 1983), onde as amostras de cada tratamento foram submetidas a secagem ao ar livre em ambiente coberto até o valor constante de umidade, ou seja, até atingiram a umidade de equilíbrio (TUE) com meio ambiente do município estudado.

**Densidade básica, Db (g/cm<sup>3</sup>):** Foi determinada de acordo com a norma NBR 11941 (ABNT, 2003).

**Análise química imediata:** A composição química imediata foi determinada de acordo com a norma NBR 8112 (ABNT, 1983), para obtenção dos teores de materiais voláteis (TMV), do teor de cinzas (TCZ) e do teor de carbono fixo (TCF). O carbono fixo foi calculado de acordo com a equação 1, subtraindo-se de 100% a soma dos teores de voláteis e de cinzas.

$$TCF = 100 - (TMV + TCZ) \quad \text{Equação 1}$$

### 3.2.7 Caracterização energética da biomassa

**Poder Calorífico Superior (PCS, kcal.kg<sup>-1</sup>):** foi determinado por meio de um calorímetro adiabático IKA C200, seguindo a norma ASTM E711 (ASTM, 2004).

**Poder Calorífico Inferior (PCI, kcal.kg<sup>-1</sup>):** a quantidade de calor liberada, sem considerar a evaporação de água de formação do combustível, mais a quantidade de água da umidade do combustível (CORTEZ, LORA e GÓMEZ, 2008), calculado utilizando equação 2.

$$PCI = PCS - 324 \quad \text{Equação 2}$$

### 3.2.8 Estimativa do potencial energético de capoeira triturada

Para a estimativa do potencial energético (PE, MJ.ton<sup>-1</sup>), referente a quantidade de energia por hectare da biomassa, foi utilizada a massa seca da biomassa (MB) e o poder calorífico inferior (PCI) de cada tratamento, conforme a equação 3.

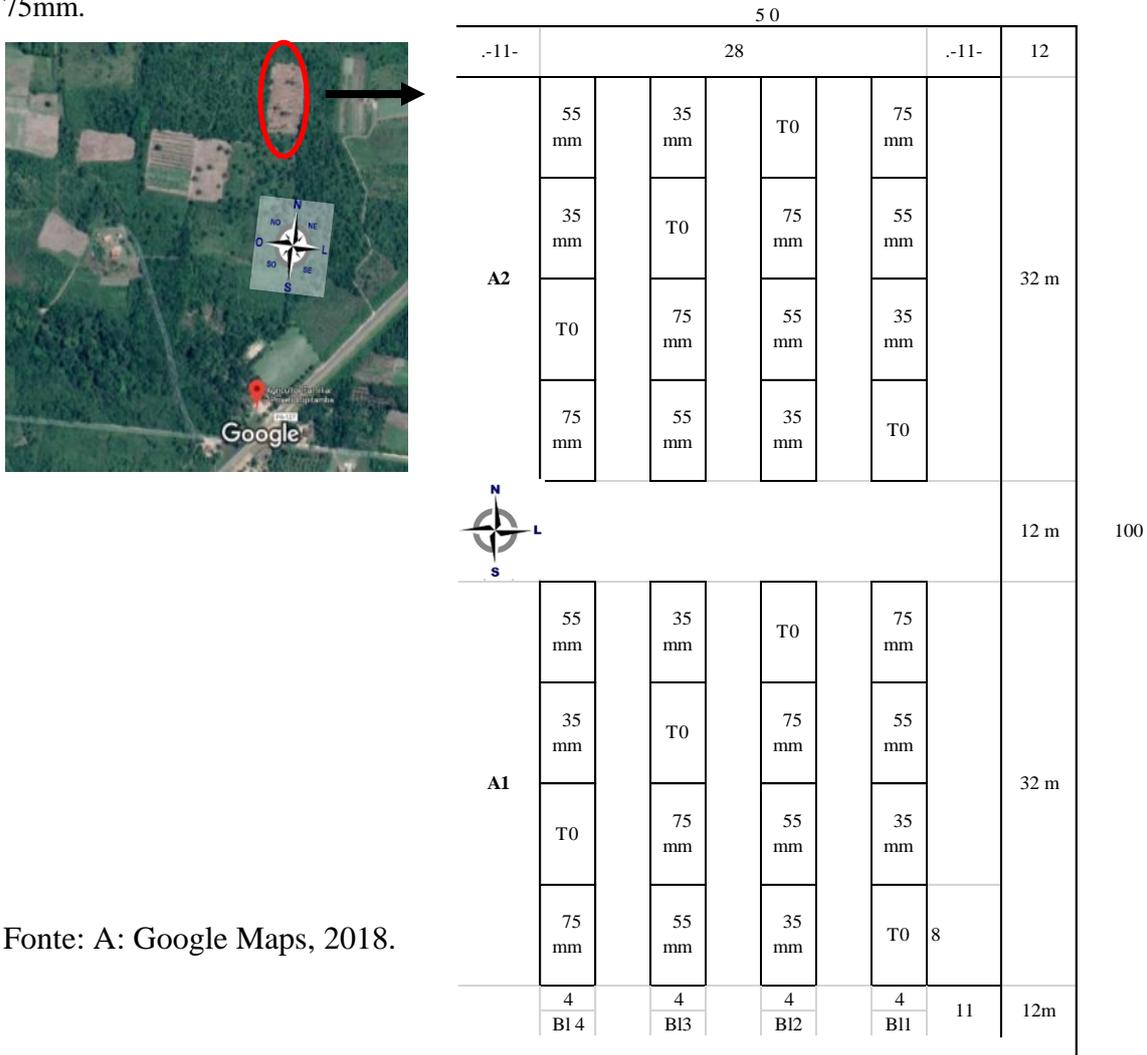
$$PE = MB \times PCI \quad \text{Equação 3}$$

3.2.9 Delineamento experimental e Análise estatística dos dados

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 3 (dois tipos de trituração e três tipos de retiradas) com quatro repetições para cada tratamento. O experimento foi realizado em uma capoeira de cinco anos de idade, de 2ha, onde foram distribuídas 32 parcelas de 32m<sup>2</sup> cada (4m x 8m), descartando o efeito de borda. Para tanto foi demarcada uma área de 100m x 50m (5000m<sup>2</sup>), sendo em seguida dividida em duas áreas de 50m x 50m. A área 1: uma trituração (A1) e área 2: duas triturações (A2), nas quais posteriormente foram implantados os tratamentos referentes à retirada (Figura 3).

Assim na área A1 ocorreu uma trituração, onde o Tritucap passou uma única vez e na área A2 ocorreram duas triturações, onde o Tritucap passou duas vezes. Considerou-se o efeito de borda de doze metros entre as duas áreas.

Figura 3: Área experimental da capoeira triturada no município de Igarapé-Açu/PA. A- Mapa da localização da área experimental do agricultor familiar no Google Maps. B- Croqui do experimento, Onde A1: uma trituração, A2: duas triturações. BI: Bloco. Tratamento da retirada: T0, 35mm, 55mm e 75mm.



Fonte: A: Google Maps, 2018.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade de variância de Bartlett, ambos a 95% de probabilidade. Após comprovação da normalidade e homogeneidade de variância dos dados, realizou-se o teste de Tukey a 5% de significância para a comparação múltipla das médias. A análise estatística foi realizada com auxílio do programa estatístico Action Stat®. Este software utiliza linguagem de programação R conectado à ferramenta Excel. (ESTATCAMP, 2014).

### 3.3 Resultados e discussão

#### 3.3.1 Quantificação da biomassa para fins energéticos

Na capoeira triturada de cinco anos de idade, a quantidade total da biomassa seca foi de, aproximadamente  $49,30\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . O valor foi maior do que o encontrado por Denich (1991) ao estudar capoeiras de quatro a cinco anos de idade, no mesmo município, com uma média de  $20\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de biomassa em cima do solo. E maior ao que foi encontrado por Bervalde (2005), também em Igarapé-Açu, em uma capoeira triturada de oito anos, com  $36,46\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Lima et al. (2007), ao estudarem uma capoeira da região de Manaus, com dez anos após o corte raso seguido de fogo, encontraram um estoque médio de  $56,2\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , valor próximo ao encontrado nesta pesquisa, apesar do dobro da idade da capoeira.

Ao observar a quantidade de biomassa em florestas plantada para fins energéticos com *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *urophylla*, cortados com dois anos e meio de idade, encontram  $17,8\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  a  $41,5\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de biomassa (POGGIANI e ZEN, 1984).

A maior produção de biomassa para fins energético foi obtida com o uso das peneiras de 35mm e 55mm, com os valores de 26,17 e  $26,94\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , respectivamente, na capoeira onde teve duas triturações representando o uso de 50% da biomassa triturada; e o menor valor foi obtida na capoeira com uma trituração com o uso da peneira de 75mm, de  $12,30\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , representando o uso de 25% da biomassa da área (Tabela 1).

Tabela 1: Valores médios e desvio padrão da produção de biomassa destinada para energia, peso da biomassa seca,  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  e %, da capoeira triturada de cinco anos, em diferentes tipos de

manejo, uma e duas triturações do Tritucap, e coleta com uso das peneiras de 35mm, 55mm e 75mm de abertura, no município de Igarapé-Açu.

Tipo de manejo	Malha das peneiras (mm)			Malha das peneiras (%)		
	35	55	75	35	55	75
1 Trituração	20,01±6aA	23,75±2aA	12,3±5bA	41	48	25
2 Triturações	26,17±6aA	26,94±4aA	16,47±8bA	53	55	33
CV (%)	25,99%					

Nota: Pares de médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Esses resultados são relevantes ao observar o estudo realizado por Brand et al. (2014), que avaliaram plantios de 3 e 6 anos de *Pinus taeda* L., visando a geração de energia em sistemas de cogeração, e encontraram uma produção de biomassa de 30 e 31t.ha<sup>-1</sup>, gerando um potencial de produção de energia elétrica suficiente para abastecer 68 e 70 residências por mês respectivamente com consumo médio de 200kw/hora/mês. É importante salientar que o presente estudo analisa a capoeira triturada com fins ao processo de combustão direta para a produção da farinha de mandioca.

Em relação à quantidade de biomassa deixada no solo para ciclagem de nutrientes, o manejo de duas triturações com uso da peneira de 75mm foi o que mais deixou biomassa no solo, cerca de 36,75t.ha<sup>-1</sup>, sendo que com o uso da mesma peneira, mas com apenas uma trituração, a biomassa que ficou no solo foi reduzida para 16,36t.ha<sup>-1</sup>, por se tratar de material com menor quantidade de partículas que passam na abertura da peneira (Tabela 2).

Tabela 2: Valores médios e desvio padrão do peso da biomassa deixada no solo, estado seco, Ms (t.ha<sup>-1</sup>) e sua porcentagem em relação ao peso total da biomassa na área, em capoeira triturada de cinco anos, em diferentes tipos de manejo, uma e duas triturações do Tritucap, e coleta com uso das peneiras de 35mm, 55mm e 75mm de abertura, no município de Igarapé-Açu.

Tipo de manejo	Testemunha	Malha das peneiras (mm)		
		35	55	75
1 Trituração	34,05aB	14,22±2aB	22,75±1aB	16,36±2aB
2 Triturações	64,54aA	24,11±5bB	29,15±5bB	36,75±11bB
CV (%)	46,11%			

Nota: Pares de médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ainda em relação à quantidade de biomassa deixada no solo, Santana et al. (1999) verificaram, em seu estudo, que era preciso deixar 14t.ha<sup>-1</sup> de casca de eucaliptos para promover

maior proteção ao solo e diminuição de exportação de nutrientes, garantindo o estoque para o plantio energético.

O resultado deste trabalho, comparando com uso da peneira de 35mm, 24,11t.ha<sup>-1</sup>, foi semelhante ao encontrado por Bervaldo (2005), que verificou 26,62t.ha<sup>-1</sup> de biomassa deixada no solo a partir do estudo também feito em Igarapé-Açu, mas com análise de biomassa resultante do corte e de duas triturações de uma capoeira de oito anos, que possuía aproximadamente 36,46t.ha<sup>-1</sup> de biomassa, adotando as peneiras de 1, 7, 25 e 35mm, sendo que se verificou que 27% da biomassa da área foi retida na peneira de 35mm. O mesmo autor verificou que a maior liberação de nutrientes foi do material que passou pela peneira de 25mm, com a disponibilidade de 23,3t.ha<sup>-1</sup> para ser decomposto durante dez meses, sendo dois anos o tempo necessário para a decomposição total da referida capoeira triturada.

Enquanto Denich (1991), ao avaliar a importância de uma capoeira de quatro a cinco anos para o incremento da produtividade do sistema de produção no município de Igarapé-Açu, concluiu que 20t.ha<sup>-1</sup> de biomassa são consideradas o extremo inferior da escala no tocante às reservas de nutrientes.

Comparando com os resultados desta pesquisa, o uso da peneira de 55mm de abertura, com uma ou duas triturações, a biomassa destinada para fins energéticos foi em torno de 23,75t.ha<sup>-1</sup>, deixando para o solo, em média, 22,75t.ha<sup>-1</sup> de biomassa para ciclagem de nutrientes, um uso de aproximadamente 50% da biomassa triturada. Tais resultados estão dentro dos limites recomendáveis por Bervaldo (2005) e Denich (1991) que realizaram estudo da capacidade produtiva retirando biomassa no solo no mesmo município.

### 3.3.2 Teor de umidade da biomassa

Verificou-se que a capoeira triturada apresentou teor de umidade (base úmida), em média, 24,5%, sendo que o maior valor, 32,7%, foi do material retido na peneira de 55mm com uma trituração e o menor valor, 17,4%, foi do material retido na peneira de 75mm com duas triturações (Tabela 3).

Tabela 3: Média e desvio padrão do Teor de Umidade (TU, %) da biomassa da capoeira triturada de cinco anos, em diferentes tipos de manejo, uma (1T) e duas (2T) trituração do Tritucap, e uso de peneiras de 35mm, 55mm e 75mm de abertura, no município Igarapé-Açu/PA.

Tipo de manejo	Teor de umidade (%)			Média
	35mm	55mm	75mm	
1T	28,68aA	32,69aA	29,85aA	28,89
2T	20,20aB	21,27aB	17,38aB	20,12
CV (%)	21,20%			

Nota: Pares de médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observou-se que, na capoeira onde ocorreu uma trituração, a biomassa apresentou o teor de umidade médio de 28,89%, enquanto que em duas triturações, obtendo mais áreas livres para a água evaporar, encontrou-se o teor de umidade médio de 20%. (Tabela 4).

É importante mencionar que o material analisado foi triturado em junho de 2017, sendo que durante entre a trituração e a coleta ocorreu chuva em dois dias, assim a biomassa ficou seis dias no campo para poder ser peneirada

Estudos têm demonstrados que a matéria-prima para fins energéticos tem que possuir umidade não superior a 25% (BRITO e BARRICHELO, 1978; QUAACK et al., 1999; PEREIRA et al.; 2000; WANDER, 2001; GARSTANG et al.; 2002; QUIRINO et al, 2005; ALMEIDA, et al.; 2010; ZANUNCIO, 2015), pois esta variável afeta negativamente a eficiência energética do biocombustível, em razão da necessidade de energia para evaporar a umidade contida neste material, reduzindo fornecimento de energia (BRITO e BARRICHELO, 1978; WANDER, 2001; LIMA, ABDALA e WENZEL, 2008).

Gatto et al. (2003) verificaram, em seu estudo de eficiência energética, que a lenha de eucalipto e de espécies nativas do Rio Grande do Sul tiveram uma redução de 13,6% de energia ao queimar biomassa com teor de umidade de 32%. Portanto, apesar do teor de umidade da biomassa da capoeira triturada estar próximo do limite recomendável para uso energético, ainda assim, não se encontrava em equilíbrio com meio ambiente, o que, para Brito (1983), afeta a manutenção de um teor mais constante possível, sendo necessário submeter o material à secagem ao ar livre até atingir a estabilização de sua umidade com o meio ambiente.

Ao realizar o processo de secagem ao ar livre, em ambiente coberto, sem uso de equipamento, observou-se que a biomassa triturada precisou de apenas três dias para alcançar o teor de umidade de equivalente a 12,65% (temperatura e umidade relativa do ambiente, segundo INMET foram de 28,35°C e de 67,95% UR, respectivamente). Esses resultados indicam que, em caso de utilização desse material triturado para combustão direta para

promover maior eficiência como combustível, deve ser deixado por três dias em um ambiente semelhante ao estudo, antes de ser destinado para fins energético. É importante mencionar que, no ano desta análise, em 2017, a NASA (2018) constatou que foi o segundo ano mais quente da história desde de 1880, por conta do fenômeno climático El Niño. Este cenário, pode ter levado o teor de umidade de equilíbrio (TUE) a ficar em torno de 12%, pois, de acordo com o Galvão (1975), o normal para a região é TUE equivalente a 18%.

Em relação à biomassa atingir a umidade de equilíbrio com a região em poucos dias, pode ter sido pelo fato da capoeira triturada ser um material fragmentado e com formato irregular, permitindo a circulação de ar entre as partes, e maior área superficial da biomassa com o meio ambiente, facilitando a perda de umidade.

Resultado este favorável e diferente a alguns tipos de biomassa designados para fins energéticos, a exemplo de toras de madeira que, segundo Zanuncio et al. (2014), ao estudarem secagem natural, verificaram que eram necessários de dois a três meses de estocagem para obter o teor de umidade inferior a 35%. O mesmo tempo que levaram Brand et al. (2004) para secar resíduos madeireiros como casca, costaneiras e lâminas, precisando de dois a quatro meses de armazenamento para o teor de umidade e poder calorífico satisfatório para energia.

Brand (2017), ao testar estocagem da biomassa em campo, de troncos e galhos de árvores da caatinga para geração de energia, verificou que, quinze dias de estocagem no pátio, foram suficientes para atingir alta qualidade energética, resultando uma biomassa com teor de umidade variando em torno de 18% (galhos) e 20% (toras).

Garstang et al. (2002), ao estudarem os fatores que afetam a qualidade no armazenamento de cavacos de madeira, desenvolveram melhores práticas de armazenamento, observaram que a secagem com ar natural por 50 dias foi o suficiente para a pilha de cavacos atingir teor de umidade de aproximadamente 30%. Os mesmos autores ressaltaram que o teor de umidade das pilhas se correlaciona com a precipitação média mensal. Assim, eles recomendam que o ambiente deve ser coberto para reduzir o teor de umidade a níveis aceitáveis sem degradação dessas biomassas e que devem ser empilhadas em vez de serem compactadas, bem como não devem ficar em contato direto com o solo, pois nesta condição há ganho de umidade e a perda da matéria na superfície, provocada por ataque de agentes biológicos.

Costa et al. (2014), ao avaliarem a umidade e o poder calorífico em cavacos de pinus, verificaram que a biomassa em ambiente coberto, secando por um período de 14 semanas, teve uma redução de 17% no teor de umidade, gerando um ganho de 220% na energia disponível, passando de  $1,09\text{MJ.kg}^{-1}$  no ambiente descoberto para  $6,08\text{MJ.kg}^{-1}$  no ambiente coberto.

### 3.3.3 Densidade aparente básica da biomassa

A densidade básica da biomassa é uma característica relevante, pois se trata de um índice de qualidade que se correlaciona diretamente com a produção de massa seca (PALERMO et al.; 2004), além de ser uma informação essencial do rendimento e eficiência das unidades de uso bioenergético (BRAND, 2010).

Neste estudo a biomassa proveniente da área onde ocorreu o manejo com uma trituração foi que apresentou maior densidade básica,  $0,60\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , em comparação a biomassa da área de duas triturações,  $0,28\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  (Figura 6). Essa diferença pode ter sido ocasionada pela composição da biomassa, uma vez que onde ocorre duas triturações há uma maior mistura entre o material lenhoso com o folhoso. Em relação ao uso das peneiras não houve diferença significativa.

Lima et al. (2011), observaram que a densidade média das madeiras de espécies de eucalipto, tradicionalmente plantadas para produção de carvão, era em torno de  $0,47\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Já Moutinho et al. (2016) ao indicarem uso de resíduos madeireiros para fins energéticos, encontram densidade básica variando entre  $0,33$  a  $0,98\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , apesar de se tratar de madeiras, são valores próximos aos encontrados na literatura.

Tabela 4: Média e desvio padrão da densidade básica ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) da biomassa da capoeira triturada de cinco anos, em diferentes tipos de manejo, uma e duas triturações do Tritucap, e uso de peneiras de 35mm, 55mm e 75mm de abertura, no município Igarapé-Açu/PA.

Tipo de manejo	Densidade básica ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )			
	35mm	55mm	75mm	Média
1P	0,51aA	0,62aA	0,62aA	0,60
2P	0,27aB	0,26aB	0,23aB	0,28
CV (%)	0,12%			

Nota: Pares de médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.3.4 Caracterização química da biomassa

A Tabela 5 estão os resultados obtidos na análise química da biomassa da capoeira triturada, das variáveis teor de matérias voláteis- TMV e teor de carbono fixo- TCF, e o teor de cinzas- TCZ.

Tabela 5: Média e coeficiente de variação (CV, %) da Composição química da capoeira triturada de cinco anos, em diferentes tipos de manejo, uma (1T) e duas triturações (2T) do Tritucap, e uso de peneiras de 35mm, 55mm e 75mm de abertura, no município Igarapé-Açu/PA. Teor de matérias voláteis- TMV, %, Teor de cinzas, TCZ, % e Teor de carbono fixo-TCF, %.

Manejo	TMV (%)			TCZ (%)			TCF (%)		
	Peneira			Peneira			Peneira		
	35mm	55mm	75mm	35mm	55mm	75mm	35mm	55mm	75mm
1T	78,57Bb	80,51Aa	80,95Aa	0,17Aa	0,12Bb	0,11Bb	21,26Aa	19,37Bb	18,95Bb
2T	80,79Aa	78,81 Bb	78,47Bb	0,15Bc	0,19Ab	0,23Aa	19,06Bb	20,99Aa	21,30Aa
CV (%)	0,72			7,11			2,85		

Nota: Pares de médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de cinzas, é uma característica não desejável da biomassa para fins energético, pois esse material não é convertido em energia, sendo a composição mineral existente na biomassa (BARCELOS et. al., 2007; PROTÁSIO et al.; 2011; PAULA, et al.; 2011).

No entanto, mesmo o maior valor de cinzas encontrado nesse estudo, 0,23%, proveniente da capoeira com duas triturações e com a retirada da peneira 75mm, foi um valor inferior ao ser comparado com espécies recomendadas para energia. Segundo Wander (2001) biomassas para fins energéticos devem possuir um teor de cinzas menor que 2%. Do mesmo modo, Brito e Barrichelo (1978) ao estudarem as oito espécies de eucaliptos utilizados para fins energéticos encontraram teores de cinzas variando entre 0,30 a 0,52% na madeira e de 1,34 a 6,4% na casca. Pinheiro et al. (2005) em suas pesquisas de caracterização de resíduos do setor agroindustrial e madeireiro como insumos energéticos, tais como serragem, caroço de açaí, fibra de dendê, casca de castanha do Pará, encontraram teores de cinzas entre 0 a 5%.

Em relação teor de voláteis a biomassa que tem altas concentrações apresenta maior facilidade de queima, assumindo importante papel durante a ignição e as etapas iniciais da combustão, pois quanto maior o teor de materiais voláteis, mais rápido é a queima (Oliveira et al. 2017) muito embora, valor muito alto proporciona uma queima rápida e ineficaz (BRAND, 2010). Ainda o mesmo autor, juntamente com Brito; Barrichello (1978); Nogueira e Lora (2003); Paula et al. (2011); Deboni et al. (2018); e outros sugerem biomassa para energia com valores de materiais voláteis entre 75 a 85%, o que foi encontrado neste estudo.

A biomassa deste estudo será para substituir ou complementar a lenha utilizada nos fornos de torração da farinha de mandioca. E neste caso, o processo de torração da farinha, segundo Bezerra (2006) e Araújo e Lopes (2008), dura entre 20 a 30 minutos, para que a farinha atinja um teor de umidade desejável em torno de 13%, eliminando 20 a 30% de água. Assim, o

biocombustível precisa possuir uma facilidade de ignição e possuir uma queima e chama suficiente para proporcionar a torragem da farinha.

Outro parâmetro bastante utilizado para avaliar a aptidão energética do material, é o carbono fixo, pois segundo Magalhaes et al. (2019) indicam a geração de maior calor durante a combustão, pois o carbono reage com o oxigênio e libera calor. Brand (2010) ainda menciona que uma biomassa com alto índice de carbono fixo deverá queimar mais lentamente. Brito e Barrichello (1982) e Pinheiro et al. (2005) acrescentam que um biocombustível deva possuir um valor entre 15% a 25%.

A espécie comumente utilizada para fins energético, *Eucalyptus benthamii*, em um estudo realizado por Nones et al. (2015), apresentou uma densidade básica de  $0,45\text{g/cm}^3$  e o PCS  $4067\text{kcal/kg}$ , sendo o teor de carbono fixo foi em torno de 18,28%.

Observando os resultados da Tabela 5, a biomassa de capoeira triturada com uma ou duas triturações do Tritucap, em diferentes tipos de retirada, apresentou índices de qualidade químicas semelhantes a de biocombustíveis já utilizados para fins energéticos, o que significa que independentemente da quantidade retirada ou do tipo de manejo adotado a referida biomassa pode apresentar uma boa formação de chama e velocidade de queima, aceitável para combustão direta nos fornos de preparo de farinha.

### 3.3.5 Características energéticas da biomassa

Uma das mais importantes propriedades de um combustível é o poder calorífico superior-PCS que é usualmente obtido pela queima de uma quantidade conhecida de combustível, medindo-se o calor liberado (BRITO e BARRICHELO, 1978; BRAND, 2010). Assim, corresponde a quantidade de energia fornecida por unidade de massa.

O poder calorífico superior da biomassa de capoeira triturada foi em média  $4.070\text{kcal/kg}^{-1}$ , tabela 6, é importante mencionar que apesar de ter apresentado diferenças estatísticas entre alguns tratamentos, elas não são significativas em termos práticos, pois para Brand (2010) são necessárias variações superiores a  $300\text{kcal/kg}^{-1}$ .

Tabela 6: Média e coeficiente de variação (CV, %) do Poder Calorífico Superior (PCS, kcal/kg<sup>1</sup>) e Poder Calorífico Inferior (PCI, kcal/kg<sup>-1</sup>) da capoeira triturada de cinco anos, em diferentes tipos de manejo, com uma e duas triturações do Tritucap, e uso de peneiras de 35mm, 55mm e 75mm de abertura, no município Igarapé-Açu/PA

Manejo	PCS (kcal/kg)			PCI (kcal/kg)		
	Peneira			Peneira		
	35mm	55mm	75mm	35mm	55mm	75mm
1T	4437,67aA	4397,26aB	4374,33aA	4114,21aA	4073,79aB	4050,87aA
2T	4229,33cB	4548,11aA	4373,00bA	3905,87cB	4224,65aA	4049,54bA
CV (%)	1,32			1,43		

Nota: Pares de médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O poder calorífico superior encontrado nessa pesquisa está dentro dos limites recomendáveis para uso energético, já que Brito (1983) afirma que recomenda biomassa para fins energético um poder calorífico superior variando entre 3.500kcal/kg<sup>-1</sup> e 5.000kcal/kg<sup>-1</sup>.

Do mesmo modo, Clemente et al. (2016), verificou que o bagaço de cana-de-açúcar, que responde por 11,6% da matriz energética brasileira (MME, 2016), possui PCS de apenas 2.276,75kcal/kg<sup>-1</sup>.

Enquanto a espécie mais utilizada para a produção de carvão no Brasil, *Eucalyptus grandis*, que de acordo com o estudo de Müzel, et al. (2014) possui um PCS em média de 4274,15kcal/kg<sup>-1</sup>. E Jesus et al. (2017), também analisando espécies do gênero *Eucalyptus*, obtiveram PCS variando de 4.538 a 4.669kcal/kg<sup>-1</sup>. Andrade et al. (2013) também encontram valores similares, referentes a casca e o lenho de seis clones de *Eucalyptus urophylla*, verificaram valores médios de 4.397,08kcal/kg<sup>-1</sup> (variando entre 4.324 a 4.401,75kcal/kg<sup>-1</sup> o seu PCS).

Quirino et al. (2005) ao verificar o poder calorífico superior de diferentes tipos de biomassa lignocelulósicos para fins energéticos, encontraram valores variando entre 3.350kcal/kg<sup>-1</sup> (*Eriotheca globosa*) a 5.260kcal/kg<sup>-1</sup> (*Mezilaurus itauba*).

Neste mesmo pensamento, Paula et al. (2011) ao sugerirem resíduos para fins energéticos de processamento da madeira, de café, do feijão, casca de arroz, da cana-de-açúcar e sabugo do milho, observou que teve resíduos que possuíam 66% de materiais voláteis, biomassa com apenas 16,66% de teor de carbono fixo, e PCS com 3812Kcal.kg<sup>-1</sup>, mas ainda sim verificaram a viabilidade em seu uso.

### 3.3.6 Potencialidade energética da biomassa de capoeira triturada

A potencialidade energética por unidade de área ( $\text{Gcal.ha}^{-1}$  e  $\text{GJ.ha}^{-1}$ ) permite uma melhor visualização da quantidade de energia que a biomassa poderá fornecer por hectare de capoeira triturada. O que é importante já que o indicativo de biomassa para energia, segundo Staiss e Pereira (2001) depende da oferta disponível da matéria-prima.

Na Tabela 7 encontra-se demonstrado a potencialidade energética da biomassa de capoeira triturada colhida em diferentes tipos de manejo de trituração e de retirada, que pode ser disponibilizada para uso energético. Observa-se que a capoeira manejada com duas triturações, foi a que obteve os melhores valores, e em relação ao manejo de retirada, a biomassa que ficou retida na peneira 55mm foi a que teve maior potencial energético.

Tabela 7: Média e coeficiente de variação (CV, %) da Potencialidade energética da biomassa-PE em giga calorias ( $\text{Gcal.ha}^{-1}$ ) e giga joules ( $\text{GJ.ha}^{-1}$ ) por hectare de capoeira triturada de cinco anos, em diferentes tipos de manejo de trituração e material coletado através das peneiras no município Igarapé-Açu/PA.

Manejo	PE s ( $\text{Gcal.ha}^{-1}$ )			PE s ( $\text{GJ.ha}^{-1}$ )		
	Peneira			Peneira		
	35mm	55mm	75mm	35mm	55mm	75mm
1T	82,3±1bB	96,74±2aB	49,83±1cB	344,57±5bB	405,03±7aB	208,61±4cB
2T	102,21±1bA	113,81±0aA	66,7±1cA	427,91±3bA	476,5±2aA	279,28±4cA
CV (%)	1,29			1,27		

Nota: Pares de médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Assim, se considerarmos a demanda de lenha que Lopes (2006) menciona, que é 100kg a 120kg para serem usadas na combustão direta do processo de secagem e torração de farinha de mandioca, para uma produção de 2 a 4sacos de 60kg (cada), verifica-se que a biomassa de capoeira triturada de 5anos apresenta potencial satisfatórios como biocombustível para atender a demanda de farinha dos agricultores familiares da região. De forma que se for utilizar apenas 25% da biomassa triturada, retirando entorno de  $12,3\text{t.ha}^{-1}$ , peneira 75mm e com duas triturações, o agricultor familiar teria um potencial energético (PE) equivalente a  $208,61\text{GJ.ha}^{-1}$ . Sendo que o maior potencial energético foi com uso da peneira de 55mm e com duas triturações, o que resultaria em torno de  $476,5\text{GJ.ha}^{-1}$ .

Entretanto, é importante considerar não apenas os parâmetros técnicos aferidos, mas a realidade do agricultor familiar, sua infraestrutura, mão de obra e os custos operacionais. Embora o potencial energético tenha apresentado melhor resultado para o manejo com duas triturações, ao optar por fazer o manejo com uma trituração, resultará na obtenção de um

material menos fragmentado, o que poderá facilitar a coleta dessa biomassa de forma manual, caso não disponha de infraestrutura, além de representar uma redução nos custos operacionais (hora/triturador) pagos para fazer o preparo de área.

Em relação a oferta desse biocombustível, por se tratar de aproveitamento de parte da biomassa triturada no preparo de área, a sua disponibilidade será periódica para cada agricultor, bem como o seu volume pode variar em função do tempo e das condições do pousio da capoeira, entre outros fatores, sendo que seu uso deverá ser planejado para complementar o uso da lenha, podendo, em algumas ocasiões, em que a oferta for maior que a demanda, a família detentora desse recurso, poderão comercializar como lenha com valores locais e ainda custear o preparo de área.

Vale ressaltar que a iniciativa de desenvolver o estudo da potencialidade energética da biomassa da capoeira triturada, objeto desse estudo, surgiu a partir de um problema identificado na aplicação do projeto Tipitamba, com o intuito de buscar soluções que possam elucidar a questão da falta de lenha. Assim o princípio do projeto Tipitamba, em deixar biomassa no solo, deve ser sempre mantida, havendo o equilíbrio na retirada da biomassa para fins energéticos. Ou seja, esta pesquisa propõe incentivar a prática de manejo do corte e trituração em substituição do corte e queima, fornecendo biocombustível aos agricultores familiares e biomassa para ciclagem de nutrientes.

Assim, embora a biomassa da capoeira triturada apresente boa potencialidade energética, o seu uso só é recomendável e justificável ambientalmente, se for planejado para ocorrer em um processo sucessivo após o preparo de área com o sistema de corte e trituração, ficando esse como objetivo principal, e o aproveitamento da potencialidade energética de parte da biomassa triturada como uma oportunidade resultante do processo.

Por fim, a biomassa de capoeira triturada fornece benefícios econômicos e serviços ambientais como: incentivo a adoção do preparo de área com corte e trituração, deixa biomassa para ciclagem de nutriente e proteção ao solo, fornece biocombustível alternativo para o agricultor familiar, diminui o impacto da retirada da lenha em floresta sem o devido conhecimento e potencial de uso, propõe a redução do custo operacional no manejo de preparo de área e fornece um produto a mais para o agricultor a vir comercializar.

### 3.4 CONCLUSÕES

A biomassa de capoeira triturada apresenta índices de qualidade bioenergéticas próximos aos encontrados para biomassas tradicionalmente utilizadas como combustíveis sólidos.

A capoeira triturada de cinco anos de idade, no nordeste paraense possui potencial energético para servir como biocombustível alternativo no preparo da farinha aos agricultores familiares, mesmo fazendo uso de apenas 25% do total da biomassa triturada, com adoção da peneira de maior abertura (75mm) e com apenas uma trituração.

A área onde ocorreu duas triturações e uso da peneira de 55mm de abertura foi a que teve maior potencial energético na área, deixando ainda para o solo em torno de 50% de biomassa.

Sendo que, dentre os tipos de manejo testados recomenda-se a adoção de uma trituração com uso da peneira de 55mm de abertura por deixar para o solo aproximadamente 50% de biomassa, e produzir um material menos fragmentado para servir de biocombustível com potencial energético de 405Gcal.ha<sup>-1</sup>.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, N. F. de. et al. Avaliação das propriedades dos resíduos de *Pinus patula* em diferentes períodos de armazenamento visando a cogeração de energia. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 2, p. 269-274, abr./jun. Almeida, N. F. de et al. 2010.
- ALVES, R. N. B.; MODESTO JÚNIOR, M. de S. Demanda de lenha para torragem de farinha de mandioca nos biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga. Belém, PA: **Embrapa Amazônia Oriental Documentos** (INFOTECA-E), 28 p. 2017.
- ALVES, R.N.B. et al. Mandioca: agregação de valor e rentabilidade de negócios. Brasília, D.F: **Embrapa Amazônia Oriental-Livro técnico** (INFOTECA-E), 223 p.: il. 2019.
- ALVES, RNB, et al. Roça sem fogo: da tradição das queimadas à agricultura sustentável na Amazônia. **Embrapa Amazônia Oriental-Livro técnico** (INFOTECA-E), 2020.
- ANDRADE, J. P. de. et al. Socialização das experiências de alternativas ao sistema de corte e queima com agricultores familiares da Comunidade de Serraria, Marapanim - Pará. Cadernos de Agroecologia, v. 9, n. 4, nov. **Anais** do seminário de agroecologia da América do Sul. 2014.
- ARAÚJO, J. S. de P. LOPES, C. A. Produção de farinha de mandioca na agricultura familiar. Niterói: **Programa Rio Rural**, 15f. 2008.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM. **ASTM E711-87**: Standard Test Method for Gross Calorific Value of Refuse-Derived Fuel by the Bomb Calorimeter. Philadelphia: ASTM Internacional, 8p, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA De NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 11941**: madeira. Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro; 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 8112**: análise imediata. Material volátil, cinzas, carbono fixo. Rio de Janeiro; 1983.
- BARCELOS D. C. **Caracterização do carvão vegetal através do uso de espectroscopia no infravermelho próximo** [tese]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2007.
- BELLOTE, A. F. J. et al. **Biomassa e sua participação na matriz energética brasileira**. Embrapa Territorial-Capítulo em livro científico (ALICE), 2018.
- BERVALD, C.M.P. **Tecnologia mecanizada em preparo de área sem queima no nordeste paraense**. UFSM. (Dissertação de Mestrado), Santa Maria/RS. 2005.
- BERVALD, C.M.P. et al. Características e operação de triturador de vegetação secundária para o preparo de área sem queima na Amazônia Oriental. Belém: Amazônia Oriental, 30p. **Embrapa Amazônia Oriental. Documentos** (INFOTECA-E), 288. 2007.
- BEZERRA, V. S. Farinhas de mandioca seca e mista / Valéria Saldanha Bezerra. Brasília, DF: **Embrapa Documentos Informação Tecnológica** (INFOTECA-E), 44P. 2006.

BRAND, MARTHA ANDREIA et al. Influência do tempo de armazenamento sobre a perda de umidade de resíduos madeiráveis. III encontro de Ciência e Tecnologia. **Anais...** Universidade do Planalto Catarinense, 2004.

BRAND, M. A. Energia de biomassa florestal. Rio de Janeiro: **Interciência**, 131 p. 2010.

BRAND, M. A. Potencial de uso da biomassa florestal da caatinga, sob manejo sustentável, para geração de energia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 117-127, jan.-mar., 2017.

BRAND, M. A. et al. Produção de biomassa para geração de energia em povoamento de *Pinus taeda* L. com diferentes idades. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.2, p.353-360, 2014.

BRAND, M. A. Energia de biomassa florestal. Rio de Janeiro: **Interciência**, 2010. 131p.

BRITO, J. O. et al. Análise da produção energética e de carvão vegetal de espécies de eucalipto. Boletim Informativo **IPEF**, v. 23, p. 53-56, 1983.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G. Aspectos técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustíveis. In: Seminário de abastecimento energético industrial com recursos florestais, 2. 1982, São Paulo. **Anais...**São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, p.101-137. 1982.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L. E. G. et al. Características do eucalipto como combustível: análise química imediata da madeira e da casca. Boletim Informativo **IPEF**, v.16, p. 63-70, 1978.

CLEMENTE, P. R. et al. Potencial energético da biomassa de cana-de-açúcar em uma usina sucroenergética. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 14, n. 2, p. 1101-1008, 2016.

COELHO, R.F.R. et al. Floristic composition and structure of a forest in different successional stages, in Castanhal, Pará. **Acta Amazônica**, 33(4): 563-582. (in Portuguese, with abstract in English). 2003.

CORTEZ, C. L. CORTEZ, L. C. **Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de árvores urbanas para a geração de energia: Estudo de Caso: AES Eletropaulo**, Dissertação de Tese de Mestrado, Universidade de São Paulo – Programa de Pós Graduação em Energia, São Paulo, 2011.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa para energia**. Ed. UNICAMP: Campinas, SP, 2008.

COSTA, E. R. O. Avaliação da umidade e energia útil em cavacos de pinus armazenados em local coberto e descoberto. **Embrapa Florestas-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2014.

DENICH, M. **Estudo da Importância de uma Vegetação Secundária Nova para o Incremento da Produtividade do Sistema de Produção na Amazônia Oriental Brasileira**. 284p. thesis (Ph.D.) – University of Georg August of Gottingen. Germany, 1991.

DENICH, M. et al. Preparação mecanizada da terra em sistemas de pousio florestal: a experiência do leste da Amazônia. **Sistemas agroflorestais**. n. 61, 91-106, 2004.

ELOY, et al. Produtividade energética de espécies florestais em plantios de curta rotação. **Ciência Rural**, v.45, n.8, ago, 2015.

ESTATCAMP, Equipe. **Software Action**. São Carlos: Estatcamp- Consultoria em estatística e qualidade, 2014.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS DO PARÁ. **Mapa mesorregiões do Pará**. Belém, PA: FAPESPA, 2019. Disponível em: [http://www.fapespa.pa.gov.br/sistemas/anuario2017/mapas/territorio/ter3\\_mesorregioes\\_para\\_enses.png](http://www.fapespa.pa.gov.br/sistemas/anuario2017/mapas/territorio/ter3_mesorregioes_para_enses.png). Acesso em: 01 out. 2019.

FIGUEIREDO, R.O. Watershed services payments to smallholders in the Brazilian Amazon: challenges and perspectives. **Ambi-Agua**, v.2, n.8, p.6-7, 2013.

GALVÃO, P. A. M. Estimativas da umidade de equilíbrio da madeira em diferentes cidades do Brasil **IPEF** n.11, p.53-65, 1975.

GAMA, M. A. P. **Dinâmica do Fósforo em solo submetido a sistemas de preparo alternativos ao de corte e queima no nordeste paraense**. 2002. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

GARSTANG, J. et al. **Identification and characterization of factors affecting losses in the large-scale, no ventilated bulk storage of wood chips and development of best storage practices**. Report. FES B/W2/00716/RESP.DTI/ Pub urn 02/1535: 116p. 2002.

GATTO, D. A. et al. Características da lenha produzida na região da quarta colônia de imigração italiana do Rio Grande Do Sul. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 2, p. 7-16, 2003.

GLASS, S. V.; ZELINKA, S. L. Moisture relations and physical properties of wood. **Wood handbook: wood as an engineering material: chapter 4. Centennial ed. General technical report FPL; GTR-190**. Madison, WI: US Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, p. 4.1-4.19., 190, 2010.

GONÇALVES, J. L. de M. Efeito do cultivo mínimo sobre a fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes. In: Seminário sobre cultivo mínimo do solo em florestas, 1, Curitiba. **Anais ... Curitiba –PR**, 1995, p. 43-60, 1995.

GUALDANI, C. **Tecnologias sociais e convivência com o semiárido. A experiência de agricultores familiares do sertão alagoano**. 132 p. (UnB-Geografia, Mestre, Gestão Territorial e Ambiental, 2015).

JESUS, M. S. Caracterização energética de diferentes espécies de Eucalyptus. **Floresta**, v, 47, n, 1, p, 11-16, 2017.

JUVILLAR, J. B. Tecnologia de transformação da madeira em carvão. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais/CETEC-Série de Publicações Técnicas/SPT-1980, 1980.

KATO, O. R. et al. Época de preparo de área e plantio de milho no sistema de corte e trituração no município de Igarapé-Açu, Pará. **Embrapa Amazônia Oriental- documento comunicado Técnico** (INFOTECA-E), 2002.

KATO, O. R. **Fire-free land preparation as an alternative to slash-and-burn agriculture in the Bragantina region, Eastern Amazon: Crop performance and nitrogen dynamics.** 1998. 132f. Tese (Doctoral) – George-August University, Gottingen, 1998.

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

LIMA, A. J.N. Análise da estrutura e do estoque de fitomassa de uma floresta secundária da região de Manaus AM, dez anos após corte raso seguido de fogo. **Acta Amazônia**. VOL. 37(1) 2007: 49 - 54. 2007.

LIMA, E. A.; ABDALA, E. M.; WENZEL, A. A. Influência da umidade no poder calorífico superior da madeira. **Embrapa Florestas-Comunicado Técnico** (INFOTECA-E), n. 220, EMBRAPA Florestas, Colombo-PR, 2008.

LOPES, B. M. et al. **Uso da capoeira na extração de lenha: em três comunidades locais no pólo Rio Capim do PROAMBIENTE-PA.** 2006.

MACHADO FILHO, H. et al. Mudança do clima e os impactos na agricultura familiar no Norte e nordeste do Brasil. **Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, Brasília, DF, n. 141, May 2016.

MAGALHÃES, A. S. et al. Produção e caracterização de briquetes a partir de resíduos sólidos e prensagem semi-manual. **Advances in Forestry Science**, 6.3: 705-710, 2019.

MATOS, L. M. S. de. **Agricultura familiar e informação para o desenvolvimento rural nos municípios de Igarapé-Açu e Marapanim.** Embrapa Amazônia Oriental-Tese/dissertação (ALICE), 2005.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, Empresa de Pesquisa Energética, EPE, **Resenha Energética Brasileira** - Exercício de 2015, Maio 2016.

MOUTINHO. V.H.P. et al. Propriedades Químicas e Energéticas de Madeiras Amazônicas do Segundo Ciclo de Corte. **Floresta e Ambiente** 2016; 23(3): 443-449. 2016.

MÜZEL, S. D. Poder Calorífico da Madeira de *Eucalyptus grandis* e da *Hevea brasiliensis*. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v, 8, n, 2, p, 166-172, 2014.

NASA. Long-Term Warming Trend Continued in 2017: NASA, NOAA.<  
<https://www.nasa.gov/press-release/long-term-warming-trend-continued-in-2017-nasa-noaa>>  
Acesso em 8 de janeiro de 2018.

NASCIMENTO, H.E.M.; LAURANCE, W.F. Biomass dynamics in Amazonian forest fragments. **Ecological Applications**, 14, S127–S138, 2004.

NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. E. S. Dendroenergia: fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro. **Interciência**, 2003, 7-15.

NONES, D. L. et al. Determinação das propriedades energéticas da madeira e do carvão vegetal produzido a partir de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 45, n. 1, p. 57 - 64, jan. / mar. 2015.

OLIVEIRA, J.B. Produção de carvão vegetal: aspectos técnicos. In: Penedo WR, organizadores. Produção e utilização de carvão vegetal. Belo Horizonte: **CETEC**; p. 27-41. 1982.

OLIVEIRA, L.H. et al. Aproveitamento de resíduos madeireiros de *Pinus* sp. com diferentes granulometrias para a produção de briquetes. **Revista de Ciências Agrárias**. 40(3): 683-691. 2017.

PALERMO, G. P. M. Determinação da densidade da madeira de *Pinus elliottii* Englm, através de atenuação de radiação gama comparada a métodos tradicionais, **Floresta e Ambiente**, v,11, n,1, p,1-6, 2004.

PAULA, L. E. de R. et al. Caracterização de resíduos de biomassa vegetal para utilização energética. **CERNE**, 17.2: 237-246. 2011.

PEREIRA, J.C.D. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Colombo: **Embrapa Florestas**, 113p. 2000.

PINHEIRO, G. F. et al. Densidade energética de resíduos vegetais. **Biomassa & energia**, v.2, n.2, 2005.

POGGIANI, F. Aspectos ecológicos das mini rotações e do aproveitamento dos resíduos florestais. Circular técnica. **IPEF**, Piracicaba, (74): 1-7, 1979.

POGGIANI, F.; ZEN, S. Ciclagem e exportação de nutrientes em florestas para fins energéticos. **IPEF** n.27, p.17-30, ago.1984.

PROTÁSIO T.P.S. et al. Avaliação da qualidade do carvão vegetal de *Qualea parviflora*. **Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo** 2011; 31(68): 295-307. 2011.

QUAAK, P.; KNOEF, H.; STASSEN, H. E. Energy from biomass: a review of combustion and gasification technologies. **World Bank Publications**, 1999.

QUIRINO, W. F.; VALE, A. T.; ANDRADE, A. P. A.; ABREU, V. L. S.; AZEVEDO, A. C. S. Poder calorífico da madeira e de materiais lignocelulósicos. **Revista da Madeira**, v. 89, p. 100-106, 2005.

RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T. Floresta secundária como pousio em sistemas agroflorestais sequenciais na Amazônia. **Embrapa Amazônia Oriental-Capítulo em livro científico** (ALICE), 2017.

RIBEIRO FILHO, S.S. **Programa Floresta Viva: uma experiência de inclusão social e conservação da Mata Atlântica no sul da Bahia.** In: Markus Brose. (Org.). Participação na Extensão Rural. Experiências Inovadoras de Desenvolvimento Local. 1ed.Porto Alegre, RS: Tomo Editorial. v. 2, p. 189-201, 2004.

SAMPAIO, C. A., KATO, O. R.; SILVA, D. Sistema de corte e trituração da capoeira sem queima como alternativa de uso da terra, rumo a sustentabilidade florestal no nordeste paraense. **RGSA – Revista de gestão social e ambiental.** 2(1), 41-53, 2008.

SANTANA, R. C.; BARROS, N.F de; NEVES, J. C. L. Biomassa e conteúdo de nutrientes de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em alguns sítios florestais do Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, 56.32: 155-169. 1999.

SANTOS R.C. dos. et al. Correlações entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. **Sci. For., Piracicaba**, v. 39, n. 90, p. 221-230, jun. 2011.

SMITH, J. **Cobertura florestal secundária em pequenas propriedades rurais na Amazônia: implicações para a agricultura de corte e queima.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 43p, 2000.

STAISS, C.; PEREIRA, H. Biomassa Energia Renovável na Agricultura e no Setor Florestal Instituto Superior de Agronomia, Portugal. **Revista Agros**, 01: 21-28, 2001.

TAVARES, S. R. L.; SANTOS, T. E. uso de diferentes fontes de biomassa vegetal para produção de biocombustíveis sólidos. **Holos**, Ano 29, Vol. 5. 2013.

TEIXEIRA, M. B. et al. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. **Idesia (Arica)**, 30.1: 55-64, 2012.

TRINDADE, E.F da S. et al. Disponibilidade de fósforo em solos manejados com e sem queima no nordeste paraense. **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2011.

WANDER, P.R. **Utilização de resíduos de madeira e lenha como alternativas de energia renováveis para o desenvolvimento sustentável da região nordeste do estado do Rio Grande do Sul.** 119p. 2001.

WELFLE, A. Balancing growing global bioenergy resource demands-Brazil's biomass potential and the availability of resource for trade. **Biomass and Bioenergy**, v. 105, p. 83-95. 2017.

ZANUNCIO, A. J. V et al. Propriedades energéticas da madeira e carvão de *Corymbia* e *Eucalyptus* em diferentes condições de secagem. **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.** Recife, v.10, n.3, p.432-436, 2015.

ZANUNCIO, A. J. V et al. Secagem ao Ar Livre da Madeira para Produção de Carvão Vegetal. **Floresta e Ambiente**; 21(3):401-408. 2014.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os agricultores familiares do município de Igarapé-Açu, nordeste paraense, apresentam composição familiar composta por poucos membros, possuem baixa renda familiar e em sua maioria estão inseridos em organizações sociais. Eles adotam sistemas de produção diversificados, centrados em pequenas áreas de produção, com poucos agricultores trabalhando diretamente no preparo de área, que é predominantemente mecanizado (grade), sem queima, no entanto, ainda ocorre a adoção do preparo de área com uso do fogo.

A principal atividade agrícola na região é o cultivo da mandioca com fins a produção de farinha. A maioria desses agricultores deixa a área em pousio por um período de um a dois anos, após o ciclo de cultivo da mandioca, o que pode aumentar a pressão exercida sobre este ambiente.

Os produtores familiares de farinha de mandioca demandam por 0,50t ou 2,68st de lenha para produzir 1t de farinha, sendo que a produção por família é durante o ano todo, variando apenas a quantidade de dois a três sacos de 60kg/mês. Os agricultores familiares já possuem dificuldades de adquirir lenha, o qual a maioria é proveniente de área de capoeira de cinco a dez anos de idade, bem como no preparo de área, e já demandam por biocombustível alternativo.

Portanto, em Igarapé-Açu, a forma de utilização dos recursos naturais, de produção, e de demanda por lenha interferem na qualidade de vida e nas questões ambientais. No entanto, assumindo-se que o manejo e uso da terra pelas populações tradicionais são considerados um sistema de produção de suma importância para o desenvolvimento econômico da região, há necessidade de construção de estratégias que demonstrem a potencialidade, vantagens, bens e serviços que capoeiras com mais tempo de pousio possam oferecer, tanto na sustentabilidade ao sistema produtivo, como também ganhos socioeconômicos.

A exemplo do manejo de preparo de área com adoção do Tritucap com apenas uma trituração da capoeira de cinco anos de pousio, deixando para o solo em torno de 50% de biomassa através da peneira de 55mm, para servir como estoque de nutrientes e gerar biomassa que possuem qualidades e potencial bioenergéticos suficiente para combustão direta no preparo da farinha de mandioca.

## GLOSSÁRIO

**Capoeira** – É uma vegetação secundária composta por gramíneas e arbustos esparsos, que cresce após a derrubada da vegetação original.

**Estéreo** – Representa a unidade de medida do volume empilhado, sendo que um estéreo (1st) consiste na quantidade de madeira contida em uma pilha de 1,0 m x 1,0 m x 1,0 m que é a uma pilha com volume de 1 m<sup>3</sup>. um estéreo.

**Farinhada:** Processo de beneficiamento da farinha de mandioca, que ocorre nas casas de farinha, por um ou mais trabalhadores rurais, que começa logo cedo da manhã e pode passar o dia inteiro, e ou até mais de um dia.

**Fécula-** Também conhecida como goma de mandioca, é obtida no processo da farinhada, após a descascarem e trituração da mandioca, a massa é misturada com água, peneirada, e deixada descansar para decantar, por um período até ocorrem a separação em duas partes, a água na parte superior, e a goma da mandioca (tapioca) na parte inferior (no fundo).

**Feixe-** Os agricultores definem como o agrupamento de lenha, gravetos ou outros artefatos de madeira que podem estar amarrados com fio, barbante, cipó ou mesmo apoiados por outras estruturas formando uma pilha.

**Pousio-** Prática de interrupção temporária de atividades ou usos agrícolas, pecuários ou silviculturais, por no máximo 5 (cinco) anos, para possibilitar a recuperação da capacidade de uso ou da estrutura física do solo. (IN 08-2015- SEMAS/PA)

**Sapecado-** Que se sapecou; passado pelo fogo; queimado, material residual após a queima de uma capoeira.

**Tritucap-** Trator de grande porte adaptado com triturador, que permite a conversão e incorporação de vegetação secundária (capoeira), usado em limpeza de áreas.

ANEXO

EMBRAPA AMAZONIA ORIENTAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

QUESTIONÁRIO

Entrevista n° \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_  
Localidade: \_\_\_\_\_

Dados do entrevistado e Social

Nome \_\_\_\_\_  
Relação com a propriedade visitada \_\_\_\_\_  
Quantas pessoas moram na propriedade? \_\_\_\_\_  
Quantos trabalham \_\_\_\_\_ Descrição da renda da família \_\_\_\_\_

Nº de pessoas que usam a área/horas de trabalho/função:

Pessoas (gênero, parentesco)	Idade	Escolaridade	Hora de trabalho	de	Função

Você recebe algum tipo de formação/ assistência? ( ) Não ( ) sim  
Qual? \_\_\_\_\_

Tem algum tipo de fomento? \_\_\_\_\_ Qual? \_\_\_\_\_

Você está inserido em algum tipo de organização...? \_\_\_\_\_

Tem planos de uso da sua propriedade daqui 5 anos? \_\_\_\_\_

Outras informações relevantes \_\_\_\_\_

Dados da propriedade e seu uso

Área total \_\_\_\_\_ Há quanto tempo possui a propriedade? \_\_\_\_\_

Tem rio/igarapé em sua área? ( ) não ( ) sim. Quanto ocupa? \_\_\_\_ Tem vegetação próxima ao rio? ( ) não ( ) sim. Qual é (natural, plantada)? \_\_\_\_\_

Tem outra disponibilidade de água na propriedade \_\_\_\_\_

Tem vegetação natural em sua área? ( ) não ( ) sim. Quanto ocupa? \_\_ Qual é? \_\_\_\_\_

Vegetação predominante de sua área \_\_\_\_\_

Espécies de maior ocorrência natural \_\_\_\_\_

Você deixa a área de pousio (tempo de descanso na área, ciclo de corte)? ( ) não ( ) sim. Quanto tempo e o ciclo de produção? \_\_\_\_\_

Você tem área de capoeira? ( ) não ( ) sim. Quanto ocupa? \_\_\_\_ Tem destino? ( ) não ( ) sim. Qual é? \_\_\_\_\_ e quando irá usar? \_\_\_\_\_

Qual a idade da capoeira? \_\_\_\_\_

Tamanho da área já plantada? \_\_\_\_\_

Tamanho da área disponível para plantio? \_\_\_\_\_

Espécies mais plantadas \_\_\_\_\_

Quanto você gasta no preparo de área?

Descrição	Qtd	Custo por (ha e período)	Finalidade	Tempo
Mão de obra				
Maquinário				
Insumos (fertilizantes)				

O que está ficando depois do preparo tem uso alternativo? ( ) não ( ) sim. Qual? \_\_\_\_\_

Como faz para transportar os produtos gerados? \_\_\_\_\_

Quanto tempo vc leva pra transportar para o centro do comercio? \_\_\_\_\_

Tipo de manejo? ( ) SAF sem queima ( ) SAF com queima ( ) Quintais ( ) outro \_\_\_\_\_

Houve a diferença de incidência de praga depois do manejo? ( ) não ( ) sim. Qual? \_\_\_\_\_

Quais os cultivos/ criações/ extrativismo existentes na área:

Cultivo	Finalidade	Área	Produção	Período	Valor

Projeto Tipitamba

Conhece o projeto Tipitamba ( ) Não ( ) sim De onde conhece? \_\_\_\_\_

Encontra alguma desvantagem do projeto? ( ) Não ( ) sim Qual? \_\_\_\_\_

A Biomassa triturada é deixada toda para Ciclagem? ( ) sim ( ) Não . O que faz? \_\_\_\_\_

Lenha

Você utiliza lenha?( ) não ( ) sim Finalidade? \_\_\_\_\_

Vc precisa da lenha para:( ) Preparar a comida ( ) Preparo da mandioca ( ) Carvão ( ) Outro \_\_\_\_\_

Vc tem dificuldade para retirar lenha? ( ) Não ( ) sim Qual? \_\_\_\_\_

Onde você retira lenha: \_\_\_\_\_ em suas floresta( ) Capoeira( ) Vizinho ( ) Outro \_\_\_\_\_

Qual é a quantidade e frequência por mês? \_\_\_\_\_

Utiliza a biomassa da capoeira para lenha? ( ) não ( ) sim. Como? \_\_\_\_\_

Vc conhece sp q é resistente ao fogo aqui na sua área? Qual? \_\_\_\_\_

Quais as sp que vc recomenda para lenha? \_\_\_\_\_

Você produz muita biomassa residual? Qual? \_\_\_\_\_ O que faz? \_\_\_\_\_

Faz algum tipo de tratamento? ( ) não ( ) seca. Como (tempo, local...)? \_\_\_\_\_

Realiza algum preparo de área/queima pra retirada de lenha? Qual? \_\_\_\_\_

( ) Vende. Quanto arrecada? \_\_\_\_\_ Quantidade? \_\_\_\_\_ Como é vendido (Saca, Peso,...)? \_\_\_\_\_ Onde

vende?( ) Sede do município ( ) Intermediário ( ) Belém ( ) Cooperativa Qual? \_\_\_\_\_ ( )

outro Qual? \_\_\_\_\_ Sabe o destino?( ) Não ( ) Sim Qual? \_\_\_\_\_

( ) Compra. Quanto você paga? \_\_\_\_\_ Quantidade? \_\_\_\_\_ Como você compra (Saca, Peso,...)? \_\_\_\_\_ Onde compra?( ) Sede do município ( ) Intermediário ( ) Belém ( )

Cooperativa Qual? \_\_\_\_\_ ( ) Sabe a origem? ( ) Não ( ) Sim Qual? \_\_\_\_\_  
 Outro Qual? \_\_\_\_\_

Qual o meio de transporte utilizado para comercializar? manual ( ) animal feixe ( )  
 'carga' outro: \_\_\_\_\_

Teria interesse em destinar parte da biomassa triturada para produção de lenha? ( ) Não ( ) sim  
 Quando fazia sistema de derruba e queima quanto de lenha tirava? \_\_\_\_\_

#### Farinha

Quais os meses que costuma fazer MAIS farinha? J F M A M J A S O N D

Qual a época que fica SEM fazer? J F M A M J A S O N D

Quantas vezes costumam fazer farinha? 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 vezes por mês (farinhada)

Quanto tempo dura uma farinhada? ( ) 1d ( ) 2d ( ) 3d ( ) mais, quanto? \_\_\_\_\_

Quantos sacos de farinha costumam fazer por 'farinhada'? \_\_\_\_\_ sacos de \_\_\_\_\_ kg / farinhada

Quanto de lenha são necessários pra fazer 1 'farinhada'? ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 feixe/ carga/kg/m<sup>3</sup>  
 por farinhada

Qual o PESO desses feixe/ carga//m<sup>3</sup>, aproximadamente? \_\_\_\_\_ kg.

Quais as espécies que coleta p/lenha?

Planta alguma espécie para lenha? Quantos pés? ( ) Não ( ) Sim Espécies? \_\_\_\_\_

Faz algum tratamento na lenha? ( ) Não ( ) Sim ( ) Seca ao céu aberto ( ) fica ao redor do forno  
 (secar) ( ) outro \_\_\_\_\_

Quanto tempo fica secando? \_\_\_\_\_

Lenha ideal p/ farinha ( ) Queima rápido ( ) Q. lento ( ) S/fumaça ( ) altas tempo. ( ) baixas  
 tem. outro \_\_\_\_\_

Usaria material triturado do Tritucap como lenha ( ) sim ( ) não ( ) não sei PQ? \_\_\_\_\_